

Antwort

der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Reinhard Houben, Michael Theurer, Dr. Marcel Klinge, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/27721 –

Entsorgung von Weltraumschrott

Vorbemerkung der Fragesteller

Die privatwirtschaftliche Raumfahrt ist eine Zukunftsindustrie mit enormem Potential für künftige Generationen. Damit jedoch diese Vielzahl an Möglichkeiten wahrgenommen werden kann, ist es nach Ansicht der Fragesteller wichtig, eine nachhaltige Weltraumpolitik zu betreiben und dabei insbesondere den bereits vorhandenen und zukünftigen Weltraumschrott zu beseitigen. Das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum, DLR, zählte zuletzt 16 000 erfasste Objekte mit einer Größe von mindestens zehn Zentimetern, 750 000 Teile, die mindestens einen Zentimeter groß sind, sowie 150 Millionen Kleinstteilchen (vgl. https://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2265/3376_read-5091/).

Bereits seit längerer Zeit mahnen Experten hier einen „dringenden Handlungsbedarf“ an (vgl. https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Weltraumschrott_Internationale_Experten_einig_ueber_dringenden_Handlungsbedarf). Auch der kleinste havarierte Weltraumschrott kann enorme Schäden an intakten Satelliten und Raumstationen hinterlassen und verheerende Kettenreaktionen auslösen. Der Schrott bewegt sich dabei mit so hoher Geschwindigkeit, dass Kollisionen eine enorme Sprengkraft entfalten und die kollidierenden Objekte in eine Vielzahl kleinerer Teilchen zerbrechen. Es ist nach Meinung der Fragesteller wichtig, dieses Problem jetzt anzugehen, da es noch beherrschbar ist.

Mit der Europäischen Weltraumorganisation, ESA, und dem Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum, haben zwei bedeutende Institutionen bereits erste Schritte zur Bekämpfung von Weltraumschrott unternommen. Neben den Bereinigungen der Altlasten bedarf es Konzepte, wie unsere neuen Satelliten den künftigen Generationen nicht den begrenzten Platz am Firmament blockieren. Nach Ansicht der Fragesteller bedarf es, neben der Problemwahrnehmung, eines Weltraumgesetzes, das die Bundesregierung bereits im Koalitionsvertrag vor drei Jahren versprach, aber noch nicht vorlegte (vgl. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode, S. 58). Neben fundamentalen Fragen, wie die der Haftung für privatwirtschaftliche Unternehmungen, bietet dieses Gesetz nach Ansicht der Fragesteller die Chance, auch das Problem des Weltraumschrotts und dessen Vermeidung auf eine klare gesetzliche Grundlage zu stellen. Dies würde nicht zuletzt den vielen innovati-

ven mittelständischen Raumfahrt-Unternehmen in Deutschland Rechts- und Planungssicherheit verschaffen.

1. Wie schätzt die Bundesregierung das Problem des Weltraumschrotts ein?

Die Raumfahrt ist heute ein fester Bestandteil des Alltags und ein unverzichtbares Instrument für Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft. Die Raumfahrtaktivitäten der vergangenen mehr als 60 Jahre haben aber auch dazu geführt, dass eine Vielzahl von Objekten im Erdorbit als Rückstände der Raumfahrt zurückgeblieben ist. Gerade in den letzten Jahren konnte eine starke Zunahme der Starts von Satelliten in niedrige Erdumlaufbahnen durch neue, überwiegend private Raumfahrtakteure beobachtet werden. Damit verbunden ist die Gefahr, dass diese Aktivitäten zu einem weiteren Anwachsen des Weltraumschrotts führen könnten. Auch kleine Teile von Weltraumschrott können aufgrund ihrer hohen Relativgeschwindigkeiten von bis zu 15 Kilometern pro Sekunde bei einer Kollision erhebliche Schäden an Raumfahrzeugen verursachen.

Weltraumschrott bedingt zum einen Einschränkungen im Betrieb von Satelliten, wenn die Betreiber der Satelliten aufgrund von Annäherungswarnungen Manöver zur Vermeidung von Kollisionen durchführen. Das ressortgemeinsame Deutsche Weltraumlagezentrum (WRLageZ) hat in den letzten fünf Jahren durchschnittlich pro Monat etwa zehn solcher vorhergesagten Annäherungen von Weltraumschrott an deutsche Satelliten als besonders kritische Ereignisse intensiv analysiert. Um auch eine eigene, unabhängige Fähigkeit zur Überwachung der niedrigen Erdumlaufbahnen zu ermöglichen, wurde mit Mitteln des Nationalen Programms für Weltraum und Innovation (NPWI) das experimentelle Weltraumüberwachungs- und Bahnverfolgungsradar GESTRA entwickelt, das vom WRLageZ aus betrieben wird und dort u. a. zum Aufbau eines nationalen Katalogs von Objekten im Orbit genutzt wird.

Zum anderen besteht die Gefahr, dass Weltraumschrott-Teile untereinander kollidieren und dies kaskadenartig zu einem weiteren Anwachsen des Weltraumschrotts führen könnten. Hier gilt es, dass Raumfahrtaktivitäten weltweit die bereits existierenden Vermeidungsmaßnahmen mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit umsetzen. Darüber hinaus kann es notwendig sein, dass aus bestimmten Orbitregionen aktiv Satelliten und Raketenoberstufen entfernt werden müssen, um weiter einem unkontrollierten Anwachsen entgegenzuwirken. Hierfür bedarf es internationaler Abstimmung, da die betroffenen Objekte unterschiedlichen Staaten – und davon nur sehr wenige Deutschland – zuzuordnen sind.

Da die Bundesregierung das Problem des Weltraumschrotts frühzeitig erkannt hat, bearbeitet die Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) seit vielen Jahren aktiv dieses Thema und fördert Forschungsvorhaben dazu. Mit der Gründung des ressortgemeinsamen Weltraumlagezentrums hat die Bundesregierung eine eigene Einrichtung zur Beurteilung der Weltraumlage geschaffen.

2. Wie lange sollten, nach Einschätzung der Bundesregierung, Satelliten im Weltraum verbleiben, bis sie spätestens entsorgt werden sollten?

Wie sollte eine Entsorgung erfolgen?

Zur Entsorgung von Satelliten gibt es seit über 20 Jahren internationale Abstimmungen und Koordinierung auf technischer Ebene zwischen heute 13 Raumfahrtagenturen im Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC), an denen die Raumfahrtagentur im DLR aktiv beteiligt ist. Im Rahmen des IADC wurden 2002 die ersten international abgestimmten Richtlinien zur

Vermeidung von Weltraumschrott veröffentlicht und seitdem weiterentwickelt. Diese sehen Maßnahmen zur Entsorgung vor, um

- 1) ungewollte Zerlegungen im Orbit beispielsweise durch Restenergien in Tanks oder Batterien mit der Generierung von Trümmerwolken zu vermeiden,
- 2) Raumfahrzeuge am Ende ihrer Lebensdauer aus häufig genutzten Orbitregionen zu entfernen und
- 3) die Anzahl der im normalen Betrieb freigesetzten Objekte zu begrenzen.

Die vom IADC formulierten Maßnahmen sind international anerkannt und bilden u. a. die Grundlage für die 2007 verabschiedeten Richtlinien zur Vermeidung von Weltraumschrott des UN-Weltraumausschusses. In Deutschland werden die IADC-Richtlinien beispielsweise im Rahmen der Produktsicherungsanforderungen durch die Raumfahrtagentur im DLR weiter konkretisiert und bei der Beauftragung zum Bau von Satelliten berücksichtigt.

Die Maßnahmen sehen vor, dass Satelliten spätestens innerhalb von 25 Jahren aus dem niedrigen Erdorbit (LEO, Orbithöhe bis 2 000 Kilometer) auf natürliche Weise oder durch aktives Handeln, wie beispielsweise aktives Absenken der Umlaufbahn, in der Erdatmosphäre verglühen. Kürzere Verweildauern oder gar ein direkter Wiedereintritt nach Missionsende sind vorteilhaft und anzustreben. Der Wert von 25 Jahren hat sich jedoch in verschiedenen Studien bisher als ausreichend erwiesen, um ein weiteres unkontrolliertes Anwachsen des Weltraumschrott vermeiden zu können.

Objekte im geostationären Erdorbit (GEO, circa 36 000 Kilometer über dem Äquator) sollen unmittelbar vor ihrem Abschalten auf eine Friedhofsumlaufbahn über dem GEO verbracht werden.

Sowohl im LEO als auch im GEO sind Satelliten zum Ende ihrer Mission so abzuschalten, dass Gefahren einer möglichen Zerlegung durch an Bord gespeicherte Energie reduziert werden.

3. Wie ist der Stand bezüglich des im Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD angekündigten Weltraumgesetzes der Bundesregierung, und wird von Seiten der Bundesregierung noch mit einer Fertigstellung des Gesetzentwurfs und einer Verabschiedung im Deutschen Bundestag in dieser Legislaturperiode gerechnet?

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat wie angekündigt Eckpunkte zu einem „Gesetz zur Stärkung nichtstaatlicher Weltraumaktivitäten“ erarbeitet und die Abstimmung mit den Ressorts begonnen. Dazu steht das BMWi noch im Dialog mit den Ressorts. Nach Erreichen der Ressortereinigkeit werden die Verbände einbezogen. Der Zeitplan des Vorhabens hängt maßgeblich vom Fortgang dieser Beratungen ab.

4. Plant die Bundesregierung in ihrem Weltraumgesetz einen expliziten Artikel zur Vermeidung von Weltraumschrott, wie es ihn beispielsweise im österreichischen Weltraumgesetz (vgl. „Bundesgesetz über die Genehmigung von Weltraumaktivitäten und die Einrichtung eines Weltraumregisters – Weltraumgesetz –“, § 5), gibt, und wenn ja, wie soll diese Regelung ausgestaltet sein?

Die mit einem nationalen Weltraumgesetz einzuführenden Genehmigungspflichten sollen sicherstellen, dass nichtstaatliche Raumfahrtaktivitäten in Einklang mit den völkerrechtlichen Vorgaben erfolgen. Zu den Voraussetzungen

für die Erteilung einer Genehmigung würde daher auch gehören, dass eine Weltraumaktivität unter Berücksichtigung der international anerkannten Richtlinien zur Vermeidung von Weltraummüll und mit entsprechenden Vorkehrungen erfolgt. Über den Inhalt der Eckpunkte zu einem „Gesetz zur Stärkung nichtstaatlicher Weltraumaktivitäten“ im Einzelnen befindet sich das BMWi derzeit noch in Abstimmung mit den Ressorts.

5. Wer trägt nach der momentanen Rechtslage die Haftung für Schäden durch deutschen Weltraumschrott (bitte ggf. nach privaten und staatlichen Projektträgern differenzieren)?

Wird durch Weltraumschrott, dessen Startstaat die Bundesrepublik ist, etwa ein anderer Weltraumgegenstand im Orbit beschädigt, so haftet die Bundesrepublik nur, wenn der Schaden von ihr oder von Personen verschuldet wurde, für die sie verantwortlich ist. Dabei ist es unerheblich, ob ein privater oder staatlicher Akteur den Weltraumgegenstand, von dem der Weltraumschrott stammt, zuvor betrieben hat, denn die Bundesrepublik ist völkerrechtlich verantwortlich für nationale Tätigkeiten im Weltraum einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper, ungeachtet ob staatliche Stellen oder nichtstaatliche Rechtsträger dort tätig werden. Starten zwei oder mehr Staaten einen Weltraumgegenstand gemeinsam, so haften sie als Gesamtschuldner für jeden daraus entstehenden Schaden.

6. Plant die Bundesregierung, die Frage der Haftung bei privatwirtschaftlichen Weltraumaktivitäten neu zu regeln, wie sie es bereits angekündigt hat (vgl. Antwort zu Frage 2 der Kleinen Anfrage auf Bundestagsdrucksache 19/12817), und wenn ja, wann?

Zum ersten Teil der Frage wird auf die Bundestagsdrucksache 19/13613, Antwort zu Frage 2, verwiesen, die weiterhin gültig ist. Zum zweiten Teil der Frage wird auf die Antwort zu Frage 3 verwiesen.

7. Wie schätzt die Bundesregierung die Gefahr ein, dass durch eine teilweise Mithaftung oder eine Vollhaftung von privaten Projektträgern, die Attraktivität der Raumfahrt für Unternehmen der Privatwirtschaft sinkt, weil das wirtschaftliche Risiko steigt?

Dies hängt maßgeblich von der Ausgestaltung der Haftungsregelung ab. Über den Inhalt der Eckpunkte zu einem „Gesetz zur Stärkung nichtstaatlicher Weltraumaktivitäten“ im Einzelnen befindet sich das BMWi derzeit noch in Abstimmung mit den Ressorts.

8. Welche Anreize will die Bundesregierung für Projektträger schaffen, ihre Objekte im Weltraum nach angemessener Zeit zu entsorgen?

Grundsätzlich sollte die Einhaltung international anerkannter Standards in einem Weltraumgesetz eine Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung sein. Darüber hinaus hat der Gesetzgeber einen großen Spielraum, z. B. geringere Gebühren, Haftungsprivilegierungen oder steuerliche Vorteile für die Übererfüllung international anerkannter Standards zu gewähren.

9. Gibt es Bemühungen seitens der Bundesregierung, die Beseitigung von Weltraumschrott international zu organisieren, und wenn ja, über welches Gremium?

Welche internationalen Initiativen hat die Bundesregierung konkret angestoßen?

Deutschland engagiert sich in verschiedenen Gremien, um sich international und auf europäischer Ebene zu Fragen der Weltraumschrottvermeidung und -beseitigung abzustimmen.

Auf Ebene der Vereinten Nationen (UN) wurden bereits in der Arbeitsgruppe zur langfristigen Nachhaltigkeit von Weltraumaktivitäten des UN-Weltraumausschusses (UNCOPUOS) Richtlinien zur Beseitigung von Weltraumschrott diskutiert. Deutschland hat sich in dieser Arbeitsgruppe aktiv eingebracht. Auch in der 2019 beschlossenen Folgearbeitsgruppe, die für 2021 ihre konstituierende Sitzung plant, will sich Deutschland engagieren.

International ist Deutschland seit vielen Jahren im IADC engagiert, in dem die Raumfahrtagentur derzeit auch der Vorsitz innehat (vergleiche hierzu auch die Antwort zu Frage 2) und über das DLR auch im Bereich der Standardisierung zur Weltraumschrott-Vermeidung in der Internationalen Organisation für Normung (ISO). Auch gab es Kontakte zu Initiativen anderer Staaten, wie der CONFERS Initiative in den USA, die sich für die Entwicklung von Standards im Bereich der Raumfahrtrobotik einsetzt.

Auf europäischer Ebene finden Abstimmungen im Rahmen der European Cooperation for Space Standardization (ECSS) und in Arbeitsgruppen der Europäischen Weltraumorganisation ESA statt, in denen Deutschland aktiv vertreten ist. Mit Mitteln aus dem Horizon 2020-Programm der EU wird im Projekt „PERASPERA“ unter Federführung der Raumfahrtagentur im DLR an einem European Operations Framework (EOF) für Annäherungsmanöver von Satelliten gearbeitet, welches auch die Beseitigung von Weltraumschrott adressiert.

10. Plant die Bundesregierung, die Anzahl neuer Satelliten durch das Ausstellen von Genehmigungen für neue Satelliten und andere Objekte zu kontrollieren, und wenn ja, sollen diese Genehmigungen auf der globalen, europäischen oder nationalen Ebene erfolgen?

Der Weltraumvertrag von 1967 verpflichtet Deutschland unter anderem dazu, für nationale Tätigkeiten nicht staatlicher Rechtsträger im Weltraum einschließlich seiner Himmelskörper eine Genehmigung vorzusehen. Angestrebt wird ein nationales Weltraumgesetz, das die völkerrechtlichen Vorgaben umsetzt.

Diskussionen um eine europäische oder internationale Koordinierung und wie diese ausgestaltet werden kann, sind Teil der laufenden Diskussionen um ein Space Traffic Management Regime, die durch die deutsche Ratspräsidentschaft zwischen den Mitgliedsstaaten der EU und der ESA angestoßen wurden.

11. Plant die Bundesregierung ein Register aller genehmigten Satelliten, und wenn ja, ab wann?

Soll dieses Register lediglich deutsche Projektträger oder auch Projektträger auf der europäischen oder der globalen Ebene erfassen?

Ein nationales Register deutscher Weltraumgegenstände, also auch Satelliten, wird bereits beim Luftfahrtbundesamt in Braunschweig geführt (Luftfahrzeugrolle der Bundesrepublik Deutschland – Band R Raumfahrzeuge).

Die Raumfahrtagentur im DLR sichtet im Auftrag des BMWi dazu internationale Startaktivitäten und bereitet die relevanten Informationen vor. Dabei richtet sich Deutschland nach dem Weltraumregistrierungsübereinkommen (Übereinkommen über die Registrierung der in den Weltraum gestarteten Gegenstände – Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space – vom 14. Januar 1975, BGBl. 1979 II S. 650.). Einträge im nationalen Register werden an den Generalsekretär der Vereinten Nationen gemeldet, der ein internationales Register für Weltraumgegenstände führt. Staaten, die das Weltraumregistrierungsübereinkommen nicht ratifiziert haben, können nationale Registrierungen auf Basis der UN-Generalversammlungsresolution 1721 B (XVI) vom 20. Dezember 1961 melden. Diese werden auch in dem besagten internationalen Register aufgeführt. Ein Online-Index auf der Internetseite des UN-Büros für Weltraumangelegenheiten (UNOOSA) ist öffentlich einsehbar.

12. In welcher Höhe beteiligt sich die Bundesregierung an dem Projekt „Clear Space One“ der ESA, und sind weitere Beteiligungen an internationalen Projekten zur Vermeidung von Weltraumschrott geplant?

Auf der ESA Ministerratskonferenz 2019 hat Deutschland das Programmelement im ESA Space Safety Programm, aus dem der öffentliche Finanzierungsanteil an der „Clear Space One“ Mission stammt, in einer Höhe von 11,7 Millionen Euro (WB 2019) unterstützt. Zur erfolgreichen Umsetzung wird ein weiterer Beitrag auf der kommenden Ministerratskonferenz in 2022 erwartet, dessen Umfang derzeit aber noch nicht genau beziffert werden kann.

13. Welche Projekte zur Vermeidung von Weltraumschrott gibt es seitens des DLR, und wie viel Geld wird für diese Projekte bereitgestellt?

Im DLR gibt es zehn Projekte zu diesem Thema. Diese Projekte haben insgesamt ein Volumen von 23 587 000 Euro, davon im Jahr 2021 3 752 000 Euro:

- Space Situational Awareness,
- Wiedereintritt von freifliegenden Objekten,
- SMARTnet,
- Transportable Laser Ranging Station,
- Verfahren zur verbesserten Detektion, Ortung und Verfolgung von Orbit,
- Smarte Retroreflektoren,
- miniSLR,
- LARAMOTIONS,
- Weltraummüll – Erfassung, Charakterisierung und Bahnabsenkung,
- Schutz von Weltrauminfrastrukturen.

Zusätzlich gibt es aktuell drei Großinvestitionen in diesem Thema, die insgesamt ein Volumen von 15 150 000 Euro haben, davon 4 150 000 Euro in 2021:

- MS-LART (SSA Teleskop) inklusive Sensorik,
- Laser Container (Laserquelle zur Ortung von Weltraumschrott),
- STAR-C Debris Tracking Container.

14. Plant die Bundesregierung, sich für eine Novellierung der „Space Debris Mitigation Guidelines“ der UN einzusetzen, und wenn ja, welche Punkte sind für die Bundesregierung hierbei von besonderer Relevanz?

Eine Novellierung ist nicht geplant. Die Bundesregierung setzt sich in den Nachfolgearbeitsgruppen des UNCOPUOS für weitere Richtlinien für die nachhaltige Nutzung des Weltraums ein. Von besonderer Relevanz sind dabei bessere Vermeidungs- und Rückführungsmaßnahmen sowie ein verbesserter Informations- und Kommunikationsaustausch, insbesondere zwischen Welt- raumlagestellen. Die Arbeitsgruppe sollte außerdem technisch fundiert arbeiten und die Expertise des IADC einbeziehen, z. B. das IADC Statement zu großen Satellitenkonstellationen im niedrigen Erdbit.

15. Welche deutschen Unternehmen sind, nach Kenntnis der Bundesregie- rung, im Bereich Vermeidung und Bergung von Weltraumschrott aktiv?

Seit 2015, nach dem Beenden der DEOS-Missionsvorbereitungen, wurde das Thema Bergung und Entsorgung von Weltraumschrott industrieseitig in Deutschland nach Kenntnis der Bundesregierung nicht weiterverfolgt. Damit konnte auch keine gezielte Förderung in diesem Bereich umgesetzt werden.

Raumfahrtrobotik-basierte Konzepte zu On-Orbit Servicing & Assembly, die auch zur Vermeidung von Weltraumschrott beitragen können, wurden bis zum Abschluss des iBOSS Vorhabens in 2018 gefördert.

Auf EU-Ebene wurden und werden ähnliche Themen im Strategic Research Cluster „Space Robotics“ von Horizon 2020 und Horizon Europe behandelt.

Durch die Produktsicherungs-Anforderungen der Raumfahrtagentur im DLR werden bereits für alle Raumfahrtmissionen im DLR Maßnahmen zur Vermei- dung von Weltraumschrott implementiert. Aus diesem Grund ist davon auszu- gehen, dass die deutschen Unternehmen, die die Systemführerschaft bei sol- chen Vorhaben des DLR übernommen haben oder übernehmen, über Kenntnis- se im Bereich der Vermeidung von Weltraumschrott verfügen.

16. Werden die genannten einheimischen Unternehmen durch Förderpro- gramme des Bundes, wie das Nationale Programm für Weltraum und In- novation, gefördert?

Wenn ja, wie hoch fielen die jeweiligen Fördersummen seit Beginn der Förderung der einzelnen Unternehmen aus?

Deutsche Forschungseinrichtungen und Unternehmen werden durch verschie- dene Fördermaßnahmen bei ihrer wissenschaftlichen Forschung und Entwick- lung unterstützt, die im Zusammenhang mit Weltraumschrott stehen. Dies be- trifft auch Themen wie Detektion von Weltraumschrott, Modellierung der Weltraumschrott-Umgebung, Untersuchung zu Folgen von Einschlägen von Kleinstpartikeln und weitere Themen. Diese Förderung erfolgt über verschiede- ne Programme, die sich gegenseitig ergänzen.

Aus dem NPWI wurden im Bereich der Automation und Robotik Entwicklun- gen im Zusammenhang mit der geplanten DEOS Mission bis 2015 in Höhe von rund 30 Millionen Euro unterstützt. Die damit verbundenen Technologien kön- nen für Missionen zur aktiven Entfernung von Objekten mittels robotischer Raumfahrt zum Einsatz kommen. Im selben Fachbereich wurde das oben er- wähnte Verbundvorhaben iBOSS bis 2018 mit insgesamt rund 19 Millionen Euro gefördert.

Über Mittel, die in ESA Technologieprogrammen bereitgestellt werden, können auch gezielt einzelne Technologieentwicklung unterstützt werden. Zur Entwicklung von passiven Deorbiting-Systemen (drag-sails) und aktiven Systemen (dedizierte Feststoffraketenmotoren) wurden seit 2016 3,5 Millionen Euro bereitgestellt. Weitere Mittel sind eingeplant. Im selben Themenbereich der Komponenten für Satelliten-Deorbiting wurden auch Förderungen in Höhe von 800 000 Euro aus dem NPWI im Zeitraum 2017 bis 2020 getätigt.

Auch unter dem Überbegriff „Clean Space“ werden bei ESA Technologien, Bauteile oder Komponenten für die Raumfahrt entwickelt, die Aspekte einer nachhaltigen Nutzung der Raumfahrt berücksichtigen. Auch hierfür stehen deutschen Unternehmen Mittel aus verschiedenen ESA Programmen zur Verfügung.

17. Wie schätzt die Bundesregierung die Möglichkeit ein,
- a) Objekte mittels eines Bremssegels früher zum kontrollierten Absturz und Verflühen zu bringen,

Entfaltbare oder aufblasbare Strukturen, sogenannte Drag-augmentation Devices, stellen eine technische Möglichkeit dar, die Verweildauer von Objekten in niedrigen Erdorbit zu verringern durch die Vergrößerung der Fläche eines Satelliten und damit der Vergrößerung seines Strömungswiderstandes. Diese Technologie eignet sich insbesondere für kleinere Satelliten, für die kein aktives Antriebssystem vorgesehen ist. Mit Hilfe von Drag-augmentation Devices kann so die Verweildauer im Orbit reduziert werden.

- b) Objekte nach ihrer Nutzung in einen höher gelegenen Friedhofs-Orbit auszulagern, um so Raum für neue Satelliten zu schaffen,

Siehe Antwort zu Frage 2.

- c) Objekte mittels einer chemischen Reaktion zum Selbstauflösen zu bringen,

Derzeit ist der Bundesregierung kein Verfahren bekannt, das geeignet wäre, um Objekte durch einen chemischen Prozess der Selbstauflösung zu entsorgen.

- d) Objekte mithilfe eines Lasers zu verlangsamen und sie so zum Absturz zu bringen,

Der Bundesregierung sind wissenschaftliche Untersuchungen bekannt, die die Möglichkeiten der Ablenkung von überwiegend kleineren Objekten im Orbit mittels Laser untersucht haben. Eine Realisierung solcher Technologien ist derzeit jedoch noch nicht absehbar.

- e) Objekte mithilfe von Fangnetzen zu bergen,

Fangnetze stellen eine technische Möglichkeit dar, um ausgediente Satelliten oder Oberstufen im Erdorbit durch einen Servicer-Satelliten einzufangen. Diese Technologie konnte in einem verkleinerten Experiment auch bereits erfolgreich im Orbit demonstriert werden. Ein so fixiertes Objekt könnte dann mit Hilfe einer Leine (Tether) in niedrigere Erdumlaufbahnen verbracht und dort freigesetzt werden, um durch einen folgenden Wiedereintritt in der Erdatmosphäre zu verflühen.

- f) Objekte mithilfe anderer Technologien und Lösungen zu entsorgen (bitte jeweils benennen)?

Mögliche technische Lösungen zur Entsorgung:

- Verwendung vorhandener Antriebssysteme zur Absenkung der Umlaufbahn oder zum direkten Wiedereintritt in der Erdatmosphäre.
- Autonome Antriebssysteme an Bord eines Satelliten, die speziell nur für ein Absenkmanöver ausgelegt sind und diese auch im Fall eines Ausfalls des Hauptkontrollsystems des Satelliten durchführen könnten. Dies könnte auch als nachträglich anzubringendes System realisiert werden, das durch eine robotische Mission an einem Satelliten befestigt werden könnte.
- Passiv entrollbare Leinen, die nach elektrostatischer Aufladung mit dem Erdmagnetfeld interagieren (electromagnetic Tether) und die Umlaufbahn ähnlich wie ein Drag-augmentation Device absenken.

Mögliche technische Lösungen zur Fixierung für eine aktive Entfernung von Satelliten und Raketenoberstufen aus dem Erdorbit:

- Verwendung robotischer Systeme zur festen Fixierung eines Satelliten beispielsweise robotischer Greifer, Tentakelarme.
- Fixierungsmethoden über eine lose Kopplung eines Satelliten oder einer Raketenoberstufe über eine Leine (Tether) mittels Harpune, Geckomaterialien oder adhäsive Materialien.

18. Wie bewertet die Bundesregierung die Entsorgung von Raumfahrtabfällen, wie etwa Triebwerksstufen von Raketen oder Überreste von Raumstationen und Satelliten, in den Weltmeeren?

Besteht aus Sicht der Bundesregierung hier eine Gefährdung von maritimen Ökosystemen?

Bezüglich der Entsorgung von Abfällen in den Weltmeeren gelten internationale Abkommen, wie z. B. das Übereinkommen vom 29. Dezember 1972 über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen, geändert durch das Protokoll vom 17. November 1996 (London Convention/London Protocol). Diese finden auch auf die Entsorgung von Raumfahrtabfällen Anwendung.

Bei einer Entsorgung von Objekten aus dem Orbit über Weltmeeren verglüht der Großteil der Materialien in sehr großer Höhe. Durch die auftretende Hitze ist zu erwarten, dass insbesondere Treibstoffe oder andere möglicherweise toxische Verbindungen zerstört werden. Typische Fragmente, die die Meeresoberfläche noch erreichen können, sind kompakte metallische Gegenstände oder Verbundbauteile. Da keine quantifizierenden Aussagen zur Menge des weltweit in Meere eingebrachten Materials einschließlich Raumfahrtabfällen möglich sind, kann auch der Grad der Belastung oder Gefährdung mariner Ökosysteme nicht seriös eingeschätzt werden. Das durch London Convention/London Protocol vorgesehene grundsätzliche Verbot der Einbringung von Stoffen beruht auf dem Konsens der Vertragsstaaten, dass grundsätzlich jeder Eintrag eine Belastung der marinen Ökosysteme bedeutet. In Bezug auf kleinere Schiffe und Boote ist bekannt, dass Fragmente von über Meeren wiederingetretenen Nutzlastverkleidungen von Raketen teilweise kaum sichtbar dicht unterhalb der Wasseroberfläche treiben und eine Gefahr darstellen.

Vorabfassung - wird durch die lektorierte Version ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die lektorierte Version ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die lektorierte Version ersetzt.