

Kosmische Müllkippe

Ausgediente Satelliten oder abgebrannte Raketenstufen: Mehr als 20 000 Trümmerteile verschmutzen derzeit den Orbit um unsere Erde. Experten sind sich einig: Das All muss dringend aufgeräumt werden. Denn schon winzige Objekte können gefährliche Kettenreaktionen auslösen.

VON MIRAY CALISKAN

Alle zwei Wochen passiert im Europäischen Satellitenkontrollzentrum in Darmstadt etwas, was nervenaufreibend ist – und längst vermeidbar wäre. Eine Kollisionswarnung blinkt auf. Und das Team von Holger Krag, Leiter des ESA-Büros für Raumfahrt-rückstände, lässt 23 Satelliten auf Ausweichmanöver schicken – damit sie nicht mit Trümmerteilen kollidieren. „Das ist inzwischen Routine“, sagt Krag.

Rund 20 000 unerwünschte Nebenprodukte der Raumfahrt umkreisen derzeit die Erde. Und das sind nur die Schrottteile, die mindestens so groß sind wie ein Fußball. 34 000 sind kleiner als zehn, 900 000 kleiner als einen Zentimeter. Darüber hinaus gibt es weitere Millionen millimetergroßer Objekte. „Die Schrottteile sind zunächst ausgediente Satelliten und Raketenstufen, die auch nach dem Betrieb im All bleiben. Eine weitaus größere Zahl sind jedoch Bruchstücke, denn es gab mehr als 200 Explosionen von Raumfahrtobjekten – auch bereits vier Kollisionen.“

Kleine Geschosse

Eine von ihnen ereignete sich 2009, rund 800 Kilometer über der Erde: Der aktive amerikanische Satellit Iridium 33 stieß mit dem abgeschalteten russischen Satelliten Cosmos 2251 zusammen. Bis heute hat man fast 1700 Trümmerteile identifiziert. Zuletzt wurde 2016 das Sonnensegel eines ESA-Satelliten zerfetzt. „Alles was sich von einem Satelliten ablöst, behält die Geschwindigkeit bei und verbleibt im All.“

Seit 1957 mit Sputnik 1 der erste künstliche Erdsatellit in die Erdumlaufbahn geschossen wurde, waren ihm mehr als 5000 Satelliten gefolgt. Aktuell sind 1800 in Betrieb. Der Rest ist Schrott. Ohne Satelliten gäbe es kein Radio und keinen Fernseher, kein Navigationsgerät im Auto, keine Wettervorhersage, Flugzeuge und Schiffe würden ohne Radar ver-



loren gehen. Wie kommt es, dass so viel Müll entstanden ist – und damit all diese Technologien, die wir täglich nutzen, in Gefahr gebracht werden? „Tatsächlich stammen die meisten Schrottteile aus der Frühzeit der Raumfahrt“, erklärt Manuel Metz, Astrophysiker beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn. „Bis in die 1990er Jahre haben sich die Forscher wohl kaum Gedanken darüber gemacht, dass ausgediente Satelliten solche Probleme verursachen werden.“ Die meisten dieser Trümmerteile seien nach Holger Krag in den



Für uns sehen sie aus wie kleine weiße Punkte: Hunderttausende Überreste von verschiedenen Missionen befinden sich in Erdumlaufbahnen. Und es werden immer mehr. BILD: ESA

vergangenen zehn Jahren entstanden. Und es werden immer mehr.

Denn so klein der Müll auch sein mag – durch die teils sehr hohen Geschwindigkeiten, mit denen die Teile auf Satelliten zurasen können, sind sie in der Lage, als kleine Geschosse verheerende Schäden anzurichten – und sogar das Leben von Astronauten zu gefährden. So hat man bereits etliche kleinere Schäden von Einschlägen an der Internationalen Raumstation ISS festgestellt. Wenn das Risiko einer Kollision zu groß wurde, musste die ISS ausweichen und die Bahn ändern.

„Im niedrigen Orbit beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit zweier Objekte 40 000 Kilometer die Stunde“, erklärt Krag. Selbst der Aufprall eines ein Zentimeter großen Objektes auf einen Satelliten entfalte die zerstörerische Wirkung einer explodierenden Handgranate. „Das kann zum Totalverlust des getroffenen Satelliten führen. Und diese Kollisionen werden umso wahrscheinlicher, je länger sich die Objekte im All aufhalten.“



Holger Krag, Leiter des ESA-Programmes für Weltraumsicherheit. BILD: ESA



Manuel Metz, Astrophysiker und Experte im DLR-Raumfahrtmanagement. BILD: DLR

Kann der menschengemachte Schrott im All die Raumfahrt bald unmöglich machen? Noch befinden sich um jedes Trümmerteilchen genug freier Raum. Wenn allerdings eine gewisse Dichte an herumfliegendem Müll erreicht ist, könnte es zu einer Kettenreaktion kommen. „Ein sogenannter Kaskadeneffekt: Ein Teil trifft ein anderes, das dadurch selbst in weitere Teile zerlegt wird“, so Metz. Diese Minitrümm-

erzeugen bei Zusammenstößen neue Trümmer, und so weiter. Das Problem drängt also mehr denn je. Wie kann Weltraummüll zumindest in Zukunft vermieden werden? „Die effektivste Methode ist die Entstehung von Weltraummüll von Anfang an zu verhindern“, sagt Krag.

Experten und auch einige Gesetzgeber fordern, Satelliten und Raketenstufen mit dem eigenen Antriebssystem eigenständig wieder aus dem

All zu entfernen. „Am Ende des Betriebs muss noch so viel Treibstoff verfügbar sein, dass das Objekt in die tieferen Schichten der Atmosphäre befördert werden kann, wo er dann verglüht. Restlicher Treibstoff und Druck in den Tanks muss entfernt werden, damit es nicht mehr zu Explosionen kommt“, erklärt Krag. Doch diese Maßnahmen funktionieren noch nicht zufriedenstellend. Deshalb arbeitet die ESA an neuen Technologien: „Danach wollen wir auch an das Aufräumen denken und eine Mission starten mit der ein Schrottojekt aktiv eingefangen und kontrolliert entsorgt werden kann.“ Das sei aufwendig und kompliziert. „Aber bis 2025 wollen wir im All demonstrieren, dass das möglich ist. Dazu haben wir ein sehr ehrgeiziges ‚Space Safety‘-Programm aufgesetzt, das wir den Ministern unserer Mitgliedstaaten im November vorschlagen.“

Auch das DLR hat ein aktuelles Projekt am Laufen: Das Raumfahrtmanagement hat das Fraunhofer Forschungsinstitut für Hochfre-

quenzphysik und Radartechnik (FHR) in Wachtberg mit der Entwicklung und dem Bau eines Weltüberwachungsradars beauftragt (GESTRA). Damit sollen Bahndaten von Satelliten und Trümmern im niedrigen Erdorbit in einer Höhe zwischen 500 und 1200 Kilometer erfasst werden. „Denn wenn man die Bahnen kennt, kann man genaue Vorhersagen für Satelliten machen“, so Metz. Das Radar soll im kommenden Jahr in Betrieb gehen.

An Lösungsvorschlägen mangelt es nicht: ob Satellitenfischen mit einem riesigen Netz oder eine Harpune, die beschossen wird und sich an Schrottteile verankert – um sie in der Erdatmosphäre kontrolliert verglühen zu lassen. „Es gibt auch Satelliten mit Roboterarm, der an das Trümmerteil heranmanövriert und Wartungsarbeiten durchführt. Wie zum Beispiel den Treibstoff auffüllt oder die Solarpanellen repariert“, erklärt Metz. So oder so: „Bei all diesen Maßnahmen sollten vor allem große Satelliten abgegriffen werden. Quasi die Zielscheiben des Weltraums.“

Abschleppen lassen

Wenn ein Forschungszentrum wie das DLR oder die ESA einen Satellit für eine Mission entwerfe, werde sie auf „Herz und Niere“ getestet. „Der Satellit ist dann ein Unikat, an das wir jahrelang arbeiten.“ Betreiber der Konstellation fertigen wiederum Satelliten massenweise an. „Sie können sich dann erlauben, dass einer wegen eines Designfehlers innerhalb weniger Jahre ausfällt. Es gibt ja noch genug andere, die die Mission durchführen können“, erklärt der Astrophysiker. Das verschärft das Problem mit dem Weltraummüll immer und läge vor allem daran, dass es keine wirklichen rechtlichen Verpflichtungen gäbe. „Es sind nur Guidelines und freiwillige Vermeidungsmaßnahmen“, fasst Metz zusammen.

„Ich beobachte die Bemühungen um internationale Regeln schon lange und es ist wenig Fortschritt erkennbar. Ich setze meine Hoffnung eher auf gut abgestimmte nationale Gesetze, die auch zur Zeit in Entwicklung sind“, sagt Krag. Jeder Staat sei bestrebt ihre organisierte Raumfahrt, zu überwachen – um das eigene Risiko zu minimieren. „Hier besteht die Chance, strenge Regeln in die Gesetzgebung mit einfließen zu lassen.“ Alle Raumfahrtbetreiber müssten sich an das Gesetz des Landes, in dem sie forschen, halten. „Wir müssen daran arbeiten, dass diese Gesetze überall gleiche Bedingungen schaffen.“ Idealerweise gingen diese in der Zukunft so weit, dass sie einen Betreiber verpflichten, ein nicht entsorgtes Raumfahrtobjekt aktiv abzuschleppen zu lassen. „Damit würde ein Markt für derartige Rückholmissionen, wie wir sie planen, entstehen.“

Forscher betrachten Kondensstreifen mit Sorge

Kondensstreifen am blauen Himmel: Bei manchem weckt das Fernweh. Wissenschaftler sehen sie jedoch mit großer Sorge. Denn ihr Effekt auf das Klima könnte in den kommenden Jahren stark zunehmen.

Aus Kondensstreifen entstandene Wolken haben Berechnungen zufolge im Jahr 2050 drei Mal so starke Auswirkungen auf das Klima wie noch 2006. Hauptursache dafür sei ein Anstieg des Flugverkehrs, schreiben Forscherinnen vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Fachjournal „Atmospheric Chemistry and Physics“. Die Streifen und die daraus entstehenden Zirruswolken beeinflussen den Wärmehaushalt der Erde und tragen nach Angaben der Forscherinnen zur Erwärmung bei. Dabei sei der Einfluss

solcher Zirruswolken seit Beginn der Luftfahrt größer als der der CO₂-Emissionen der Flugzeuge.

Die Wissenschaftler gingen bei ihren Berechnungen von einer Vervielfachung des Luftverkehrs bis 2050 aus. Dass der Klimaeffekt der Kondensstreifen nach dem Modell nicht ebenso stark ausfalle, liege an bestimmten Sättigungseffekten, sagte Ulrike Burkhardt, die gemeinsam mit ihrer Kollegin Lisa Bock die Studie verfasst hat.

Schon 2005 machten die Gesamteffekte aus der Luftfahrt etwa fünf



Flugzeuge haben zahlreiche Streifen und die daraus entstehenden Zirruswolken am Himmel über Köln hinterlassen. BILD: DPA

Prozent der weltweiten, vom Menschen verursachten Erwärmung aus. Es gebe derzeit keine aktuelle Zahl, sagte Burkhardt. „Der Flugverkehr wächst extrem – man kann sich also

vorstellen, dass diese Zahl zugenommen hat.“

Auch eine Verringerung der Rußpartikel in den Abgasen werde die Zunahme der Erwärmung durch

Kondensstreifen nicht ausgleichen können. Zwar sinke bei weniger Rußpartikeln die Anzahl der Eiskristalle in neu gebildeten Kondensstreifen, was die Eigenschaften, Lebensdauer und Klimawirkung dieser Höhenwolken verringere. Aber: „Wenn die Prognosen zum Anstieg des Luftverkehrs stimmen, wird es sehr schwierig, den Effekt der Kondensstreifen zu kompensieren. Es würde nicht einmal reichen, wenn die Rußemissionen um 90 Prozent reduziert würden – was derzeit noch gar nicht möglich ist.“ Bisher sei eine Reduktion um etwa 50 Prozent machbar.

Auch wenn sich die Kondensstreifen scheinbar aufgelöst haben, können die Eiskristalle in den Wolken weiter bestehen, sagte Burkhardt. „Es handelt sich nicht nur um

schmale Streifen“, sagte Burkhardt. „Es gibt viele Wolken, denen man es gar nicht mehr unbedingt ansieht, dass sie durch Kondensstreifen hervorgerufen worden sind.“ Satellitenbilder zeigten teils riesige „Kondensstreifenausbrüche“.

„Hebt sich global auf“

Die Studie ergab auch, dass die meisten Kondensstreifen aus dem europäischen und amerikanischen Luftverkehr stammen. Einen Effekt des Klimawandels selbst auf die Bildung von Kondensstreifen konnten die DLR-Forscher – anders als eine andere Studie – nicht bestätigen. „Regional kann man durch den Klimawandel durchaus Änderungen sehen, eine Zunahme oder eine Abnahme der Kondensstreifen. Aber global hebt sich das auf.“ dpa