

teach with space

→ WARUM GIBT ES SCHROTT IM WELTRAUM?





Eckdaten	Seite 3
Einleitung	Seite 5
Aktivität 1: Kollisionen im Weltraum	Seite 6
Aktivität 2: Wie groß ist Weltraumschrott?	Seite 9
Arbeitsblatt für Schüler*innen: Aktivität 1	Seite 12
Arbeitsblatt für Schüler*innen: Aktivität 2	Seite 14

TEACH WITH SPACE – Warum gibt es Schrott im Weltraum? | PR51
www.esa.int/education

Das ESA Education Office begrüßt Rückmeldungen und Kommentare unter
teachers@esa.int

Eine ESA Education Produktion, in Zusammenarbeit mit ESERO UK
Ins Deutsche übersetzt von ESERO Austria

Copyright © Europäische Weltraumorganisation 2021

WARUM GIBT ES SCHROTT IM WELTRAUM?

Eckdaten

Fach: Mathematik, Physik

Altersdurchschnitt: 7-11 Jahre

Typ: Schüler*innenaktivität

Komplexität: einfach

Zeit: 2 Stunden und 30 Minuten

Kosten: niedrig (0 – 10 Euro)

Ort: drinnen oder draußen, Klassenzimmer, Aula

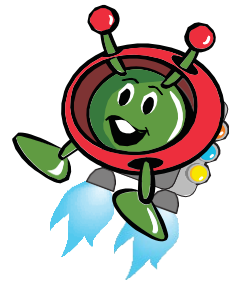
Materialien: Bastelmaterial (Pappe), Murmeln, kleine Kugeln, Kartoffelchips

Schlüsselwörter: Materialien, Kräfte, Erde und Weltraum, Sonnensystem, Umlaufbahn, Kräfte, Kettenreaktion, Kollision, Reibung, Aufprall, Weltraumschrott, Schwerkraft

Kurzbeschreibung

Bei der ersten Aktivität untersuchen die Schüler*innen, wie Zusammenstöße zwischen Objekten zu weiteren Zusammenstößen führen können. Bei der zweiten Aktivität untersuchen sie, wie solche Stöße dazu führen können, dass manche Materialien in viele Teile zerbrechen.

Diese Aktivitäten können einzeln im Unterricht behandelt oder kombiniert als Unterrichtsreihe durchgeführt werden.



Lernziele

Nach Abschluss dieser Aktivitäten werden die Schülerinnen und Schüler...

- verstehen, dass Kollisionen zwischen Objekten in der Erdumlaufbahn zu mehreren weiteren Kollisionen führen können.
- verstehen, dass Satelliten beim Wiedereintritt in der Erdatmosphäre verglühen.
- verstehen, dass wiederholte Kollisionen die Menge an Weltraumschrott erhöhen.
- in der Lage sein, wissenschaftlich zu arbeiten, indem sie sorgfältige Beobachtungen machen, nach Mustern und Zusammenhängen suchen.

Erfolgskriterien

Während dieser Aktivitäten demonstrieren die Schülerinnen und Schüler folgende Fähigkeiten:

- Sammeln und Aufzeichnen von Daten aus eigenen Beobachtungen und Messungen.
- Treffen von Vorhersagen auf Grundlage vorläufiger Ergebnisse und Planung von weiteren Tests.
- Ergebnisse mit der jeweiligen wissenschaftlichen Fragestellung in Beziehung setzen

Zusammenfassung der Aktivitäten

Titel	Beschreibung	Ergebnis	Anforderungen	Zeit
1. Kollisionen im Weltraum	Die Schülerinnen und Schüler modellieren Kollisionen zwischen Trümmern und Satelliten und beobachten, dass eine Kollision zu mehreren weiteren Kollisionen führen kann.	Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass Kollisionen zwischen Objekten in der Erdumlaufbahn zu weiteren Kollisionen führen können, und dass Satelliten beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre verglühen.	Keine	1 Stunde
1. Wie groß ist Weltraumschrott?	Die Schülerinnen und Schüler untersuchen, wie Kollisionen mit Weltraumschrott dazu führen können, dass einige Materialien in viele Teile zerbrechen.	Die Schüler*innen lernen, dass wiederholte Zusammenstöße die Menge an Weltraumschrott erhöhen. Sie lernen auch, wissenschaftlich zu arbeiten, indem sie sorgfältige Beobachtungen machen, nach Mustern und Zusammenhängen suchen	Keine	1,5 Stunden



EINLEITUNG

Seit Jahrzehnten schickt der Mensch Satelliten ins All. Diese Missionen ermöglichen es uns, mehr Informationen über unsere Sonne, die Erde und andere Planeten zu gewinnen und tief in den Weltraum zu schauen, um schwarze Löcher, ferne Sterne und Galaxien zu beobachten. Außerdem gibt es Kommunikationssatelliten, Wettersatelliten und die Internationale Raumstation ISS. Doch was passiert mit einem Satelliten, wenn er seinen Zweck erfüllt hat? Er kreist weiter (Umlaufbahn) um die Erde! Weltraummüll oder Weltraumschrott sind von Menschen geschaffene Objekte, die die Erde umkreisen, aber keinen nützlichen Zweck mehr erfüllen. Beispiele sind große Objekte wie nicht funktionierende Satelliten, aber auch kleinere Objekte wie Farblackstückchen.

Weltraumschrott stellt eine immer größere Gefahr für Raumfahrzeuge und funktionierende Satelliten dar – je mehr Trümmer sich ansammeln, desto wahrscheinlicher ist ein Zusammenstoß. Wissenschaftler*innen beobachten ständig große Trümmerteile (größer als 10 cm) mit Weltraumteleskopen, um die von ihnen ausgehende Gefahr zu bewerten. Wenn möglich, werden dann Maßnahmen ergriffen, um Satelliten und Raumfahrzeuge zu schützen. Die Internationale Raumstation ISS führt manchmal ein „Ausweichmanöver“ durch, um Schäden durch Trümmerteile zu vermeiden.

Es gibt jedoch Millionen von Weltraumschrottteilen, die zu klein sind, um von Wissenschaftler*innen erfasst zu werden, und ihre Zahl steigt rapide an. Die Menge des Weltraumschrotts in der Erdumlaufbahn hat einen Punkt erreicht, den wir nicht länger ignorieren können, und die Situation wird sich nur noch verschlimmern, wenn wir nicht handeln. Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) versucht nicht nur, den von künftigen Weltraummissionen verursachten Weltraumschrott zu minimieren, sondern auch den bereits in der Umlaufbahn befindlichen Schrott aktiv zu reduzieren.

SCHON GEWUSST?

Mit zunehmender Anzahl von Kollisionen werden die Trümmer in immer kleinere Stücke zerlegt. Das bedeutet, dass kleine Weltraumschrottteile häufiger vorkommen als große Stücke. Statistische Modelle schätzen die Menge des Weltraumschrotts in der Erdumlaufbahn auf:

Stand November 2021:

36.500 Objekte größer als 10 cm

1.000.000 Objekte von 1 bis 10 cm

330 Millionen Objekte von 1 mm bis 1 cm

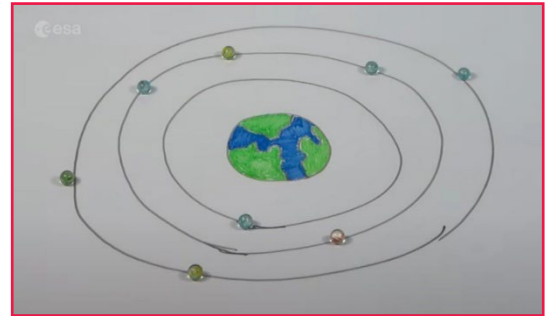
AKTIVITÄT 1 – KOLLISIONEN IM WELTRAUM

Bei dieser Aktivität modellieren die Schüler*innen Kollisionen zwischen Trümmern und Satelliten und beobachten, dass eine Kollision zu mehreren weiteren führen kann. Sie können sich das Video in Englischer Sprache zu dieser Aktivität [hier](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2022/01/Collision_in_space) ansehen.

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2022/01/Collision_in_space

Materialien

- Murmeln oder Kugeln (bis zu 100 Stück)
- Großes Blatt Papier
- Filzstifte oder Kreide
- Arbeitsblatt 1 (optional)



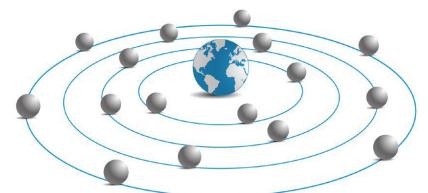
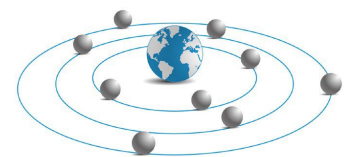
VORBEREITUNG

Zeichnen Sie fünf konzentrische Kreisbahnen auf ein großes Blatt Papier. Zeichnen Sie die Erde in die Mitte. Alternativ können die Bahnen auch mit Kreide auf den Boden des Klassenzimmers/Schulhofs/Spielplatzes, etc. gezeichnet werden.

Übung

Führen Sie ein Unterrichtsgespräch zu den folgenden Punkten:

- *Was passiert, wenn man etwas in den Mülleimer/Mistkübel wirft? Wo landet es? Sie können der Klasse ein Bild einer Mülldeponie zeigen.*
- *Was passiert mit dem Müll/Schrott im Weltraum? Welche Dinge könnten als Weltraumschrott eingestuft werden?*
- *Sie können der Klasse das Bild auf Seite 8 zeigen, auf dem Weltraumschrott zu sehen ist.*



Ermutigen Sie die Klasse, darüber nachzudenken, wie Müll hier auf der Erde entsteht: Wenn die Menschen etwas nicht mehr benötigen, werfen sie es weg, und wenn sie es nicht recyceln, landet er in einem großen Haufen auf einer Mülldeponie. Erklären Sie, dass etwas Ähnliches im Weltraum passiert – wenn Weltraummüll/-schrott nicht entfernt wird, bleibt er in der Umlaufbahn um die Erde und verschmutzt den Raum um uns herum.



[Schauen Sie sich das Paxi Video an.](#) Das Video zeigt, warum wir das Problem des Weltraummülls/-schrotts angehen müssen. Paxi führt die Kinder in eine niedrige Erdumlaufbahn (LEO), 500-2000 Kilometer von der Erde entfernt! Dort stellt er fest, dass es einen Stau von (anthropomorphisierten) Satelliten, die manchmal miteinander kollidieren. Die Situation ist chaotisch. Halten Sie das Video an, wenn Sie die streitenden Satelliten gesehen haben.

Versammeln Sie dann die Klasse zur Demonstration der Kollision. Legen Sie die Murmeln oder Kugeln in kleinen Gruppen auf Ihre vorbereiteten Kreisbahnen. Erklären Sie, dass die Murmeln oder Kugeln Satelliten und Weltraumtrümmer darstellen. Es kann sinnvoll sein, eine Farbe der Murmeln für den Weltraumschrott zu verwenden und eine andere für die aktiven Satelliten zu verwenden. Wenn dies nicht möglich ist, können Sie auch kleine Kreise um die Murmeln zeichnen, die für „Satelliten“ stehen. Zeigen Sie, dass das Anstoßen einer Murmel (die ein Stück Weltraummüll darstellt) in den Gruppen Stöße verursacht, die zu Sekundäreffekten führen.

Ermutigen Sie die Kinder, sich am Abschuss der Murmeln zu beteiligen und vorherzusagen, wo Kollisionen auftreten könnten, wenn die Richtung oder die Kraft des Abwurfs geändert wird.

Diskussion

Besprechen Sie mit Ihren Schüler*innen, was sie bei dieser Aktivität gelernt haben. Zu berücksichtigende Punkte können sein:

- Bei dieser Übung konnten die Murmeln über die Bahn der Erde rollen. Was denken die Schüler*innen würde passieren, wenn ein echter Satellit oder ein Stück Weltraumschrott auf die Erde stürzen würde? Wäre dies eine gute oder eine schlechte Sache?

Erklären Sie, dass Satelliten so konstruiert sind, dass sie beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre verglühen. Die Erdatmosphäre kann man sich als eine Luftblase vorstellen, die uns umgibt – weil wir in dieser Blase leben, können wir atmen. Diese "Luftblase" hat viel mehr Reibung als der Weltraum, und diese Reibung führt dazu, dass die Trümmer beim Wiedereintritt verglühen. Erklären Sie, dass Weltraummüll, der durch die Atmosphäre fällt, im Allgemeinen eine gute Sache ist, denn wenn er verbrennt, hat er keine Auswirkungen auf das Leben auf der Erde.

- Jedes Mal, wenn die Schülerinnen und Schüler bei dieser Aktivität eine Murmel anstoßen, was könnte dies in Bezug auf Weltraumschrott bedeuten?

Erläutern Sie, dass ein "Stoß" das Ablenken eines Trümmerteils aus seiner Umlaufbahn bedeuten könnte. In Wirklichkeit würde dies durch die geringe Reibung in der niedrigen Erdumlaufbahn (die äußeren Ränder der "Luftblase") verursacht.

- Was stellen sie fest, wenn ein "Trümmerteil" auf einen "Satelliten" trifft?

Die Schüler*innen sollen beobachten, dass der Satellit aus seiner Umlaufbahn gerissen wird. Erklären Sie, dass es eines großen Trümmerteils bedürfte, um dies im wirklichen Leben zu verursachen, weshalb



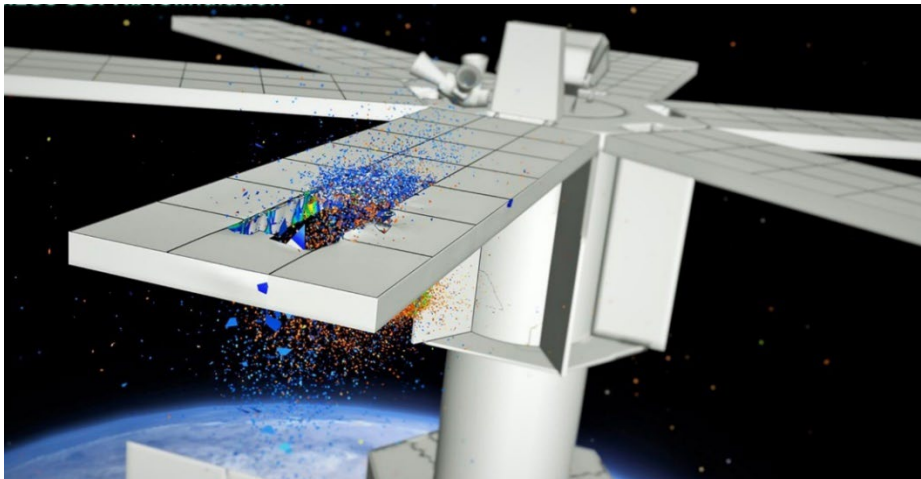
Raumfahrtwissenschaftler*innen Trümmer, die größer als 10 cm sind, überwachen. In der Regel lösen Trümmerteile Teile von Satelliten heraus, wie in Aktivität 2 gezeigt wird.

Stellen Sie fest, dass ein isolierter Zusammenstoß im Allgemeinen zu weiteren Zusammenstößen führt, die unterschiedliche Auswirkungen haben können.

Erklären Sie, dass Wissenschaftler*innen die Auswirkungen von Kollisionen zwischen Objekten mit Hilfe von Computersimulationen und physikalischen Aufpralltests untersuchen. Die ESA hat eine Testeinrichtung, in der Wissenschaftler*innen die Auswirkungen von Stößen auf Materialien testet, welche für Raumfahrzeuge oder Satelliten verwendet werden. Dadurch wird sichergestellt, dass diese Materialien den strengen Standards entsprechen, die für Weltraummissionen erforderlich sind.

SCHON GEWUSST?

Mit dieser Aktivität versuchen wir, den Kessler-Effekt zu simulieren. Es handelt sich um eine Theorie, die von dem NASA-Weltraumschrott-Experten Donald Kessler vorgeschlagen wurde. Aufeinanderfolgende Kollisionen können zu Kettenreaktionen bei Satelliten und anderen Objekten in der Erdumlaufbahn führen – das ist der Kessler-Effekt. Aber der Kessler-Effekt kann gestoppt werden, wenn genügend Trümmerteile aus den Hauptumlaufbahnen entfernt werden.



AKTIVITÄT 2 – WIE GROSS IST WELTRAUMSCHROTT?

Bei dieser Aktivität untersuchen die Schüler*innen, wie Kollisionen mit Weltraummüll dazu führen können, dass manche Materialien in viele Teile zerspringen. Sie können sich das Video zu dieser Aktivität [hier](https://www.youtube.com/watch?v=cX89BpzzrAVY) ansehen (in Englischer Sprache).

<https://www.youtube.com/watch?v=cX89BpzzrAVY>

Materialien

- Murmeln
- Kartoffelchips
- Tiefes Blech oder Schachtel
- Lineal
- Aktivitätsblatt 2



Übung

Bitte weisen Sie Ihre Schüler*innen an, ihre Teststation einzurichten. Dies sollte das Freimachen eines Bereichs umfassen, in dem die Tests durchgeführt werden, und das Platzieren von Zeitungsblättern auf dem Boden, um die Aufräumarbeiten nach dem Experiment zu minimieren.

Die Gruppen sollten vorhersagen, was ihrer Meinung nach passieren wird und warum. Sie sollten ein paar Fallversuche ausprobieren, bevor sie mit der Untersuchung beginnen, um zu entscheiden, welche Fallhöhe am besten geeignet ist. Ermutigen Sie sie, sich eine Methode zum Sortieren oder Trennen der Chips-Fragmente in drei Gruppen zu überlegen.

Bitte weisen Sie die Schüler*innen an, die Murmel dreimal auf dasselbe Chips fallen zu lassen. Nach jedem Fall sollten die Schüler*innen die Anzahl der entstandenen Chips-Stücke je nach Größe (<1cm, 1-5cm, >5cm) zählen und notieren. Die Schüler*innen können ihre eigene Methode zur Aufzeichnung wählen oder sie können die auf Arbeitsblatt 2 bereitgestellte Tabelle verwenden.

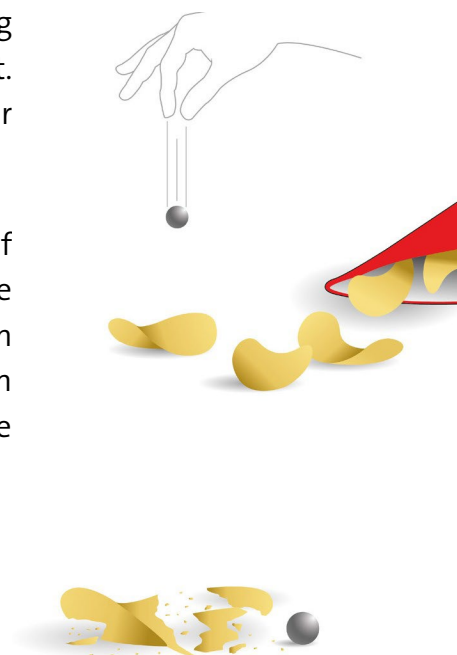


Tabelle 1 zeigt Beispieldaten, die bei Fallversuchen gesammelt wurden.

Stückzahlen nach jedem Fallversuch				
Fall aus 25 CM	<1cm	1-5 CM	>5CM	Gesamt
1	2	2	1	5
2	10	2	1	13
3	13	3	1	17

Diskussion

Zeigen Sie die Ergebnisse der Falltests jeder Gruppe und bitten Sie die Klasse, sie zu vergleichen. Einige Punkte in der Diskussion können sein:

- Was ist jeder Gruppe/der Klasse aufgefallen? Gibt es ein Muster in ihren Ergebnissen?
- Was passiert mit der Anzahl der Trümmer, wenn die Anzahl der Einschläge zunimmt?
- Erklären Sie, dass je mehr Zusammenstöße stattfinden, desto mehr Trümmerteile entstehen. Außerdem, je mehr Teilchen erzeugt werden, desto größer ist die Gefahr von Kollisionen.
- Welchen Rat würden sie den Wissenschaftler*innen und Ingenieur*innen geben, die Satelliten und Raumfahrzeuge entwerfen?
- Welche Materialien wären ihrer Meinung nach geeignet? Und warum?

[Sehen Sie sich die erste Minute dieser Animation an](https://www.youtube.com/watch?v=cX89BpzzrAVY)

<https://www.youtube.com/watch?v=cX89BpzzrAVY>



Erweiterung

Die Schülerinnen und Schüler können die Aufpralltests um folgende Punkte erweitern:

- Andere Fallhöhe der Murmel
 - Das Fallenlassen der Murmeln aus unterschiedlichen Höhen könnte damit zusammenhängen, dass die Trümmer mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aufeinanderprallen – Je höher die Murmel fällt, desto schneller kollidiert sie mit den Chipsstücken.
- Andere Masse der Murmel
 - Murmeln, die unterschiedliche Massen haben, könnten leichtere bzw. schwerere Trümmerteile darstellen, die mit Satelliten kollidieren.
- Anderes zu prüfendes Material
 - Die Verwendung eines anderen Testmaterials könnte verdeutlichen, dass manche Materialien leichter brechen als andere, weshalb die Wissenschaftler*innen bei der Auswahl der Materialien für den Bau ihrer Satelliten vorsichtig sein müssen.
- Andere Anzahl an Materialschichten oder Chips
 - Die Verwendung mehrerer Schichten des Prüfmaterials könnte eine gute Möglichkeit sein, um zu zeigen, warum bei der Konstruktion von Satelliten Schichten verwendet werden. Was passiert, wenn eine stabilere Schicht über eine zerbrechlichere Schicht gelegt wird?
- Entwicklung einer neuen Art von Aufpralltest
 - Wissenschaftler*innen und Ingenieur*innen sind stets bestrebt, ihre Entwürfe auf viele verschiedene Arten zu testen, da verschiedene Tests unterschiedliche Stärken bzw. Schwächen hervorheben können.

Bei der Untersuchung jeder der oben genannten Variablen sollten die Schülerinnen und Schüler überlegen, wie diese mit Weltraumschrott zusammenhängen könnten.



ARBEITSBLATT FÜR SCHÜLER*INNEN

AKTIVITÄT



Ihr werdet "Trümmer" (eine Murmel) zur Erde rollen lassen, um die Kettenreaktionen durch Kollisionen zu untersuchen. Macht vorher und nachher Bilder von drei Aufprallversuchen: einen mit 10 Murmeln in der Umlaufbahn, einen mit 50 und einen mit 100 Murmeln. Tragt eure Ergebnisse in die Tabelle auf der nächsten Seite ein.

Hinweis: Wenn ihr nicht genügend Murmeln habt, passt die Zahlen in der Tabelle an und verwendet, was ihr zur Verfügung habt. Beachtet, dass der Unterschied zwischen den drei verschiedenen Szenarien nicht so deutlich ist, wenn ihr weniger Murmeln verwendet.



Anzahl der Satelliten (Murmeln) im Orbit	Bild vorher	Bild nachher
10		
50		
100		

1. Was fällt euch bei der Anzahl der Kollisionen im Vergleich zur Anzahl der Satelliten im Orbit auf?

2. Nutzt euer Wissen aus dieser Aktivität, um zu erklären, warum Weltraumschrott ein Problem ist.



ARBEITSBLATT FÜR SCHÜLER*INNEN

AKTIVITÄT

2

Lasst eine Murmel dreimal auf dasselbe Chipsstück fallen. Zählt nach jedem Fall die Anzahl der Stücke jeder Größe. Notiert eure Ergebnisse in der folgenden Tabelle.

Stückzahlen nach jedem Fallversuch				
Fall aus ___ cm	<1cm	1-5 CM	>5CM	Gesamt
1				
2				
3				

1. Gibt es ein Muster bei euren Ergebnissen?

2. Welche Schlussfolgerungen könnt ihr daraus ziehen? Überlegt, was mit der Anzahl der Stücke passiert, wenn die Anzahl der Stöße/Aufpralle zunimmt.

