



Unterrichtsmaterialien zum Thema

Vulkane unterm Radar

JAHRGANGSSTUFE 7-10

Material für SchülerInnen

Vorbereitende Hausaufgabe

Lade Dir die App „Columbus Eye“ mit dem QR-Code rechts herunter, oder gib im Play Store „Columbus Eye“ ein und lade sie darüber herunter. Lade Dir innerhalb der App den Part „Vulkane unterm Radar“ herunter. Die App benötigt Kamera- und Speicherzugriff, um zu funktionieren. Es werden keine persönlichen Daten gespeichert oder weitergegeben.

Sieh Dir auf www.fis.rub.de/node/16982 die Videos „Elektromagnetisches Spektrum – Einführung“, „Elektromagnetisches Spektrum – Vertiefung“ und "Durchblicker – Radarsatelliten im Einsatz für Mensch und Umwelt" an. Recherchiere alle Begriffe, die Du nicht verstehst, im Internet, z.B. auf der gleichen Webseite unter „Recherchetools“ in der „Info-Box“. Vieles wirst Du auch in Deinem Physik-Buch finden.



a) Erkläre die Begriffe kurz:

Wellenlänge:

Frequenz:

Phase:

b) Erkläre den Unterschied zwischen einem aktiven und einem passiven Aufnahmesystem.

c) Die Wellenlänge des Sensors in den Zwillings-Satelliten Sentinel-1A und -1B beträgt 5,6 cm. Finde das Radar-Band, zu dem diese Wellenlänge gehört.

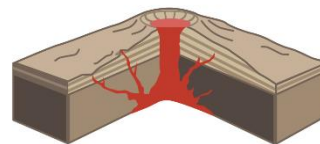
d) Bearbeite den Baustein 1: *Vulkane – ein kalkulierbares Risiko?*

Baustein 1: Vulkane – ein kalkulierbares Risiko? (Seite 1)

Wie entsteht ein Vulkan?

Ein Vulkan entsteht, wenn die Erdkruste reißt und durch die Spalten geschmolzenes Gestein aus dem Erdinneren hervordringen kann. Das geschmolzene Gestein wird Magma genannt und sammelt sich zunächst in der Magmakammer. Mit zunehmendem Magma aus dem Erdinneren steigt auch der Druck. Wird der Druck zu hoch, kann das Magma nur noch nach oben entweichen und der Vulkan bricht aus. Dabei steigt es durch den Schlot zum Krater auf und tritt als Lava an die Erdoberfläche.

Bei einem Ausbruch werden neben der Lava auch Asche, Gesteinsbrocken und Gase mit an die Erdoberfläche befördert. Je nach Ausbruchsart und Zähflüssigkeit der Lava werden Vulkane in verschiedene Typen unterschieden. Die bekanntesten Stellvertreter sind der Schichtvulkan und der Schildvulkan. Kühlt sich die Lava an der Erdoberfläche ab, entsteht eine neue Gesteinsschicht. Mit jedem Ausbruch wird die Schicht dicker und der Vulkan wächst.



1. Schau Dir die Abbildungen genau an und beschrifte sie. Der Text hilft Dir dabei. Stelle anschließend Vermutungen an, welche den Schildvulkan und welche den Schichtvulkan darstellt.
2. Stelle Recherchen zu den beiden Vulkantypen an. Nutze dazu den Atlas, Dein Geographiebuch, ein Lexikon oder das Internet. Fertige einen kurzen Steckbrief zu einem der Vulkane an.

Baustein 1: Vulkane – ein kalkulierbares Risiko? (Seite 2)

Vulkansteckbrief

Name:

Typ:

Höhe:

Durchmesser:

Aufbau:

Schichten:

Ausbruchsart:

Zähflüssigkeit der Lava:

Letzter Ausbruch:

Besonderheit:

Bild des Vulkans

Baustein 1: Vulkane – ein kalkulierbares Risiko? (Seite 3)

3. Vergleiche die Steckbriefe der Vulkane mit den Abbildungen. Was passt zusammen? Schneide aus und klebe auf!

Asche- und Schlackekegel

GELÄNDEFORM
kegelförmig

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN
 zähflüssige Lava
 explosiver Ausbruch

BEISPIELE: **Paricutin** Mexiko | häufigste Vulkanform der Erde | auch an Hängen anderer Vulkanformen z. B. an den Flanken des **Ätna**, Italien

Strato- oder Schichtvulkan

GELÄNDEFORM
kegelförmig
 steile Hänge

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN
 zähflüssige Lava
 explosiver Ausbruch

BEISPIELE: **Fujijama** Japan | **Ätna** Italien | **Mount St. Helens** USA

Schildvulkan

GELÄNDEFORM
schildförmig
 flache Hänge

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN
 dünnflüssige Lava
 Lavafontänen
 lange Eruptionen

BEISPIELE: **Mauna Loa** Hawaii, USA

Caldera

GELÄNDEFORM
trichterförmig

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN
 zähflüssige Lava
 explosiver Ausbruch
 Krater-Einsturz

BEISPIELE: **Yellowstone** USA | **Pinatubo** Philippinen | **Campi Flegrei** Italien

Maar | Tuffring

GELÄNDEFORM
wannen- oder trichterförmig

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN
 phreatomagmatische Explosion durch Kontakt mit Wasser

BEISPIELE: **Eifel** Deutschland

Spalte

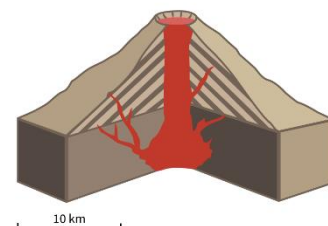
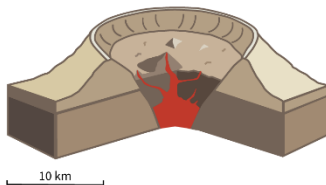
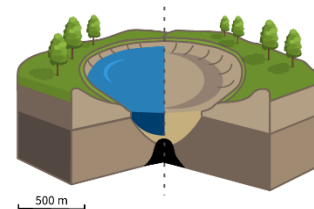
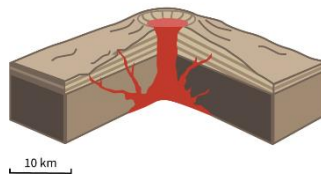
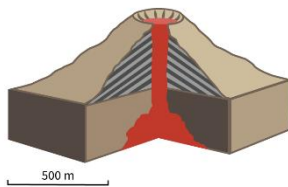
GELÄNDEFORM
Spalte
 flache Hänge

TYPISCHE ERUPTIONSFORMEN
 dünnflüssige Lava
 Lavafontänen

BEISPIELE: **Laki** Grimsvötn, Island | **Tarawera** Neuseeland | tritt auch an Hängen anderer Vulkanformen auf

Vereinfachte Darstellung, nicht maßstabsgerecht

fachliche Beratung: Karen Strehlow, Geomar | Grafik: eskp.de/CC BY 4.0



Baustein 2: Der Satellit und sein Radar-Signal (Seite 1)

Informationen zu Radar-Satelliten

Orbit/Position:

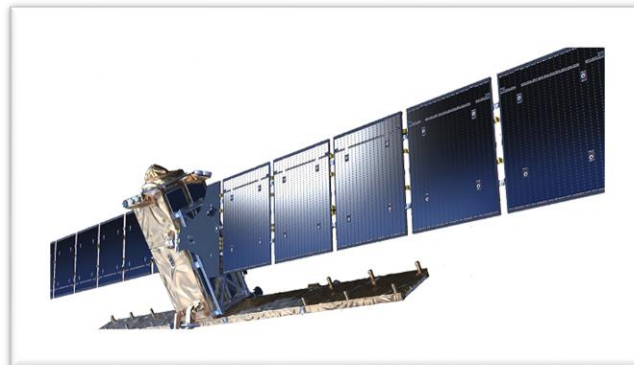
Satelliten umkreisen die Erde auf festen Bahnen – denkt man. Auf den Bahnen kommt es immer wieder zu kleinen Abweichungen nach rechts und links, oben und unten. Diese Abweichungen sind ganz natürlich und müssen durch kurze Antriebsschübe ausgeglichen werden. So bleibt der Satellit in einem kleinen (< 100m) Umkreis um seinen Zielorbit. Überprüft wird das mit GPS-Satelliten. Anders als beim GPS am Smartphone werden aber viel mehr GPS-Signale empfangen und diese noch mit Bodenstationen verglichen, damit die Position des Satelliten jederzeit millimetergenau bestimmt werden kann.

Ausrichtung:

Auch die Ausrichtung des Satelliten, d.h. in welchem Winkel er zur Erde fliegt, wird ganz genau überprüft und notfalls korrigiert. Dies geschieht mit einem Sternensensor, der sich anhand der hellsten Sterne im All orientiert, und Gyroskopen im Inneren des Satelliten.

Signal:

Der Satellit sendet aktiv Signale aus, die an der Oberfläche der Erde reflektiert und dann wieder vom Satelliten empfangen werden. Hieraus werden die Radar-Bilder gewonnen. Die ganz genaue Bestimmung von Position und Ausrichtung ist wichtig, um die Bilder später miteinander vergleichen zu können.



Marker 2: Sentinel-1A zum Ausschneiden und über die Erde fliegen lassen.

Baustein 2: Der Satellit und sein Radar-Signal (Seite 2)

Mathe-Aufgaben

Einfach: Der Satellit und sein Radar-Signal

Der Satellit Sentinel-1A umkreist die Erde in einer Höhe von etwa $h = 700$ km über der Erdoberfläche, die im Durchschnitt $r = 6.371$ km über dem Erdmittelpunkt liegt. Der Satellit sendet ein Radar-Signal aus, das sich mit der Lichtgeschwindigkeit $c = 300.000$ km/s fortbewegt. Das Signal wird gerade nach unten zu Erde gesendet und dort reflektiert.

Er braucht eine Umlaufzeit $t_0 = 97\text{m } 31\text{s}$, um die Erde einmal umrunden.

- Berechne die Laufzeit t_s des Signals, d.h. wie lange das Signal vom Satelliten zum Zielgebiet auf der Erdoberfläche und zurück braucht.
- Berechne die Bahnlänge l und Geschwindigkeit v von Sentinel-1A.
- Berechne, wie weit sich der Satellit in der Laufzeit des Signals auf seiner Bahn fortbewegt hat.

Hinweis: Wenn Du nicht weiterkommst, frage nach einer Tippkarte!

Schwierig: Der Satellit und sein Radar-Signal - Rechnen mit echten Daten!

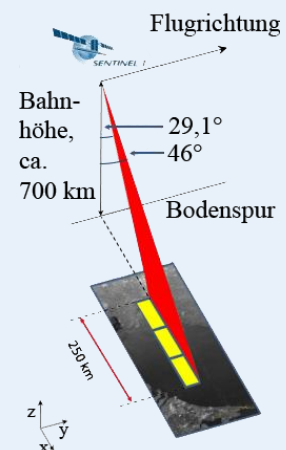
Die folgenden Angaben sind reale Daten und daher hochgenau.

Am 17.04.2015 um 07:11:44 Uhr Ortszeit flog der Satellit Sentinel-1A auf seiner Bahn östlich an Italien vorbei. Er befand sich dabei in einer Höhe von exakt $h = 701.040,507$ m über dem Meeresspiegel, der an dieser Stelle $r = 6.369.237,328$ m vom Erdmittelpunkt entfernt ist. Der Erdmittelpunkt ist auch der Mittelpunkt des Satellitenorbits (Umlaufbahn).

Der Satellit hat für den Orbit $t_0 = 97\text{m } 30,775$ s gebraucht.

Der Satellit sendet ein Radar-Signal aus, das sich mit der Lichtgeschwindigkeit $c = 299.792.458,0$ m/s fortbewegt. Das Signal wird seitlich vom Satelliten abgestrahlt und trifft in einem Winkel zwischen $\alpha_{\min} = 29,1^\circ$ und $\alpha_{\max} = 46,0^\circ$ auf die Erde auf.

- Berechne jeweils für die Einfallswinkel $\alpha_{\min} = 29,1^\circ$ und $\alpha_{\max} = 46,0^\circ$ die Laufzeit t_s des Signals, d.h. wie lange das Signal vom Satelliten zur Erdoberfläche und zurück braucht. Die Abbildung hilft Dir.
- Berechne die Bahnlänge l und Geschwindigkeit v von Sentinel-1A.
- Berechne mit den Ergebnissen aus a), wie weit sich der Satellit in der Laufzeit des Signals auf seiner Bahn fortbewegt hat.
- Wenn Du einen Atlas zur Hand hast, finde Neapel auf einer Karte des Mittelmeerraumes und von dort aus, wo sich der Satellit zum Aufnahmezeitpunkt aus befinden haben könnte. Der Einfallswinkel von Sentinel-1A nach Neapel betrug ca. 30° .



Baustein 2: Der Satellit und sein Radar-Signal (Seite 3)

Geographie-Aufgaben

1. Das Untersuchungsgebiet

Richte Dein Smartphone auf den Erdhorizont (Marker 1) und fliege auf der ISS zu den Campi Flegrei. Über den Knopf unten rechts kommst du zum 3D-Modell der Region. Mach dich damit vertraut. Rechts kannst Du zwischen der Höhenkarte und dem Satellitenbild im sichtbaren Licht wechseln.

- Identifiziere anhand der Höhenkarte den Vulkantyp der Campi Flegrei.
- Überlege anhand des Echtfarbenbildes, wie viele Menschen etwa im Bereich der Krater leben.
- Finde den Hafen von Pozzuoli
- Nahe dem Hafen befindet sich auf Höhe des Meeresspiegels das Macellum, ein Marktgebäude aus der Römerzeit. Die dort erhaltenen 12 m hohen Steinsäulen zeigen eine Besonderheit: Löcher von Muschelbehausungen liegen in einer Höhe von 3,50 bis 6,30 m. Diskutiere, wieso dies möglich ist.

2. Der Satellit und sein Radar-Signal

Mach ein Bild der Campi Flegrei von Sentinel-1 aus. Schneide den Satelliten hierzu aus dem Arbeitsblatt aus und fliege ihn zu Deinem Untersuchungsgebiet. Auf dem Display Deines Smartphones kannst Du ihn dann als Knopf verwenden, wenn auch das 3D-Modell sichtbar ist. Im Display kannst Du jetzt die beiden Radar-Aufnahmen machen, die Du brauchst. Bring Sentinel-1A in die richtige Position und richte ihn aus, um ein Signal senden und dann empfangen zu können. Im Infotext 1 erfährst du, wie das beim richtigen Satelliten funktioniert.

- Das Bild, das Du aufnimmst, zeigt die Phase. Beschreibe, was Du siehst.
- Mach das zweite Bild auf die gleiche Art und vergleiche die beiden.
- Finde auf dem Display heraus, wann die beiden Aufnahmen gemacht wurden und somit, wie viel Zeit dazwischen vergangen ist.
- Tippe auf den =-Button.

3. Die Untersuchung

Aus den beiden Phasen und den Daten der Satelliten zu Position und Winkeln wird ein Interferogramm berechnet. In der App siehst Du im Modell, wie das funktioniert.

- Fasse die Funktionsweise des Interferogramms kurz zusammen.
- Folge den Anweisungen in der App, bis Du wieder beim Modell der Campi Flegrei angekommen bist. Schiebe den Regler zum Interferogramm. Beschreibe, was Du siehst.
- Zähle die „Ringe“ im Interferogramm und berechne mit Hilfe der Wellenlänge, wie groß der Unterschied zwischen dem Zentrum der Ringe und dem Rand der Aufnahme ist.
- Du siehst nun eine Karte der gesamten Bodenbewegung in der Region, berechnet aus dem Interferogramm. Vergleiche das Zentrum der Hebung mit der Höhenkarte und dem Satellitenbild. Diskutiere die Auswirkungen unter Betrachtung der Punkte:
 - Der Kraterstruktur der Region
 - Der Säulen des Macellums
 - Der Lage des Hebungsentrums und des Hafens
 - Der Bevölkerung

Baustein 3: Geothermie – eine erneuerbare Energie (Seite 1 mit deut. Zitaten)

Wie kann die Energie, die Vulkane antreibt, genutzt werden?

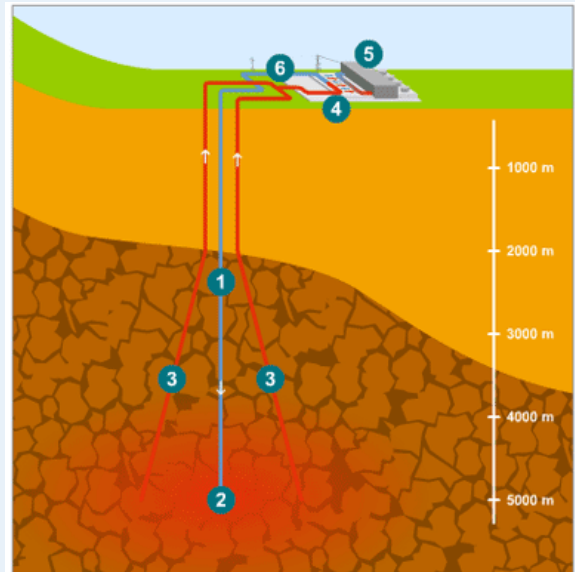
Die Erde ist ein Feuerball. In seinem Kern herrschen Temperaturen von über 5.000°C, in der Erdkruste hingegen betragen die Temperaturen nur einen Bruchteil und liegen unter 100°C. Diese Erdwärme machten sich bereits die Römer zu Nutze und bauten Thermalbäder. Auch ihre Nachfahren, die Italiener, waren die Ersten, die Strom aus Erdwärme produzierten. 1904 entwickelte der Fürst Ginori Conti den ersten Geothermie-Generator. 1911 wurde das erste Kraftwerk in Larderello (Toskana) in Betrieb genommen und bis 1952 blieb Italien der einzige Produzent für Strom aus Erdwärme. Insgesamt 34 Kraftwerke wurden bis heute in der Toskana errichtet, deren grundlegendes Prinzip die Geothermie ist.

Geothermie-Kraftwerke wandeln heißen Dampf aus der Erde in Strom um. Dieser heiße Dampf wird durch 5-10 km tiefe Bohrungen in den Boden gewonnen. Dabei ist es von Vorteil,

wenn die Erdkruste dünn ist und eine vulkanische Aktivität in der Umgebung herrscht. Aus diesem Grund wird seit 2013 der Bau eines Geothermie-Kraftwerks an Italiens Supervulkanen, den Campi Flegrei, diskutiert.

Wissenschaftler gehen davon aus, dass der weltweite Energiebedarf mit Erdwärme gedeckt werden könnte. Durch die unerschöpfliche Wärme aus dem Erdinneren stellt die Geothermie eine erneuerbare Energie dar, die unabhängig von Zeit und Wetter ist und eine kostengünstigere sowie klimafreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen bietet. Dementsprechend entwickelt sich weltweit ein Trend zur Geothermie.

Doch nicht alle begrüßen diesen Wandel. Einige Wissenschaftler warnen davor, Bohrungen in den Campi Flegrei vorzunehmen und haben schon mehrfach das dortige Projekt „Campi Flegrei Deep Drilling Project“ (CFDDP) kritisiert.



1940er - 1980er

AGIP und SAFEN führen Bohrungen durch

1982-1984

(Teil-)Evakuierung der Stadt Pozzuoli

2005

neue Projektidee von ICDP

2009

Genehmigung des Projekts CFDDP

2012

erstes Bohrloch
 Tiefe: 502m

“Wenn sie den Vulkan berühren, wird Neapel explodieren.” – Il Mattino, Neapels Tageszeitung

“Wenn sich die Wissenschaft bei einer bestimmten Tätigkeit nicht sicher ist, darf diese Tätigkeit nicht durchgeführt werden” – Benedetto De Vivo

“Unser Projekt wurde von einem Komitee der wichtigsten und erfahrensten Wissenschaftler bewertet [...] Wir sind sicher, dass kein Risiko für die Bevölkerung besteht” – Stefano Carlino

“Wenn wir nicht in der Lage sind, Vorkehrungen zu treffen, müssen wir vom Vorsorgeprinzip ausgehen” – Guiseppa Mastrolorenzo

“Wenn jemand sagt: 'Sie müssen zu 100 Prozent garantieren, dass nichts schief geht', nun, das können wir nicht tun [...] Aber nicht, weil wir uns Sorgen machen, dass etwas schief geht. Es ist nur so, dass die Natur so ist, wie sie ist.” – Christopher R. J. Kilburn

“Ich finde es schön, inmitten von Vulkanen zu leben.” – Stefano Carlino

Baustein 3: Geothermie – eine erneuerbare Energie (Seite 1 mit engl. Zitaten)

Wie kann die Energie, die Vulkane antreibt, genutzt werden?

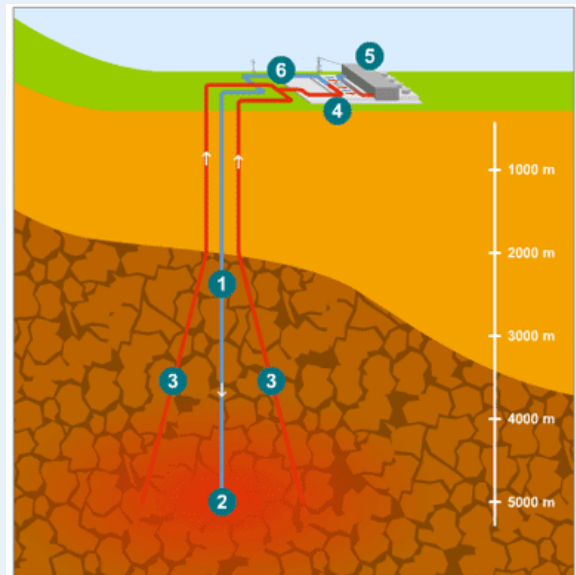
Die Erde ist ein Feuerball. In seinem Kern herrschen Temperaturen von über 5.000°C, in der Erdkruste hingegen betragen die Temperaturen nur einen Bruchteil und liegen unter 100°C. Diese Erdwärme machten sich bereits die Römer zu Nutze und bauten Thermalbäder. Auch ihre Nachfahren, die Italiener, waren die Ersten, die Strom aus Erdwärme produzierten. 1904 entwickelte der Fürst Ginori Conti den ersten Geothermie-Generator. 1911 wurde das erste Kraftwerk in Larderello (Toskana) in Betrieb genommen und bis 1952 blieb Italien der einzige Produzent für Strom aus Erdwärme. Insgesamt 34 Kraftwerke wurden bis heute in der Toskana errichtet, deren grundlegendes Prinzip die Geothermie ist.

Geothermie-Kraftwerke wandeln heißen Dampf aus der Erde in Strom um. Dieser heiße Dampf wird durch 5-10 km tiefe Bohrungen in den Boden gewonnen. Dabei ist es von Vorteil,

wenn die Erdkruste dünn ist und eine vulkanische Aktivität in der Umgebung herrscht. Aus diesem Grund wird seit 2013 der Bau eines Geothermie-Kraftwerks an Italiens Supervulkanen, den Campi Flegrei, diskutiert.

Wissenschaftler gehen davon aus, dass der weltweite Energiebedarf mit Erdwärme gedeckt werden könnte. Durch die unerschöpfliche Wärme aus dem Erdinneren stellt die Geothermie eine erneuerbare Energie dar, die unabhängig von Zeit und Wetter ist und eine kostengünstigere sowie klimafreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen bietet. Dementsprechend entwickelt sich weltweit ein Trend zur Geothermie.

Doch nicht alle begrüßen diesen Wandel. Einige Wissenschaftler warnen davor, Bohrungen in den Campi Flegrei vorzunehmen und haben schon mehrfach das dortige Projekt „Campi Flegrei Deep Drilling Project“ (CFDDP) kritisiert.



1940er - 1980er

AGIP und SAFEN führen Bohrungen durch

1982-1984

(Teil-)Evakuierung der Stadt Pozzuoli

2005

neue Projektidee von ICDP

2009

Genehmigung des Projekts CFDDP

2012

erstes Bohrloch
 Tiefe: 502m

"If you touch the volcano Naples will explode." – Il Mattino, Naples daily newspaper

"If science is not certain of a certain activity, that activity must not be done" – Benedetto De Vivo

"Our project was evaluated by a committee of the most important and experienced scientists [...] We are sure that there is no risk for the population." – Stefano Carlino

"If we are not able to make provisions, we must assume the precautionary principle." – Guisepe Mastrolorenzo

"If someone says, 'you have to guarantee, 100%, that nothing will go wrong,' well, you can't do that [...] But that's not because you're worried something will go wrong. It's just that nature is such that it is." – Christopher R. J. Kilburn

"I think it's beautiful to live beneath volcanoes" – Stefano Carlino

Baustein 3: Geothermie – eine erneuerbare Energie (Seite 2)

Geothermie-Aufgaben

1. Wie funktioniert ein Geothermie-Kraftwerk? Schau Dir die Abbildung im Geothermie-Infotext genau an und beschreibe die Funktionsweise stichpunktartig. Erkläre sie dann Deiner Sitznachbarin/Deinem Sitznachbarn.
2. Lies Dir die Zitate genau durch. Warum sind einige Wissenschaftler gegen das Projekt? Welche Aussagen verteidigen die Bohrungen? Was sagen Anwohner, die auf dem Pulverfass sitzen?
3. Wie können die Satellitendaten dabei helfen, die Bohrungen sicherer zu machen?
4. Bereitet gemeinsam in der Klasse eine Diskussionsrunde vor. Die TeilnehmerInnen können z.B. WissenschaftlerInnen und AnwohnerInnen spielen. Überlegt euch, welche Position die einzelnen Personen einnehmen und welche Argumente für sie wichtig sein könnten. Wer profitiert von den Bohrungen? Wer hat Angst auf dem Pulverfass zu sitzen? Berücksichtige dabei auch Deine Diskussionsergebnisse aus Geographie-Aufgabe 3d.