

# Wasser als Schmiermittel

An der kalifornischen Pazifikküste können verschiedene geologische Vorgänge studiert werden, die durch plattentektonische Bewegungen hervorgerufen werden. Besonders spektakulär und berühmt ist die San Andreas-Verwerfung, die durch die gesamte Erdkruste hindurch bis in den Erdmantel hineinreicht. Sie trennt die Pazifische Platte von der Nordamerikanischen Platte.

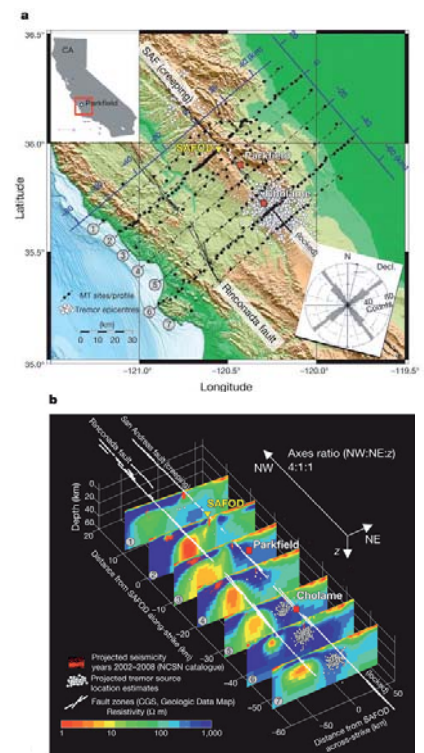
Um knapp 6 Zentimeter bewegt sich Los Angeles auf der Pazifischen Platte im Jahr auf San Francisco zu, das auf der Nordamerikanischen Platte liegt. Der Weg der Pazifischen Platte nach Norden verläuft aber nicht kontinuierlich. An einigen Stellen bewegt sie sich fast stetig, in anderen Bereichen kommt es zu Stauungen, die sich dann mit starken Erdbeben ruckartig lösen und zu Verschiebungen um mehrere Meter führen können.

## ... dämpft Erdbeben

Geophysiker vom GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam haben mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit von Gestein einen Mechanismus für diese ungleichmäßige Verteilung starker Erdbeben entlang der San Andreas-Verwerfung nachgewiesen. Ausgangspunkt war die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit vom Wassergehalt der Gesteine. Die Ergebnisse belegen, dass ein Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und seismischer Aktivität besteht (Bild 1). [1]

Die Forscher um Oliver Ritter vom GFZ fanden heraus, dass Gesteinswässer aus Tiefen des oberen Erdmantels, also zwischen 20 und 40 Kilometern, bis in solche oberflächennahen Bereiche eindringen können, wo sich die Verwerfung sehr langsam kriechend bewegt. In anderen Bereichen werden diese Wässer von einer undurchlässigen Deckschicht am Aufstieg gehindert: „Wo Fluide aufsteigen können, wird ein Gleiten der Platten begünstigt,“ so Ritter.

Die Ergebnisse der geophysikalischen Modellierungen legen nahe, dass es entlang der San Andreas-Verwerfung in der Tiefe große Unterschiede in den mechanischen und stofflichen Eigenschaften der Gesteine gibt. In Bereichen der Störung, wo häufig niederfrequente Erschütterungen (Tremor) registriert werden, sind in der Tiefe offensichtlich Fluide eingeschlossen. Die Forscher schließen daraus, dass solche in der Tiefe eingeschlossene Gesteinswässer bei der Entstehung von Erdbeben eine wichtige Rolle spielen.



1 - Leitfähigkeitsuntersuchungen im zentralen Abschnitt der San Andreas-Verwerfung, Kalifornien, USA. oben: Untersuchungsgebiet und Messprofile (schwarze Punkt-Linien); unten: Auswertung der Messergebnisse entlang der Messprofile (rote + gelbe Zonen = Zonen erhöhter elektrischer Leitfähigkeiten bzw. niedriger Widerstände) (Grafik von [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de))

### ... senkt die Temperatur im Gesteinsbrei

Ein weiterer Vorgang, der aber noch mehr im Verborgenen abläuft, geschieht entlang von Subduktionszonen zwischen ozeanischer und kontinentaler Kruste. Momentan ist im Bereich zwischen San Francisco und Los Angeles keine Subduktionszone aktiv, aber an Land kommen Gesteine vor, die einmal auf dem Weg ins Erdinnere waren, dann aber wieder nach oben „ausgespuckt“ wurden.

Im Gebiet Big Sur nördlich von Los Angeles kommen Gesteine vor, die eine chaotische Mischung von Tonen, Grauwacken, Kieselschiefern, Serpentinikörpern, Blauschiefern und Basalten darstellen (Bild 2). Dieses Chaos bereitete den Geologen über Jahrzehnte Probleme, weil es unmöglich war, einzelne Horizonte zu verfolgen und damit eine Ordnung in die Abfolge zu bringen. Es war nicht einmal möglich, das Oben und Unten der Serie zu bestimmen. Das mehrere Tausend Meter mächtige Gesteinspaket wurde deshalb deskriptiv, und zwar wegen der vielen Deformationsspuren, eine tektonische „Mélange“ genannt. Die gesamte Serie wird als *San Franciscan* bezeichnet.



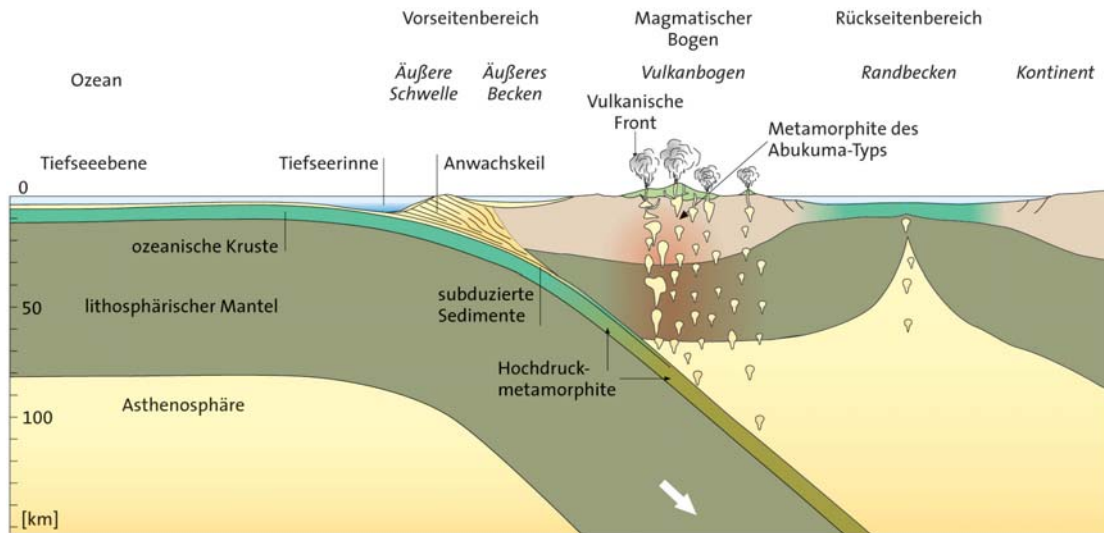
2 - Die Chaos-Gesteine des *San Franciscan* bestehen aus rötlichen bis weißen Paketen aus gebankten Kieselschiefern, Tonen und schmutzigen Sandsteinen in unterschiedlichen Mischungen, Kissenlaven vom Ozeanboden und grünen Serpentinikörpern mit glatten Gleitflächen und netzförmiger Durchaderung (Foto: M. Huch, aus [2])

Erst die Hypothese der Plattentektonik, die in den 1970er Jahren entwickelt wurde, lieferte plausible Erklärungen für die Bildungsvorgänge der *Franciscan-Mélange*, auch wenn sich die Chaosgesteine nach wie vor einer Detailanalyse widersetzen, weil Abfolge und Alter nicht auflösbar sind.

Beim Abtauchen der ozeanischen Platte unter einen Kontinent werden auch die wasserreichen Sedimente, die den Ozeanboden in Tiefen von 4000 bis 5000 m bedecken, sowie die basaltischen Laven der ozeanischen Kruste passiv mittransportiert (Bild 3). Diese ozeanische „Deckschicht“ gerät zwischen die Mahlsteine der abtauchenden Ozeanplatte und der darüber liegenden Kontinentalplatte. Beim Transport in die Tiefe des Erdmantels (20 bis 60 km) werden Sedimente und Basalte zerrissen, zerrieben und miteinander vermischt. Wird es zu eng für das gequetschte Sedimentpaket, werden die obersten Teile des keilförmigen Körpers (Anwachskeil, *sedimentary wedge*) mit der vorrückenden Kontinentalplatte wieder zurück nach oben, z.T. bis an die Erdoberfläche gepresst.

Das wichtigste Indiz für diesen Prozess sind die Blauschiefer, die nach Mineralbestand und Experiment unter hohem Druck und geringer Temperatur entstehen. Diese Kombination konnte man sich unter natürlichen Bedingungen nirgends auf der Erde vorstellen, das Gegenteil - hohe Temperatur und geringer Druck - gibt es z.B. bei jedem Vulkanausbruch. Beim Subduktionsvorgang werden die Ozeanbodensedimente durch die abtauchende Platte mit hohem Druck in große Tiefen (> 600 km) mitgerissen. Durch den Wassergehalt der Sedimente bleiben die Temperaturen jedoch niedrig.

Beim schnellen Wiederaufstieg bleibt die Hochdrucksignatur bis an die Oberfläche erhalten. In Serpentiniten und Blauschiefern bilden sich auf Bewegungsbahnen Sekundärminerale, die als Harnisch bezeichnet werden (Bild 4).



3 - Bei einer Subduktion wird schwerere ozeanische Kruste unter leichtere kontinentale Kruste geschoben. In der Grafik sind die wesentlichen Vorgänge, die damit verbunden sind, dargestellt. Weitere Erläuterungen im Test (aus [3])

*Quellen:*

[1] M. Becken et al. (2011) Correlation between deep fluids, tremor and creep along the central San Andreas fault. nature no. 480, Dez. 2011, pp 87-90

[2] Der Geologische Kalender 2010, Oktober. Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften, www.dgg.de

[3] Frisch, W. und Meschede, M. (2009) Plattentektonik. Kontinentalverschiebung und Gebirgsbildung. 3. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt

Monika Huch (20.01.2012)  
www.geo-aktuell.de



4 - Grünlich schimmernder Serpentinitt und Blauschieferfragmente mit hellem Bewegungsharnisch machen einen großen Teil der tektonischen „Mélange“ aus, die aus einem Anwachskeil (*sedimentary wedge*) auf der Rolltreppe ins Erdinnere entstanden ist (Foto: M. Huch, aus [2])