

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

von Dr. Andrea Rendel

Impressum

Autor

Dr. Andrea Rendel, Dossenheim

Mit Beiträgen von

Dr. Egbert Brodengeier, Lichtenberg

Redaktion und Produktion

Christoph Rausch, Michael Hebestreit

Grafiken

Wolfgang Schaar, Stuttgart

Satz

satz.zeichen, Diana Jäckel, Erfurt

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Unterrichtsgebrauch gestattet.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008.

Alle Rechte vorbehalten.

www.klett.de

Hinweise für den Lehrer zur Durchführung eines Mysterys

Einstieg

- Lehrer erzählt Ausgangsgeschichte mit Leitfrage
- Schülerspekulationen: Wie könnten die beiden Fälle zusammenhängen?
- Lehrer stellt Arbeitsauftrag und benennt das Ziel

Durchführung (35–45 Minuten)

- Bearbeitung des Mysterys in Gruppen: Story-Karten (kleine Karten) lesen, auswerten, in eine logische Struktur (Ziel ggf. Wirkungsgefüge) bringen, die zur Lösung der Leitfrage führt.
- Zur Erklärung der Story-Karten, Zuordnung des Kontextmaterials zu den Story-Karten. Dafür zunächst Kontextmaterial genau durchlesen, dann den Story-Karten/Sachverhalten zuordnen. Schüler klären innerhalb der Gruppe die fachlichen Sachverhalte
- Präsentation der einzelnen Fakten sowie der Lösungsstrategie vor der Klasse (wichtig: jeder der Gruppe hat seinen Beitrag zu leisten!)
- Reflexion der eingesetzten Problemlösungsstrategie
- Formulierung von Fragestellungen, die Schüler in Zusammenhang mit dem Mystery interessieren bzw. die sie noch nicht verstanden haben (Motor der Plattenbewegungen, Vorgänge an Subduktionszonen...)

Weiterführung im Unterricht

- Einbeziehung der Schülerfragen und Schülerinteressen in den nachfolgenden Unterricht
- Zusammenhang zu folgenden Unterrichtsstunden zum Thema Plattentektonik herstellen

Zielsetzung

- Schlussfolgerndes und vernetztes Denken trainieren
- Umsetzung der Standards (Bildungsplan)
- Förderung sozialer und personaler Kompetenzen (Bsp.: in Gruppen zusammen an einer Problemlösung arbeiten, Präsentation...)
- Transfer der abstrakten Ebene (Zahlen,...) in konkrete Sachverhalte

Anforderungen an ein Mystery

- Konkret benannte Personen (Marlene, Tim, Dr. Juno)
- Erkennbarer Erzählstrang; Spannungsbogen
- 10–20 Story-Karten; Kontextmaterial zur fachlichen Erklärung der Story (zudem ggf. Atlas etc.)
- einige irrelevante Informationen

Ausgangsgeschichte

Die Regierung Neuseelands investierte viel Geld in neue Geothermalkraftwerke, um unabhängiger von Erdölimporten zu werden. Facharbeiter unter der Leitung von Dipl.-Ing. Dr. Juno bohrten tiefe Löcher in den heißen Untergrund von Wairakei/Neuseeland und holten heißes Wasser und heißen Wasserdampf an die Erdoberfläche. Mit dem Wasserdampf trieben sie in Kraftwerken Dampfturbinen an und erzeugten elektrischen Strom. Aber die Freude über die kostenlose Energiequelle wurde nach einiger Zeit getrübt, da wichtige Teile des Rohrleitungssystems zu verstopfen begannen. Nach dem Ausbau von verkrusteten Anlagenteilen war die Überraschung von Dr. Juno groß. In den Innenseiten der Förderrohre hatten sich Gold- und Silberlegierungen gebildet.

Marlene und Tim sind begeistert. Dieses Jahr wird ihr Urlaub etwas ganz Besonderes. Nicht nur, dass sie um die halbe Welt in den Südpazifik fliegen. Vielmehr brennen sie darauf, endlich die bekannten Steinskulpturen zu besichtigen. Marlene und Tim wollen die Ferien auf der Osterinsel verbringen. Doch plötzlich ist ihr Urlaub durch Flutwellen in Gefahr.

Leitfrage

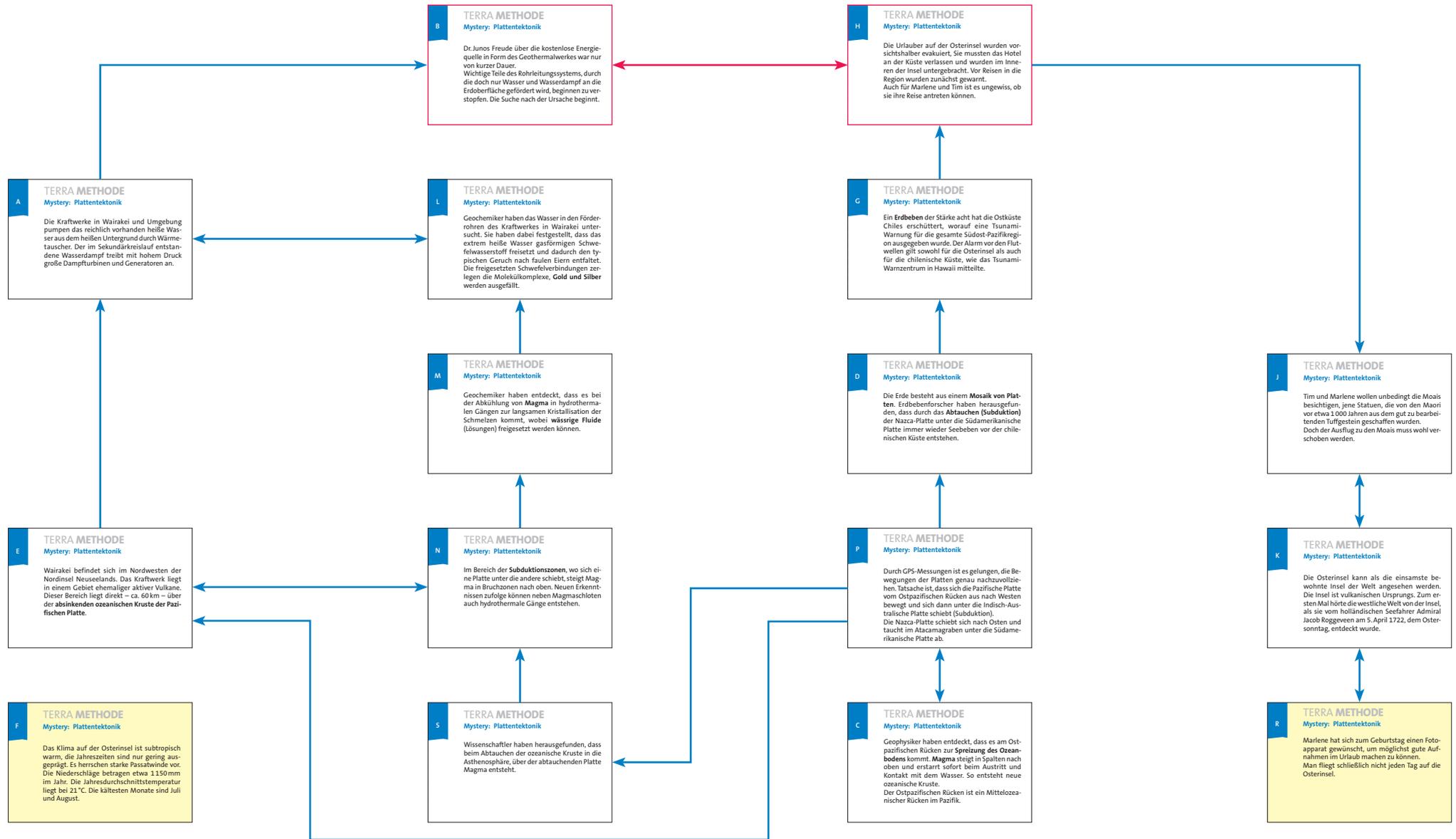
Wenn starke Flutwellen vor der Osterinsel den Urlaub von Marlene und Tim gefährden, haben Geologen in Neuseeland mit verstopften Rohrleitungen in einem Geothermalkraftwerk zu kämpfen.

Warum ist das so?

Gruppenaufgabe

1. Stellt Vermutungen zur Beantwortung der Leitfrage des Mysterys an.
2. Lest alle Story-Karten in der Gruppe vor.
Ordnet diese anschließend nach begründeten Zusammenhängen (z. B. sinnvolle Beziehungen, Ursache-Wirkungszusammenhänge usw.), um die Leitfrage zu lösen.
Verwendet dabei die dazugehörigen Kontextkarten (Zusatzinformationen) und den Atlas
3. Entwerft eine begründete Lösung des Mysterys in Form eines Wirkungsgefüges und stellt diese im Plenum vor. Ziel ist es sowohl die Leitfrage zu beantworten als auch die dem Mystery zugrunde liegenden plattentektonischen Inhalte (siehe Kontext-Karten) zu erklären.

Lösungsvorschlag



Wenn starke Flutwellen vor der Osterinsel den Urlaub von Marlene und Tim gefährden, haben Geologen in Neuseeland mit verstopften Rohrleitungen in einem Geothermalkraftwerk zu kämpfen. Warum ist das so?

Zusammenhang: Plattentektonik am Ostpazifischen Rücken → Subduktion → Erdbeben, Tsunami, Warnung für Osterinsel, Urlaub ist in Frage gestellt
→ Magmabildung, hydrothermaler Gang, Freisetzung wässriger Lösungen; Metallausfällung; Rohrverstopfung

Plattengrenzen und Plattenbewegungen:

Konstruktive (divergierende) Plattengrenzen

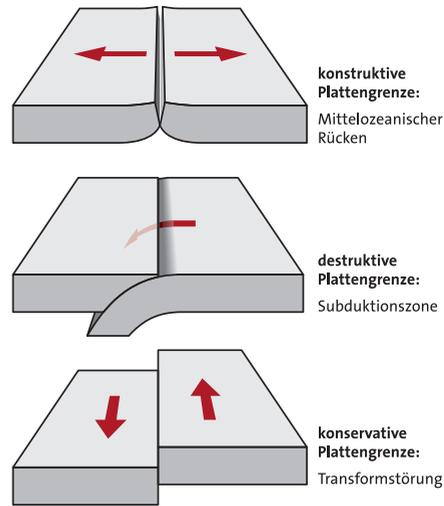
Das Auseinanderdriften zweier Platten nennt man Divergenz.

Destruktive (konvergierende) Plattengrenzen

Die Überschiebung zweier Platten wird Konvergenz genannt. Dabei wird die dichtere unter die weniger dichte Platte geschoben (**Subduktion**).

Konservative Plattengrenzen

Störungszone, an der zwei Plattensegmente aneinander vorbei gleiten.

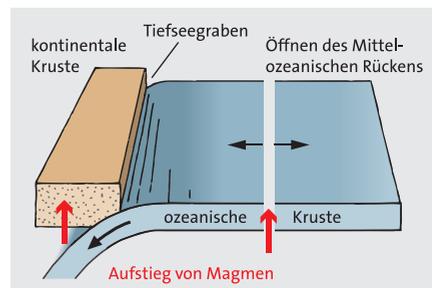


© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Subduktionszonen

An destruktiven Plattengrenzen (Subduktionszonen) wird eine Platte unter die andere hinabgebogen. Die spezifisch schwerere absinkende Platte (ozeanische Kruste) sinkt durch ihr Eigengewicht in die Asthenosphäre und zieht die gesamte Platte mit sich. Dadurch öffnen sich die Mittelozeanischen Rücken. Die abtauchende ozeanische Kruste gerät in der Tiefe unter hohen Druck, wobei die Gesteine stark verändert werden. Die subduzierte Kruste wird dann in den oberen Erdmantel eingegliedert. Durch das Abtauchen der ozeanischen Kruste

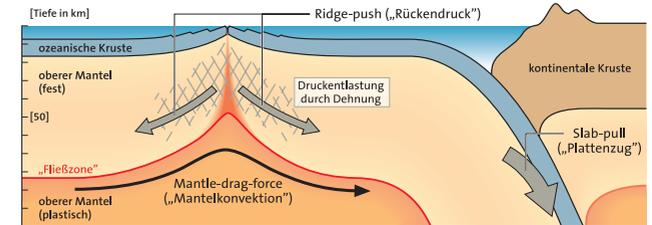
entsteht ein **Tiefseeegraben**: So schiebt sich beispielsweise die Nasca-Platte mit einer Geschwindigkeit von rund 8 cm/Jahr unter die Südamerikanische Platte, eine Folge dessen sind der Atacmagraben und der Perugraben.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Antriebskräfte für die Plattenbewegungen

Wissenschaftler gehen von unterschiedlichen **Antriebskräften** für die Bewegung von Platten aus:



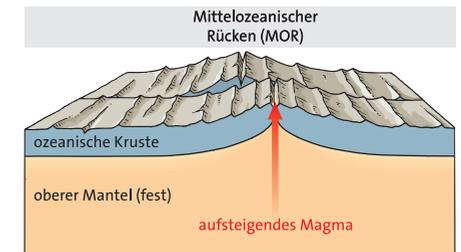
- **Rückendruck**: die Platten „rutschen“ infolge ihres Gewichts von den – durch das aufströmende Magma entstandenen – Aufwölbungen weg (Höhenunterschied bis zu 1 000 m).
- **Plattenzug**: die spezifisch schwerere ozeanische Kruste sinkt durch ihr Eigengewicht in die Asthenosphäre und zieht die Platte mit sich.
- **Strömungen**: in der Asthenosphäre entstehen – bedingt durch Dichte- und Temperaturunterschiede – sogenannte Konvektionsströme. Sie schleppen die Platten mit sich oder bremsen als Reibungskräfte die Plattenbewegungen.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Mittelozeanische Rücken

An den konstruktiven (divergierenden) Plattengrenzen (MOR) entsteht neue ozeanische Kruste. Sie bilden ein über 60 000 km langes System **untermeerischer** sehr hoch aufragender Gebirgszüge.

Die Rücken, die zwischen 1000 bis 4000 Kililometer breit sind, befinden sich an jenen Stellen, wo die ozeanische Erdkruste aufbricht, sich voneinander wegbewegt und neue ozeanische Kruste bzw. Lithosphäre



renmaterial neu gebildet wird. Dieser plattentektonischer Vorgang nennt sich **Ozeanbodenspreizung** (engl.: seafloor spreading).

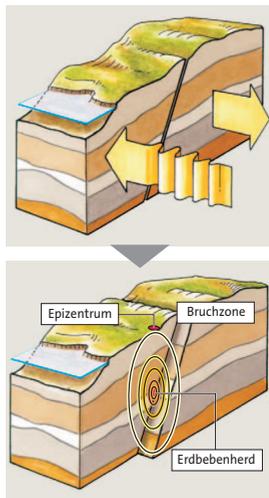
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Die Entstehung von Erdbeben

Durch die Relativbewegung der Platten werden an den Plattengrenzen Erdbeben ausgelöst. Der Gleitvorgang zwischen den Platten verläuft nicht spannungsfrei und kontinuierlich: In den bis zu einem gewissen Grad elastisch verformbaren Gesteinskörpern bauen sich Spannungen auf, die sich, wenn ein Grenzwert erreicht ist, in einem Bruch ruckartig entladen.

Die Verteilung der Erdbebenzentren ist bei den verschiedenen Arten von Plattengrenzen aber unterschiedlich. Tief liegende Erdbebenherde treten nur entlang der Subduktionszonen auf, flach liegende hingegen an allen Plattengrenzen.

Darüber hinaus finden sich verstreute Zentren innerhalb der Platten. Sie zeigen, dass die Platten auch in ihrem Inneren nicht frei von Deformationen sind und von großen Störungszonen durchzogen werden.

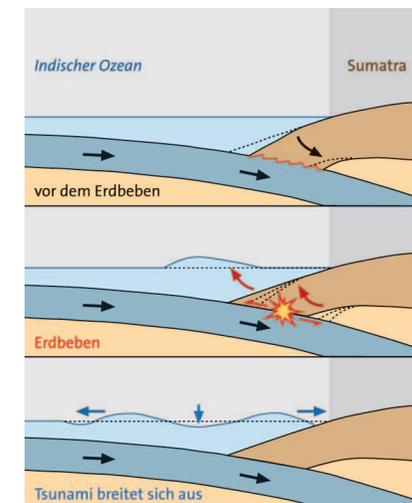


© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Entstehung von Tsunamis

Im Pazifik entstehen die meisten Tsunamis (Wellenlängen: 10–100 km).

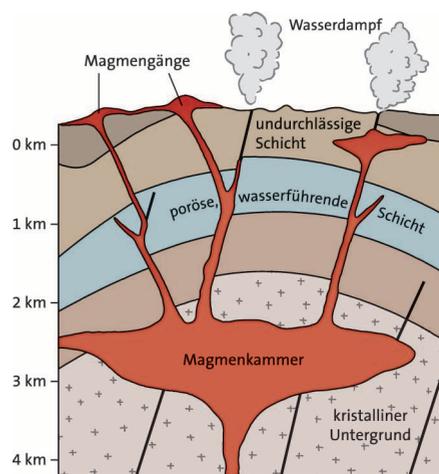
Der japanische Ausdruck „tsunami“ bedeutete ursprünglich „lange Welle im Hafen“. Inzwischen steht er allgemein für solitonische Wellen, also für Wellen, die nicht auseinanderlaufen. Sie werden nach ihrem viele Tausend Kilometer langen Weg mit 600–900 km/h über den Ozean an der Küste bis zu 30 m hoch und können vor allem in Häfen und Hafenstädten katastrophale Schäden anrichten. Um dies zu verhindern, gibt es auf der Osterinsel seit 1994 ein automatisches Leuchtfeuer und ein Tsunami-Frühwarnsystem.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Dampfplagerstätte

Die hochkomprimierten Gase dringen zusammen mit heißen Lösungen in die feinsten Fugen der auflagernden Gesteine ein und bilden durch chemische Umsetzungen Erzstöcke oder Erznesten. Sinken die Temperaturen auf weniger als 400 °C, steigen wäßrige Lösungen auf und wandern ebenfalls unter Druck in Spalten der Umgebung ein. Durch Abkühlung oder Verdunstung des Lösungsmittels fallen die mitgeführten Mineralien aus. So entstehen am Ende des Entmischungsprozesses die hydrothermalen Lagerstätten.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

Moais (Einzahl: Moai, eigentlich Moai Maea = polyn.: „steinerne Figur“) werden die kolossalen Steinstatuen der Osterinsel genannt. Man geht heute davon aus, dass sie berühmte Häuptlinge oder allseits verehrte Ahnen darstellen, die als Bindeglied zwischen diesseitiger und jenseitiger Welt fungierten. Die größte, je errichtete moai-Statue weist eine Höhe von 9,8 m und ein Gewicht von 82 t auf. Sie sind ausschließlich männlich, ihr Blick ist gleichförmig. Ihr übergroßer Kopf umfasst ein Drittel der gesamten Figur, ihr Alter beträgt maximal 1 500 Jahre.



Corbis, Düsseldorf (Bob Krist)

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

A

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Die Kraftwerke in Wairakei und Umgebung pumpen das reichlich vorhandene heiße Wasser aus dem heißen Untergrund durch Wärmetauscher. Der im Sekundärkreislauf entstandene Wasserdampf treibt mit hohem Druck große Dampfturbinen und Generatoren an.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

E

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Wairakei befindet sich im Nordwesten der Nordinsel Neuseelands. Das Kraftwerk liegt in einem Gebiet ehemaliger aktiver Vulkane. Dieser Bereich liegt direkt – ca. 60 km – über der **absinkenden ozeanischen Kruste der Pazifischen Platte**.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

B

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Dr. Junos Freude über die kostenlose Energiequelle in Form des Geothermalwerkes war nur von kurzer Dauer.

Wichtige Teile des Rohrleitungssystems, durch die doch nur Wasser und Wasserdampf an die Erdoberfläche gefördert wird, beginnen zu verstopfen. Die Suche nach der Ursache beginnt.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

F

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Das Klima auf der Osterinsel ist subtropisch warm, die Jahreszeiten sind nur gering ausgeprägt. Es herrschen starke Passatwinde vor. Die Niederschläge betragen etwa 1150 mm im Jahr. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 21 °C. Die kältesten Monate sind Juli und August.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

C

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Geophysiker haben entdeckt, dass es am Ostpazifischen Rücken zur **Spreizung des Ozeanbodens** kommt. **Magma** steigt in Spalten nach oben und erstarrt sofort beim Austritt und Kontakt mit dem Wasser. So entsteht neue ozeanische Kruste.

Der Ostpazifische Rücken ist ein Mittelozeanischer Rücken im Pazifik.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

G

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Ein **Erdbeben** der Stärke acht hat die Ostküste Chiles erschüttert, worauf eine Tsunami-Warnung für die gesamte Südost-Pazifikregion ausgegeben wurde. Der Alarm vor den Flutwellen gilt sowohl für die Osterinsel als auch für die chilenische Küste, wie das Tsunami-Warnzentrum in Hawaii mitteilte.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

D

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Die Erde besteht aus einem **Mosaik von Platten**. Erdbebenforscher haben herausgefunden, dass durch das **Abtauchen (Subduktion)** der Nazca-Platte unter die Südamerikanische Platte immer wieder Seebeben vor der chilenischen Küste entstehen.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

H

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Die Urlauber auf der Osterinsel wurden vorsichtshalber evakuiert. Sie mussten das Hotel an der Küste verlassen und wurden im Inneren der Insel untergebracht. Vor Reisen in die Region wurde zunächst gewarnt. Auch für Marlene und Tim ist es ungewiss, ob sie ihre Reise antreten können.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

J

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Tim und Marlene wollen unbedingt die Moais besichtigen, jene Statuen, die von den Maori vor etwa 1 000 Jahren aus dem gut zu bearbeitenden Tuffgestein geschaffen wurden. Doch der Ausflug zu den Moais muss wohl verschoben werden.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

N

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Im Bereich der **Subduktionszonen**, wo sich eine Platte unter die andere schiebt, steigt Magma in Bruchzonen nach oben. Neuen Erkenntnissen zufolge können neben Magmaschloten auch hydrothermale Gänge entstehen.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

K

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Die Osterinsel kann als die einsamste bewohnte Insel der Welt angesehen werden. Die Insel ist vulkanischen Ursprungs. Zum ersten Mal hörte die westliche Welt von der Insel, als sie vom holländischen Seefahrer Admiral Jacob Roggeveen am 5. April 1722, dem Ostersonntag, entdeckt wurde.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

P

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Durch GPS-Messungen ist es gelungen, die Bewegungen der Platten genau nachzuvollziehen. Tatsache ist, dass sich die Pazifische Platte vom Ostpazifischen Rücken aus nach Westen bewegt und sich dann unter die Indisch-Australische Platte schiebt (Subduktion). Die Nazca-Platte schiebt sich nach Osten und taucht im Atacamagraben unter die Südamerikanische Platte ab.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

L

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Geochemiker haben das Wasser in den Förderrohren des Kraftwerkes in Wairakei untersucht. Sie haben dabei festgestellt, dass das extrem heiße Wasser gasförmigen Schwefelwasserstoff freisetzt und dadurch den typischen Geruch nach faulen Eiern entfaltet. Die freigesetzten Schwefelverbindungen zerlegen die Molekülkomplexe, **Gold und Silber** werden ausgefällt.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

R

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Marlene hat sich zum Geburtstag einen Fotoapparat gewünscht, um möglichst gute Aufnahmen im Urlaub machen zu können. Man fliegt schließlich nicht jeden Tag auf die Osterinsel.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

M

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Geochemiker haben entdeckt, dass es bei der Abkühlung von **Magma** in hydrothermalen Gängen zur langsamen Kristallisation der Schmelzen kommt, wobei **wässrige Fluide** (Lösungen) freigesetzt werden können.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.

S

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Wissenschaftler haben herausgefunden, dass beim Abtauchen der ozeanische Kruste in die Asthenosphäre, über der abtauchenden Platte Magma entsteht.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2008. Alle Rechte vorbehalten.