

Abb. 3 Der innere Aufbau der Erde

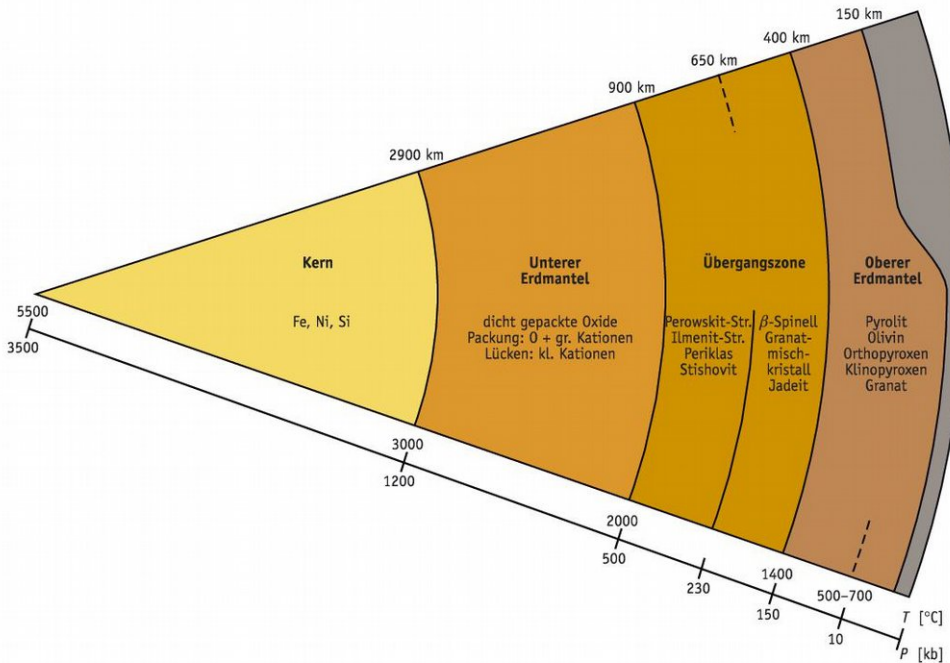


Abb. 3: Der innere Aufbau der Erde, wie er aus seismischen Daten und der chemischen Gesamtzusammensetzung ermittelt wurde. Der Erdmantel mit 67 Prozent der Erdmasse reicht bis in eine Tiefe von 2900 km. Er besteht aus Silikatmineralen. Die Schichtdicken des oberen und unteren Erdmantels sowie der Übergangszone sind nicht maßstabsgerecht dargestellt. Der Erdkern besitzt einen Durchmesser von 6850 km und macht ein Drittel der Erdmasse aus.

Exkurs: Einfrieren von Magnetfeldern und das Ausfrieren des inneren Erdkerns

Die Begriffe Einfrieren und Ausfrieren veranschaulichen hier drei physikalische Prozesse, die mit der Erzeugung des Erdmagnetfelds zusammenhängen:

Eingefrorene Magnetfelder in schnell bewegten und elektrisch sehr gut leitenden Körpern.

Bewegt sich ein Körper schnell durch ein Magnetfeld, so nimmt er dieses Feld mit. Es sieht von außen so aus, als wäre es am Körper festgefroren.

Voraussetzungen dafür sind eine sehr gute elektrische Leitfähigkeit und eine größere Ausdehnung des Körpers. Solche eingefrorenen Magnetfelder beobachten wir häufig bei Sonneneruptionen, welche die bemerkenswerten Bogenstrukturen der herausgeschleuderten Gaswolken erzeugen.

Im Erdkern treiben solche eingefrorenen Magnetfeldlinien mit den Strömungen mit. Da sie zum Teil durch Erdmantel und Erdkruste hindurch über die Erdoberfläche hinausragen, können wir beobachten, wie diese Magnetfelder entlang der Erdoberfläche wandern. Daraus können wir die horizontalen Strömungsgeschwindigkeiten des flüssigen Eisens im Erdkern ableiten.

Bewegt sich ein Körper dagegen langsam durch ein Magnetfeld, so werden durch Induktion elektrische Ströme und damit auch Magnetfelder erzeugt, die selbst ihrer Ursache entgegenwirken.

Eingefrorene Magnetfelder in alten magnetischen Gesteinen.

Bei paläomagnetischen Untersuchungen wird das Magnetfeld weit zurückliegender Zeiten analysiert, welches in magnetischen Gesteinen gespeichert ist.

Ein typischer Vorgang, bei dem solches Gestein entsteht, ist die Eruption heißer Lava aus einem Vulkan. Diese Lava kühlt über Tage und Wochen ab und erstarrt schließlich um 1000°C. Sie wird zu Basalt.

Unterschreitet die Temperatur des Basalts die Curie-Temperatur von Magnetit bei knapp 600 °C, so wird der Basalt magnetisch.

Magnetit (Fe_3O_4) ist in Basalt ein recht häufiges Mineral. Es speichert das Magnetfeld seiner unmittelbaren Umgebung. Auch diesen Prozess nennt man anschaulich das »Einfrieren« von Magnetfeldern. Die eingefrorenen Magnetfelder in Basalten bleiben über geologisch sehr lange Zeiten – bis zu mehreren Milliarden Jahren – erhalten. Diese magnetischen Aufzeichnungen lassen sich als Archiv für die Vergangenheit des Erdmagnetfelds auswerten und stellen die Grundlage der Paläomagnetik dar.

Das Ausfrieren des inneren Erdkerns.

Der feste innere Erdkern besteht aus einer Legierung von Eisen mit etwas Nickel. Es liegt nahe, diesen inneren Kern als Erstarrungsprodukt des flüssigen Gemischs des äußeren Kerns zu verstehen.

Tatsächlich scheint diese Erklärung paradox zu sein und physikalischen Gesetzen zu widersprechen, da Flüssigkeiten ja dann erstarren, wenn sie kälter werden, während die Temperatur zum Erdmittelpunkt hin zunimmt.

Entscheidend ist der Schmelzpunkt für Eisen unter den thermodynamischen Bedingungen des inneren Kerns: Der extrem hohe Druck erhöht den Schmelzpunkt der Legierung über die dort herrschende Temperatur hinaus und somit erstarrt das Eisen.

Da die Temperatur mit zunehmendem Alter der Erde durch Wärmeverlust an ihre Umgebung abnimmt, fällt mehr und mehr erstarrtes Eisen im flüssigen äußeren Kern aus und sinkt auf den inneren Kern ab, während das zurückbleibende leichtere Material nach oben steigt.

Diese kontinuierliche Anlagerung von festem Eisen an den wachsenden inneren Erdkern heißt »Ausfrieren des inneren Kerns«.

Der erstarrte innere Kern wächst auf Kosten des äußeren Kerns, weil die ganze Erde abkühlt.