



Weltraumschrott

Eine Gefahrenanalyse

Facharbeit zum Seminarfach Astronomie

Fachlehrer: Herr Riemer

Jahrgang 12

Lio Ryan Surmann

Abgabetermin: 07.03.2022

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	- 1 -
2 Der Weg zum Weltraumschrott	- 1 -
2.1 Definition Weltraumschrott	- 2 -
3 Die Verteilung des Weltraumschrotts	- 2 -
3.1 Der Low Earth Orbit (LEO).....	- 3 -
3.2 Der Medium Earth Orbit (MEO).....	- 3 -
3.3 Der Geostationary Earth Orbit (GEO).....	- 4 -
4 Die Geschwindigkeit eines Objekts im LEO.....	- 4 -
5 Die Folgen des Weltraumschrotts.....	- 5 -
5.1 Das Kessler-Syndrom.....	- 6 -
6 Der Whipple-Schild	- 7 -
6.1 Die Schutzlücke	- 8 -
7 Die Lebenszeit der Satelliten.....	- 8 -
8 Das Problem mit dem Weltraumrecht.....	- 9 -
9 Lösungsansätze zur Beseitigung des Weltraumschrotts.....	- 10 -
9.1 Der Kontrollierte Absturz.....	- 10 -
9.2 Die Weltraummüllabfuhr.....	- 10 -
9.3 Der Laser	- 11 -
9.4 „SpaceX Starship“	- 12 -
10 Fazit.....	- 12 -
11 Anhang	- 13 -

1 Einleitung

Seit dem 4. Oktober 1957 an dem der erste künstliche von Menschen geschaffene Satellit „Sputnik 1“ in den Weltraum geschossen wurde, begann für die Menschheit ein neuer Geschäftsmarkt. Die Kommerzialisierung des Weltalls. Diese bewirkt, dass zahlreiche Länder deren Satelliten in den Weltraum schießen und sich bereits (Stand 1.9.2021) knapp 4800 Satelliten in unserer Erdumlaufbahn befinden. Doch vor allem in den nächsten paar Jahren soll die Anzahl an Satelliten in unseren Orbits erheblich zunehmen. Allein die von Elon Musk gegründete Firma „SpaceX“ will in den nächsten Jahren 12.000 Satelliten für sein Projekt „Starlink“ in den Weltraum schießen und somit ein Hochgeschwindigkeitsinternetdienst erschaffen, welcher an jedem beliebigen Ort der Erde nutzbar ist.¹ Hierbei entsteht allerdings ein Problem, welches nicht nur in Zukunft, sondern auch heute bereits eine sehr große Rolle im Leben eines jeden von uns spielt. Es entsteht Weltraumschrott.

In dem folgenden Text wird von der Verteilung des Weltraumschrotts über die Gefahren und der Folgen des Weltraumschrotts für die Menschheit, bis zu den Lösungsansätzen zur Beseitigung und Verminderung des Weltraumschrotts alles erklärt, was man für ein gutes und zeitiges Problemverständnis benötigt.

2 Der Weg zum Weltraumschrott

Viele Dinge, die für uns heutzutage bereits als selbstverständlich gelten, gibt es nur aufgrund von einer Sache, unseren zahlreichen Satelliten. Egal ob man nur kurz das Wetter nachgucken will, über GPS navigiert oder man sich nur kurz mal ins Internet begeben will, Satelliten brauchen wir für all diese Dinge. Unterteilen kann man diese Satelliten also in wissenschaftliche, militärische, oder auch kommerzielle Satelliten, doch letztendlich werden sie alle nach

¹ Vgl. <https://starwalk.space/de/news/spacex-launches-the-new-batch-of-satellites>

ihrer Laufzeit im All zurückgelassen und werden zu Weltraumschrott. Doch nicht nur zurückgelassene Satelliten zählen zu Weltraumschrott, sondern auch viele andere Dinge, wie zum Beispiel das sogenannte „gefährlichste Kleidungsstück der Geschichte“, welches ein Handschuh ist, der dem Gemini-4-Astronauten Edward White 1965 bei dem ersten Raumspaziergang der US-Raumfahrt abhanden ging, oder auch viele ausgebrannte alte Raketenstufen.²

2.1 Definition Weltraumschrott

Weltraumschrott oder auch „Space Debris“ genannt, ist ein jenes von Menschen angefertigte Objekt, welches in der Erdumlaufbahn schwebt, ohne eine beabsichtigte Funktion zu erfüllen oder eine in Zukunft zu erwartende Funktion erfüllen wird.³

3 Die Verteilung des Weltraumschrotts⁴

Die Schrottteilchen fliegen nicht komplett zufällig durch die Gegend, sondern verteilen sich auf den Bahnen, wo auch circa die Satelliten im aktiven Zustand um die Erdumlaufbahn gekreist sind. Dies führt dazu, dass sich vor allem 3 Häufungen an Schrottteilchen bemerkbar machen.⁵ Die erste der drei Zonen ist der Low Earth Orbit (LEO)⁶, in welcher sich ein Großteil der Satelliten und so auch des Schrottes befindet.⁷ Eine weitere Häufung an Schrott gibt es in einer Höhe von circa 20.200 Kilometer Abstand zur Erde in dem Medium Earth Orbit (MEO)⁸ und die letzte bemerkbare Häufung befindet sich in einer Höhe von circa 35.786 Kilometer über der Erde im Geostationary Earth Orbit (GEO).

² Vgl. Astronomie Heute 06/06

³ Vgl. Astronomie Heute 06/06

⁴ Vgl. Laurie Grace Spektrum der Wissenschaft 1999

⁵ Vgl. <https://www.br.de/wissen/weltraumschrott-satelliten-bruchstuecke-100.html>

⁶ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit>

⁷ Vgl. <https://www.br.de/wissen/weltraumschrott-satelliten-bruchstuecke-100.html>

⁸ Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Medium_Earth_orbit

3.1 Der Low Earth Orbit (LEO)⁹

Der Low Earth Orbit (LEO) ist der niedrigste der Erdumlaufbahnen, mit einer Höhe von circa 200 bis 2000 Kilometer über der Erde. Diese Umlaufbahn ist vor allem wichtig für Spionagesatelliten, astronomische Satelliten, Erderkundungs- und Wettersatelliten, Amateursatelliten, Globale Kommunikationssysteme, Forschungs- und Technologieerprobungssatelliten und für die bemannte Raumfahrt.¹⁰ Einer der Hauptgründe hierfür ist die Entfernung, da ein Satellit in dem LEO auf Grund der geringeren Höhe zur Erde mehr und schneller Daten übertragen kann, als ein Satellit aus höheren Orbits. Außerdem ist der Energie- und Zeitaufwand für das Platzieren des Satelliten geringer. Der zweite wichtige Grund dafür spielt die Geschwindigkeit, mit der sich ein Satellit im LEO bewegt. Ein einziger Umlauf um die Erde benötigt für einen Satelliten im LEO nur um die 100 Minuten. Das Problem, welches hierbei allerdings aufgrund der Höhe und der Geschwindigkeit entsteht, ist das von dem Satelliten immer nur ein kleiner Teil der Erde beobachtet werden kann und das die Übertragungszeit für eine Bodenstation nur circa 15 Minuten pro Umlauf beträgt.

3.2 Der Medium Earth Orbit (MEO)¹¹

Der MEO liegt zwischen dem LEO und dem GEO in einer Höhe zwischen 2000 und 35.786 Kilometer über dem Meeresspiegel. Satelliten in diesem Orbit benötigen für einen Umlauf um die Erde zwischen 2 und 24 Stunden, wobei eine Höhe besonders beliebt ist. Die semisynchrone Umlaufbahn in einer Höhe von 20.200 Kilometer.¹² Bei genau dieser Höhe benötigen Satelliten für einen Umlauf um die Erde exakt 12 Stunden, was bedeutet, dass ein Satellit genau 2-mal täglich am selben Ort vorbeikommt. Diese

⁹ Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Low_Earth_orbit

¹⁰ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit>

¹¹ Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Medium_Earth_orbit

¹² Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-synchronous_orbit

Umlaufbahn wird vor allem für Globale Kommunikationssatellitensysteme und Navigationssatelliten benutzt.¹³

3.3 Der Geostationary Earth Orbit (GEO)¹⁴

Der GEO liegt in einer Höhe von exakt 35.786 Kilometer und hat eine Umlaufzeit von genau 24 Stunden, welches der gleichen Zeit einer Erdrotation entspricht.¹⁵ Dies sorgt dafür, dass der Satellit von der Erde aus gesehen immer am gleichen Punkt im Himmel steht und konstant Daten senden kann. Die Bedingung hierfür ist allerdings, dass dieser Satellit genau über dem Äquator liegen muss, da er sonst um die Gradneigung zum Äquator senkrecht zum Himmelsäquator schwingen würde. Dieser Orbit wird benutzt für Kommunikationssatelliten, Meteorologische Satelliten und Satelliten für Fernsehübertragungen.

4 Die Geschwindigkeit eines Objekts im LEO

Damit ein Objekt in einer unserer Erdumlaufbahnen auf einer gewünschten Höhe bleibt, benötigt es eine sehr hohe Geschwindigkeit, um nicht in unsere Atmosphäre zu fallen und zu verglühen. Doch wie berechnet man die Geschwindigkeit, welche Objekte in bestimmten Bahnen benötigen?

Hierzu benötigen wir die Gravitationskraft der Erde und die Zentrifugalkraft, welche der Gravitationskraft entgegenwirkt.^{16,17}

Zuerst muss man also die Formeln gleichsetzen $F_G = F_Z$.

Ausgeschrieben entsteht also $G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot \omega^2 \cdot r$.¹⁸ Da wir hier allerdings die Geschwindigkeit ausrechnen wollen, müssen wir für die Winkelgeschwindigkeit „ ω “ „ $\frac{v}{r}$ “ einfügen ($G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r^2} \cdot r$).

¹³ Vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit#Medium_Earth_Orbit_\(MEO\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit#Medium_Earth_Orbit_(MEO))

¹⁴ Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit

¹⁵ Vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit#Medium_Earth_Orbit_\(MEO\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit#Medium_Earth_Orbit_(MEO))

¹⁶ Vgl. <http://www.abi-physik.de/buch/astonomie/satellitenbahnen/>

¹⁷ Vgl. https://www.youtube.com/watch?v=NKwjgMus2Jg&ab_channel=ThinkLogic

¹⁸ Siehe Anhang: Formeln

Nach einer Kürzung entsteht folgende Formel „ $G \cdot \frac{M}{r} = v^2$ “. Stellen wir nun nach v um bekommen wir die Formel $v = \sqrt{G \cdot \frac{M}{r}}$. Um jetzt herauszufinden, wie schnell ein Objekt mindestens sein muss, führen wir eine Beispielrechnung, mit einem Abstand zur Erde von 300 Kilometer durch. Hierbei müssen wir allerdings beachten, dass der Radius, von dem Mittelpunkt der Erde ausgeht und in Metern angegeben werden muss. Die Grundeinheit der Erdmasse M wird dabei in Kilogramm angegeben. Da wir die Erdmasse, die Gravitationskonstante und die Entfernung zwischen der Erdoberfläche und dem Erdmittelpunkt bereits kennen und nachgucken können, bekommen wir für ein Objekt, welches in einer Höhe von 300 Kilometer über der Erdoberfläche fliegt, eine Mindestgeschwindigkeit von 7.745,39 Meter pro Sekunde oder auch 27.883,39 Kilometer pro Stunde heraus. Aus der Formel kann man schlussfolgern, dass nicht die Masse des Objektes das entscheidende Kriterium ist, sondern die Entfernung. Dies bedeutet, dass auch kleinste Schrotteilchen von nur einem Zentimeter oder auch kleiner, eine verheerende Rolle spielen und vor allem die Bahnen, in denen sich unsere Astronauten befinden (400km Höhe), aufgrund der höheren Geschwindigkeit erdnahe Objekte gefährdet sind.

5 Die Folgen des Weltraumschrotts

Die Folgen des Weltraumschrotts sind vor allem für unsere Astronauten und für unsere Zukunft gewaltig. Dies liegt an der enormen Geschwindigkeit, welche die Objekte im Orbit aufweisen müssen, um auf einer Kreisbahn oder Ellipse in unseren Orbit zu bleiben.¹⁹ Durch diese Geschwindigkeit wird im Weltall alles zu einer Gefahr. Selbst kleinste Teile von nur 1 mm bis 1 cm, welche es bereits in einer Anzahl von über 128 Millionen Teilchen gibt,²⁰ besitzen das Potential einen Astronauten bei einem Außenbordeinsatz umzubringen, oder sogar die ganze Raumstation zu zerstören. Sollte auch nur

¹⁹ Vgl. 4 Die Geschwindigkeit eines Objekts im „LEO“

²⁰ Vgl. <https://de.statista.com/infografik/9016/muell-in-der-umlaufbahn-der-erde/>

ein 1 Millimeter großes Teilchen auf eine Raumstation treffen, könnte dies ein Loch erzeugen, welches durch den Unterdruck in der Raumstation zu einer Implosion führt und letztendlich die komplette Raumstation zerstört und zu einer gewaltigen Anzahl neuer Schrottteilchen führt (Das Kessler-Syndrom).²¹ Doch nicht nur unsere Raumstationen und Astronauten sind einer solchen Gefahr ausgesetzt, sondern auch unsere Vielzahl an Satelliten. Bereits heute müssen unsere Satelliten, aufgrund einer Kollisionsgefahr, von einer Wahrscheinlichkeit höher als 1 zu 10.000, circa 1-mal alle 2 Wochen ausweichen.²² Dies führt allerdings zu einer Senkung der bereits kurzen Lebenszeit.²³

5.1 Das Kessler-Syndrom

Das Kessler-Syndrom oder auch der Kaskadeneffekt beschreibt den Zusammenstoß zweier oder auch mehrere Objekte im Weltraum. Bei diesem Zusammenstoß entstehen aus beispielsweise eines inaktiven Satelliten, welcher als Weltraumschrott in einem unserer Orbits kreist und eines aktiven Satelliten, welcher sich auf gleicher Höhe befindet, zahlreiche neue Teile an Weltraumschrott. Aus nur einem Schrottteilchen können also, nach nur einem einzigen Zusammenstoß, zahlreiche Schrottteilchen neuer Größe entstehen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei größere Objekte treffen, ist hierbei zwar gering, da die militärischen Überwachungssysteme alle Objekte erfassen, welche größer als mindestens 10 Zentimeter sind,²⁴ ist allerdings dennoch am 10. Februar 2009 bereits schonmal zwischen den beiden Kommunikationssatelliten Iridium 33 und Kosmos 2251 aufgrund falscher Berechnungen vorgekommen. Die Schrottteilchen, welche bei einem solchen Zusammenstoß entstehen, fliegen daraufhin erst noch als ein etwas

²¹ Vgl. Weltraumschrott – Gefahr im Orbit (Minute 20)

https://www.youtube.com/watch?v=ii3ReWkxFZ0&ab_channel=DokumentationDeutsch

²² Vgl. Weltraumschrott: Droht uns bald der globale Satelliten-Blackout? (Minute 10)

https://www.youtube.com/watch?v=W9GcUM9aQHQ&ab_channel=betastories%E2%80%9393DokuszurZukunft

²³ Vgl. <https://www.bernd-leitenberger.de/blog/2012/09/26/wartung-und-lebensdauer-von-satelliten/>

²⁴ Vgl. Spektrum der Wissenschaft Januar 1999

kompakteres Schrottfeld zusammen. Nach etwas längerer Zeit allerdings, verteilen sich die Schrottteilchen um die komplette Erde herum. Dies liegt daran, dass durch die Kollision Schrottteile entstehen, welche sich auf unterschiedliche Höhen verteilen und unterschiedliche Geschwindigkeiten haben.²⁵ Hierdurch vervielfacht sich also nicht nur die Gefahr für den Zusammenstoß zwischen dem Weltraumschrott und den Objekten auf gleicher Bahn, sondern auch die Gefahr zwischen dem Zusammenstoß mit Objekten auf unterschiedlichen Bahnen. Als Folge dessen, müssten zahlreiche Satelliten ihren Kurs schnellstmöglich ändern, da sich sonst dieser Effekt wiederholt, bis unser Orbit einen „point of no return“ erreicht. Von diesem Punkt an würden sich die Schrottteile stetig selbstständig vermehren, indem sie aufeinanderstoßen und wir könnten keine Satelliten oder andere Weltraummissionen mehr starten, bis sich die Schrottdichte in dem LEO wieder so weit senkt, dass wir ohne eine zu hohe Trefferwahrscheinlichkeit wieder Satelliten und anderweitige Objekte in den Weltraum schicken können.

6 Der Whipple-Schild

Der Whipple-Schild ist ein Weltraumschrottschutz, erfunden von Fred Whipple.²⁶ Doch nicht alle Teilchen werden dadurch harmlos. Dieser Schild schützt nur vor Teilchen von einer Geschwindigkeit zwischen 3 und 18 km/s und bis zu einer Größe von circa 1,4 Zentimeter,²⁷ welches dem Großteil des Weltraummülls widerspiegelt. Die Besonderheit des Schildes liegt darin, dass ein Whipple-Schild aus einem Minimum von 3 Schichten besteht. Allerdings liegt der Sinn der mittleren Schicht des Whipple-Schildes nicht darin die Energie, mit welcher das Schrottteil aufkommt abzunehmen, sondern

²⁵ Vgl. Weltraumschrott Gefahr im Orbit (Minute 10)

https://www.youtube.com/watch?v=ii3ReWkxFZ0&ab_channel=DokumentationDeutsch

²⁶ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Whipple-Schild>

²⁷ Vgl.

https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Welche_Gegenmassnahmen_gibt_es

vielmehr darin sie zu verteilen. Hierfür verwendet man meist Kevlar- und/oder Nextel-Aluminiumoxid-Fasern. Als Innen- und Außenschicht der Schilde benutzt man stattdessen Aluminiumbleche mit einer Breite von circa 3 Millimeter.²⁸ Doch nicht alle Schilde sind gleich. Je nach Einschlag- und Durchschlagrisiko variiert man diese Schilde auch noch, um trotz minimaler Masse einen bestmöglichen Schutz zu erhalten.

6.1 Die Schutzlücke

Die Schutzlücke für unsere Satelliten und Raumstationen bilden vor allem Teilchen mit einer Größe zwischen 1,4 und 10 Zentimeter, da sich diese weder durch ein Whipple-Schild abwehren lassen noch groß genug sind, um von unseren Detektier Geräten aufgenommen zu werden. Hierzu wurde bis heute allerdings noch keine preiswerte Lösung gefunden, da man aufgrund der hohen Kosten von circa 2600 US-Dollar für ein Kilogramm Nutzlast, die Schutzschichten nicht unendlich dick werden lassen kann.²⁹

7 Die Lebenszeit der Satelliten

Die Lebensdauer der Satelliten hängt vor allem von der Höhe des Orbits ab, in welchen sich der Satellit befindet.³⁰ In einer Höhe von nur 300 Kilometer über dem Meeresspiegel überleben Satelliten nur einen Monat, ohne Kraftstoffreserven. Dies liegt am Luftwiderstand, welcher permanent besonders auf die niedrigliegenden Satelliten im LEO wirkt. Auch wenn dieser Luftwiderstand in geringer Höhe von 300 bis 400 Kilometer eine große Rolle spielt, nimmt dieser aufgrund der geringer werdenden Atmosphäre, je

²⁸ Vgl. https://www.youtube.com/watch?v=itdYS9XF4a0&ab_channel=RealEngineering

²⁹ Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1068964/umfrage/kosten-fuer-einen-satellitentransport-in-einem-niedrigen-orbit/>

³⁰ Vgl. <https://scienceblogs.de/alpha-cephei/2018/04/27/das-schicksel-der-kuenstlichen-satelliten/>

höher man sich befindet, stark ab. Doch nicht nur der Luftwiderstand der Atmosphäre hat Einfluss auf die Lebenszeit der Satelliten, sondern auch der Treibstoff.³¹ Um auf der gleichen Höhe zu bleiben, müssen Satelliten bereits circa einmal im Monat ein Ausgleichsmanöver vollbringen, welches jedes Mal wieder ein bisschen an Treibstoff verbraucht.³² Der Resttreibstoff, welcher ein Satellit am Ende seiner Laufzeit noch besitzt, soll nämlich benutzt werden, um den Satelliten entweder zum Absturz in die Atmosphäre zu bringen oder um den Satelliten auf einen sogenannten Friedhofsorbit zu verschieben. Doch selbst wenn der Treibstoff keine Rolle spielen würde, werden unsere Satelliten nach deren Laufzeit von beispielsweise circa 15 Jahren im GEO erneuert. Dies liegt daran, dass meist nicht nur der Treibstoff leer ist, sondern sich auch die Technik nicht mehr auf dem neuesten Stand befindet.

8 Das Problem mit dem Weltraumrecht

Das Problem mit dem Weltraumrecht ist, dass es keine festen Beschränkungen gibt.³³ Satelliten müssen nur vor ihrem Start registriert und genehmigt werden. Dies liegt an dem vorhandenen Vetorecht, welches ein jeder Staat, der in den Vereinten Nationen an der Rechtssetzung beteiligt ist, in Anspruch nehmen kann. Erst seit 2002 gibt es einen Vertrag, in dem Richtlinien zur Vermeidung von Müll drinstehen. Das Problem hierbei ist allerdings, dass diese nicht rechtlich verbindlich sind. Diese Richtlinien werden folgend mehr als eine Bitte gesehen, den Treibstoff und die Restenergie des Satelliten zu entladen, damit keine Explosionsgefahr mehr entsteht und den Satelliten entweder mit dem letzten Rest an Treibstoff in die Atmosphäre abstürzen zu lassen oder aber auch auf einen Friedhofsorbit zu „beerdigen“.

³¹ Vgl. Weltraumschrott – Schnell und gefährlich (Minute 13)

<https://www.youtube.com/watch?v=Vc8ZCqzG410>

³² Vgl. https://www.youtube.com/watch?v=itdYS9XF4a0&ab_channel=RealEngineering

³³ Vgl. Weltraumschrott: Droht uns bald der globale Satelliten-Blackout?

<https://www.youtube.com/watch?v=W9GcUM9aQHQ>

9 Lösungsansätze zur Beseitigung des Weltraumschrotts

9.1 Der Kontrollierte Absturz

Der Erste und auch einfachste Lösungsansatz den Weltraumschrott zu vermindern, ist der wie bereits beschriebene kontrollierte Absturz. Hierbei nutzt man den restlichen Treibstoff, um den Satelliten in die Erdatmosphäre zu steuern und ihn somit verglühen zu lassen. Bei höheren Orbits wird stattdessen probiert, den Satelliten zumindest auf einen Friedhofsorbit zu lenken, damit das Kollisionsrisiko gesenkt wird und neuer Platz für die immer mehr werdenden Satelliten geschaffen wird. Das Problem hierbei ist allerdings, dass dies nur eine zeitweilige Verbesserung bietet. Außerdem entsteht durch den Mangel an festen Gesetzen das Problem, dass viele Satellitenbetreiber die Satelliten aufgrund der hohen Kosten so lange wie nur möglich in Betrieb halten wollen, was dazu führt, dass sich durch solche Handlungen der Satellit folgend nicht mehr bewegen kann und letztendlich zu Weltraumschrott wird.³⁴

9.2 Die Weltraummüllabfuhr

Um das Problem der bereits vorhandenen Schrottteile in unseren Orbits zu beheben, gibt es die Idee der Weltraummüllabfuhr. Hierbei gibt es zwei verschiedene Ansätze. Diese Ansätze beruhen beide auf der Einführung eines „Mülljägers“ oder auch „Müllsammlers“. Der erste Ansatz soll dabei ein Mülljäger sein, welcher entweder mit Greifarmen, Harpunen³⁵ oder mit Fangnetzen ausgestattet sein, um Satelliten oder Schrottteile einzufangen und daraufhin mit diesen in der Atmosphäre zu verglühen. Diese Idee soll auch bereits im Jahre 2025 von der Firma ClearSpace1 mit vier Greifarmen an

³⁴ Vgl. Weltraumschrott: Droht uns bald der globale Satelliten-Blackout?
<https://www.youtube.com/watch?v=W9GcUM9aQHQ>

³⁵ Vgl. Spektrum der Wissenschaft 1.19

einem Sammler umgesetzt werden.³⁶ Die Probleme hierbei sind allerdings, dass sich die Schrottteile mit enormen Geschwindigkeiten bewegen, sich dazu teilweise auch noch drehen, eine Gefahr für einen Zusammenstoß zwischen dem Müllsammler und dem Schrottteil entsteht, nur größere Teile eingefangen werden können und der Schrottsammler zusammen mit dem Schrottteil abstürzt. Der zweite Ansatz hierfür, ist die Einführung eines Müllsammlers, welcher auf Magnetismus basiert. Dieser Müllsammler soll die Schrottteile durch Abstoßen in die Atmosphäre lenken oder aber auch die Schrottteile anziehen. Dies stellt sich allerdings als eine schlechte Idee heraus, da der Großteil der Schrottteile nicht magnetisch ist, sondern aus Kunststoffen und Aluminium bestehen. Ein weiteres Problem ist hierbei auch wieder die Geschwindigkeit, da diese schnell dafür sorgen kann, dass der Schrottsammler von den herangezogenen Teilchen kaputt geht.

9.3 Der Laser

Eine weitere Idee, um den bereits vorhandenen Weltraumschrott loszuwerden, ist es einen Laser zu erfinden, welcher entweder von der Erde aus oder von dem Weltraum aus auf die Schrottteile schießt. Somit sollen die Teile entweder ausgebremst werden und daraufhin durch die geringere Geschwindigkeit zum Absturz gebracht werden, direkt komplett verglühen, oder aber durch den Schuss direkt in die Atmosphäre gelenkt werden. Diese Idee ist für uns allerdings noch nicht effizient umsetzbar, da der Laser auch kleinste Teilchen mit Geschwindigkeiten von bis zu 30.000 km/h treffen müsste, erfunden und erbaut werden müsste, kostspielig und auch gefährlich wäre.³⁷

³⁶ Vgl. <https://www.mdr.de/wissen/faszination-technik/clearspace-satellit-weltraumschrott-muellabfuhr-esa-100.html>

³⁷ Vgl. <https://www.dw.com/de/weltraumschrott-himmlische-m%C3%BCllabfuhr-mit-netzen-und-lasern/a-38459963>

9.4 „SpaceX Starship“

Das „SpaceX Starship“ ist eine neuentwickelte Rakete, welche im Auftrag von Elon Musk erbaut wurde und bereits am 20. April 2022 um 2 Uhr morgens ihren „Jungfernflug“ vollbringen soll.³⁸ Das Besondere an dieser Rakete ist, dass sie wiederverwendbar sein soll und so den Weltraumschrott reduziert. Außerdem soll diese Rakete nicht nur wiederverwendbar sein, sondern auch noch selbstständig landen können und somit nicht aus dem Wasser geborgen werden müssen.

10 Fazit

Anfangs entschied ich mich für ein solches Themengebiet, weil es erstens einem jeden von uns bekannt war und dennoch niemand richtig Bescheid wusste und zweitens, weil es mir auf den ersten Blick als „einfach“ erschien. Dies nehme ich allerdings zurück, denn erst nach sorgfältiger Ausarbeit des Themengebietes „Weltraumschrott“, ist mir klar geworden, wie wichtig dieses Thema vor allem für unsere Generation ist und wie weit es davon entfernt ist als „gelöst“ zu zählen. Nicht nur haben wir eine verheerende Schutzlücke für unsere Satelliten und Raumstationen, was bestimmte Geschwindigkeiten und Schrottgrößen betrifft, wodurch ein Kaskadeneffekt ausgelöst werden könnte, sondern befördern dazu auch noch immer mehr Satelliten in unsere Orbits, was dieses Risiko nochmals verstärkt. Dieses immer noch nicht beseitigte Problem sollte besonders bei der immer wichtiger werdenden Rolle des Internet und der Vernetzung nicht nur viel mehr Aufmerksamkeit bekommen, sondern auch eine beträchtlich ernstere Wahrnehmung der Lage auslösen. Denn wenn wir jetzt nicht handeln, besteht für uns in Zukunft vielleicht gar nicht mehr die Möglichkeit überhaupt eingreifen zu können.

³⁸ Vgl. <https://www.mdr.de/wissen/astrokalender/spacex-starship-jungfernflug-ins-weltall-raumfahrt-weltraumkalender-100.html>

11 Anhang

Formeln: F_G = Gravitationskraft

F_z = Zentrifugalkraft

G = Gravitationskonstante der Erde

M = Masse der Erde

m = Masse des Satelliten

r = Radius zwischen der Erdmitte und dem Meeresspiegel + Höhe
zwischen dem Meeresspiegel und dem Satelliten

ω = Winkelgeschwindigkeit

v = Geschwindigkeit

- ABBANY, ZULFIKAR: Weltraumschrott: Himmlische Müllabfuhr mit Netzen und Lasern aus:
<https://www.dw.com/de/weltraumschrott-himmlische-m%C3%BCllabfuhr-mit-netzen-und-lasern/a-38459963> Stand: 22.01.2019
- ABI-PHYSIK: Kreisbahn aus:
<http://www.abi-physik.de/buch/astronomie/satellitenbahnen/> Stand: 2022
- ALDERAMIN: Das Schicksal der künstlichen Satelliten aus:
<https://scienceblogs.de/alpha-cephei/2018/04/27/das-schicksal-der-kuenstlichen-satelliten/> Stand: 27.04.2018
- BAYERISCHER RUNDFUNK: Rasend schnell und sehr gefährlich, aus:
<https://www.br.de/wissen/weltraumschrott-satelliten-bruchstuecke-100.html> Stand: 01.12.2020
- BOCKSCH, RENE: Gefährlicher Schrott im All aus:
<https://de.statista.com/infografik/9016/muell-in-der-umlaufbahn-der-erde/> Stand: 16.04.2021

- DOKUMENTATION DEUTSCH: Weltraumschrott – Gefahr im Orbit – Doku Deutsch 2018 HD (Minute20) aus: https://www.youtube.com/watch?v=ii3ReWkxFZ0&ab_channel=DokumentationDeutsch Stand: 01.05.2018
- FRANKFURT, PETER: Medium Earth Orbit (MEO) aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit#Medium_Earth_Orbit_\(MEO\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit#Medium_Earth_Orbit_(MEO)) Stand: 23.01.2022
- FRANKFURT, PETER: Satellitenorbit aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit> Stand: 23.01.2022
- GRACE, LAURIE: Spektrum der Wissenschaft 1999
- JOHNSON, NICHOLAS: Spektrum der Wissenschaft 1999
- KELLER, SARAH: Kosten für einen Satellitentransport in einem niedrigen Orbit 2016 aus: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1068964/umfrage/kosten-fuer-einen-satellitentransport-in-einem-niedrigen-orbit/> Stand: 21.01.2022
- KLAPETZ, PATRICK: Schrott im All: Europas Weltraum-Müllabfuhr soll 2025 starten aus: <https://www.mdr.de/wissen/faszination-technik/clearspace-satellit-weltraumschrott-muellabfuhr-esa-100.html> Stand: 01.12.2020
- KLAPETZ, PATRICK: Starship von SpaceX: Jungfernflug ins Weltall aus: <https://www.mdr.de/wissen/astrokalender/spacex-starship-jungfernflug-ins-weltall-raumfahrt-weltraumkalender-100.html> Stand: 04.02.2022
- LEITENBERGER, BERND: Wartung und Lebensdauer von Satelliten aus: <https://www.bernd-leitenberger.de/blog/2012/09/26/wartung-und-lebensdauer-von-satelliten/> Stand: 26.09.2012
- MCMANUS, BRIAN: The Truth About Space Debris aus: https://www.youtube.com/watch?v=itdYS9XF4a0&ab_channel=RealEngineering Stand: 26.04.2019

- MERGNER, GUNNAR: Weltraumschrott: Droht uns bald der globale Satelliten-Blackout? (Minute10) aus: https://www.youtube.com/watch?v=W9GcUM9aQHQ&ab_channel=bestories%E2%80%93DokuszurZukunft Stand: 24.06.2021
- NACHRICHTENSENDER, WELT: Weltraumschrott – Schnell und gefährlich (Minute13) aus: <https://www.youtube.com/watch?v=Vc8ZCqzG410> Stand:30.05.2021
- PREDATORIX: Whipple-Schild aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Whipple-Schild> Stand: 05.09.2021
- STARWALK: Was ist Starlink? aus: <https://starwalk.space/de/news/spacex-launches-the-new-batch-of-satellites> Stand:03.03.2022
- THE EUROPEAN SPACE AGENCY: Welche Gegenmaßnahmen gibt es? aus: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Welche_Gegenmassnahmen_gibt_es Stand: ?
- THINK LOGIC: Satelliten Beispiele in der Physik – geostationär, Umlaufzeit, Radius, Zentrifugalkraft aus: https://www.youtube.com/watch?v=NKwjgMus2Jg&ab_channel=ThinkLogic Stand: 19.03.2021
- TITZ, SVEN: Astronomie Heute 06/06
- WIKIPEDIA: Geostationary orbit aus: https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit Stand: 03.03.2022
- WIKIPEDIA: Low Earth Orbit aus: https://en.wikipedia.org/wiki/Low_Earth_orbit Stand: 04.02.2022
- WIKIPEDIA: Medium Earth Orbit aus: https://en.wikipedia.org/wiki/Medium_Earth_orbit Stand: 21.02.2022
- WIKIPEDIA: Semi-synchronous orbit aus: https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-synchronous_orbit Stand: 08.01.2021

- WITZE, ALEXANDRA: Spektrum der Wissenschaft Jahrgang 1.19

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 ver-fasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den

Unterschrift der Schülerin / des Schülers