

Hungrig nach Energie – Raumsonden in den Tiefen des Weltalls

Matthias Borchardt, Bonn

Eine herbe Enttäuschung – *Philae*, die Landeeinheit der Raumsonde *Rosetta*, setzt am 12. November 2014 auf dem Kometen „Tschuri“ auf und muss bereits nach 60 Stunden ihren Betrieb einstellen, weil die Solarzellen die Batterien nicht aufladen können. *Philae* ist im Schatten eines großen Felsens gelandet. Anders die Raumsonde *Cassini* – sie stillt ihren Energiehunger aus einer Radionuklidbatterie und sendet seit vielen Jahren wichtige Daten vom Saturn.

Für Ihre Schüler liefern diese Themen beste Möglichkeiten, Unterrichtsinhalte der **Kernphysik** und der **Elektrizitätslehre** zu wiederholen, wobei die Aufgaben in einem interessanten und motivierenden Anwendungsbezug erscheinen.



Die Raumsonde Cassini umkreist den Saturn.

© NASA

II/F

Plutonium oder Sonne –
das ist hier die Frage.

Der Beitrag im Überblick

Klasse: 12 oder 13

Dauer: 3–6 Stunden

Ihr Plus:

- ✓ starker Anwendungsbezug
- ✓ hohe Aktualität
- ✓ Wiederholung wichtiger kernphysikalischer Themen
- ✓ Simulationsprogramm

Inhalt:

- Alphazerfall, Tunneleffekt
- Funktionsweise einer Radionuklidbatterie
- Bindungsenergien in der Kernphysik
- Fusion in der Sonne
- Energie im elektrostatischen Radialfeld
- Bewegung von geladenen Teilchen in Magnetfeldern
- Effizienz von Solarzellen

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Fachlicher Hintergrund

Ihre Schüler stehen kurz vor dem Abitur, und Sie suchen komplexe Aufgabenstellungen, die wichtige Unterrichtsinhalte Ihres Kurses in einem interessanten und anwendungsorientierten Kontext abfragen?

Die im Folgenden vorgestellten Materialien bieten dazu eine gute Möglichkeit. Die Energieversorgung von interplanetaren Raumsonden wird durch Radionuklidbatterien, welche die Zerfallswärme von radioaktiven Isotopen umwandeln, oder durch Solarzellen, welche die Fusionsenergie der Sonne nutzen, sichergestellt. Diese beiden Techniken beruhen in vielfältiger Weise unterrichtsrelevante Themen:

Die Physik einer Radionuklidbatterie eröffnet Möglichkeiten, Inhalte wie beispielsweise den **Alphazerfall**, den **Tunneleffekt**, den Begriff der **Aktivität** und das **Zerfallsgesetz** zu thematisieren. Aber auch das Coulombgesetz und die Verschärfung des elektrischen Radialfeld lassen sich unterbringen wie auch die **Geschwindigkeitsbestimmung** von Alphateilchen im homogenen Magnetfeld. Die Energiebereitstellung durch Solarzellen führt zur Fusion in der Sonne, zu Begriffen wie **Massendefekt** und **Bindungsenergie** und der Frage, wie sich Sonnenenergie in den Tiefen des Weltalls nutzen lässt. Es sich die Aufgabenstellungen auf zwei berühmte Weltraum-Missionen beziehen – den Flug der Raumsonde *Cassini* zum Saturn und, ziemlich aktuell, die Mission der Raumsonde *Rosetta* zum Kometen „Tschuri“-, präsentieren sich die Aufgabenstellungen stark anwendungsorientiert und sollten Ihre Schüler daher motivieren, sich mit den angesprochenen Unterrichtsinhalten auseinanderzusetzen.

Die Thematik berührt darüber hinaus auch interessante **gesellschaftspolitische Fragestellungen**. Der Einsatz von Plutonium wurde wegen der damit verbundenen großen Sicherheitsprobleme in der Öffentlichkeit lange kontrovers diskutiert. Inzwischen gewinnt ein weiterer interessanter Aspekt deutlich an Gewicht, wenn es um das Für und Wider radioaktiver Energiequellen im Weltraum geht: Plutonium-238 ist weltweit nämlich extrem knapp geworden und ist dadurch auch mehr bezahlbar. Hintergrund ist die stark zurückgegangene Produktion bestimmter Kernelemente, bei deren Herstellung in der Vergangenheit das für die Raumfahrt so begehrte Isotop quasi als Nebenprodukt abfiel. Wie stark die Grundlagenforschung in Physik und Astronomie mit gesellschaftspolitischen Aspekten verknüpft ist und wie bizarre Züge das bisweilen annehmen kann, wird Ihren Schülern hier nachvollziehbar vor Augen geführt. Auch solche Themen gehören unbedingt in den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Die Materialien **M 1** und **M 2** dienen dazu, Zielsetzungen, Planung und Durchführung der beiden Weltraum-Missionen in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Bei Zeitknappheit können Sie diese beiden Arbeitsblätter auch weglassen und stattdessen einen kurzen Überblick (**Impulsreferat**) geben oder durch einen Schüler geben lassen. Das Material **M 3** sollte in einem Leistungskurs eigentlich gut bearbeitbar sein – in einem Grundkurs hängt das davon ab, ob Sie im Unterricht die Berechnung von Arbeitsintegralen und den Tunneleffekt thematisiert haben. Für die Bearbeitung der übrigen Materialien ist **M 3** nicht notwendig.

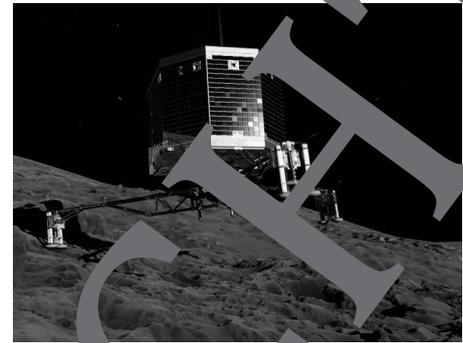
Ein Minimalprogramm könnte sich also auf **M 2**, **M 4** und **M 5** beschränken, mit einem kurzen Überblicksreferat, wie bereits oben erwähnt.

Zur Differenzierung sind die Tipp-Karten in Material **M 7** geeignet, die Ihren Schülern abgestufte Hilfen zur Lösung der Aufgaben geben.

Es hat sich bewährt, dass die Schüler die Materialien in Partnerarbeit studieren. Ob Sie die Lösungen einsammeln und bewerten, steht Ihnen frei.

M 1 Von schlafenden und wachen Raumsonden

Als *Philae*, die Laboreinheit der Raumsonde *Rosetta*, nach über zehnjähriger Mission am 12. November 2014 erfolgreich auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko („Tschuri“) landet, folgt auf die anfängliche große Begeisterung bald Ratlosigkeit und Ernüchterung. *Philae* ist nämlich im Schatten eines Felsens zum Stehen gekommen – ihre **Solarzellen** können nicht genügend Sonnenenergie einfangen, um die Batterien wieder aufzuladen. 60 Stunden sammelt *Philae* noch wichtige Daten, sendet diese zur Erde und fällt dann bis auf Weiteres in einen tiefen „Schlaf“.



Raumsonde Philae landet auf dem Kometen (künstlerische Darstellung)

Foto: German Aerospace Center (DLR)
Publiziert unter der Lizenz CC-BY

Diese Probleme hätten vermieden werden können, hätte man das autarke Raumlabor mit einer Radionuklidbatterie ausgestattet. Ein positives Beispiel für diese Technologie ist die Raumsonde *Cassini*. Diese startete Ende 1997 zu ihrem weiten Flug zum Saturn, den sie 2004 erreichte. Seitdem umkreist sie den Planeten und funkt regelmäßig wichtige Daten und Bilder zur Erde. Wegen der großen Distanz zur Sonne verzichtete man seinerzeit auf den Einsatz von Solarzellen für die Energieversorgung der Sonde – stattdessen verwendete man eine **Radionuklidbatterie**, welche die Zerfallswärme von **Plutonium-238** in elektrische Energie verwandeln kann.



Raumsonde Cassini trifft beim Saturn ein. (Künstlerische Darstellung)

© NASA

Beide Konzepte, nämlich Energie aus der Sonne und Energie aus dem radioaktiven Zerfall, streifen in vielfältiger Weise viele Themen der Physik, die Sie im Laufe Ihres Kurses bereits kennengelernt haben und die Sie in Form von anwendungsbezogenen Aufgabenstellungen wiederholen und aufarbeiten können. Zunächst aber sollten Sie sich einen Überblick über die oben angesprochenen Missionen verschaffen.

Aufgabe

Recherchieren Sie im Internet die Missionen der Raumsonden *Rosetta* und *Cassini* und notieren Sie einige wichtige Daten zum Missionsverlauf und zum aktuellen Status der beiden Raumsonden.

Tipps

Das Computerprogramm „**cassini.exe**“

unter www.max-planck-physik.de/raumsonde_cassini.html

simuliert die komplizierte Flugbahn der Raumsonde *Cassini* und stellt die vielen Swing-by-Manöver nach, welche seinerzeit notwendig waren, um die sehr schwere Raumsonde bis zum Saturn zu bringen.



M 6 Entscheidungsprobleme

Dass man sich seinerzeit bei der Cassini-Mission nicht für Solarzellen entschieden hat, sollten Sie aufgrund Ihrer Berechnungen im Material **M 5** nachvollziehen können. Allein das Gewicht der notwendigen Solarpanelfläche hätte das ohnehin schon gigantische Startgewicht der Raumsonde (5600 kg) um ein Vielfaches mehr erhöht, als es die Radionuklidbatterien getan haben. Dennoch war der Einsatz dieser Batterien in den Vereinigten Staaten damals sehr umstritten – es gab sogar landesweite Protestumzüge gegen den Start der Raumsonde.



Protestumzug gegen die Cassini-Mission

© picture-alliance / dpa, Fotograf: AFP Hwan

Aufgaben

1. Recherchieren Sie im Internet, welche Argumente die Gegner der Plutoniumbatterien ins Feld führten und wie die NASA versuchte, diese zu entkräften.
2. Die Gründe, warum man das Landemodul *Viking* bei der Rosetta-Mission nicht mit einer Radionuklidbatterie, sondern mit Solarzellen, ausgestattet hat, sind nicht nur im Sicherheitsbereich zu suchen. Die weltweite Knappheit von Plutonium-238 und die damit verbundenen enormen Kosten für dieses Material spielten ebenfalls eine entscheidende Rolle und stellen heute sogar die Planer neuer Raumfahrtmissionen vor schwerwiegende Probleme – man spricht bereits von der „Energiekrise im Weltall“. Recherchieren Sie, warum Plutonium-238 inzwischen so knapp geworden ist und ob es inzwischen Vorschläge zur Lösung des Problems gibt.

II/F

SCIENCE | plutonium | pluton. | 238 | space

NASA's Plutonium Problem Could End Deep Space Exploration

By Dave Mosher, 09.19.10, 10:00 AM, Permalink

The Voyager probe's three radioisotope thermoelectric generators (RTGs) can be seen mounted end-to-end on the left-extending boom. (NASA)

© NASA

Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de