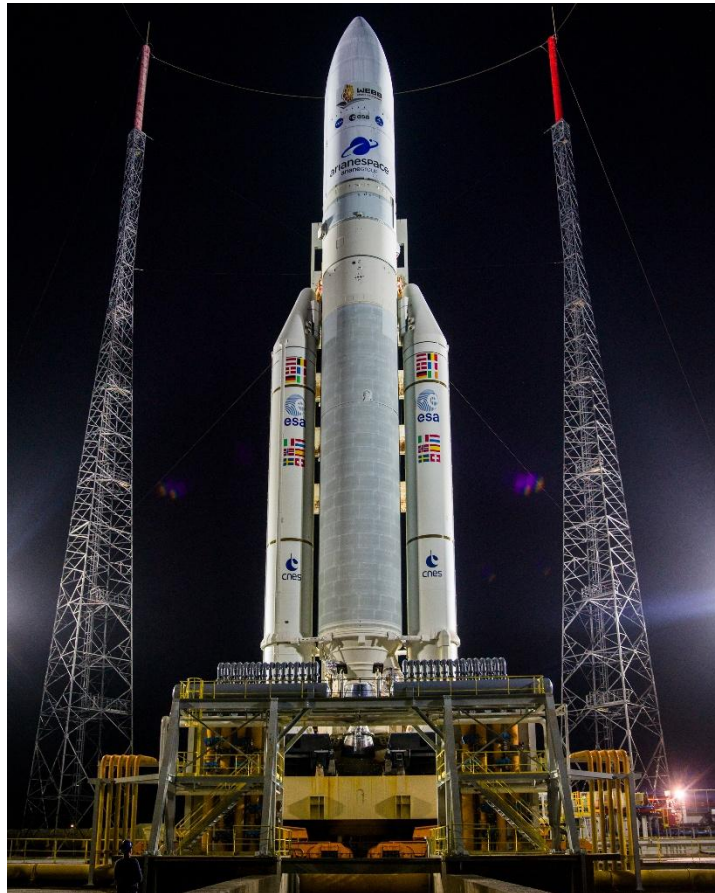


Vibrationstests bei der Entwicklung von Weltraumteleskopen

Warum das Testen von Modellen so wichtig ist



Astronomisches Institut
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Vibrationstests bei der Entwicklung von Weltraumteleskopen

Warum das Testen von Modellen so wichtig ist

Kurzbeschreibung

In dieser Aktivität lernen Schüler:innen, wie Ingenieur:innen zu arbeiten, indem sie lernen, warum Vibrationstests bei der Entwicklung von Teleskopen wichtig sind. Dafür basteln die Schüler:innen eigene kleine Teleskope, die sie anschließend auf ihre Stabilität bei Vibration untersuchen.

Zunächst werden Sie mit dem James-Webb-Weltraumteleskop bekannt gemacht und sollen sich überlegen, wie Ingenieur:innen ihre entwickelten Teleskope auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Vibration testen. Anschließend basteln sie eigene Teleskope, führen Vibrationstests durch und bessern ihre Modelle anhand ihrer Ergebnisse aus, um sicherzustellen, dass die Modelle die simulierten Teleskopstarts sicher überstehen.

Eckdaten

Fach: Physik, Astronomie, Mathematik

Jahrgangsstufe: ab 5. Klasse

Typ: Diskussion, Basteln

Schwierigkeitsgrad: Mittel (Beschaffung der verschiedenen Materialien)

Zeitaufwand: ca. 90 Minuten

Kosten: Mittel (10€-30€)

Ort: Klassenraum (Basteln), eventuell im Freien (Tests)

Materialien: Ein hart gekochtes Ei oder Schokoladen-Ei, Bastelmaterial (z.B. leere Chips-Dosen (o.Ä.), Strohhalme, Zahnstocher, Aluminiumfolie, Pappe, Papier, Pappkartons, Kunststoff-Pflanzentöpfe, Luftpolsterfolie, Klebstoff, Klebeband), Bilder vom James-Webb-Weltraumteleskop

Schlüsselwörter: Physik, Astronomie, Raketen, Teleskope, James-Webb-Weltraumteleskop, Basteln, Selbstständiges Arbeiten

Lernziele

Mit dieser Aktivität lernen die Schüler:innen das James-Webb-Weltraumteleskop kennen. Sie sollen verstehen, wie wichtig es ist, Experimente, Modelle oder Thesen auf ihre Funktionstüchtigkeit zu überprüfen und – falls nötig – überarbeiten. Die Schüler:innen werden kreativ gefordert, indem sie ihr eigenes kleines Teleskop-Modell sowie Methoden, um die Stabilität des Modells zu testen, entwickeln sollen. Sie arbeiten dabei wie Ingenieur:innen.

Die Schüler:innen können ihr Teamwork, ihr experimentelles Arbeiten, ihr kreatives Denken, ihre Aufnahme von Beobachtungen sowie ihre Kommunikation von Ergebnissen untereinander stärken.

Zusammenfassung der Aufgaben

Aktivität	Titel	Beschreibung	Ergebnis	Voraussetzung	Dauer
1	Einführung	Die Lehrkraft stellt den Schüler:innen kurz das James-Webb-Weltraumteleskop vor und diskutiert mit ihnen über Vibrationstests.	Die Schüler:innen haben einen Eindruck vom James-Webb-Weltraumteleskop erhalten und verstehen, wieso Vibrationstests durchgeführt werden.	Keine	15 Minuten
2	Demonstration	Die Lehrkraft demonstriert einen Vibrationstest mit Hilfe eines (Schokoladen)-Eis und einer Chips-Dose.	Die Schüler:innen haben einen Eindruck von der Art des Tests, den sie in Aktivität selbst durchführen sollen.	Durchführung von Aktivität 1	15 Minuten
3	Bauen und Testen der Modell-Teleskope	Die Schüler:innen bauen mit den zur Verfügung gestellten Materialien ein Modell-Teleskop, führen Vibrationstests an ihm durch und verbessern ihr Modell auf Grundlage der Schlüsse, die sie aus den Tests ziehen.	Die Schüler:innen gewinnen einen Eindruck davon, was es heißt, wissenschaftlich wie Ingenieur:innen zu arbeiten: These aufstellen (Modell bauen), These überprüfen (Modell testen), These falls nötig überarbeiten (Modell verbessern).	Durchführung von Aktivität 2	60 Minuten

Einführung

Das James-Webb-Weltraumteleskop startete Ende 2021 in einer Ariane-5-Trägerrakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana in Südamerika auf seine Mission. Diese besteht seitdem unter Anderem in der Untersuchung weit entfernter Planeten, Sterne und Galaxien. Die Planung und der Bau des Teleskops stellten aufgrund der technischen Komplexität des Teleskops eine wahre Herausforderung dar, die die europäische, US-amerikanische und kanadische Weltraum-Organisationen (ESA, NASA, CSA) in Zusammenarbeit gemeistert haben.

Um an seinem Ziel im Weltall, dem sogenannten Lagrange-Punkt L2 (Orbit um die Erde in vierfachem Mondabstand), unversehrt anzukommen, musste das Teleskop so gebaut sein, dass es den Kräften während des Raketenstarts standhalten konnte. Dafür wurde das Teleskop im *Goddard Space Flight Center* (Weltraumflugzentrum) Vibrations-Tests ausgesetzt, um die Vibrationen beim Raketenstart zu simulieren. Um sicher zu gehen, dass das Teleskop die Reise ins All sicher übersteht, wurde es Kräften ausgesetzt, die es fünf- bis hundertmal pro Sekunde durchgerüttelt haben.

Aktivität 1 – Einführung

Material

Bilder vom James-Webb-Weltraumteleskop sowie einer Ariane-V-Trägerrakete

Erklärung

In dieser Aktivität stellt die Lehrkraft den Schüler:innen das James-Webb-Weltraumteleskop kurz vor. Es gilt zu erklären, dass es sich dabei um ein modernes und leistungsstarkes Weltraumteleskop handelt, das Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) von fernen Planeten, Sternen und Galaxien sammelt, um Informationen über diese zu gewinnen. Das Teleskop ist im Dezember 2021 an Bord einer Ariane-V-Trägerrakete aus Französisch-Guayana gestartet und befindet sich in einem stabilen Orbit um die Erde in etwa 1,5 Millionen Kilometern Abstand, was etwa dem vierfachen Monda bstand entspricht.

Das Herzstück des Teleskops ist der segmentierte Hauptspiegel, der aus 18 hexagonalen Spiegeln besteht, die in Summe einen Durchmesser von 6,5 Metern haben. Das einfallende Licht wird auf einen Sekundärspiegel geleitet, der mit drei Stangen einige Meter vor dem Primärspiegel befestigt ist. Von dort aus wird das Licht durch die Mitte des Hauptspiegels auf die verschiedenen Detektoren und Instrumente des Teleskopes geleitet und dort verarbeitet. Das zweite große Merkmal des Teleskops ist das aus fünf Schichten bestehende Sonnenschild, das das Teleskop und seine Instrumente mit seiner Größe von 22x12 Quadratmetern vor der Sonne schützt und dafür sorgt, dass die Instrumente im Schatten des Sonnenschildes auf eine Temperatur von -233°C gekühlt sind.

Diskussion

Die Schüler:innen sollen in ihren eigenen Worten beschreiben, wie sie sich den Raketenstart vorstellen. Die Lehrkraft soll erläutern, dass beim Raketenstart enorme Kräfte auf die Rakete und das Teleskop in der Rakete wirken. Dabei werden Rakete und Teleskop stark durchgerüttelt.

Auch Fahrräder, Autos, Boote, Flugzeuge, Fahrradträger für Autos, Kinder- und Autositze müssen allesamt gewissen Vibrationen widerstehen können, da während ihrer Nutzung Kräfte auf sie wirken. Die Schüler:innen sollen sich überlegen, weshalb alle diese Objekte auf diese Art und Weise getestet werden müssen. Die Stichworte sind Sicherheit und Haltbarkeit (bei jeder einzelnen Nutzung und auf Dauer).

Aus denselben Gründen müssen auch Objekte, wie Teleskope, die ins All geschickt werden, den Kräften beim Raketenstart widerstehen können. Dies passiert in Vibrationstests, in denen die Vibrationen während des Raketenstarts simuliert werden. Dies geschieht so oft, bis sichergestellt ist, dass das wertvolle Teleskop (etwa 10 Milliarden US-Dollar Kosten) nicht kaputt geht.

Aktivität 2 – Demonstration

Material

Leere Chips-Dose (oder Ähnliches), ein hart gekochtes Ei oder Schokoladen-Ei

Erklärung

In dieser Aktivität soll die Lehrkraft den Schüler:innen anhand eines Eis – repräsentativ für das Teleskop – und einer Chips-Dose – repräsentativ für die Rakete – veranschaulichen, was ihre spätere Aufgabe sein wird. Die Schüler:innen sollen später ein eigenes Modell-Teleskop entwickeln und es in einer Chips-Dose platzieren, um Vibrationstests zu simulieren.

Diskussion

Die Lehrkraft platziert das Ei in der Chips-Dose. Die Schüler:innen sollen vorschlagen, wie die Vibrationen beim Raketenstart damit simuliert werden können. Sie schlagen hoffentlich vor, die Dose zu schütteln oder zu werfen.

Die Schüler:innen sollen überlegen, was mit dem Ei passieren kann, wenn die „Rakete“ startet, also die Chips-Dose geschüttelt / geworfen wird. Die Lehrkraft soll den Ideen sammeln, den „Raketenstart“ durchführen und mit den Schüler:innen untersuchen, ob das „Teleskop“ und die „Rakete“ noch heil sind. Sie sollen anschließend diskutieren, welche der eventuellen Schäden auch dem tatsächlichen James-Webb-Weltraumteleskop beim tatsächlichen Raketenstart zustoßen könnten. Sie sollen argumentieren, warum sie der Meinung sind.

Im Anschluss soll die Lehrkraft noch einmal verdeutlichen, dass bei der Entwicklung des Teleskops zahlreiche Tests durchgeführt wurden, um sicherzustellen, dass es den Raketenstart unbeschadet übersteht. Gerade, da sich das Teleskop bereits seit 1996 in der Entwicklung befanden hat und etwa 10 Milliarden US-Dollar gekostet hat, musste unbedingt die Sicherheit des Teleskops gewährleistet werden.

Auf der nachfolgenden Internetseite können Videos abgerufen werden, die Vibrationstests am James-Webb-Weltraumteleskop im Goddard Space Flight Center zeigen.

<https://svs.gsfc.nasa.gov/12546> (Quelle: NASA's Goddard Space Flight Center)

Aktivität 3 – Bauen und Testen der Modell-Teleskope

Material

Bastelmaterial (z.B. leere Chips-Dosen (o.Ä.), Strohhalme, Zahnstocher, Aluminiumfolie, Pappe, Papier, Pappkartons, Kunststoff-Pflanzentöpfe, Luftpolsterfolie, Klebstoff, Klebeband)

Erklärung

Die Lehrkraft erklärt den Schüler:innen, dass sie in dieser Aktivität wie Ingenieur:innen arbeiten. Sie entwickeln ein Modell-Teleskop, dass sie ins Weltall schicken wollen. Anschließend führen sie an den Teleskopen Vibrations-Tests durch, um zu kontrollieren, dass die Teleskope den Start ins Weltall überstehen.

Durchführung

Die Schüler:innen wählen die Materialien für ihr Teleskop selbst und überlegen sich eine Möglichkeit, wie sie einen Vibrationstests durchführen. Der Test soll die Teleskope einigen Kräften aussetzen, sodass die Teleskope widerstandsfähig sein müssen, um nicht kaputtzugehen.

Die Modell-Teleskope sollen sich in ihrer Struktur am James-Webb-Weltraumteleskop orientieren, müssen aber keine exakte Replika sein. Sie sollen aus mindestens drei separaten – aber zusammengefügt – Teilen bestehen: einem faltbaren Primärspiegel, einem Sekundärspiegel und einem Sonnenschild. Das Modell soll in eine Rakete (Chips-Dose) passen und den „Raketenstart“ überstehen.

Die Schüler:innen können sich ihre eigene Methode überlegen, mit der sie das Teleskop auf seine Widerstandsfähigkeit beim Raketenstart prüfen können, aber Schütteln oder Werfen der Chips-Dose sollte ausreichend sein, um die Modelle auf ihre Widerstandsfähigkeit zu prüfen. Die Schüler:innen könnten außerdem untersuchen, wie viele Vibrationen ihre Modelle aushalten oder wie sich die Art und Intensität verschiedener Vibrationen auf ihre Modelle auswirkt.

Sobald die Modell-Teleskope gebaut wurden, sollen die Schüler:innen die Vibrationstests an ihnen durchführen. Gehen die Modelle kaputt, sollen sie versuchen, ihre Modelle in Struktur und / oder Materialien zu modifizieren, bis sie bei einem Modell angelangen, das den Vibrationen erfolgreich standhält.

Sobald die Schüler:innen eine Reihe an Versuchen durchgeführt haben, sind sie dazu angehalten, mit anderen Gruppen an Schüler:innen ihre Ergebnisse auszutauschen, sodass alle von den gefundenen Resultaten profitieren können. Sie sollen angeben können, welche Veränderungen sie an ihren Modellen durchgeführt haben, welche Gründe sie dafür hatten und ob die Änderungen den gewünschten Effekt hatten. Nachdem die Schüler:innen andere Modelle gesehen haben und von den Resultaten der jeweiligen Modelle gehört haben, kann die Lehrkraft sie fragen, ob sie mit den neu gewonnenen Erkenntnissen ihre eigenen Modelle verbessern und weiterarbeiten wollen.

Im Anhang findet sich eine Vorlage, auf der die Schüler:innen ihre Entwicklung festhalten können, aber manche Schüler:innen könnten es einfacher finden, auf großen Papierblättern unter Nutzung der Überschriften der Vorlage zu arbeiten.

Fazit

Zum Abschluss der Aktivität ist die Lehrkraft dazu angehalten, den Schüler:innen zu erklären, dass sie wie Ingenieur:innen gearbeitet haben und zusammengearbeitet haben, um auftretende Probleme zu lösen. Auch am James-Webb-Weltraumteleskop haben eine große Menge an Leuten aus verschiedenen Teilen der Welt zusammengearbeitet, um die besten Entscheidungen bei der Planung und beim Bau des Teleskops zu treffen.

Sicherheitshinweis

Es ist sicherzustellen, dass die Schüler:innen wissen, wie mit den Chips-Dosen umzugehen ist, wenn das Modell-Teleskop sich darin befindet, damit beim eventuellen Werfen der Dosen keine Gegenstände aus der Dose durch den Klassenraum fliegen. Das Schütteln / Werfen der Dosen sollte abseits anderer Schüler:innen in einer dafür designierten Zone durchgeführt werden.

Links

ESA Ressourcen

ESA Klassenzimmer Ressourcen: www.esero.de

ESA Kids Website: www.esa.int/kids/de/home

ESA Weltraumprojekte

James-Webb-Weltraumteleskop: <https://esawebb.org/>

Sonstiges

Titelbild (NASA / Chris Gunn): https://esawebb.org/images/ariane_5_rollout_with_jwst_a/

Video: <https://svs.gsfc.nasa.gov/12546>

Anhang

Planungsvorlage – Ein Teleskop-Modell entwickeln und testen

Unser Modell sieht so aus:

Material, das wir dafür brauchen:

Wie wir das Modell testen:

Probleme, die wir beim Testen festgestellt haben:

Wie wir unser Modell angepasst haben, um die Probleme zu lösen:

Wie viele Tests wir zu dem finalen Modell benötigten, das den Vibrationstest überstand: