

# Plattentektonik realitätsnah modellieren

**Forscher der ETH ist es gelungen, subduzierende Platten so zu modellieren, dass sich die eine Platte beim Abtauchen unter die andere schiebt und nicht beide gleichzeitig absinken. Möglich gemacht hat es eine zähe «Luftschrift». Das Modell zeigt auch, welch grossen Einfluss die Subduktion auf die gesamte Dynamik im Erdinnern ausübt.**

FABIO CRAMERI

Zum Verständnis der Plattentektonik bedarf es mehr als einen Geologenhammer und die Alpen im Vorgarten. Es müssen weit reichende Bereiche räumlich und zeitlich untersucht werden. Die Plattenverschiebungen an der Erdoberfläche sind nur ein kleiner Teil der tiefgreifenden Gesteinsumwälzungen im ganzen Erdmantel. Mehr als 99 Prozent von ihm haben denn noch nie einen Geologen zu Gesicht bekommen. Ebenso ist die Plattentektonik ein dynamischer Prozess, der erst über eine Zeitspanne von mehreren hunderttausend Jahren richtig wahrgenommen werden kann.

## Numerische Modelle

Vereinfachte Darstellungen dieser sehr komplexen Prozesse sind deshalb für unser Verständnis unumgänglich. Die Gruppe des ETH-Professors Paul Tackley (Geophysical Fluid Dynamics) beschäftigt sich vorwiegend mit numerischen Modellen: Unter Anwendung von physikalischen Grundsätzen – unter anderem der Massenerhaltung – entwickelt die Gruppe Computerprogramme. Diese können die Abkühlung oder die Bewegung eines Körpers ebenso berechnen wie wichtige dynamische Vorgänge im Innern eines Planeten. Bisher ist es Wissenschaftlern gelungen, die unterschiedlichen Arten der Plattentektonik zu reproduzieren wie beispielsweise das mobile, gegenseitige Ver-

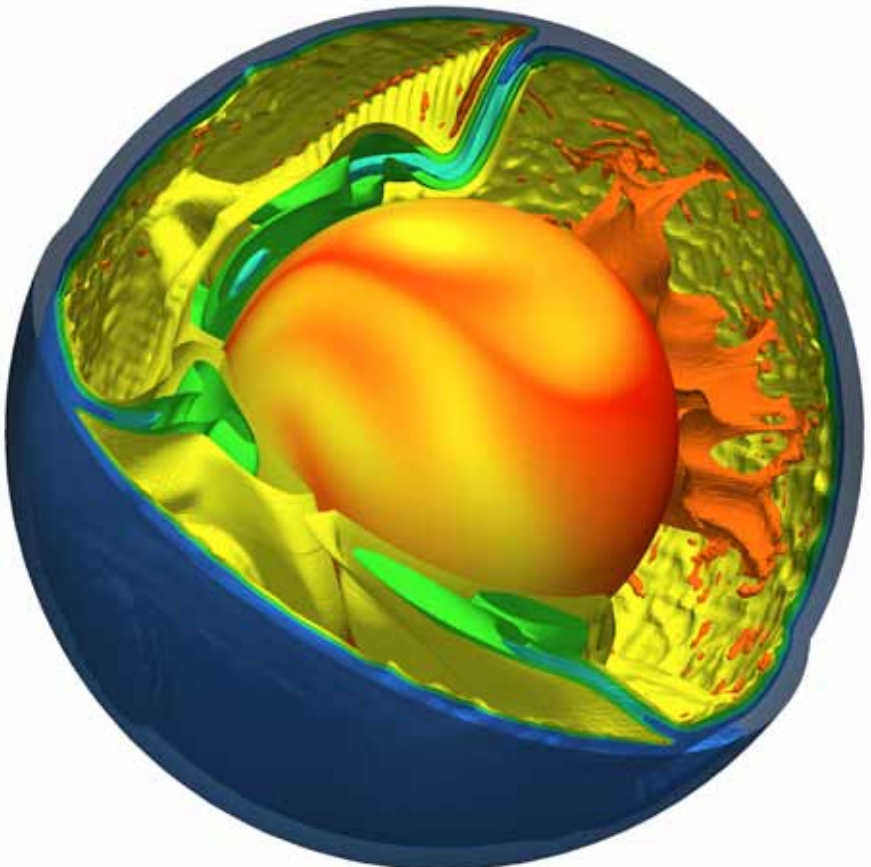
schieben mehrerer starrer Lithosphärenplatten. Die Modelle konnten jedoch das Abtauchen der Platten zurück in den Erdmantel (Subduktion) nicht realitätsnah nachbilden: Bis jetzt tauchten immer gleichzeitig beide kollidierenden Platten zusammen ab. Das steht im Widerspruch zu den Beobachtungen, wo nur die eine Platte absinkt und sich unter die angrenzende schiebt.

## Der Trick: eine «Luftschrift»

Da die numerischen Modelle räumlich begrenzt sind, müssen Randbedingungen angenommen werden. Diese führen in den oben genannten Simulationen dazu, dass es einer Lithosphärenplatte möglich ist, sich frei horizontal zu bewegen, jedoch nicht in vertikaler Richtung. Für eine realitätsnähere Modellierung der Subduktion wäre aber genau das wichtig. Das von Fabio Cramerer in seiner Dissertation neu entwickelte Modell beinhaltet darum eine neue obere Randbedingung: Eine zähe «Luftschrift», die auf die Gesteinsoberfläche gelegt wird. Diese Schicht ermöglicht es der Platte, sich auch vertikal frei zu bewegen. Das bedeutet, dass sich eine sich verändernde Topographie auf der Erdoberfläche ausbilden kann. So bilden sich kurz vor der Kollisionszone durch das Aufwölben der abtauchenden Platte Vorlandbuckel und beim Abtauchen Tiefseegräben. Die Krüm-

mung der Platte ist deshalb weniger stark und sie behält genügend Festigkeit, um sich nicht allzustark mit der angrenzenden Platte zu verhaken. Ein leichtes Verhaken ist auf der Erde oft der Fall und führt durch die entstehende Ruckbewegung der abtauchenden Platte zu starken Erdbeben. Ein zu starkes Verhaken würde jedoch die angrenzende Platte mit in den Erdmantel ziehen und beide Platten würden abtauchen, was für das Modell unerwünscht ist. Obwohl das Ausmass der

entstehenden Topographien im Verhältnis zur Tiefe des Erdmantels verschwindend klein ist, ist die Luftschicht dennoch verantwortlich für das einseitige Abtauchen der Erdplatten ins Erdinnere (siehe Abbildung unten). Das einseitige Abtauchen wird zusätzlich durch eine beim Überschiebungsprozess stark beanspruchte und deshalb weiche, wasserreiche Gesteinsschicht vereinfacht. Diese wirkt wie eine Art Schmiermittel.

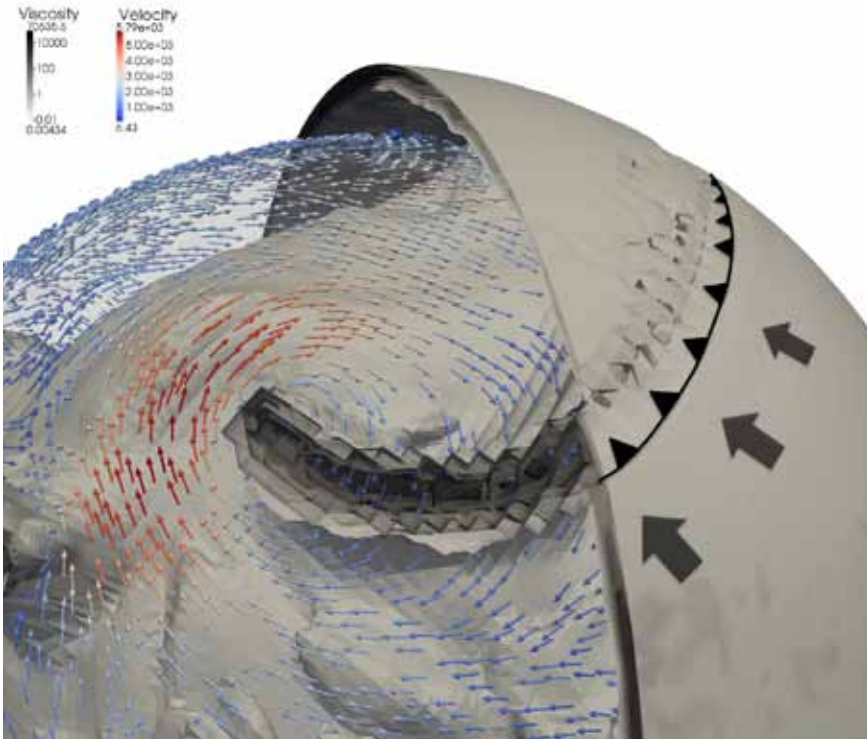


Simulation der Mantelkonvektion mit aktiver Plattentektonik: Sichtbar sind von der Erdoberfläche einseitig in den Erdmantel abtauchende, kalte Platten (blau/grün) sowie aus dem Mantel aufsteigendes, heisses Gesteinsmaterial (rot). (Abbildungen: Fabio Cramer)

## Brutus und Monte Rosa

Einem solchen Modell eine Luftschicht zuzufügen mag zwar einfach klingen, in Tat und Wahrheit liegen da aber einige Steine auf dem Weg. Weil ein Modell der Plattentektonik über einige Milliarden Jahre läuft und Bewegungen im Gestein relativ langsam ablaufen, werden möglichst grosse Zeitschritte im Bereich von einigen Tausend Jahren berechnet. Würde man eine Luftschicht mit natürlichen Eigenschaften einbauen, würde sich diese schon während des ersten Zeitschrittes weit über den Modellrand hinaus verabschieden. Aus diesem Grund wird die «Luft» ähnlich zähflüssig wie Mantelge-

stein gemacht. Sie darf aber auch nicht zu zäh sein, weil das die Ausbildung der Topographie auf der Platte verunmöglichen würde. Darum wurde in einer eigenen wissenschaftlichen Publikation ein analytisches Kriterium hergeleitet, womit sich die «Luftschicht» auf allfällige numerische sowie physikalische Probleme überprüfen lässt. Um schliesslich ein so hoch aufgelöstes, globales Modell im dreidimensionalen Raum über eine lange Zeitspanne zu berechnen, braucht man eine immense Rechenkapazität. Die Simulationen wurden deshalb teils auf dem ETH-Cluster «Brutus», teils auf dem Supercomputer «Monte Rosa» des Natio-



Einblick ins Erdinnere an einer Kollisionszone: Strömungen von Mantelmaterial um die einseitig und schräg absinkende Platte verformen diese bogenförmig, was an der Erdoberfläche an den ebenso geformten konvergierenden Plattengrenzen beobachtet werden kann.

nalens Hochleistungsrechenzentrum der Schweiz (CSCS) über mehrere Tage gerechnet.

### Lernen vom neuen Modell

Das erstmalige Modellieren eines sich frei bewegenden globalen Modells mit einseitiger Subduktion führt bereits zu weiteren Erkenntnissen über die Dynamik im Erdinnern. Im Vergleich zu den früheren Modellen tauchen die Platten nun einseitig und damit schräg in den Mantel ein. Als Resultat wird das umgebende Mantelgestein unter der abtauchenden Platte auf die darüber liegende Seite gedrückt, was zu einem Gesteinsfluss um die Ecken der abgetauchten Platte führt. Dieser Fluss führt dann wiederum zu einer realitätsnahen Verformung der noch festen, subduzierten Platte und damit auch der Tiefsee-Rinne darüber (Abbildung S. 19).

### Einfluss der Kontinente

Vorläufig enthält dieses Modell nur ozeanische Kruste, weil es darum ging, die Dynamik solcher Krusten besser zu verstehen. Doch welchen Einfluss haben die Kontinente auf die Dynamik der Platten und des Erdmantels? Um diese Frage zu lösen, ist die Forschungsgruppe zurzeit

daran, Kontinente ins Modell einzubauen. Kontinente, so zeigte Tobias Rolf von der gleichen Forschungsgruppe kürzlich in Modellen, können einen wichtigen Einfluss auf die Spannungsverteilung in den Lithosphärenplatten, auf die Temperaturverteilung im Erdinnern und auf die Altersverteilung der ozeanischen Platten haben. Ein kombiniertes Modell mit der freien Oberfläche und den Kontinenten könnte folglich einen noch genaueren Einblick in die Prozesse im Erdinnern gewähren. Doch bis dahin gibt es noch einige Hürden zu meistern.

Sendung einstein des Schweizer Fernsehens SF mit Fabio Crameri vom 8. März 2012:  
[www.videoportal.sf.tv](http://www.videoportal.sf.tv),  
Suchbegriff Erdbebenforschung

Fabio Crameri  
Institut für Geophysik der ETH Zürich  
[fabio.crameri@erdw.ethz.ch](mailto:fabio.crameri@erdw.ethz.ch)