

# Tektonik und Vulkanismus

## Der Schalenbau der Erde

Chemische Definition (DichteVerteilung mit seismischen Diskontinuitäten)	Physikalische Definition (Fließeigenschaften, stoffliche Konsistenz)
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Erdkruste</b> (0 – 70 km [kontinentale Kruste 30 – 50 km, unter Gebirgen bis 70 km; ozeanische Kruste 5 – 10 km])             <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>obere Kruste:</b> Sial (vorwiegend Silizium und Aluminium), auch Granitschale (Granit, Gneise, Porphyre)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Lithosphäre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erdkruste und oberer Erdmantel</li> <li>- starre Hülle, eingeteilt in Platten</li> <li>- relativ kühl</li> <li>- 0 – 100 km</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><i>Conrad-Diskontinuität</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>untere Kruste:</b> Sima (vorwiegend Silizium und Magnesium), auch Basalt- oder Gabbroschale (Basalte, Gabbro, Diorite)</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Mohorovicic-Diskontinuität („Moho“)</i></p>	<p><b>Isostasie:</b> hydrostatisches Gleichgewicht der Lithosphäre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Krustenverdickung unter Gebirgen</li> <li>- Glazialisostasie: Senkung und Hebung der Lithosphäre bei Eisbedeckung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Erdmantel</b> 2900 km             <ul style="list-style-type: none"> <li>- oberer Erdmantel 400 km</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Asthenosphäre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- plastisch</li> <li>- Gleitschicht für die Lithosphäre</li> <li>- heiß</li> <li>- ca. 100 – 200 km</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- unterer Erdmantel 2500 km</li> </ul>	fest
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Erdkern</b> 3500 km             <ul style="list-style-type: none"> <li>- äußerer Erdkern 2200 km</li> </ul> </li> </ul>	flüssig
<ul style="list-style-type: none"> <li>- innerer Erdkern 1300 km</li> </ul>	fest

### allgemein:

- **chemische Differentiation** durch die Abkühlung der ursprünglich heißen flüssigen Erde
- **seismische Diskontinuitäten:** durch Erdbebenwellen festgestellte Dichtesprünge

# Die Plattentektonik

## ■ Ausgangspunkt: Kontinentalverschiebungstheorie von Alfred Wegener

- Annahme eines Urkontinents, der zerbrach und dessen Teile auseinanderdrifteten, somit Entstehung der Ozeane (Buch „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ 1915)
- **Begründungen**
  - Ähnlichkeit des Küstenverlaufs von Afrika und Südamerika
  - paläontologische Zusammenhänge zwischen Südamerika und Afrika
  - Ähnlichkeit von Gesteinsformationen in Indien, Madagaskar und Ostafrika
  - Änderung der Kontinente im Verhältnis zu den Klimazonen (z. B. Kohle auf Spitzbergen kann nur unter tropischen Bedingungen entstanden sein)
  - Anwendung der Lehre von der Isostasie: leichtere Gebiete schwimmen auf dem schwereren Untergrund
- **Problem:** fehlende Erklärung für die wirkenden **Kräfte** der Kontinentalverschiebung
- **Bedeutung:** Grundlage für die heutige Theorie der Plattentektonik (aus den 1960er Jahren)

**Alfred Wegener** (1880-1930)  
- deutscher Meteorologe und Polarforscher  
- mehrere Grönland-Expeditionen  
- Namengeber für das Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven

## ■ Die Platten

- Existenz von 6 – 9 **Großplatten** (z. B. Eurasische Platte, Afrikanische Platte, pazifische Platte) und kleineren Platten  
Platten der Lithosphäre „schwimmen“ auf der plastischen Asthenosphäre.  
Ursache: **Konvektionsströme** durch ungleiche Wärmeverteilung im Erdmantel

### • Plattengrenzen

**Divergierende Plattengrenzen:**  
Auseinanderdriften von Platten, überwiegend in Ozeanen („sea floor spreading“)  
↓  
Entstehung neuer Lithosphäre aus erkaltem Magma (Mittelozeanische Rücken), z. B. Mittelatlantischer Rücken (mit Island)

**Konservierende Plattengrenzen (Transformstörungen):**  
Seitliches Aneinandervorbeischieben von Platten  
z. B. San Andreas-Spalte (Kalifornien)

**Konvergierende Plattengrenzen:**  
Kollision von Platten  
- Abtauchen (Subduktion) und Aufschmelzen der schwereren ozeanischen Platte: es können Tiefseegräben entstehen  
- Stauchung der leichtenen kontinentalen Platte = Gebirgsbildung (Orogenese), z. B. Anden: Nazca-Platte kollidiert mit der Südamerikanischen Platte  
- auch Kollision zweier kontinentaler Platten möglich, z. B. Entstehung des Himalaya durch Kollision der Indischen mit der Eurasischen Platte

Folgen

**Erdbeben**  
An Plattengrenzen entstehen Spannungen, die sich in Erdbeben lösen.

Markantes Beispiel:  
← **Zirkumpazifischer Feuerring** →  
Vulkangürtel um den Pazifischen Ozean, entstanden durch Plattenkollisionen

**Vulkanismus**  
Spalten an Plattengrenzen lassen Magma aufsteigen

*Fortsetzung >>>*

## >>>> Fortsetzung [Die Plattentektonik]

- **Aktuelle Beispiele entstehender Plattengrenzen**
  - **Oberrheingraben:** Aufwölbung der Erdkruste nördlich der Alpen als Folge der Alpenfaltung → Einbruch der Erdkruste bildet breiten Graben, hierbei Vulkanismus (Kaiserstuhl) – Oberrheingraben als Teilstück eines europäischen Grabenbruchsystems (Mittelmeer-Mjösen-Zone)
  - **Ostafrikanischer Grabenbruch:** lange Bruchzone (Rotes Meer – Afar-Dreieck – langgestreckte tiefe Seen, z. B. Tanganjikasee, Malawisee) als beginnende Plattengrenze, Rotes Meer als neuer Ozean [**Afar-Dreieck** (Äthiopien): Berührung der Afrikanischen, der Arabischen und einer neu entstehenden ostafrikanische Platte]
  - **Jordangraben:** Bruchzone zwischen Totem Meer (größte Depression der Erde, ca. 420 Meter unter NN) und See Genezareth – Fortsetzung des Roten Meeres nach Norden
  - **evtl. quer durch Afrika** („Kamerunlinie“): Hinweise darauf könnten die Vulkane des Kamerunberges und des Emi Kussi Kraters im Tibestigebirge sein.
- **Hot spot** (heißer Fleck)
  - **ortsfester Magmaschlot** im Erdmantel mit Aufschmelzungspunkt in der Lithosphäre
  - kann zur Entstehung von Vulkanen führen, die sich **mittin in Platten** und nicht an Plattengrenzen befinden
  - Bei Wanderung der Platten können Vulkanreihen entstehen (z. B. Hawaii).
  - Eine **Reihe** von hot spots kann die Entstehung einer Plattengrenze bewirken.

## ■ Der Wilson-Zyklus

- **allgemein:** Theorie des kanadischen Geowissenschaftlers J. T. Wilson (1970)
  - kreislaufartiger Ablauf der Plattenbewegung
  - Wiederholung des Zyklus etwa alle 250 Millionen Jahre
  - zyklische Ausbreitung (Phasen 1 – 4) und Verengung (Phasen 5 – 8) von Ozeanen
  - gleichzeitiger Ablauf mehrerer Zyklen an verschiedenen Stellen

### • Phasen

Phase	Stadium	Prozesse	Beispiele
1. Phase	<b>Ruhestadium</b>	einheitliche kontinentale Platte	Eurasische Platte
2. Phase	<b>Grabenstadium</b>	Aufwölbung einer Platte durch Magmaaufstieg → Aufbrechen der Platte (Graben)	Ostafrikanischer Grabenbruch, Oberrheingraben
3. Phase	<b>Ozeanisches Jugendstadium</b>	Erweiterung und Absenkung des Grabens	Rotes Meer
4. Phase	<b>Ozeanisches Reifestadium</b>	Ausdehnung des Grabens zum Ozean; Entstehung eines Mittelozeanischen Rückens	Atlantik
5. Phase	<b>Ozeanisches Reduktionsstadium</b>	Umkehrung der Plattendrift → beginnende Verkleinerung des Ozeans mit konvergierenden Plattengrenzen und Subduktion	Pazifik (?)
6. Phase	<b>Ozeanisches Endstadium</b>	Schrumpfung des Ozeans und Bildung von Gebirgen	Mittelmeer
7. Phase	<b>Kollisionsstadium</b>	Zusammentreffen der kontinentalen Platten, Verschwinden des Ozeanbodens	Himalaja, Ural
8. = 1. Phase	<b>Ruhestadium</b>	einheitliche kontinentale Platte	Eurasische Platte

# Vulkanismus

## ■ Haupttypen: Schicht- und Schildvulkane

	<b>Schichtvulkan (Stratovulkan)</b>	<b>Schildvulkan</b>
<b>FORM:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kegel mit zentralem Krater</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flache Wölbung           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Islandtyp: kleinerer Typ</li> <li>- Hawaityp: größerer Typ</li> </ul> </li> </ul>
<b>AUFBAU:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• abwechselnd Schichten von Lava und Lockermaterial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavaschichten</li> </ul>
<b>ERUPTION:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• explosiv und effusiv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• effusiv: ruhiges aber schnelles gleichmäßiges Ausfließen von Lava</li> </ul>
<b>FÖRDERPRODUKTE:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zähflüssige gasreiche saure (<math>\text{SiO}_2</math>-reich) Lava (<math>\rightarrow</math> Rhyolithe), Gase, Tephra (Asche, Lapilli, Bomben, in verfestigter Form als „Tuff“ bezeichnet)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dünnflüssige gasarme basische Lava (<math>\rightarrow</math> Basalte)</li> </ul>
<b>VORKOMMEN:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zumeist an Subduktionszonen (zirkumpazifischer Feuerring, Indonesien)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittelozeanische Rücken, Riftzonen, Vulkane über Hot spots</li> </ul>

## ■ Beispiele bedeutender Vulkanausbrüche

- **Santorin** (früher **Thera** genannt – Griechenland) **ca. 1500 v. Chr.**
  - Entstehung einer Caldera und dadurch eines Tsunamis
- **Vesuv 79 n. Chr.** (bei Neapel)
  - Ausbruchphasen („plinianischer Ausbruch“)
    - 1.) Bimssteinregen (Bimsstein = gasreiche, in der Luft rasch erstarrte Lava)
    - 2.) erste pyroklastische Welle: Welle aus Gas, heißer Asche und geschmolzenem Gestein
    - 3.)  $\text{CO}_2$ -Wolke
    - 4.) zweite pyroklastische Welle
    - 5.) Giftwolke
  - Ergebnis: Zerstörung der antiken römischen Stadt **Pompeji**, aber dadurch auch Konserverierung der Ruinen
- **Tambora 1815** (Insel Sumbawa, Indonesien)
  - Abkühlung (ca. 3-4°C) durch Aschewolke (ca.  $150 \text{ km}^3$ ): Tambora-Kälte (Jahr ohne Sommer 1816) mit Missernten und Hungersnöten
- **Krakatau 1883** (Indonesien – zwischen den Inseln Sumatra und Java)
  - Einbruch des Vulkans durch völlige Leerung der Magmakammer
    - $\rightarrow$  Entstehung einer Caldera (= Einsturzkrater) und eines Tsunamis
- **Mount St. Helens 1980** (USA)
  - extreme Explosion sprengte den Gipfel des Vulkans weg

*Fortsetzung >>>>*

## ■ weitere vulkanische Formen

- **vulkanische Decke:** großflächiges Plateau aus dünnflüssiger basaltischer Lava (auch als „Trapp“ bezeichnet)  
Beispiele: Dekkan-Trapp (Indien), Paranábecken (Südbrasilien)
- **Caldera:** Einsturzkrater, entstanden durch Entleerung der Magmakammer
- **Maar:** runde Hohlform, oft mit See
  - Entstehung durch vulkanische **Gasexplosion** (durch Vermischung von Magma und Wasser) – Gesteinsmassen werden herausgeschleudert und ringförmig abgelagert
  - Unterschiede zum Vulkan: keine vulkanischen Förderprodukte (Lava, Asche etc.)  
kein Berg, sondern herausgesprengtes Loch mit Ringwall

## ■ Nachvulkanische Erscheinungen

- **Quellen**
  - **Mineralquellen:** Wasser mit gelösten Stoffen (z. B. Salz, Eisen, Jod)
  - **Thermalquellen:** warmes Wasser 20 – 50°C
  - **Heiße Quellen:** heißes Wasser ab 50°C (hier z. T. Sinterbildung: Abscheidung gelöster Substanzen, z. B. Kalksinter, Kieselsinter)
  - **Geysire:** Springquellen (Fontänen von unter Überdruck stehendem Wasser und Wasserdampf)
- **Gasaushauchungen (Exhalationen)**
  - **Fumarolen:** Wasserdämpfe mit verschiedenen Stoffen (z. B. Chlor, Fluor, Schwefel) 200 – 1000°C
  - **Solfataren:** schwefelhaltige Wasserdämpfe 100 – 200°C (bekannt nach der Solfatara in den Phlegräischen Feldern bei Neapel)
  - **Mofetten:** kohlensäurehaltige Gase bis 100°C
- **Verringerung der geothermischen Tiefenstufe** [Zunahme der Erdwärme um 1°C Richtung Erdmittelpunkt]: ca. 10 Meter statt 33 Meter

**Plutonismus:** magmatische Vorgänge im Erdinnern bzw. der Erdkruste

- Aufsteigen von wasserhaltigem Magma bis in die Erdkruste, nicht aber – wie beim Vulkanismus – an die Erdoberfläche
- somit Bildung von Plutonen in der Erdkruste (Batholithen und Lakkolithen)
- langsame Abkühlung
- Entstehung von Tiefengesteinen (Plutonite), überwiegend Granit