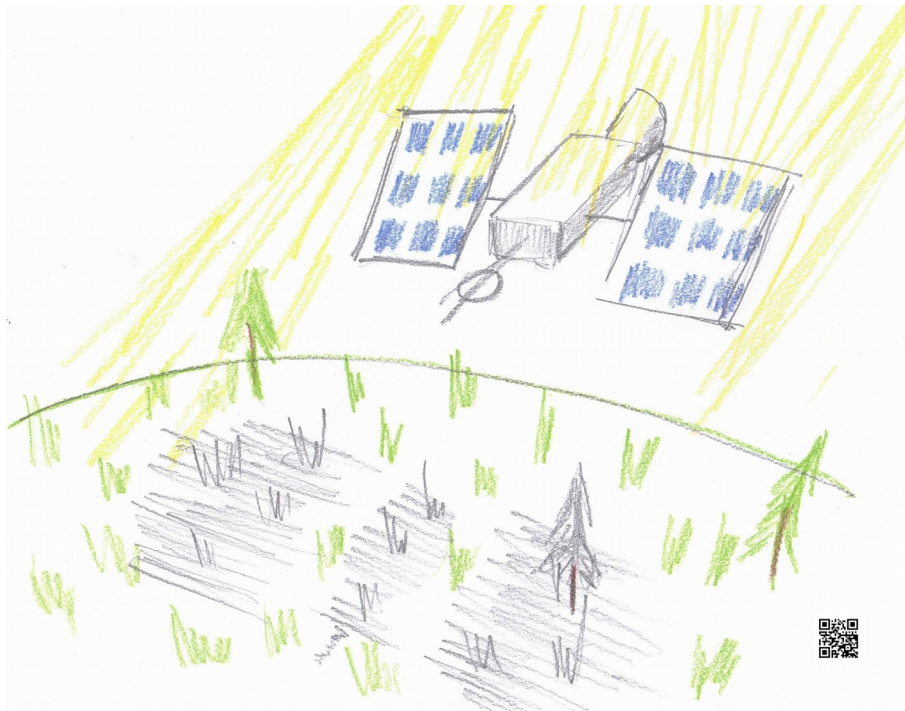


# Kühlt Weltraumschrott die Erde?

24.7.2022



Die Fragestellung bezieht sich nicht auf die zahlreichen künstlichen, funktionsuntüchtigen Objekte die die Erde derzeit umkreisen. Obwohl eine Animation der ESA eine Abschattung der Erde durch diesen Weltraumschrott zumindest möglich erscheinen lässt, führt der mobile Schrott nicht zu einer nachweisbaren Verringerung der Sonneneinstrahlung auf die Erde [1]. Die Fragestellung bezieht sich auf Objekte die am Ende ihrer Nutzung im Weltraum vorwiegend gezielt zum Absturz auf die Erde gebracht werden [2]. Während des Durchgangs des Körpers durch die Erdatmosphäre verglüht er weitgehend. Verbleibende feste Reste werden zum Point Nemo in den Pazifik gelenkt [3]. Laut ESA verglühten bisher etwa 100 t Weltraumschrott pro Jahr in der Atmosphäre [2]. Mit der extrem starken Zunahme privater Weltrauminitiativen in den letzten Jahren kann davon ausgegangen werden, dass es zu einer erheblichen Zunahme der verglühten Masse kommen wird. Das *Starlink*-Projekt sieht vor, dass 12 000 Satelliten mit einer Masse von insgesamt 3100 t in den Low Earth Orbit gebracht werden [4]. Nach ihrer Nutzungsdauer von höchstens 5 Jahren werden sie gezielt zum Absturz gebracht .

Der weitaus größte Teil der Satelliten besteht aus Aluminium. Während des Verglühens in der Erdatmosphäre reagiert das Aluminium mit Sauerstoff und es entstehen Feinpartikel aus Aluminiumoxid. Diese Partikel haben die Eigenschaft einfallendes Sonnenlicht in hohem Maß in den Weltraum zurück zu reflektieren. Als Konsequenz erreicht weniger Sonnenstrahlung die Erdoberfläche und kann diese daher weniger stark aufheizen als bisher [5]. Dieser kühlende Einfluss von Aluminiumoxidpartikeln ist bisher eine rein spekulative Idee aus dem Bereich des sogenannten [Geo-Engineering](#). Zu Recht sprechen die Verfasser des Artikels von [4]: „... *Mega-constellations will begin this process as an uncontrolled experiment* ..“ (Die enorme Anzahl der Satelliten werden ein unkontrolliertes Experiment {zu obiger Spekulation} auslösen).

Welchen weiteren Einfluss das Verglühen von ausgedienten Satelliten auf die Erdatmosphäre haben kann ist bisher unbekannt [7]. Bei der Erstellung einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment) für das Satellitenprogramm *Sentinel-3* müssen die Autoren diesen Punkt wegen fehlender Daten unbewertet lassen [8]: „*Finally, the disposal phase contribution equals to zero on all conventional indicators because of the lack of model related to the emissions on the Earth surface and into the atmosphere during the spacecraft re-entry*“. Obwohl Untersuchungen des möglichen Einflusses der Weltraumfahrt auf die Atmosphäre bereits in den 1970 Jahren begannen fehlen seriöse wissenschaftliche Ergebnisse zum Abschnitt des Lebensendes eines Satelliten weiterhin [9]. Die Forschung fokussierte sich bisher weitgehend auf den möglichen Einfluss der Verbrennungsprodukte beim Antrieb der Trägerraketen. Bedenkt man, dass

1. Die Satellitenmasse lediglich 1 % der Gesamtmasse beim Start der Trägerrakete beträgt
2. Bisher die Masse des abstürzenden Weltraumschrotts nur etwa ½ % aller aus dem All auf der Erde eintreffenden Objekte beträgt

mag dieses Versäumnis des, bezogen auf die Masse, sehr geringen Anteils verständlich erscheinen. Durch die derzeit stattfindende Entwicklung wird sich nicht nur das, im 2. Punkt angegebene Masseverhältnis deutlich verschieben. Der Wert bezieht sich auf Satelliten die vor 5 und mehr Jahren in den Orbit gebracht wurden und jetzt zurückkehren. Wie in Abb. 1 erkennbar hat sich die Anzahl der, jährlich neu hinzukommenden Satelliten seither um das Zehnfache vergrößert. Das kommerzielle *Starlink*-Programm trägt wesentlich zu dieser Entwicklung bei. Für diese Satelliten ist eine Verweildauer im Orbit von 5 Jahren vorgesehen. Die zurückkehrende Masse wird daher erst in 2-5 Jahren wirksam.

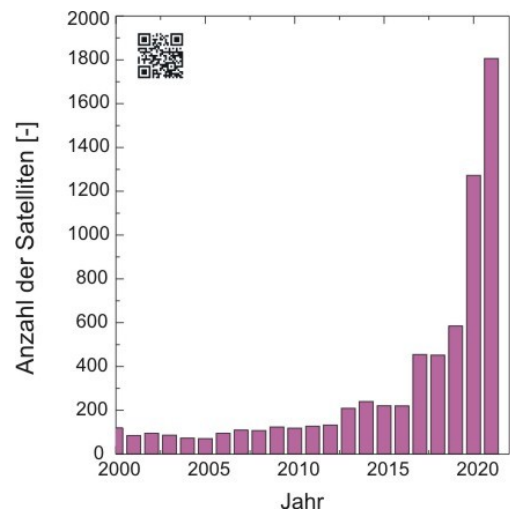


Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl von Satelliten die jedes Jahr in den Weltraum verbracht werden. Unter Verwendung von Daten von [11].

Weiters bleibt unberücksichtigt, dass die Zusammensetzung der Gesamtmassen von natürlichen und künstlichen Objekten extrem unterschiedlich sind. Satelliten führen beim herbeigeführten Absturz noch Treibstoffreserven etwa in Form von Hydrazin,  $N_2H_4$ , mit sich. Dazu kommen toxische Elemente wie etwa Arsen die in elektronischen Schaltungen verbaut sind. Gelegentlich beinhaltet ein Satellit auch radioaktives Material [10]. All diese Elemente werden in einem besonders empfindlichen Bereich der Atmosphäre weit über der Erdoberfläche freigesetzt. Hier stören sie zum einen das Gleichgewicht der hier ablaufenden chemischen Prozesse mit unbekanntem Folgen, etwa auf die ohnehin bereits geschädigte Ozonschicht. Des weiteren findet eine rasche Verteilung der freigesetzten Partikel und Reaktionsprodukte über weite Gebiete der Erde statt. Im Unterschied dazu wird der Weltraumschrott der die Erdoberfläche erreicht in einem eng begrenzten Bereich des Pazifik deponiert. Auch letzteres betrachte ich nicht gerade als verantwortungsbewusste Endlagerung. Leider haben sich die Ozeane als billiges Endlager von jeglichem Müll erwiesen und ernsthafte Versuche von dieser Praxis abzuweichen sind rar.

In Bezug auf den möglichen Einfluss von Weltraumschrott auf die Erdatmosphäre scheint mir

allerdings ein akuter Bedarf an seriösen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu bestehen. Die dazu wahrscheinlich notwendigen finanziellen Mittel dürfen durchaus vom Verursacher eingefordert werden. Wenn ich von den Summen höre, die Weltraumtouristen für einen Ausflug ins All bereitwillig zahlen sollte etwa eine zusätzliche „Weltraumtaxe“ zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung kein erwähnenswertes Hindernis darstellen.

## **Bibliografie:**

- [1] „Time to act“, ESA Video zum Thema „Clean space“  
<https://www.youtube.com/embed/X9aqfIAJrJo?rel=0>
- [2] „ESA reentry expertise“,  
[https://www.esa.int/Space\\_Safety/Space\\_Debris/ESA\\_reentry\\_expertise](https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/ESA_reentry_expertise)
- [3] „Raumschiffriedhof“, Wikipediaeintrag <https://de.wikipedia.org/wiki/Raumschiffriedhof>
- [4] Aaron C. Boley, Michael Byers „Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth“, [DOI: 10.1038/s41598-021-89909-7](https://doi.org/10.1038/s41598-021-89909-7)
- [5] D. K. Weisenstein, D. W. Keith, and J. A. Dykema, „Solar geoengineering using solid aerosol in the stratosphere“, [DOI: 10.5194/acp-15-11835-2015](https://doi.org/10.5194/acp-15-11835-2015)
- [6] „Geoengineering“, Wikipediaeintrag <https://de.wikipedia.org/wiki/Geoengineering>
- [7] D. Werner, „Aerospace Corp. raises questions about pollutants produced during satellite and rocket reentry“, <https://spacenews.com/aerospace-agu-reentry-pollution/>
- [8] T. Maury, S. M. Serrano, P. Loubet, G. Sonnemann, C. Colombo, and L. Innocenti, „Space debris through the prism of the environmental performance of space systems: the case of Sentinel-3 redesigned mission“, online abgerufen am 24.7.2022 unter <https://www.hou.usra.edu/meetings/orbitaldebris2019/orbital2019paper/pdf/6086.pdf>
- [9] J.A. Dallas, S.Raval, J.P. Alvarez Gaitan, S. Saydam, A.G. Dempster, „The environmental impact of emissions from space launches: A comprehensive review“, DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.120209](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120209)
- [10] P.D. Anz-Meador, A.E. Potter Jr „Radioactive satellites: Intact reentry and breakup by debris impact“, DOI: [10.1016/0273-1177\(91\)90540-Z](https://doi.org/10.1016/0273-1177(91)90540-Z)
- [11] „Annual number of objects launched into space“,  
[https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space?country=OWID\\_WRL~USA~RUS~CHN~GBR~JPN~FRA~IND~DEU~European+Space+Agency](https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space?country=OWID_WRL~USA~RUS~CHN~GBR~JPN~FRA~IND~DEU~European+Space+Agency)