



Deformation in der Erde: Von Erdbeben bis zur Plattentektonik

Götz Bokelmann, Wien

Kurzfassung

Geodätische Beobachtungen haben große Bedeutung für das Verständnis von Bewegungen der Erdoberfläche, beispielsweise im Zusammenhang mit großen Erdbeben, oder auch was die Bewegung tektonischer Platten betrifft. So sind beeindruckende Fortschritte u.a. mithilfe von GPS und INSAR gemacht worden, die die Veränderung der Erdoberfläche durch Erdbeben zeigen. Der Vergleich von Stationen auf verschiedenen Kontinenten zeigt die (plattentektonische) Bewegung der Erdplatten im Großen und bestätigt geologische Plattenbewegungsmodelle, die auf geologischen Beobachtungen beruhen, und damit nur sehr lang andauernde Bewegungen beschreiben können. Offenbar ist die langfristige Bewegung repräsentativ auch für die aktuellen Plattenbewegungen.

Wesentlich schwieriger ist das Verständnis von Verschiebungen und Deformationen innerhalb der Erde. Zwar können geodätische Daten benutzt werden, um Rückschlüsse auf die Gesamtdeformation in der Tiefe zu ziehen, wie sie im Zusammenhang mit Erdbeben entstehen. In der Praxis ist dafür jedoch wichtiges A-priori-Wissen notwendig, etwa die Lage und Orientierung der Herdfläche. Noch unbestimmter ist die Frage nach den zugrundeliegenden Kräften, die zu den plattentektonischen Verschiebungen und Deformationen führen. Es ist also lohnenswert, sich darauf zu konzentrieren, wie man Deformation im Inneren der Erde bestimmen kann, und von welchen Kräften diese herrührt.

An der Erdoberfläche kann man die Deformation beobachten, in kurzen Zeitskalen durch Geodäsie, und in sehr langen Zeitskalen durch Geologie, i.B. durch Betrachtung der im Gestein „gespeicherten“ Deformation. Wie sich Gestein intern deformiert, ist bestimmt durch die Mineralzusammensetzung und den dominanten Deformationsmechanismus, der von Druck und Temperatur abhängt. Für hohe Drücke und Temperaturen, wie sie im Erdmantel vorherrschen, ist Dislokationskriechen ein wichtiger Mechanismus, welcher zur Einregelung von Kristallen führt. Vorzugsrichtungen von Kristallen verursachen eine effektive Anisotropie des Gesteins, und damit eine Doppelbrechung seismischer Wellen, ähnlich der optischen Doppelbrechung von Licht in Kristallen.

Die Anisotropie kann verwendet werden, um Aussagen über die in-situ Deformation im Inneren der Erde zu bestimmen. Anisotropie verändert die Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen im Erdinneren, und sie führt zur Doppelbrechung von Scherwellen. Seismische Anisotropie ist in den letzten 20 Jahren viel untersucht worden, und es sind bereits wesentliche Erkenntnisse über das Erdinnere gewonnen worden. Wir möchten im Folgenden diskutieren, wie man diese Methoden auf eine der großen Fragestellungen der Geodynamik anwenden kann, die Frage der Antriebskräfte der Plattentektonik. Diese Frage ist von besonderem Interesse, da sie das noch fehlende Element in der Kontinentaldrift-Theorie von Alfred Wegener darstellt, bzw. seiner heutigen Form, der Plattentektonik, und weil diese Frage nach wie vor offen ist.

Seismische Anisotropie kann es u.a. ermöglichen, den Deformationssinn zu bestimmen, falls es gelingt, die Richtung des Einfallens der Vorzugsrichtung zu bestimmen. Wenn dies möglich ist, kann man im Prinzip unterscheiden, ob die an der Basis der Lithosphärenplatten angreifenden Kräfte die Bewegung der Platte eher befördern, oder eher behindern. Damit wäre es möglich, die Rolle der „basalen“ Kräfte für tektonische Plattenbewegungen zu verstehen. Bis jetzt ist noch unbekannt, ob sich der Erdmantel unter den Platten schneller oder langsamer als die jeweilige Platte bewegt.

Wir zeigen Beobachtungen der seismischen Anisotropie unter Nordamerika (e.g., Bokelmann 2002), die darauf hindeuten, dass sich der Mantel in der Tat schneller bewegt als die Platte, was den Schluß nahelegt, dass die Nordamerikanische Platte von den unter der Platten befindlichen Konvektionszellen angetrieben wird, eher als von Kräften, die von der Seite her an der Platte anliegen. Interessanterweise hat diese Schlußfolgerung prädiktiven Charakter, in Anbetracht der Geometrie der Konvektionszellen im Erdinneren. Falls dies richtig ist, wird die Bewegung des Nordamerikanischen Kontinent notwendigerweise zum Stillstand kommen, innerhalb von ca. 20–30 Millionen Jahren. In der Tat zeigen die Modelle der plattentektonischen Entwicklung von Nordamerika, da sich die Bewegung Nordamerikas seit ca. 100 Millionen Jahren stark verlangsamt hat, ganz entsprechend der Voraussage aus der seismischen Anisotropie.

Literaturstelle:

Bokelmann, G.H.R., 2002, Which forces drive North America?, *Geology*, 30, 11, 1027–1030.

Vortragender***Univ.-Prof. Dr. Götz Bokelmann***

1987 Diplom, Universität Bochum

1992 PhD, Princeton University, USA

1997 Habilitation, Universität Bochum

1998–2003 Visiting Associate Professor, Stanford University, USA

2003–2010 Professur für Geophysik an der Universität Montpellier, Frankreich

seit 2010 Professur für Geophysik am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien

Forschungsschwerpunkte:

Seismologie, Beobachtung der Erdaktivität mit geophysikalischen Methoden, Erdbeben, Dynamik der Erdkruste und seismisches Risiko, Geodynamik und Antriebskräfte der Plattentektonik