

Unterrichtsmaterial 1 (LuL)

Übersicht

Themen:	Erde-Mond Beziehung, Astronomie, Fernerkundung
Fächer:	Geographie, Physik (Astronomie)
Jahrgangsstufe:	9-13
Medien & Material:	Karten aus Lunaserv-Fernerkundungsdaten, Augmented Reality App „ColumbusEye“, Arbeitsblatt
Umfang:	Mindestens 90 min
Leitfrage:	Wie sind Erde und Mond geologisch zusammengesetzt und was hat dies für eine Aussagekraft zur Entstehung des Mondes?

Kompetenzen

Sachkompetenz

Die SuS...

... beschreiben die geologische Zusammensetzung des Erdmantels sowie des Mondes.

... erkennen und benennen die Ähnlichkeit zwischen der Zusammensetzung des Erdmantels und des Mondes.

... beschreiben die Kollisionstheorie mit dem Protoplaneten „Theia“ und der Erde.

... analysieren die zuvor festgestellten Zusammenhänge und leiten daraus Hypothesen zur Entstehung des Mondes ab.

Methodenkompetenz

Die SuS...

... nutzen satellitengestützte sowie bodengestützte Daten des Mondes und der Erde zur Analyse des Sachverhalts.

... finden aus einer Kombination von Arbeitsblättern und Lunaserv-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 Bestimmung der Zusammensetzung von Erdmantel und Mond sowie bei der Aufstellung von Hypothesen zur Mondentstehung.

... 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 insbesondere nicht direkt in Bezug auf die lunaren Analysen zu allen Kernlehrplänen der Bundesländer herstellen. Allerdings finden sich mindestens Möglichkeiten des Anbindens an vorhandene Inhaltsfelder. Dies bezieht sich in der Physik auf die astronomische Komponente und in der Geographie auf die Erde-Mond Beziehung, die Geologie, die Fernerkundung sowie Standortfaktoren.

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

Fächer	Geographie	Physik
Themen	Geologie, Erde-Mond Beziehung, Fernerkundung, Standortfaktoren	Astronomie, Erde-Mond Beziehung
Baden-Württemberg	9/10: Digitale Orientierung (GIS, Fernerkundung), Endogene und exogene Prozesse 11/12: Das System Erde-(Mond), Sphären im System Erde-(Mond)	9/10: Mechanik-Dynamik 11/12: Gravitationsfelder, Vertiefendes Themengebiet Astrophysik, Kosmologie
Bayern	10: Geographische Arbeitstechniken und Arbeitsweisen 11/12: Geographische Arbeitstechniken und Arbeitsweisen, Geologische Prozesse (bei Lehrplanalternative Geologie)	10: Astronomische Weltbilder, Die Mechanik Newtons (Gravitation), Kosmologie
Bremen	Qualifikationsphase: Naturgeographische Grundlagen und Prozesse	Qualifikationsphase
Berlin / Brandenburg	Einführungs- und Qualifikationsphase: Geosphäre, endogene Prozesse	Einführungsphase: Rotation Erde (Mond), Bewegung künstlicher Satelliten, Gravitation Qualifikationsphase: Gravitation, Gezeiten, Raumfahrt
Niedersachsen	Oberstufe: physisch-geographische Faktoren, Räumliche Orientierung	(Oberstufe)
Nordrhein-Westfalen	Einführungs- und Qualifikationsphase: Bedeutungswandel von Standortfaktoren	Einführungsphase: Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder
Thüringen	-	11: Gravitation (Gewichtskraft, Gezeiten, Planetenbewegung), Kreisbewegung 12: Gravitation

Didaktischer Kommentar

Die Lehrkraft eröffnet das Thema, indem sie die SuS überlegen und diskutieren lässt, ob der Mond oder die Erde älter ist und wie diese beiden Himmelskörper wohl entstanden sind. Außerdem wird darüber diskutiert, wie Wissenschaftler*innen Informationen über die frühe Erde erhalten können, wenn diese sich durch geologische Prozesse immer wieder recycelt. Wenn eine Kontroverse unter den Meinungen erkennbar ist, wird diese zur Problematisierung genutzt und als Anlass, um die SuS mit verschiedenen Entstehungstheorien des Mondes zu konfrontieren.

Hierfür erhalten die SuS dann das Arbeitsblatt, auf dem vier bekannte Entstehungstheorien gelistet sind: die Kollisionstheorie, die Einfangtheorie, die Co-Formationstheorie und die Spaltungstheorie. Darüber hinaus

wird ihnen durch die Lehrkraft deutlich gemacht, dass es in der Wissenschaft noch eine ganze Reihe weiterer Theorien und Überlegungen zur Entstehung von Erde und Mond gibt. Im Plenum diskutieren die SuS anschließend, welche der Theorien sie für am plausibelsten halten und weshalb sie dieser Meinung sind. Die SuS stellen Hypothesen auf, wie sie herausfinden können, welche der beiden Theorien die wissenschaftlich anerkannte bzw. evidente Theorie ist. Außerdem soll die Frage geklärt werden, was uns die Entstehung des Mondes über die Erde verrät und somit die Relevanz des Themas hervorgehoben werden. Auf diese Weise wird durch das Prinzip der Kontroversität (nach dem Beutelsbacher Konsens) ein Zugang zum didaktischen Prinzip der Wissenschaftsorientierung konstruiert. Die SuS erlernen somit einen kritisch-reflexiven Umgang mit der Wissenschaft. Auf diese Weise wird den SuS eine Kontrollfunktion zugewiesen, indem sie wissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung für das Lernen und Problemlösen anwenden und ein wissenschaftspropädeutisches Arbeiten einstudieren.

Um die Fragestellung zur Entstehung des Mondes zu beantworten, schauen sich die SuS noch einmal in Einzelarbeit die verschiedenen Entstehungstheorien an und vergleichen diese miteinander. Anschließend befassen sie sich eigenständig mit den Aufgaben 2.1. bis 2.4. . Nach den ersten beiden Teilaufgaben findet eine erste Zwischensicherung statt. Nach der Teilaufgabe 2.4. findet eine weitere Zwischensicherung der Ergebnisse im Plenum statt. Bei der Bearbeitung der Aufgaben beantworten die SuS mithilfe von Texten, Abbildungen, Videos und Karten (in der Augmented Reality App „ColumbusEye“ zum Einsehen und zur interaktiven Nutzung) verschiedene Fragen und sammeln auf diese Weise mögliche Beweise/Daten, die die zuvor beschriebenen Theorien erklären könnten. Zudem sind die vier potentiellen Entstehungstheorien zusätzlich visuell in der AR-App implementiert.

Nach der Zwischensicherung von den Ergebnissen der Aufgabe 2, kommen die SuS in Kleingruppen zusammen, um mithilfe ihrer Beweise ein modellbasiertes Verbindungsdiagramm (*Model-Evidence Link* (MEL) Diagramm) zu entwerfen. In diesem Diagramm sollen sie entscheiden, welche Beweise sie für wie aussagekräftig halten und welche die Theorien wie stark stützen. Die Skala geht von „der Beweis stützt die Theorie sehr“ bis „zwischen Beweis und Theorie liegt kein Zusammenhang vor“. Zudem begründen sie ihre Entscheidungen und Zuweisungen. Abschließend bewerten sie ihre Ergebnisse, indem sie beiden Modellen/Theorien eine Plausibilität zwischen eins und zehn zuweisen.

Danach können die SuS ihre Überlegungen zur Plausibilität der Entstehungstheorien ebenfalls noch einmal in der AR-App über das implementierte Quiz testen. Hierbei gelangen sie bei richtiger Beantwortung zu dem

Aufklärungsvideo der NASA, in dem die Kollisionstheorie vorgestellt wird. Das Video kann hier ebenfalls eingesehen werden: <https://www.youtube.com/watch?v=kRIhICWplqk>

Die Übersetzung des NASA-Aufklärungsvideos lautet:

„Diese neue Supercomputer-Simulation zeigt, dass sich der Mond in nur wenigen Stunden gebildet haben könnte. Es handelt sich um eine der höchstauflösenden Simulationen der Mondentstehung. Die Simulation beginnt mit der Kollision eines Mars-großen Körpers mit unserem Planeten. Aus den Trümmern des Einschlags entstehen zwei Körper. Der kleinere von beiden wird zum Mond. Die Schwerkraft des größeren Körpers treibt den kleineren Körper vorwärts und bringt ihn auf eine weite und stabile Umlaufbahn. Die Simulation eröffnet neue Möglichkeiten zur Analyse der Geschichte des Mondes und wird den Forscher*innen helfen, die verflochtene Geschichte von Erde und Mond besser zu verstehen.“

In einer abschließenden Sicherungsphase werden die Ergebnisse und Schwierigkeiten sowie das Konfliktpotential im Plenum präsentiert, diskutiert und gesichert. Die Zusatzaufgaben widmen sich den Fragen, wohin die Überreste des Protoplaneten verschwunden sein könnten und welche Folgen die Entstehung des Mondes für die Erde mit sich gebracht hat. Die Fragestellungen können auch als Ausblick in Bezug auf die eingeschränkten Überprüfungsmöglichkeiten und die technische Entwicklung aufgegriffen werden.



Optional: Lerntempoduell/ Bushaltestelle Treffpunkt

Sofern die zeitlichen Gegebenheiten es zulassen, kann zusätzlich die kooperative Methode des Lerntempoduells integriert werden. Dafür wird zu Beginn der Stunde ein Treffpunkt vereinbart, zu dem sich die SuS nach Bearbeitung der Aufgaben oder bei Schwierigkeiten aufsuchen. Diese Methode ermöglicht den SuS, vor der Besprechung im Plenum, die Ergebnisse mit einem/einer Partner*in abzugleichen und sich gegenseitig bei Schwierigkeiten zu helfen. Es bietet einerseits allen SuS die Möglichkeit, sich mit anderen SuS mit ähnlichen Lern- und Arbeitsgeschwindigkeiten zusammenzufinden und die Ergebnisse zu vergleichen, kann jedoch auch dafür genutzt werden, damit schwächere SuS von stärkeren SuS unterstützt werden. Diese Methode kann somit auch als Frage bzw. zur Hilfestellung dienen. Wer eine Frage hat, geht zu dem vereinbarten Treffpunkt, die SuS, die bereits fertig mit den Aufgaben sind, können dort ebenfalls hingehen, um den schwächeren SuS ihre Hilfe anzubieten und sie zu unterstützen. Schnellere oder leistungsstärkere SuS können sich somit entweder mit leistungsschwächeren oder langsameren SuS zusammentun und diese bei der Bearbeitung der Aufgaben unterstützen, oder – sofern in dem Moment kein Bedarf ist – sich mit den

Zusatzaufgaben beschäftigen, um ihr Wissen zu vertiefen. Auf diese Weise findet automatisch eine Differenzierung statt.

Stundenverlaufsplan

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Methodisch-didaktischer Kommentar	Sozialfor m	Medien
10 min	Einstieg	Lehrkraft liefert einen Impuls, indem sie Fragen in den Raum stellt und die SuS über sie diskutieren lässt. Dabei wird an das Vorwissen der SuS appelliert.	Die Lehrkraft notiert die Überlegungen der SuS stichpunktartig an der Tafel. Durch möglicherweise kontroverse Einstellungen und Wissensstände der SuS (Kontroversitätsprinzip) wird eine Problemstellung entwickelt.	UG	Tafel
5 min	Problematisierung	Die Fragestellung der Stunde wird herausgearbeitet.	Die Fragestellung sollte gut sichtbar angeschrieben werden. Für die Transparenz wird den SuS kurz der Stundenablauf dargestellt.	UG	Tafel

25 min	Erarbeitung 1	Die SuS vergleichen die verschiedenen Theorien, anschließend erarbeiten sie in Aufgabe 2 verschiedene Beweise/Belege für die Entstehungstheorien.	Die SuS machen sich zu allen Aufgaben Notizen und versuchen sie zunächst eigenständig zu bearbeiten.	EA, bei Bedarf auch PA (Lernprodukt)	AB, interaktives Tool
15-20 min	Zwischensicherung	Die Ergebnisse 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. Diese kann z.B. schon nach der Hälfte der Teilaufgaben durchgeführt werden.	UG	Beamer
15 min	Erarbeitung 3	Die SuS stufen die Plausibilität der verschiedenen Beweise ein und bewerten diese für die verschiedenen Theorien.	Die Ergebnisse werden in Form eines modellbasierten Verbindungsdiagramm anschaulich dargestellt.	GA	AB
15 min	Sicherung	Im Plenum werden die Ergebnisse präsentiert, verglichen und diskutiert.	Die Lehrkraft hat die Möglichkeit bei Fehlern einzuschreiten und diese zu korrigieren.	UG	Beamer

5 min	Ausblick	Unter Einbezug der Zusatzaufgaben wird darüber diskutiert, wie die Entstehungstheorien insbesondere mit fortschreitendem technischem Fortschritt wissenschaftlich validiert werden können.		UG	
----------	----------	--	--	----	--

Mögliche Lösungen zu den Arbeitsaufgaben der SuS

1. Die vier Entstehungstheorien

2.1. Vergleich erd zugewandte und erd abgewandte Mondseite

2.2. Vergleich Dichte und innerer Aufbau von Erde und Mond:

Insgesamt hat der Mond eine geringere mittlere Dichte als die Erde. Dies liegt an dem im Verhältnis zum Gesamtdurchmesser des Mondes sehr kleinen Eisenkern. Kruste und Mantel haben bei beiden Körpern eine sehr ähnliche Dichte. Dies stützt beides die Theorie einer Kollision zweier Planeten. Andernfalls müsste der Kern des Mondes größer sein (und/oder der Erdkern kleiner).

2.3. Vergleich der geologischen Zusammensetzung von Erde und Mond:

Es lässt sich eine ähnliche geologische Zusammensetzung von Mantel und Kruste feststellen. In beiden Fällen machen Sauerstoff und Silizium einen großen Anteil von Kruste und Mantel aus. Daher lässt sich die Annahme treffen, dass sich der Mond aus dem Material gebildet hat, das bei einem Einschlag aus den äußeren Schichten der Erde herausgeschleudert wurde.

Die Gegebenheiten an der Tranquility Base entsprechen selbstverständlich nicht den globalen Gegebenheiten auf dem Mond. Deshalb sind weitere in situ Messungen, global auf dem Mond verteilt, von höchster Relevanz, um die Daten aus der Fernerkundung besser validieren zu können.

(Die neue Altersbestimmung zeigt, dass der Mond zu einem Zeitpunkt entstanden ist, als es schon Planeten in unserem Sonnensystem gegeben hat, wie zum Beispiel den Mars. Es sei daher wahrscheinlich, dass der Mond durch die Kollision zwischen Planeten entstanden ist. Kollisionen zwischen Planeten waren ein häufiges Ereignis in der frühen Geschichte unseres Sonnensystems.)

2.4. Entwicklung des Abstandes zwischen Mond und Erde:

Ein gigantischer Einschlag könnte die Erde damals in eine sehr schnelle Drehung versetzt haben. Zu dieser Zeit hat sich die Erde wesentlich schneller gedreht als heutzutage und der Mond stand einst auch näher an der Erde. Beides verweist auf die Kollisionstheorie.

Zusatz 7. Stelle Hypothese auf, wohin die Überreste des Protoplaneten verschwunden sein könnten:

Vermutlich sind die Überreste von Theia im Inneren der Erde versteckt. Überprüfen können wir diese Hypothese jedoch aufgrund der technischen Voraussetzungen noch nicht. Lediglich der Vulkanismus verspricht Antworten, denn durch Vulkaneruptionen wird tief liegendes Material des Erdmantels an die Oberfläche transportiert, wo wir das Gestein dann untersuchen und analysieren können.

Zusatz 8. Welche Folgen hatte die Entstehung des Mondes für die Erde:

- ➔ Die Erde hat einen robusten Eisenkern, da sie bei der Kollision den Kern von Theia absorbiert hat. Dieser Kern ist verantwortlich für das Magnetfeld, das z.B. als Schutzschild vor kosmischer Strahlung aus dem All fungiert.
- ➔ Die Rotationsachse der Erde war zu Beginn dieselbe wie die Orbitalachse, aber nun ist sie geneigt. Dies kann ebenfalls durch den Zusammenprall laut Kollisionstheorie erklärt werden
- ➔ Gezeiten