

Unterrichtsmaterial INTEGRAL (LuL)

Übersicht

Themen:	Astronomie, Fernerkundung
Fächer:	Physik (Astronomie), Geographie / Erdkunde
Jahrgangsstufe:	9-13
Medien & Material:	Thematische Videos, Arbeitsblatt
Umfang:	90 Minuten
Leitfrage:	"Wie trägt die kontinuierliche Gammastrahlenbeobachtung durch den INTEGRAL-Satelliten dazu bei, unser Verständnis ferner Galaxien und unseres Sonnensystems zu verbessern?"

Kompetenzen

Sachkompetenz

Die SuS...

... beschreiben die Mission und die verschiedenen Instrumente des INTEGRAL Satelliten und ordnen diese in den Kontext der Weltraumbeobachtung ein.

... zeigen auf, für welche geophysikalischen und astronomischen Fragestellungen die Messungen des INTEGRAL Satelliten geeignet sind.

Methodenkompetenz

Die SuS...

... finden aus einer Kombination von Arbeitsblättern und INTEGRAL-Material einen Weg komplexere Darstellungs- und Arbeitsmaterialien (graphisch) und sprachlich darzustellen.

... erleben den Prozess der Erkenntnisgewinnung, indem sie ihre Vorgehensweisen und Ergebnisse diskutieren.

Urteilskompetenz

Die SuS...

... bewerten ihr methodisches Vorgehen bei der Analyse der bereitgestellten INTEGRAL-Materialien und bei der Einordnung in den Kontext der Beobachtung ferner Galaxien und unseres Sonnensystems.

... beurteilen, wie geeignet die zur Verfügung gestellten Materialien für die Arbeitsaufträge sind und inwieweit bei den Materialien Verbesserungspotential vorliegt.

Handlungskompetenz

Die SuS...

... präsentieren Arbeitsergebnisse sachbezogen sowie fachsprachlich angemessen.

Lehrplanbezug

Diese Unterrichtseinheit fokussiert den Prozess der Erkenntnisgewinnung, eine prozessbezogene Kompetenz. Inhaltliche Anknüpfungen lassen sich zu allen Kernlehrplänen der Bundesländer herstellen. Dabei finden sich Möglichkeiten des Anbindens an vorhandene Inhaltsfelder. Dies bezieht sich in der Physik auf die astronomische Komponente sowie die Dynamik, Mechanik und die Wellenlehre. In der Geographie finden sich Anknüpfungspunkte in Bezug auf den Aufbau der Erdatmosphäre und das elektromagnetische Spektrum.

Durch die vorliegende Einheit werden viele Teilkompetenzen der Erkenntnisgewinnungskompetenz abgedeckt, die sich in naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zeigen. Beispiele für den Lehrplanbezug finden Sie in der nachfolgenden Tabelle.

Fächer	Geographie	Physik
Themen	Fernerkundung, Planetare Prozesse, Atmosphäre, Elektromagnetisches Spektrum	Astronomie, Schwarze Löcher, Planetare Prozesse, Wellenlehre
Baden-Württemberg	9/10: Digitale Orientierung (GIS, Fernerkundung), Exogene Prozesse 11/12: Sphären im System Erde (Prozesse in der Atmosphäre)	9/10: Mechanik-Dynamik 11/12: Astrophysik

Bayern	10: Geographische Arbeitstechniken und Arbeitsweisen 11/12/13: Geographische Arbeitstechniken und Arbeitsweisen, Atmosphäre, Elektromagnetisches Spektrum	11: Astronomische Weltbilder, Kosmologie 12/13: Astrophysik
Bremen	Q: Naturgeographische Grundlagen und Prozesse (Exogene Kräfte, Atmosphärische Prozesse)	EPH: Mechanik des Planetensystems Q: Entwicklung des Astronomischen Weltbildes, Elektromagnetisches Spektrum
Berlin / Brandenburg	EPH und Q: Geosphäre, exogene Prozesse	Oberstufe: Bewegung künstlicher Satelliten, Rotation der Erde, Raumfahrt, kompletter Themenbereich zum Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld
Niedersachsen	Oberstufe: physisch-geographische Faktoren	EPH: Dynamik (gleichförmige Kreisbewegung), optische Abbildung (Satelliten)
Nordrhein-Westfalen	EPH und Q: Atmosphärische und klimaphysikalische Prozesse	EPH und Q: Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder
Thüringen	12: Atmosphärische Zirkulation	11: Gravitation (Gewichtskraft, Planetenbewegung), Kreisbewegung 12: Gravitation

Didaktischer Kommentar:

Die Lehrkraft leitet die Einheit ein, indem sie den Schülerinnen und Schülern (SuS) einen stummen Impuls zum INTEGRAL-Satelliten gibt. Dieser erfolgt über ein Bild des Satelliten, welches an den Beamer / an die Tafel angeworfen wird. Die SuS sollen sich daraufhin Gedanken zu der Funktion des Satelliten machen und darüber im Klassenverbund diskutieren, bis anschließend auf die Leitfrage der Einheit eingegangen wird.

Die Lehrkraft stellt den SuS das Arbeitsblatt sowie die Videomaterialien zur Verfügung, die verschiedene Aspekte des INTEGRAL-Satelliten und der Messinstrumente beinhalten. Die SuS werden daraufhin in die Themen Gammastrahlung, Supernovae und Schwarze Löcher eingeführt. Dazu befassen sie sich im ersten Abschnitt mit den Texten und Abbildungen aus dem Material.

Darauf folgt die Bearbeitung der Aufgaben 1.1 und 1.2, die sich mit dem Verständnis des zuvor gelesenen auseinandersetzen. Die SuS sollen hierbei das zuvor gelesene in eigenen Worten zusammenfassen.

Anschließend folgt Aufgabe 2 zum Orbit des INTEGRAL-Satelliten. Hierbei sollen sich die SuS mit dem Informationstext und der visuellen Darstellung des Orbits beschäftigen. Sie sollen beurteilen, warum gerade

diese Art von elliptischem Orbit gewählt wurde, wodurch eine Diskussion über den großen Entfernungsunterschied zur Erde angeregt werden soll.

Daraufhin folgt eine Zwischensicherung im Plenum, bei dem die Ergebnisse aus den Aufgaben und Fragen zu den erlernten Informationen geklärt werden können.

Im zweiten Teil des Moduls lernen die SuS etwas über den Aufbau der Erdatmosphäre und zur Teilchenphysik und wie dies im Zusammenhang mit dem INTEGRAL Satelliten steht. In Aufgabe 3 sollen die SuS herausstellen, inwieweit die verschiedenen Schichten der Erdatmosphäre einen Einfluss auf Gammastrahlen-Messungen haben und welche Unterschiede zu den Messungen des INTEGRAL aus dem Erdorbit vorliegen.

Aufgabe 4 thematisiert daraufhin detaillierter, inwieweit die Teilchenphysik dabei eine Rolle spielt und wie Teilchen, wie beispielsweise die der Gammastrahlung, in der Erdatmosphäre zerfallen.

In der abschließenden Sicherungsphase werden die Ergebnisse, Schwierigkeiten und mögliche Konflikte im Plenum präsentiert, diskutiert und gesichert. Es wird sich zudem auf die eingangs formulierte Leitfrage bezogen, die in Aufgabe 5 beantwortet werden soll. Die Lehreinheit soll damit das ganzheitliche Verständnis für die Rolle des INTEGRAL-Satelliten in der Weltraumforschung fördern.

Stundenverlaufsplan

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Methodisch-didaktischer Kommentar	Sozialform	Medien
10 min	Einstieg + Problema- tisierung	Lehrkraft beginnt mit stummem Bildimpuls.	SuS sollen anhand des stummen Bildimpulses darüber nachdenken, welche Funktion der INTEGRAL-Satellit bei der Weltraumbeobachtung erfüllen könnte. Die Lehrkraft notiert die Überlegungen der SuS stichpunktartig an der Tafel. Die Diskussion darüber dient als Ausgangspunkt für das Modul. Die Lehrkraft notiert die Leitfrage gut sichtbar an der Tafel.	UG	Beamer / Tafel
25 min	Erarbeitung 1	Die Lehrkraft stellt den SuS das Arbeitsblatt sowie die Videomaterialien zur Verfügung. Die SuS lesen die Informationstexte und bearbeiten die Aufgaben 1.1, 1.2 und 2.	Die SuS schauen sich die Informationstexte und Abbildungen an, die die verschiedenen Messinstrumente des INTEGRAL-Satelliten vorstellen. Zudem lesen Sie die Hintergrundinformationen zu Schwarzen Löchern, Supernovae und zur Gammastrahlung. Darauf folgen in Aufgabe 1.1 und 1.2 die persönliche Zusammenfassung des Gelesenen und in Aufgabe 2. Die Erläuterung zum INTEGRAL-Orbit	EA, bei Bedarf auch PA	AB, Videos

15 min	Zwischen- sicherung	Die Ergebnisse aus Aufgabe 1.1, 1.2 und 2. werden im Plenum präsentiert und verglichen.	Die Lehrkraft hat die Möglichkeit bei Fehlern einzuschreiten und diese zu korrigieren. Bei Bedarf kann auch schon früher eine erste Zwischensicherung stattfinden.	UG	Beamer / Tafel
20 min	Erarbeitung 2	Die SuS bearbeiten die Aufgaben 3. Und 4.	Die SuS beschäftigen sich in den Aufgaben 3. Und 4. mit dem Aufbau der Erdatmosphäre und dem daran gekoppelten Teilchenzerfalls (Teilchenphysik)	EA, bei Bedarf auch PA	AB
15 min	Sicherung	Die Ergebnisse aus den Aufgaben 3. Und 4. werden im Plenum besprochen und verglichen. Es folgt die Beantwortung der Leitfrage mit Aufgabe 5. im Plenum.	Die Lehrkraft hat die Möglichkeit bei Fehlern einzuschreiten und diese zu korrigieren. Bei Bedarf kann auch schon früher eine weitere Zwischensicherung stattfinden.	UG	Beamer / Tafel
5 min	Ausblick			UG	

Mögliche Lösungen zu den Arbeitsaufgaben der SuS

1. Einführung

1.1 Zusammenfassung der INTEGRAL-Messinstrumente

1.2 Zusammenfassung von Schwarzen Löchern, Supernovae und Gammastrahlung / Gammablitz

2. Orbit

Der Hauptgrund für die exzentrische Umlaufbahn ist die Notwendigkeit, die Strahlungsgürtel der Erde zu umgehen. Diese Strahlungsgürtel könnten die empfindlichen Messungen von Gammastrahlung erheblich stören. Durch den stark elliptischen Orbit verbringt INTEGRAL etwa 90% seiner Zeit außerhalb des Strahlungsgürtels, was eine deutlich bessere Datenqualität ermöglicht. Die Distanz zu den Strahlungsgürteln der Erde ermöglicht es INTEGRAL, auch schwache Gammastrahlung zu registrieren, die andere Spektrometer nicht erfassen konnten.

Der INTEGRAL bewegt sich in einer Entfernung von 3.300 bis 159.000 Kilometern um die Erde. Die Umlaufzeit beträgt dabei etwa 72 Stunden (3 Tage). Dies ermöglicht eine optimale Abdeckung durch Bodenstationen und erlaubt wiederholbare Arbeitsschichten für das Bodenpersonal.

3. Aufbau der Erdatmosphäre

Wie man erkennen kann, besteht die Atmosphäre aus verschiedenen Schichten. Sie schützen das Leben auf der Erde vor kosmischer Strahlung (wie Gammastrahlung). In einer Höhe von 20 km erzeugt die kosmische Strahlung Teilchenschauer, d.h. sie reagiert mit Atomen in der Atmosphäre. Dabei entstehen neue Teilchen, sogenannte Sekundärteilchen. Diese Teilchen können auf der Erde detektiert werden, wodurch gewisse Ereignisse indirekt aufgenommen werden können, da diese Teilchen sich auf Gammastrahlung zurückführen lassen. Wegen des „Zerfalls“ der Gammastrahlung in der Atmosphäre ist es aber nicht sinnvoll, die Gammastrahlung vom Boden aus zu messen. Sie kommt dort nämlich nicht an.

4. Teilchenphysik

4.1 Leseverständnis

4.2 Teilchen in der Erdatmosphäre

Es lassen sich Neutronen (N), Protonen (p) sowie 3 verschiedene Arten von Pionen (π^+ , π^- , π^0) erkennen. Außerdem sieht man Elektronen und Positronen (e^- , e^+), sowie Myonen (μ^+ , μ^-). Eine letzte Art sind die Neutrinos (ν).

4.3 Auswirkungen auf Erde und Menschen durch Teilchenschauer

Da die Teilchenschauer in einer Höhe von ca. 20 km beginnen, sind sowohl Menschen in Flugzeugen als auch Astronauten einer etwas höheren Strahlenbelastung ausgesetzt. Beim Fliegen ist die Belastung nur geringfügig größer, während Astronauten durch den direkten Kontakt mit primärer kosmischer Strahlung tatsächlich ein höheres Risiko haben, beispielsweise an Krebs oder verschiedenen Augenkrankheiten zu erkranken. Auf dem Erdboden selbst hat kosmische Strahlung keine schädlichen Auswirkungen auf den Menschen.

5. Beantwortet die Leitfrage: „Wie trägt die kontinuierliche Gammastrahlenbeobachtung durch den INTEGRAL-Satelliten dazu bei, unser Verständnis ferner Galaxien und unseres Sonnensystems zu verbessern?“

INTEGRAL ermöglicht die Untersuchung energiereicher Phänomene in fernen Galaxien:

Der Satellit kann Gammastrahlenausbrüche („Gamma-ray bursts“) detektieren, die zu den hellsten Explosionen im beobachtbaren Universum gehören. Diese Beobachtungen helfen Astronomen, die Entstehung und Entwicklung von Galaxien besser zu verstehen.

INTEGRAL kann auch die Zentren von Galaxien untersuchen, wo sich supermassereiche schwarze Löcher befinden.

Obwohl INTEGRAL hauptsächlich für die Beobachtung ferner Objekte konzipiert wurde, trägt er auch zum Verständnis unseres Sonnensystems bei:

Der Satellit kann energiereiche Phänomene, wie etwa Sonneneruptionen, in unserem Sonnensystem beobachten. Die kontinuierliche Beobachtung ermöglicht es, Veränderungen in der Gammastrahlenaktivität über längere Zeiträume zu verfolgen.

INTEGRALs spezielle Umlaufbahn ermöglicht lange, ununterbrochene Beobachtungsperioden:

Der Satellit befindet sich in einer hochelliptischen Umlaufbahn mit einer Periode von 72 Stunden.

Diese Bahn erlaubt es INTEGRAL, mehr als 80% seiner Umlaufzeit für wissenschaftliche Beobachtungen zu nutzen. Im Gegensatz zu Satelliten in niedrigen Erdumlaufbahnen kann INTEGRAL kontinuierlich einige Tage beobachten, ohne durch die Erde unterbrochen zu werden.

INTEGRALs fortschrittliche Instrumente ermöglichen präzise Messungen:

Der Satellit kann gleichzeitig Objekte in Gammastrahlen, Röntgenstrahlen und sichtbarem Licht beobachten. Die Instrumente an Bord ermöglichen eine feine Spektroskopie und genaue Bildgebung von Gammastrahlenquellen.

Durch diese kontinuierliche und präzise Beobachtung trägt INTEGRAL wesentlich dazu bei, unser Verständnis von energiereichen Phänomenen in fernen Galaxien zu vertiefen und neue Erkenntnisse über unser Sonnensystem zu gewinnen.