

Plattenbewegung und Erdbebenzonen

„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 ...

Die stärksten Konzentrationen von Erdbebenzentren finden sich an destruktiven [konvergierende] Plattenrändern, wie sie vor allem rund um den Pazifik zu finden sind. Die Zonen der Epizentren sind hier relativ breit, weil die subduzierenden Platten, in denen die Erdbebenherde lokalisiert sind, schräg abtauchen. Die Subduktionszonen lassen sich anhand der Beben bis in eine Tiefe von fast 700 km nachweisen ... Entlang von Transformstörungen sind die Epizentren der Beben viel schärfer auf die Plattengrenze konzentriert, weil die Störungszonen vertikal stehen. Wenn Transformstörungen kontinentale Kruste durchschneiden (z. B. San-Andreas-Störung in Kalifornien), können auch sie katastrophale Erdbeben auslösen. Dies ist auf das Aneinanderreiben der mächtigen, starren Platten zurückzuführen und unter anderem von der Bewegungsgeschwindigkeit abhängig.“

Wolfgang Frisch/Martin Meschede: Plattentektonik. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2007, S. 17 und 18

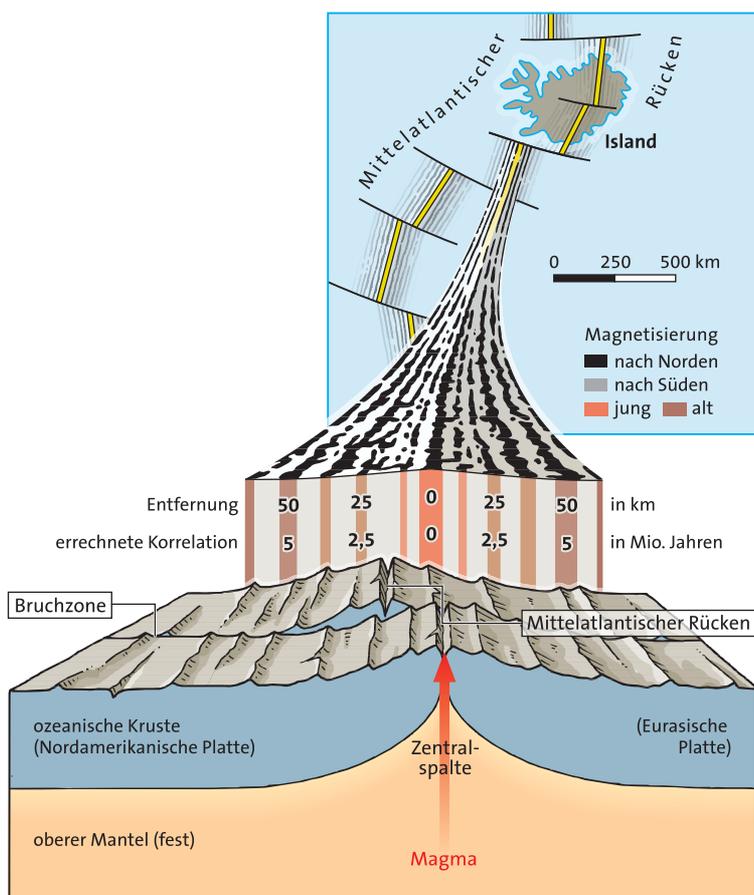
Platten bewegen sich

Bei der großflächigen Erkundung und Vermessung der Ozeanböden in den 1960er-Jahren machten die Wissenschaftler sensationelle Entdeckungen: Am Meeresboden der großen Ozeane erstrecken sich gewaltige Gebirge, 3 000 bis 4 000 Meter hoch und fast 2 000 Kilometer breit. Der größte Teil liegt durchschnittlich 2 000 bis 3 000 Meter unter Wasser. Nur an wenigen Stellen ragen diese **mittelozeanischen Rücken** über die Wasseroberfläche hinaus, wie z. B. Island oder die Azoren im Bereich des Mittelatlantischen Rückens. Tiefseeforscher entdeckten, dass in der Mitte der Rücken ständig Magma nach oben steigt und beim Kontakt mit dem Wasser schnell erstarrt. Messungen ergaben, dass sich der Atlantische Ozean im Jahr um etwa 2–6 Zentimeter ausdehnt. War das der Beweis für Alfred Wegeners Kontinentverschiebungstheorie?

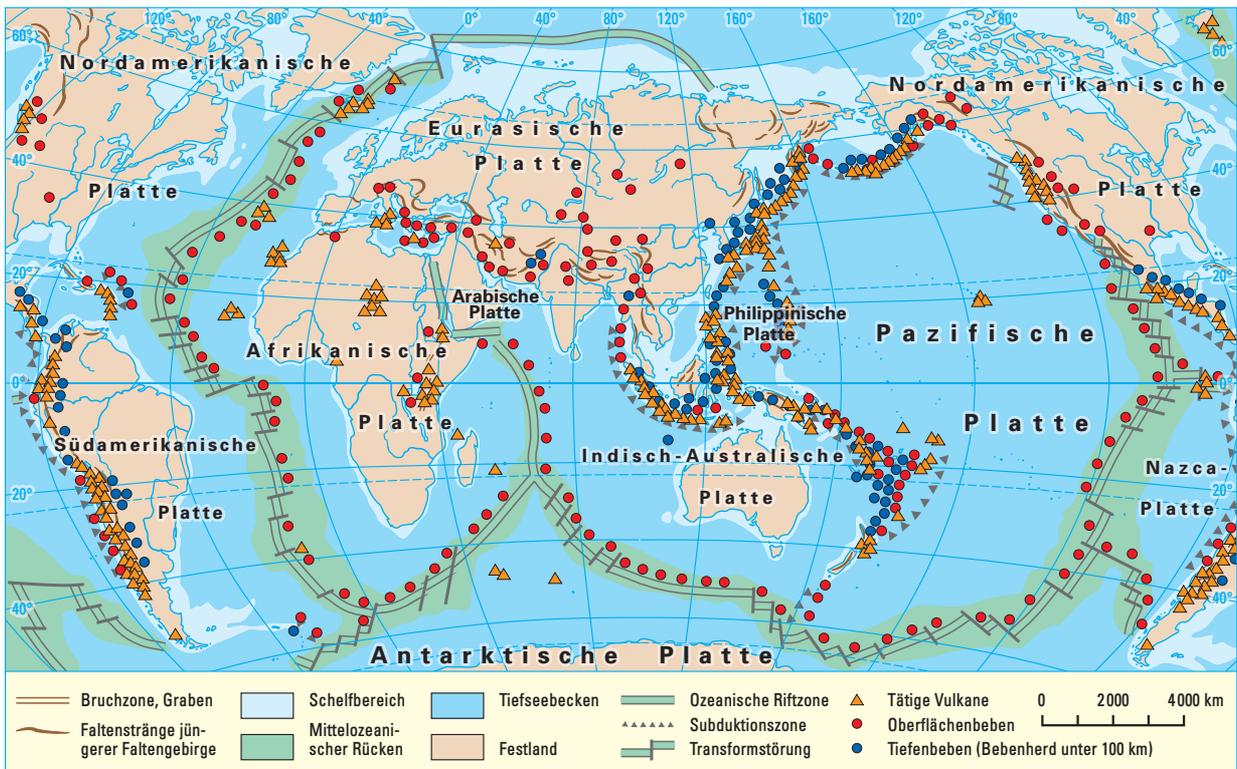
Die „Sea-floor-spreading“-Hypothese

Die zentralen Teile der mittelozeanischen Rücken werden von längs gerichteten Spaltensystemen durchzogen, die sich teilweise zu breiten und tiefen Gräben, den Rifts, ausweiten. Diese sind in unregelmäßigen Abständen an Querbrüchen, den **Transformstörungen**, horizontal versetzt.

Die mittelozeanischen Rücken markieren die Grenze zwischen verschiedenen Platten. Hier bricht die Lithosphäre auf und zwei Platten bewegen sich voneinander weg. In Spalten steigt Magma nach oben, das beim Austritt und Kontakt mit dem Wasser sofort erstarrt. Dadurch entsteht neue ozeanische Kruste. Bewegen sich die Platten weiter auseinander, dringt neues Magma nach und erkaltet gleich wieder. Dieser Vorgang wird als **Sea-floor-spreading** (Meeresbodenausbreitung) bezeichnet. Damit wurde ein erster Durchbruch zur allgemeinen Anerkennung der Kontinentverschiebungstheorie erzielt.



2 Magnetische Streifenmuster am mittelatlantischen Rücken



3 Platten, Vulkan- und Erdbebengebiete der Erde

Mitten durch Island verläuft eine Platten-grenze, an der sich zwei Platten voneinander weg bewegen. Island „wächst“ so pro Jahr um etwa 2 Zentimeter.

Die neue ozeanische Kruste wird beim Abkühlen nach der zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Polarität des Erdmagnetfeldes magnetisiert. Diese Magnetisierung wird durch Anteile ferromagnetischer Minerale, z. B. Magnetit, verursacht. Da sich das irdische Magnetfeld in gewissen Zeiträumen umpolt, ergeben sich Polarisationsperioden, die man zur Datierung von Gesteinen nutzt (Abb. 2). Würde auf der Erde nur neuer Ozeanboden „produziert“, dann müsste das zu einer Vergrößerung der Erde führen. Das geschieht aber nicht, weil im Bereich der Tiefsee-gräben ständig ozeanische Kruste abgebaut wird. Die schwerere ozeanische taucht dabei unter die leichtere kontinentale Kruste ab und wird in der Tiefe wieder in den Erdmantel eingegliedert. Diese Bereiche nennt man **Subduktionszonen**.

Plattentektonik

Die „Sea-floor-spreading“-Hypothese wurde Ende der 1960er-Jahre zur Theorie der **Plattentektonik** erweitert. Ihr zufolge setzt sich die Lithosphäre aus einem Mosaik von Platten zusammen, die sich auf einer Zone im oberen Erdmantel, der Asthenosphäre, bewegen.

- 1 Erläutere den Beitrag, den die Erforschung des Meeresbodens für die Erklärung der Entstehung von Kontinenten und Ozeanen geleistet hat.
- 2 a) Erstelle eine Tabelle mit den Typen von Plattenrändern und ordne jeweils die Bewegungsrichtung der Platten sowie räumliche Beispiele zu.
b) Stelle fest, welche Platten nur aus ozeanischer Kruste bestehen.
- 3 Vergleiche die Auffassungen von Alfred Wegener mit denen der Plattentektonik.

Tektonik

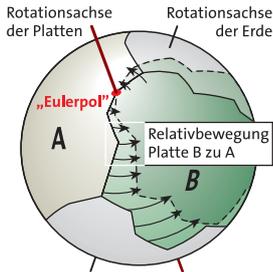
Bereich der Geologie, der strukturbildende Bewegungen und Kräfte der Erdkruste und deren Folgen untersucht.

Der Forschungsbereich, der sich mit der strukturellen Entwicklung der Erde beschäftigt, wird als Geotektonik bezeichnet.

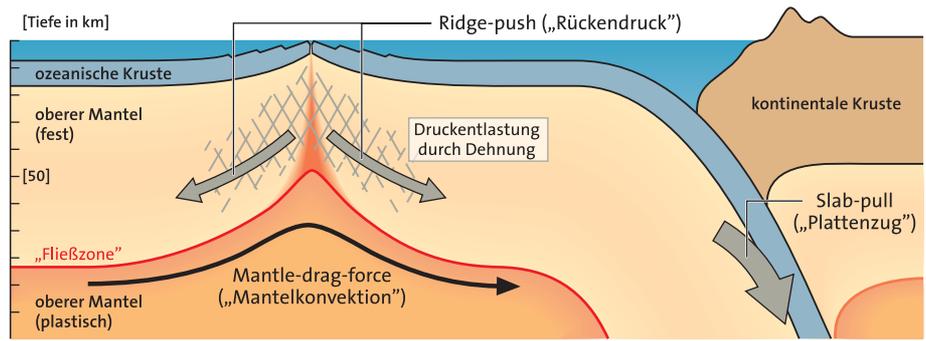
EXTRA-Link

Mystery zur Plattentektonik zum Ausdrucken www.klett.de/extra
[EXTRA-Link: 27850X-0021]

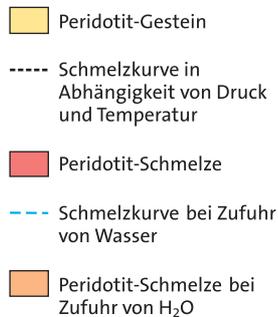
Unruhige Erde



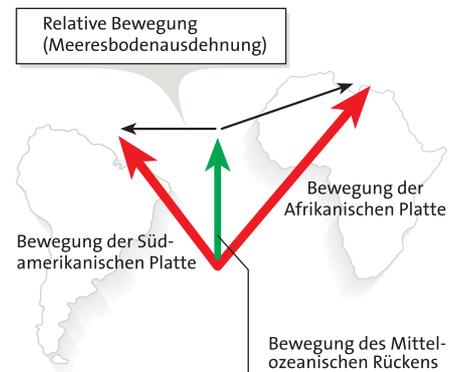
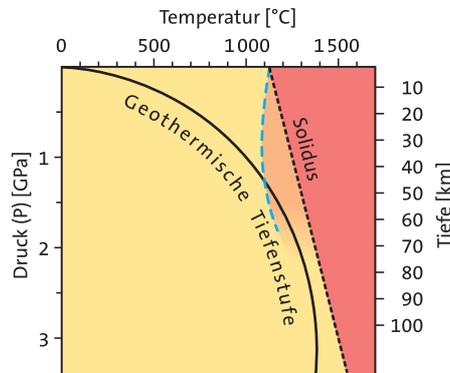
4 Relativbewegung zwischen zwei Platten



6 Vermutete Antriebskräfte der Plattenbewegung



5 Möglichkeiten der Entstehung von Basaltmagma



7 Relative Bewegung (Meeresbodenausdehnung)

Welche Kräfte bewegen die Platten?

Wissenschaftler gehen heute von unterschiedlichen Antriebskräften aus, die auch zusammenwirken können (Abb. 6):

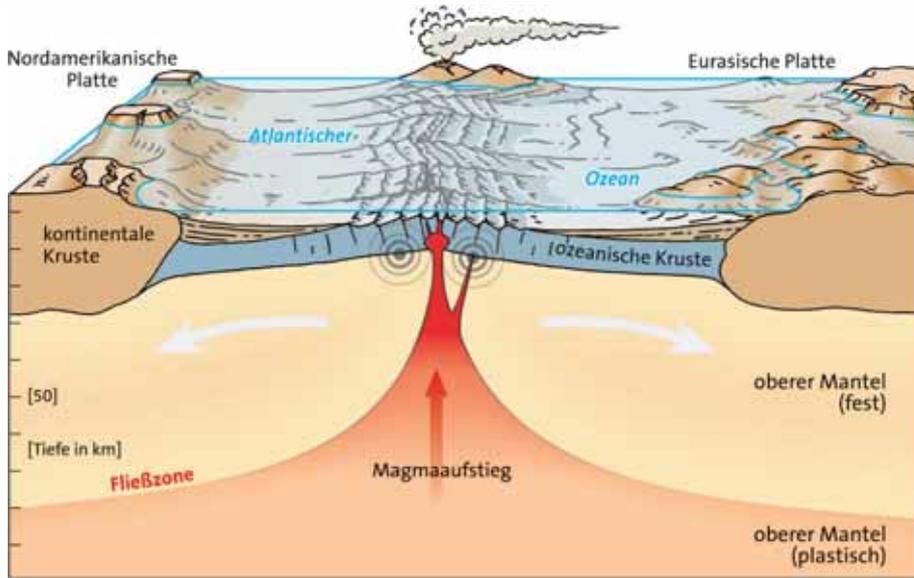
- Rückendruck: Die Platten „rutschen“ infolge ihres Gewichts von den Aufwölbungen der mittelozeanischen Rücken weg (Höhenunterschied bis zu 1000 Meter).
- Plattenzug: Die spezifisch schwerere absinkende Platte (ozeanische Kruste) sinkt durch ihr Eigengewicht in den Subduktionszonen in die Asthenosphäre, zieht die Platte mit sich und öffnet dadurch den mittelozeanischen Rücken. Diese Kräfte sind wahrscheinlich bis zu 10 Mal so groß wie die des Rückendrucks.
- Strömungen in der Asthenosphäre, die durch Temperatur- und Dichteunterschiede im Erdinneren entstehen (**Konvektionsströme**). Diese „schleppen“ die Platten mit sich oder „bremsen“ als Reibungskräfte die Plattenbewegung.

Erst in den 1990er-Jahren setzte sich die Auffassung durch, dass nicht das aufsteigende Magma innerhalb der Rücken die Platten aktiv auseinanderdrückt, sondern die Rifts sich im Ergebnis von Rückendruck und Plattenzug passiv öffnen. Weil dadurch die Kruste gedehnt wird, verringert sich der Druck auf den darunter liegenden Mantel. Mit dieser Druckentlastung ist ein partielles Aufschmelzen des Mantelgesteins sowie eine verstärkte Bildung von **Magma** verbunden (siehe Diagramm 5). Durch das Aufströmen des zähflüssigen Mantels kommt es im Bereich der mittelozeanischen Rücken zur Aufwölbung der Kruste.

Erbeben, Vulkanismus und gebirgsbildende Vorgänge sind die bedeutendsten Prozesse, die sich an Plattenrändern abspielen. Entscheidend wirken sich dabei die Bewegungsrichtungen der Platten zueinander und der Bau ihrer aneinandergrenzenden Ränder aus.



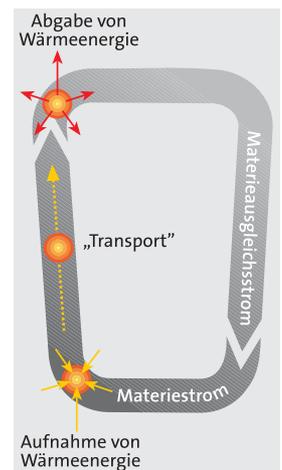
10



8 Vorgänge am Mittelatlantischen Rücken



9 Mittelatlantischer Rücken

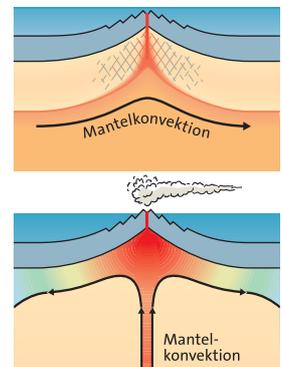


11 Thermische Konvektion

Kruste entsteht ...

An den mittelozeanischen Rücken werden etwa 80% des gesamten Magmas auf der Erde produziert. In Spalten steigt Magma nach oben, das beim Austritt und Kontakt mit dem Wasser sofort erstarrt. Dadurch entsteht neue ozeanische Kruste. Das Meerwasser spielt dabei eine besondere Rolle. Es dringt in die neue Kruste ein und sorgt für eine schnellere Abkühlung. Das Wasser tritt an vielen Stellen des Rückens als etwa 350 °C heiße Lösung wieder aus und es bilden sich Abscheidungen von Metall-Sulfiden und Erzschlämme.

- 4 Beschreibe mithilfe von Profil 6 die möglichen Antriebskräfte für die Plattenbewegungen.
- 5 Erkläre mithilfe von Diagramm 5, unter welchen Bedingungen Peridotitgestein in 70 Kilometer Tiefe schmelzen kann.
- 6 Erläutere die Vorgänge an einem mittelozeanischen Rücken.
- 7 In der Mitte der mittelozeanischen Rücken bildet sich ein Grabenbruch (Rift). Begründe.



12 Konvektion im Erdmantel unter Mittelozeanischen Rücken



Unruhige Erde



14 **Ostkordillere bei La Paz**

Pazifischer Feuerring

(auch Zirkumpazifischer Feuerring; engl.: Ring of Fire) Bezeichnung für den Vulkangürtel, der den Pazifischen Ozean umgibt. Hier befinden sich über 40% der Vulkane der Erde, meistens in den Inselbögen.

Entstehung von Tsunamis

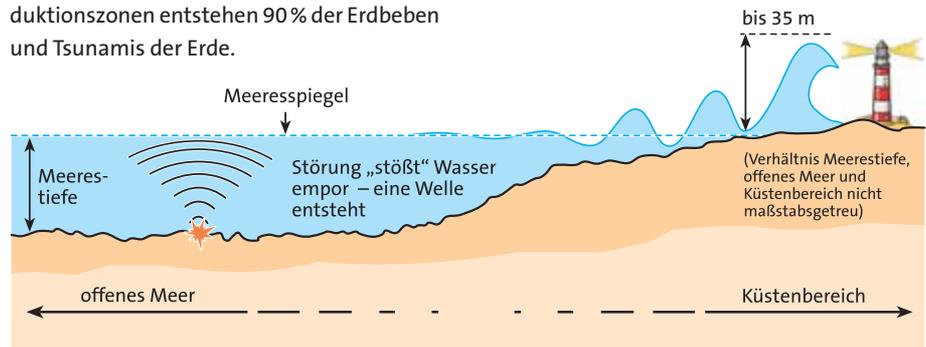
Liegt ein Erdbebenherd unter dem Meeresboden, spricht man von Seebeben. Sie entstehen durch Spannungen in der ozeanischen Kruste und können große Flutwellen (Tsunamis) mit Geschwindigkeiten von über 1000 km/h auslösen.

Kruste verschwindet ...

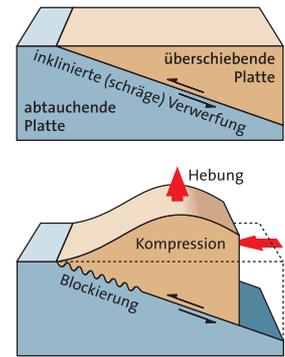
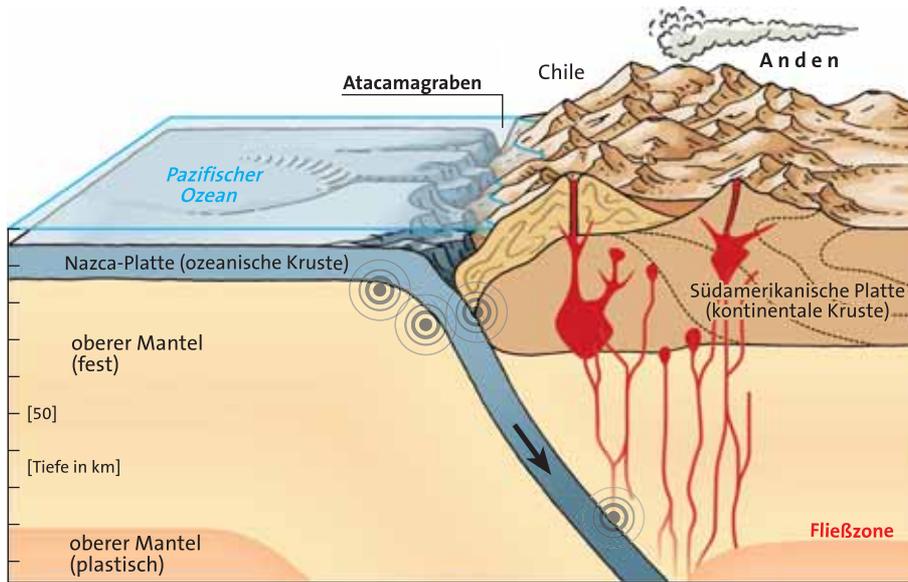
Beim Zusammentreffen von ozeanischer und kontinentaler Kruste taucht die schwerere ozeanische Kruste unter die kontinentale Kruste ab. Durch das Abtauchen der ozeanischen Kruste entsteht ein **Tiefseeegraben**. Gelangt die ozeanische Kruste beim Abtauchen in die Asthenosphäre, gibt sie Wasser ab. Das freigesetzte Wasser dringt in den darüber liegenden Asthenosphärekeil und Mantel ein. Die Schmelztemperatur wird dadurch auf etwa 1000°C herabgesetzt, ohne Wasserzufuhr läge sie bei etwa 1400°C. Das entstehende Magma steigt in Bruchzonen nach oben und erstarrt in der Kruste oder es gelangt an die Erdoberfläche. Dann brechen gefährliche Vulkane aus. Im Bereich der Subduktionszonen entstehen 90% der Erdbeben und Tsunamis der Erde.

... Gebirge entstehen

Seit dem Zerfall des Urkontinents Pangäa bewegt sich Südamerika westwärts. Es kommt zum Zusammenstoß mit der Nazca-Platte, die aus ozeanischer Kruste besteht. Seit Millionen von Jahren gelangt Abtragungsschutt vom Festland in den nördlichen und südlichen Teil des Atacamagrabens. Durch den Druck der sich aufeinander zu bewegenden Platten wird die kontinentale Kruste der Südamerikanischen Platte gestaucht und es entstehen Verwerfungen, an denen sich diese Kruste übereinander stapelt. Gleichzeitig lagern sich die Ablagerungen im Tiefseeegraben bzw. unter der kontinentalen Kruste an. Damit ist eine Krustenverdickung und Hebung der Anden verbunden.



15 **Entstehung von Tsunamis durch Erdbeben**



16 Entstehung von Erdbeben und Verdickung der Erdkruste durch Überschiebung

16 Vorgänge am Atacamagraben



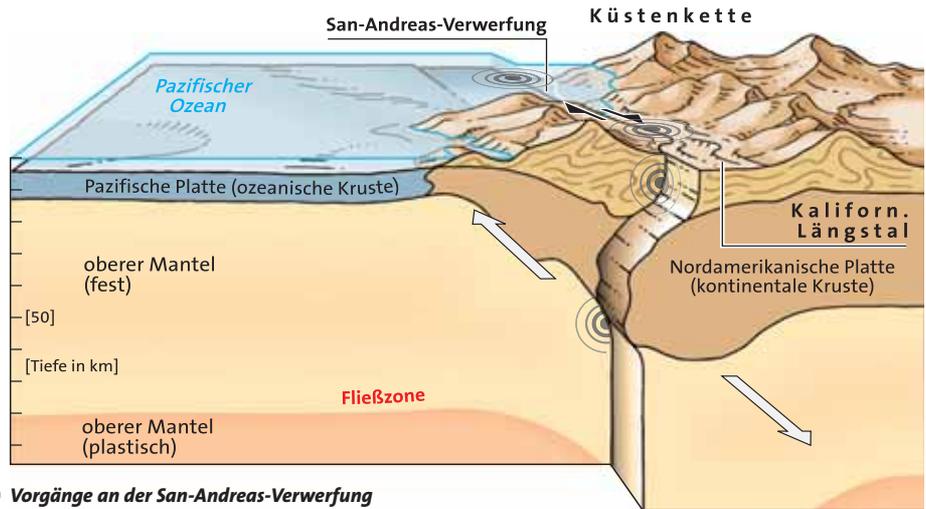
17 Untermeeres Relief am Atacamagraben

Die beim Abtauchen der Nazca-Platte entstehenden Schmelzen sind zum Teil sehr metallhaltig. Dringen diese an Brüchen und Spalten nach oben, bilden sich verschiedene Erzlagerstätten. Die Anden sind deshalb reich an Gold, Silber, Kupfer, Molybdän, Blei, Zinn und Zink. Einzelne Kupfer-Molybdän-Lagerstätten enthalten 10 Millionen bis 1 Milliarde Tonnen Erz und führen häufig auch Gold. Die Metallgehalte sind allerdings sehr niedrig, bei Kupfer 0,3 bis 1%. Dafür sind die Erze auf riesige Gesteinskörper verteilt, die im Tagebau abgebaut werden können.

- 8 a) Vergleiche die Subduktion im Bereich der Anden und der japanischen Inseln (Atlas).
- b) Stelle die Situation im Bereich der japanischen Inseln in einer geologischen Profilskizze dar. Orientiere dich an dem Profil 15 für die Anden.
- 9 Erkläre Zusammenhänge zwischen Vulkanismus, Erdbeben und Plattentektonik.



Unruhige Erde



20 Vorgänge an der San-Andreas-Verwerfung



21 Untermeeres Relief bei der San-Andreas-Verwerfung

Das San-Andreas-Störungssystem

In Kalifornien bewegen sich die Nordamerikanische Platte und die Pazifische Platte aneinander vorbei. Ihre Nahtstelle ist die über 1300 Kilometer lange San-Andreas-Störung. Dort bauen sich über lange Zeiträume Spannungen auf, die dann durch ein Erdbeben ruckartig gelöst werden. Die Vorgänge dauern Bruchteile einer Sekunde bei kleinen Erdbeben, bis zu fünf Minuten bei schweren Beben. Während des großen Erdbebens in San Francisco im Jahre 1906 wurden an einigen Stellen Versetzungen von 5 bis 6 Meter beobachtet. Sogar Flüsse veränderten plötzlich ihren Lauf und verließen das Flussbett. Gegenwärtig beträgt die Verschiebung der Platten im Durchschnitt wenige Zentimeter pro Jahr.

Den Zeitpunkt des nächsten Erdbebens können die Wissenschaftler bis jetzt noch nicht vorhersagen. Doch die Wahrscheinlichkeit, dass diese Region in den nächsten 30 Jahren durch ein Erdbeben heimgesucht werden kann, ist sehr groß.

Plattentektonischer Zyklus

Der kanadische Geowissenschaftler John Tuzo Wilson hat im Jahre 1970 das gesamte Geschehen der Plattentektonik erstmals in einem Zyklus zusammengefasst, der heute als Wilson- bzw. plattentektonischer Zyklus bezeichnet wird. Er beschreibt die Entstehung, die Entwicklung und das Verschwinden eines Ozeans mit einem Öffnungs- und Schließungsprozess.