

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: 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 §60a 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. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten. www.klett.de

Das vorliegende Material dient ausschließlich gemäß §60b UrhG dem Einsatz im Unterricht an Schulen.

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

von Dr. Andrea Rendel

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.

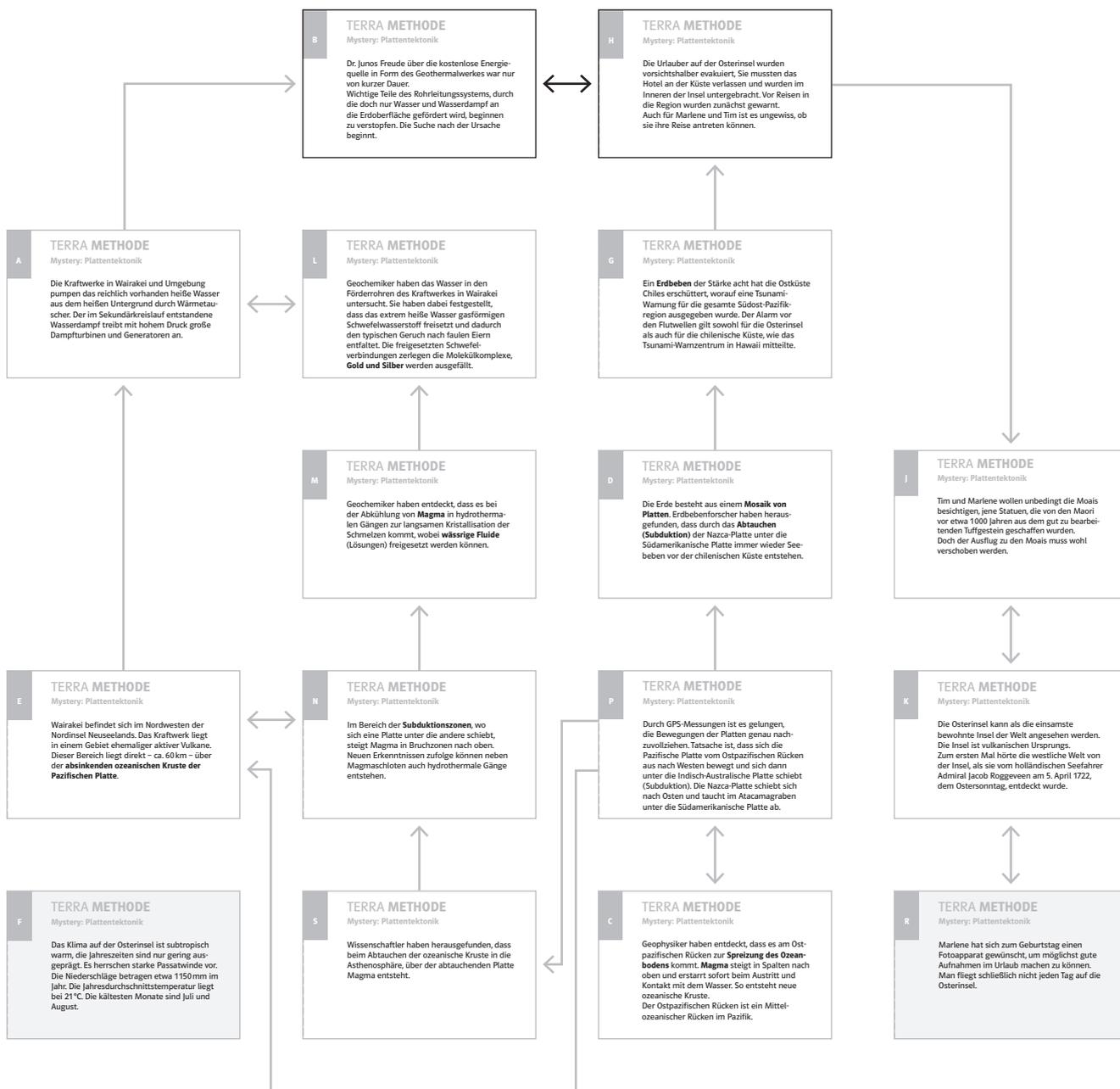
Leitfrage

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. Entwirft 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

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

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Wairakei Geothermal Field in New Zealand

Before the 1950's the Wairakei Geothermal Field had about 20 geysers, springs, mud pools and fumaroles which produced about 30 000 tonnes of hot water each day, which flowed into the Waikato River.

Since then considerable development has occurred. In the 1950's the NZ Government started development in the Wairakei area by drilling 20 wells to investigate the production of steam for electricity generation. The Wairakei power station was the first geothermal plant in the world to use very hot water as the source of steam used to drive the turbines.



Adobe Stock (petert2), Dublin

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

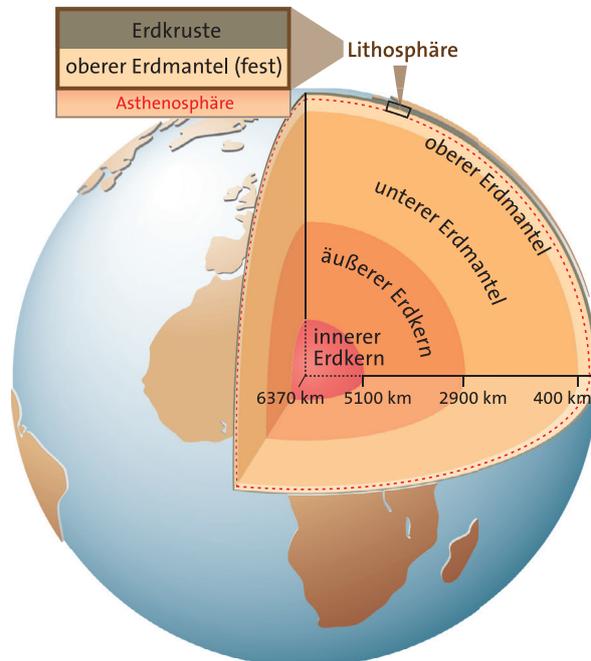
Schalenbau der Erde

Der Erdkörper ist schalenförmig aufgebaut und gliedert sich in

- **Erdkruste**,
- **Erdmantel** und
- **Erdkern**.

Die Erdkruste bildet zusammen mit dem obersten, festen Teil des Erdmantels die Gesteinshülle der Erde, die **Lithosphäre**.

Im oberen Erdmantel gibt es eine Zone, die **Asthenosphäre** (Fließzone), in der sich Gesteine in der Nähe des Schmelzpunktes befinden. Die Asthenosphäre stellt für die Lithosphärenplatten also eine Art Gleitschicht dar.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

TERRA METHODE

Mystery: Plattentektonik

Aufbau der Lithosphäre

Die **Erdkruste** ist die äußere, feste Schicht der Erde. Sie bildet zusammen mit dem lithosphärischen Mantel die **Lithosphäre**.

Es gibt zwei Typen von Krustenmaterial, die sich in ihrer Entstehung, ihrer Zusammensetzung, ihrer Dichte und ihrer Dicke unterscheiden:

1. die **ozeanische Erdkruste** – sie besteht überwiegend aus Basalt, hat eine relativ hohe Dichte (2,9 – 3,1 g/cm³) und ist 6 – 10 km dick.
2. die **kontinentale Erdkruste** – ist leichter (Gesteinsdichte um 2,7 g/cm³), besteht hauptsächlich aus Granit und hat eine Mächtigkeit von 30 – 70 km.

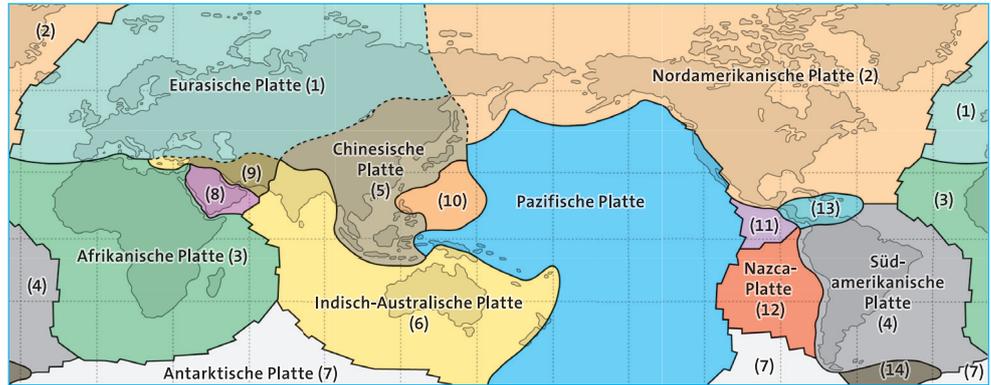
Fast alle heute existierenden Platten enthalten Bereiche mit kontinentaler und Bereiche mit ozeanischer Kruste.

Erdkruste und oberer Erdmantel			
Tiefe in km	ozeanische Kruste (überwiegend basaltisch)	kontinentale Kruste (überwiegend granitisch)	
0			
-50			Lithosphäre (Gesteinshülle)
-100			Asthenosphäre (Fließzone)
	Dichte (g/cm ³)	Temperatur (°C)	Druck (kbar)

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Ein Mosaik aus Platten

Die Lithosphäre der Erde setzt sich aus einem Mosaik von Platten zusammen, die sich auf einer Zone im oberen Erdmantel, der **Asthenosphäre**, bewegen.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Plattengrenzen und Plattenbewegungen

Konstruktive (divergierende) Plattengrenzen:

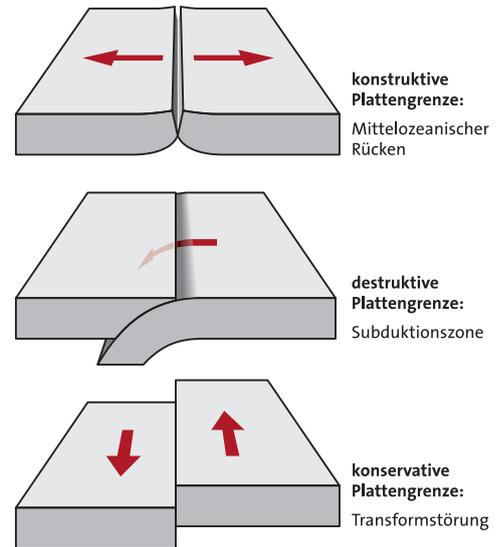
Das Auseinanderdriften zweier Platten nennt man Divergenz.

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.

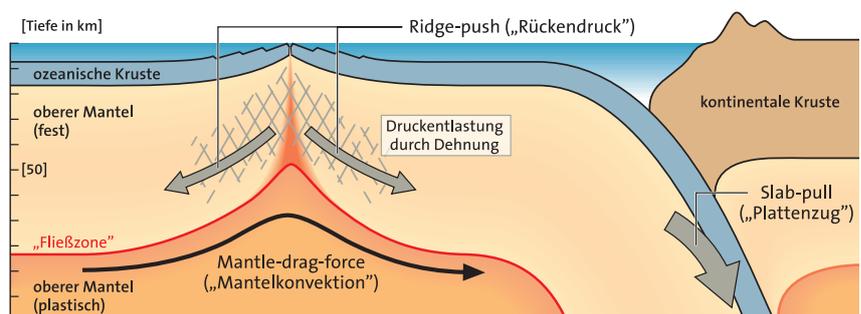


© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Antriebskräfte für die Plattenbewegungen

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

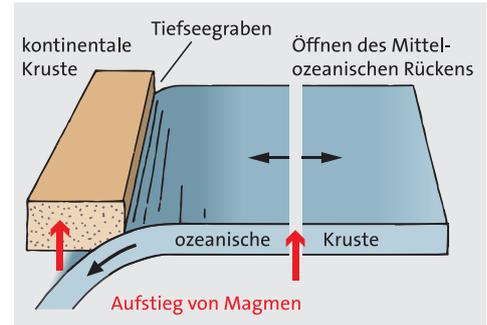
- **Rückendruck:** die Platten „rutschen“ infolge ihres Gewichts von den – durch das aufströmende Magma entstandenen – Aufwölbungen weg (Höhenunterschied bis zu 1000 m).
- **Plattenzug:** die spezifisch schwerere ozeanische Kruste sinkt durch ihr Eigengewicht in die Asthenosphäre und zieht die Platte 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 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Subduktionszonen

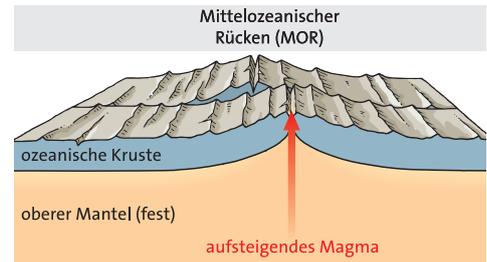
An destruktiven Plattengrenzen (Subduktionszonen) wird eine Platte unter die andere hinabgebogen. Die spezifisch schwerere absinkende Platte (ozeanische Kruste) sinkt durch ihr Eigengewicht in den Subduktionszonen in die Asthenosphäre und zieht die gesamte Platte mit sich. Dadurch öffnen sich die Mittelozeanischen 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 **Tiefseegraben**: So schiebt sich beispielsweise die Nasca-Platte mit einer Geschwindigkeit von rund 8 cm/Jahr unter die Südamerikanische Platte, eine Folge dessen sind der Atacamagraben und der Perugraben.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. 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 – 4000 km breit sind, befinden sich an jenen Stellen, wo die ozeanische Erdkruste aufbricht, sich voneinander wegbewegt und neue ozeanische Kruste bzw. Lithosphärenmaterial neu gebildet wird. Dieser plattentektonischer Vorgang nennt sich **Ozeanbodenspreizung** (engl.: seafloor spreading).



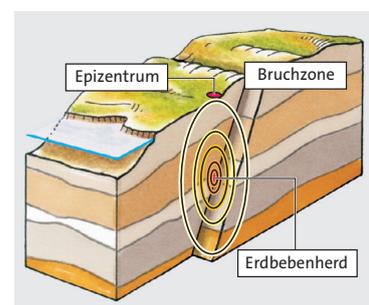
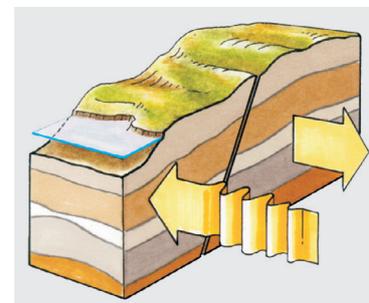
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

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.

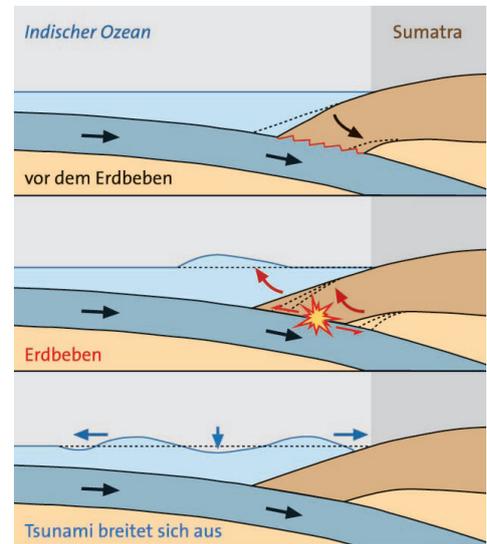
Darüber hinaus finden sich verstreute Zentren innerhalb der Platten. Sie zeigen, dass die Platten auch in ihrem Inneren nicht frei von Deformationen sind und von großen Störungszonen durchzogen werden.



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Entstehung von Tsunamis

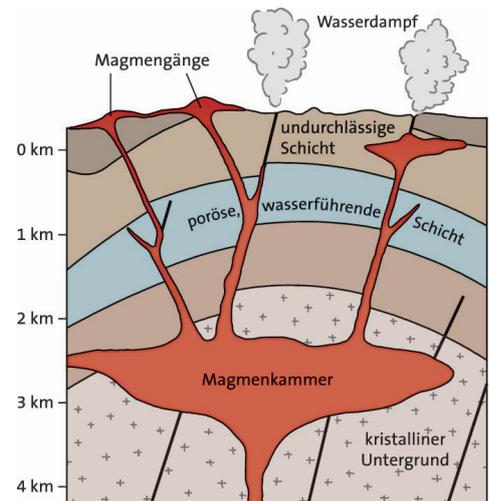
Im Pazifik entstehen die meisten Tsunamis (Wellenlängen: 10 – 100 km). Der japanische Ausdruck „tsunami“ bedeutete ursprünglich „lange Welle im Hafen“. Inzwischen steht er allgemein für solitonische Wellen, also für Wellen, die nicht auseinanderlaufen. Sie werden nach ihrem viele Tausend Kilometer langen 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 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Dampfagerstätte

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 2019. Alle Rechte vorbehalten.

Moais (Einzahl: Moai, eigentlich Moai Maea = polyn.: „steinerner 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 1500 Jahre.



iStockphoto (Silvrshooter), Calgary, Alberta

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2019. Alle Rechte vorbehalten.