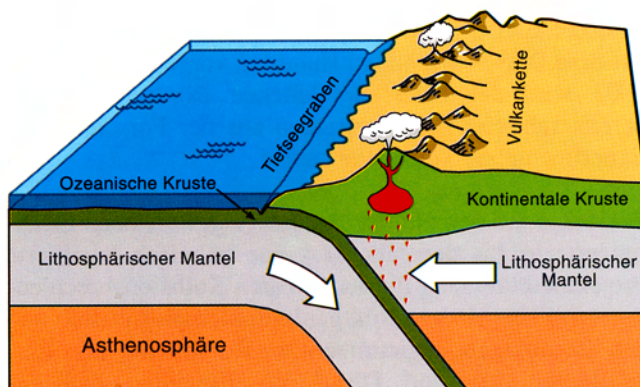


# Der abtauchende Pazifikboden

Von Onno Oncken

Erdbeben und Vulkanismus treten besonders an den Rändern der etwa 100 Kilometer dicken Platten auf, welche die äußere Gesteinshülle der Erde bilden. In den sechziger Jahren konnte nachgewiesen werden, daß sich im Bereich der mittel-ozeanischen Rücken ständig neuer Ozeanboden bildet, während alter Ozeanboden an sogenannten aktiven Kontinentalrändern verschluckt wird. Dieser als Subduktion bezeichnete Vorgang ist die Ursache von Spannungen in der Erdkruste, die zu Erdbeben führen.

Die landeinwärts zunehmende Tiefe der Erdbeben – etwa an den Grenzen der Kontinente rund um den Pazifik – ist Ausdruck einer aktiven Plattentektonik und laufender Subduktion ozeanischer Kruste unter kontinentale Lithosphäre. Traditionell wird diese Zone als die eigentliche Platten-Grenzfläche betrachtet. An ihr wird ein Teil der kinetischen Energie der Lithosphärenplatten in seismische Deformation umgesetzt.



Schematische Darstellung des Subduktionsprozesses

Außer zahlreichen seeseitigen Messungen gibt es bislang kaum Versuche, einen aktiven Kontinentalrand mit reflexionsseismischen Verfahren – also den Methoden mit dem höchsten Auflösungspotential zur Abbildung von Aufbau und Strukturen der Erdkruste und des Erdmantels – vollständig zu untersuchen. Die bisherigen Experimente – zum Beispiel im Banda-Bogen, in Alaska, bei den Aläuten, in

der Kanadischen Kordillere – waren zudem alle nur in der Lage, die oberen 30 bis 45 Kilometer des Erdkörpers abzubilden. Ein vollständiges, tieferes und hoch aufgelöstes Bild einer Subduktionszone existiert bisher nicht.

## Kontinentale Kruste „abgeraspelt“

Die Anden sind mit 7500 Kilometern Länge das größte aktive Plattenrandgebirge der Welt. Sie gelten darüber hinaus als Typvertreter subduktionsgesteuerter Gebirge, die nicht durch Anlagerung ozeanischer Sedimente an den Kontinentalrand wachsen, sondern die durch tektonische Erosion, das heißt ein stetiges „Abraspeln“ des kontinentalen Materials durch die abtauchende Ozeanplatte, kontrolliert werden.

Bei diesem Vorgang sind in den zentralen Anden seit dem Jura – also seit rund 200 Millionen Jahren – über 200 Kilometer kontinentale Kruste vernichtet worden, wobei der Verbleib dieser tektonisch erodierten Krustenanteile in der Tiefe ungeklärt ist. Schließlich zeigen die Anden im durchschnittlich vier Kilometer hohen Altiplano-Puna-Hochplateau eine extreme Krustendicke von bis zu 70 Kilometern mit dem – neben Tibet – höchsten Plateau der Erde.

In den Zentralanden, wo die tektonische Erosion besonders aktiv ist, befindet sich zugleich die größte Kupferanomalie der Erde, verbunden mit einer Anreicherung wirtschaftlich wichtiger Elemente. Der Materialtransfer steht wahrscheinlich in engem Zusammenhang mit weiteren besonders prägnanten Eigenschaften dieses Gebirges, wie zum Beispiel der Entwicklung von kohlenwasserstoffführenden Sedimentbecken in allen Bereichen der Oberplatte, einem ausgeprägten Risikopotential mit sehr starker Erdbebenaktivität an der Basis des Plattenrandbereiches und zum Teil verheerenden Erdbeben (Valdivia 1960, Antofagasta 1995) sowie der Ansammlung einer großen Zahl von als besonders gefährlich eingeschätzten Vulkanen.

Aus umfangreichen Forschungsprojekten über künstliche und natürliche Erdbebenwellen liegen gute geologische und geophysikalische Kenntnisse dieser Region vor. Sie bildeten die Basis für das ANCORP-Projekt (Andean Continental Research Project), ein weitergehendes Expe-

Professor Dr. rer. nat. Onno Oncken, Leiter des Projektbereichs „Struktur, räumlich-zeitliche Evolution und Geodynamik“, GeoForschungsZentrum Potsdam



riment des GeoForschungsZentrums Potsdam und verschiedene Universitätspartner auf der Landseite. Ziel des Projekts war es, ein Bild der Subduktionszone bis in möglichst große Tiefen zu erhalten, die Lokalisierung der Seismizität an der Subduktionszone zu untersuchen sowie die Aufstiegswege von Schmelzen und Fluiden aus der Subduktionszone abzubilden.

seismische Deformation auf eine breite Zone um die Plattengrenze verteilt, zeigt jedoch unterhalb der Zone seismischer Kopplung keine relevante Seismizität.

Das seismische Echo bricht in rund 130 Kilometern Entfernung von der Küste in etwas mehr als 80 Kilometern Tiefe plötzlich ab. Von dort, aber mit einem Tiefen-Versatz von etwa 25 Kilometern,

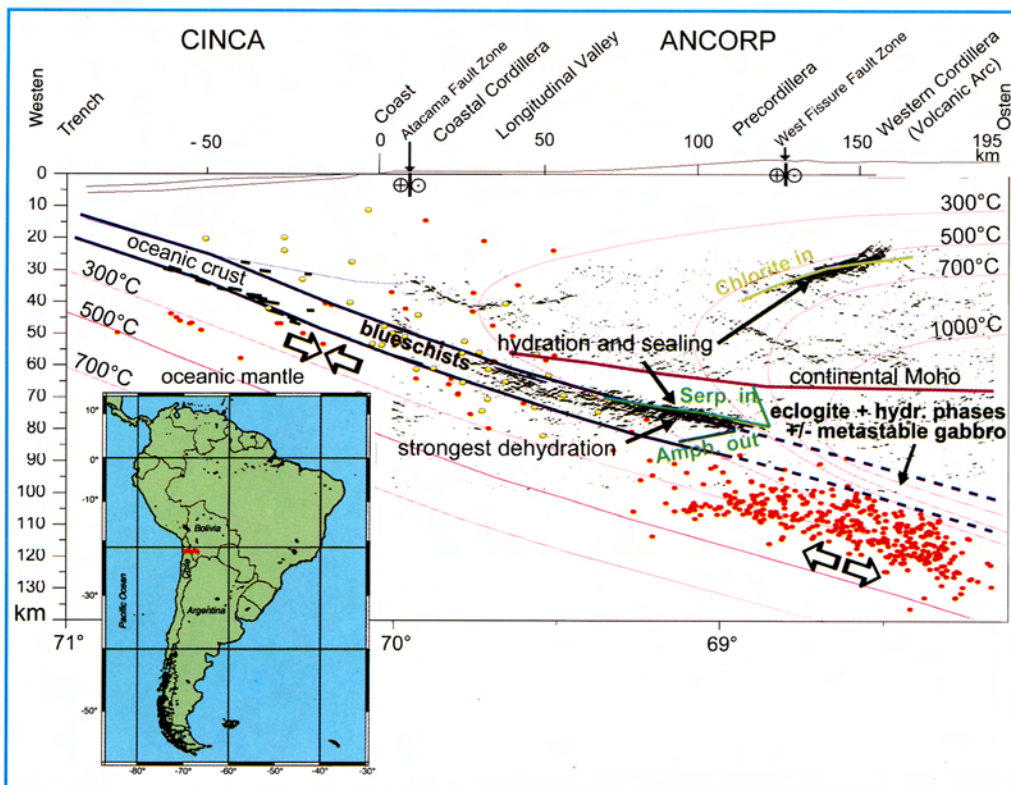
wird die Subduktionszone durch die Lage der Erdbeben markiert, die deutlich unterhalb der ozeanischen Kruste innerhalb des ozeanischen Mantels liegen.

Ein weiteres prägnantes Phänomen ist ein Bereich, in dem seismische Wellen besonders stark reflektiert werden. Er liegt unmittelbar westlich der aktiven Vulkanzone in etwa 20 bis 25 Kilometern Tiefe. An der Oberfläche korreliert dieser „bright spot“ mit dem Westrand des Altiplano-Hochplateaus, warmen Quellaustritten und mineralisierten Strömungen sowie der größten Kupferlagerstätte unseres Planeten bei Chuquibambilla. Ein Zusammenhang von Fluidanreicherungen mit der extrem reflektiven Zone ist daher sehr wahrscheinlich.

Anders als in bisher durchgeführten seismischen Experimenten über fossile Gebirge muß in aktiven Gebirgen wahrscheinlich damit gerechnet werden, daß laufende geologische Prozesse, welche die geophysikalisch meßbaren petrophysikalischen Eigenschaften beeinflussen, direkt abgebildet werden.

Dazu gehören druck- und temperaturgesteuerte Phasenübergänge und Reaktionen von Mineralen mit Volumen- und Dichteänderungen sowie frei werdendem Wasser, Aufschmelzungs Vorgänge, Fluidbewegungen sowie rheologische Übergänge von spröder zu duktiler Deformation mit entsprechendem Abfall der Festigkeit der Lithosphäre.

ANCORP ist damit eines der ersten integrierten seismischen Experimente, das diese wie im Laborversuch laufenden Prozesse in einer Subduktionszone abzubilden vermochte. Erstmals wurden geologische Prozesse mit Hilfe von seismischen Wellen sichtbar gemacht. So wurden Einblicke in die fortlaufende Umgestaltung unserer Erde gewonnen.



Tiefensektion des Randes der südamerikanischen Platte mit Steilwinkelreflexionen und Weitwinkelreflexionen im marinen Bereich. Die Punkte markieren Erdbeben, die roten Linien das modellierte Temperaturfeld. Auffallend ist die Zunahme der Reflexionsintensität der abtauchenden Platte, die ganz plötzlich bei etwa 80 Kilometern Tiefe und 130 Kilometern Entfernung von der Küste abbricht. Bemerkenswert ist weiter das Auftreten des „bright spots“ genau oberhalb in 20 bis 25 Kilometern Tiefe sowie die Korrelation beider Phänomene mit wichtigen temperaturabhängigen petrologischen Prozessen, die mit der Freisetzung und Bindung von Wasser zusammenhängen.

Die aktive seismische Vermessung erfolgte durch regelmäßig angeordnete Sprengstoffschüsse. Eine Auslage mit Meßapparaturen (Seismometern) von 25 Kilometern Länge registrierte im sogenannten „roll along“-Verfahren die aus dem Untergrund reflektierten Signale dieser Schüsse. Im Anschluß wurde mit den gleichen Apparaturen die passive Registrierung von lokalen und globalen Erdbeben in einem großen Netz um die seismische Linie herum vorgenommen.

## Abbildung geologischer Prozesse

Die mit dem ANCORP-Netz erfaßten Erdbeben zeigen jedoch, daß die Zone der subduktionsbedingten Erdbeben im Abschnitt mitteltiefer Beben (80 bis 200 Kilometer) liegt und nicht – wie bisher angenommen – den Verlauf der eigentlichen Plattenobergrenze wiedergibt. In der Zone seismischer Kopplung zwischen ozeanischer und kontinentaler Platte, oberhalb etwa 50 Kilometer Tiefe, ist die