

Kleine Anfrage

des Abg. Dr. Stefan Fulst-Blei SPD

und

Antwort

des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst

Das Kessler-Syndrom: Gefahren durch Weltraumschrott für die Satellitentechnik

Kleine Anfrage

Ich frage die Landesregierung:

1. Wie schätzt die Landesregierung die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der im Rahmen des Kessler-Syndroms beschriebenen kaskadierenden Zunahme zufälliger Kollisionen durch Kleinstobjekte von Weltraumschrott ein?
2. Welche Satellitenumlaufbahn könnte nach ihrem aktuellen Stand in welchem Ausmaß betroffen sein?
3. Mit welcher Kollisionsrate rechnet sie mit Blick auf die kommenden zehn Jahre?
4. In welcher Dimension ist dadurch mit Satellitenausfällen zu rechnen?
5. Für wie wahrscheinlich hält die Landesregierung in diesem Zusammenhang die Gefahr für Totalausfälle von Satellitentechnik?
6. Welche Wirtschaftszweige wären von einer solchen Entwicklung insbesondere betroffen?
7. Wie schätzt die Landesregierung die wirtschaftlichen Auswirkungen für Baden-Württemberg bei Totalausfällen von Satellitentechnik ein?
8. Welche Maßnahmen zur Gegensteuerung in den Bereichen Forschung und wirtschaftliche Resilienz wurden bereits eingeleitet und mit welchen finanziellen Mitteln sind diese unterlegt?
9. Ist die Landesregierung bereit, ggf. weitere finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen?
10. Welche weiteren Maßnahmen sind in diesem Zusammenhang in Planung?

20.8.2025

Dr. Fulst-Blei SPD

Eingegangen: 21.8.2025 / Ausgegeben: 17.9.2025

Drucksachen und Plenarprotokolle sind im Internet
abrufbar unter: www.landtag-bw.de/Dokumente

Der Landtag druckt auf Recyclingpapier, ausgezeichnet mit dem Umweltzeichen „Der Blaue Engel“.

Begründung

Das Kessler-Syndrom beschreibt eine Entwicklung, an deren Ende der mögliche Totalausfall der gesamten Satellitentechnik in der Mittleren Umlaufbahn beschrieben wird. Rückmeldungen von renommierten Wissenschaftlern aus dem Institut für Raumfahrtsysteme Baden-Württemberg deuten nicht nur auf eine durchaus hohe Wahrscheinlichkeit einer solchen Entwicklung hin, sondern auch auf einen bereits mittelfristigen Beginn der Kaskadenentwicklung (ab 2030). Die Kleine Anfrage will den aktuellen Wissensstand sowie eingeleitete und weitere geplante Gegenmaßnahmen in Erfahrung bringen.

Antwort

Mit Schreiben vom 11. September 2025 Nr. MWK32-0141.5-26/16/4 beantwortet das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Abstimmung mit dem Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen, dem Ministerium für Finanzen und dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus die Kleine Anfrage wie folgt:

- 1. Wie schätzt die Landesregierung die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der im Rahmen des Kessler-Syndroms beschriebenen kaskadierenden Zunahme zufälliger Kollisionen durch Kleinstobjekte von Weltraumschrott ein?*
- 2. Welche Satellitenumlaufbahn könnte nach ihrem aktuellen Stand in welchem Ausmaß betroffen sein?*
- 3. Mit welcher Kollisionsrate rechnet sie mit Blick auf die kommenden zehn Jahre?*
- 4. In welcher Dimension ist dadurch mit Satellitenausfällen zu rechnen?*
- 5. Für wie wahrscheinlich hält die Landesregierung in diesem Zusammenhang die Gefahr für Totalausfälle von Satellitentechnik?*

Zu 1. bis 5.:

Die Fragen 1 bis 5 werden aufgrund des Sachzusammenhangs gemeinsam beantwortet.

Kollisionen von Objekten im All und deren Auswirkungen sind ein hochaktuelles Thema, das von allen relevanten Raumfahrtakteuren adressiert wird – Wissenschaft, Industrie, Raumfahrtagenturen und Politik (z. B. EU-Weltraumgesetz, Forschungsförderung). Das Kessler-Syndrom bezeichnet hierbei einen Kaskadeneffekt von Kollisionen im erdnahen Orbit (Low Earth Orbit, LEO; ~500 bis 2 000 km Höhe), der sich selbst verstärkt. Kollisionen im LEO sowie deren Auswirkungen waren und sind bis heute weltweit Bestandteil zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen, Simulationen sowie technischer Studien.

Es ist aktuell jedoch nicht möglich zu beurteilen, welche der existierenden Modelle und der diesen zugrunde liegenden Annahmen am wahrscheinlichsten zutreffend sind. Dies betrifft nicht nur den Zeithorizont, sondern auch die Identifizierung von spezifischen Orbitbereichen, die voraussichtliche Kollisionsrate sowie die Dimension der Satellitenausfälle.

Ständig aktualisierte Prognosen für (Worst-Case) Kollisionswahrscheinlichkeiten aller katalogisierten Objekte können unter <https://celestrak.org/SOCRATES/> öffentlich eingesehen werden. Nach Einschätzung von Expertinnen und Experten des Instituts für Raumfahrtsysteme an der Universität Stuttgart (IRS) wird man den Beginn des befürchteten Kaskadeneffekts aller Voraussicht nach erst im Nachhinein definieren können. Ein konkreter Termin lässt sich daher nicht vorhersagen.

Grundsätzlich lässt sich jedoch festhalten, dass aus wissenschaftlicher Sicht Eignigkeit darüber besteht, dass das Risiko von Kollisionen mit Kaskadeneffekten

im LEO in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. Dies ist auf die schnell wachsende Anzahl von Raumfahrtobjekten zurückzuführen, u. a. Satelliten-Großkonstellationen. Die LEO-Bereiche zwischen 500 und 1 000 km Höhe sind dabei besonders gefährdet, da sie die höchste Dichte an Objekten aufweisen. Ein Ausfall dieser Bereiche könnte erhebliche Auswirkungen auf Satellitendienste haben. Zwei Beispiele für die möglichen Auswirkungen eines solchen Ausfalls sind:

– *Erdbeobachtungsmissionen*

Die Sentinel-Satelliten des Copernicus-Programms sind in dem genannten Bereich unterwegs. Deren Daten werden von zahlreichen Institutionen sowie wissenschaftlichen Einrichtungen genutzt und zunehmend auch von Unternehmen wirtschaftlich verwertet.

– *Satellitengestütztes Internet*

Auch die Starlink-Satellitenkonstellation von SpaceX könnten betroffen sein. Deren Ausfall hätte mittlerweile kaum abschätzbare globale Auswirkungen. Die Relevanz von Starlink für die Europäische Sicherheit wurde beispielsweise anhand des kürzlich erfolgten und nur temporären Abschaltens/Ausfalls im Ukraine-Krieg verdeutlicht.

Nach aktuellem Forschungsstand sind Navigationssatelliten (MEO: Mittlerer Erdborbit, 2 000 bis 35 786 km Höhe) sowie Kommunikationssatelliten im geostationären Orbit (GEO, 35 786 km Höhe) derzeit weniger gefährdet.

6. *Welche Wirtschaftszweige wären von einer solchen Entwicklung insbesondere betroffen?*

Zu 6.:

Satelliten erfüllen eine Vielzahl an Funktionen – u. a. Kommunikation, Navigation, Erdbeobachtung, wissenschaftliche Forschung, Katastrophenschutz oder Aufklärung. Die Nutzung von Satellitendiensten ist fester Bestandteil unseres alltäglichen Lebens. Aufgrund des breiten Anwendungsspektrums sowie der zunehmenden Digitalisierung ist davon auszugehen, dass je nach Orbitbereich alle Wirtschaftszweige von Ausfällen der Satellitentechnik gleichermaßen betroffen sein könnten.

Die in „Ein Tag ohne Raumfahrt“¹ von der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR anschaulich dargestellten wirtschaftlichen Auswirkungen im Worst-Case-Szenario eines Totalausfalls sind jedoch nach Einschätzung von Expertinnen und Experten äußerst unwahrscheinlich, da beim Eintreten des Kessler-Syndroms nicht alle Orbitbereiche im LEO betroffen wären.

7. *Wie schätzt die Landesregierung die wirtschaftlichen Auswirkungen für Baden-Württemberg bei Totalausfällen von Satellitentechnik ein?*

Zu 7.:

Das Worst-Case-Szenario des Totalausfalls von Satellitentechnik hätte globale Auswirkungen mit immensem Ausmaß. Nicht nur Baden-Württemberg wäre betroffen. Daher lassen sich die wirtschaftlichen Auswirkungen eines solchen singulären Ereignisses nicht abschätzen.

8. *Welche Maßnahmen zur Gegensteuerung in den Bereichen Forschung und wirtschaftliche Resilienz wurden bereits eingeleitet und mit welchen finanziellen Mitteln sind diese unterlegt?*

Zu 8.:

Wie bereits in der Antwort zu den Fragen 1 bis 5 erläutert, befassen sich Raumfahrtakteure seit Jahren mit den Herausforderungen durch Weltraumschrott und Kollisionen im LEO. Es gibt weltweit sowohl regulatorische als auch technologische Ansätze, um diesem Problem entgegenzuwirken. Diese Bemühungen finden global statt und können nicht spezifisch auf das Land Baden-Württemberg eingegrenzt werden.

¹ https://www.youtube.com/watch?v=8_2MBqv0Ty0

Im September 2022 hat die US-amerikanische Federal Communications Commission eine neue Vorschrift² veröffentlicht. Satellitenbetreiber im LEO werden dazu verpflichtet, ihre Satelliten innerhalb von fünf Jahren nach Abschluss der jeweiligen Mission zu entsorgen. Der bis dahin geltende Zeitraum für die Entsorgung betrug 25 Jahre. Die ESA hat 2023 für eigene Missionen eine *Zero Debris Strategie*³ initiiert, wonach Satelliten unmittelbar nach Missionsende „de-orbitet“ werden müssen. Raumfahrtakteure können dieser Charter beitreten. Die Universität Stuttgart plant den Beitritt als erste Universität. Im Juni 2025 wurde der EU-Vorschlag eines europaweiten Weltraumgesetzes⁴ veröffentlicht, in dem auch die Vermeidung von Weltraumschrott eine wichtige Rolle spielt.

Aus technologischer Sicht sind zur Gegensteuerung insbesondere die folgenden Punkte relevant:

- *Systematische Erfassung und Verfolgung aller kritischen aktiven und passiven Objekte auf den niedrigeren Orbitebenen*

Zur möglichst genauen Erfassung von aktiven Objekten im Orbit kooperieren Akteure, wie z. B. das Europäische Raumfahrtkontrollzentrum (ESOC) in Darmstadt, das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC) in Oberpfaffenhofen und das deutsche Weltraumlagezentrum in Bonn. Auf Forschungsebene widmet sich diesem Thema in Baden-Württemberg beispielsweise das DLR-Institut für Technische Physik im Bereich der Laser-Detektion.

- *Planung von Ausweichmanövern und hohe Zuverlässigkeit*

Um sicherzustellen, dass Satelliten bis zu ihrem geplanten Abbau manövrierfähig bleiben, ist ein zuverlässiges Design von entscheidender Bedeutung. Für die Durchführung von Ausweichmanövern müssen außerdem Ressourcen eingesetzt werden. Da dies zusätzliche Kosten für die Betreiber bedeutet, funktioniert die Kooperation in diesem Bereich nicht immer reibungslos. Dem kann nur durch regulatorische Vorgaben entgegengewirkt werden.

- *Einfangen mit anschließender Entsorgung von Satelliten*

Weltweit und insbesondere in Deutschland untersuchen zahlreiche Forschungsgruppen wie wichtige Trümmerobjekte aktiv eingefangen und anschließend entsorgt werden können. Die Forschung ist u. a. Bestandteil der ESA CleanSpace-Initiative. Auch bei diesem technologischen Ansatz erschweren die damit verbundenen Kosten sowie die fehlenden rechtlichen Rahmenbedingungen eine reale Umsetzung.

- *Nutzung alternativer Orbitbereiche*

Um der steigenden Dichte an Satelliten im LEO entgegenzuwirken, könnten z. B. der sehr niedrige Erdorbit (VLEO, unterhalb 450 km Höhe) oder Umlaufbahnen in über 1 500 km Höhe genutzt werden. Die jeweilige Nutzung führt jedoch zu weiteren technologischen Herausforderungen. So ist im VLEO aufgrund der dort vorhandenen Restatmosphäre mit den aktuellen technischen Lösungen keine wirtschaftlich rentable Lebensdauer umsetzbar. In höheren Bahnen ist die wesentlich höhere Strahlungsbelastung ein limitierender Faktor.

Für beide Bereiche gibt es weltweit zahlreiche Forschungsaktivitäten und Entwicklungen. In der VLEO-Forschung ist Baden-Württemberg bzw. das IRS der Universität Stuttgart mit seinem Sonderforschungsbereich „ATLAS – Fortschrittliche Technologien für Satelliten in sehr geringer Höhe“ weltweit führend. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst unterstützt dieses Vorhaben zusätzlich zur Grundfinanzierung der Universität flankierend mit rund 350 000 Euro. Die Satellitenmission ROMEO der Universität Stuttgart adressiert höhere Umlaufbahnen. Die Finanzierung erfolgt hauptsächlich durch die DLR-Raumfahrtagentur sowie die ESA. Es tragen jedoch auch Förderungen des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus sowie des Wissenschaftsministeriums zur Umsetzung bei.

² Federal Communications Commission, „FCC Adopts New ‚5-Year Rule‘ for Deorbiting Satellites“, <https://www.fcc.gov/document/fcc-adopts-new-5-year-rule-deorbiting-satellites>

³ https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/The_Zero_Debris_Charter

⁴ https://commission.europa.eu/news-and-media/news/eu-space-act-enhancing-market-access-and-space-safety-2025-06-5_en

9. Ist die Landesregierung bereit, ggf. weitere finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen?

Zu 9.:

Die Raumfahrt fällt primär in die Zuständigkeit des Bundes, weshalb entsprechende finanzielle Mittel dort bereitzustellen sind. Die Landesregierung trägt im Rahmen der Luft- und Raumfahrtstrategie *THE aerospace LAND* sowie durch die Finanzierung weiterer strategischer Einzelmaßnahmen mittelbar zur Umsetzung präventiver Maßnahmen bei, indem die Entwicklung und Anwendung von nachhaltigen Konzepten und Technologien gefördert werden. Die Bereitstellung finanzieller Mittel zur weiteren Ausgestaltung der Luft- und Raumfahrtstrategie kann ausschließlich durch den Haushaltsgesetzgeber im Rahmen der Haushaltsaufstellung erfolgen.

10. Welche weiteren Maßnahmen sind in diesem Zusammenhang in Planung?

Zu 10.:

Das Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen führt gemeinsam mit dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus, dem Staatsministerium sowie dem Deutschen Zentrum für Satelliten-Kommunikation e. V. die Veranstaltung „Satellitenkommunikation für Europa: resilient, souverän, unabhängig“ am 15. September 2025 in der Vertretung des Landes Baden-Württemberg beim Bund in Berlin durch. Ziel der Veranstaltung ist es, die Chancen und Herausforderungen der Satellitenkommunikation aufzuzeigen und anhand konkreter Anwendungsfälle den Nutzen der Satellitentechnologie zu verdeutlichen. Im Fokus der Veranstaltung steht unter anderem die Frage, wie Deutschland und Europa beim Aufbau und der Entwicklung eigener Satelliteninfrastrukturen unabhängiger und resilienter werden können.

Olschowski

Ministerin für Wissenschaft,
Forschung und Kunst