

Tektonik und Vulkanismus

Der Schalenbau der Erde

Chemische Definition (Dichteverteilung mit seismischen Diskontinuitäten)	Physikalische Definition (Fließigenschaften, stoffliche Konsistenz)
<ul style="list-style-type: none"> • Erdkruste (0 – 70 km [kontinentale Kruste 30 – 50 km, unter Gebirgen bis 70 km; ozeanische Kruste 5 – 10 km]) <ul style="list-style-type: none"> - obere Kruste: Sial (vorwiegend Silizium und Aluminium), auch Granitschale (Granit, Gneise, Porphyre) <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p style="text-align: center;"><i>Conrad-Diskontinuität</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - untere Kruste: Sima (vorwiegend Silizium und Magnesium), auch Basalt- oder Gabbroschale (Basalte, Gabbro, Diorite) <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p style="text-align: center;"><i>Mohorovicic-Diskontinuität („Moho“)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lithosphäre <ul style="list-style-type: none"> - Erdkruste und oberer Erdmantel - starre Hülle, eingeteilt in Platten - relativ kühl - 0 – 100 km <div style="border: 1px dotted black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Isostasie: hydrostatisches Gleichgewicht der Lithosphäre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Krustenverdickung unter Gebirgen - Glazialisostasie: Senkung und Hebung der Lithosphäre bei Eisbedeckung </div>
<ul style="list-style-type: none"> • Erdmantel <ul style="list-style-type: none"> - oberer Erdmantel 400 km 	<ul style="list-style-type: none"> • Asthenosphäre <ul style="list-style-type: none"> - plastisch - Gleitschicht für die Lithosphäre - heiß - ca. 100 – 200 km
<ul style="list-style-type: none"> - unterer Erdmantel 2500 km 	fest
<ul style="list-style-type: none"> • Erdkern <ul style="list-style-type: none"> - äußerer Erdkern 2200 km 	flüssig
<ul style="list-style-type: none"> - innerer Erdkern 1300 km 	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 erkaltetem Magma (Mittelozeanische Rücken), z. B. Mittelatlantischer Rücken (mit Island)

Konservierende Plattengrenzen (Transformstörungen):

Seitliches Aneinander vorbeischieben 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 leichteren 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 >>>>

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

Vulkanismus

■ Haupttypen: Schicht- und Schildvulkane

	Schichtvulkan (Stratovulkan)	Schildvulkan
FORM:	<ul style="list-style-type: none">• Kegel mit zentralem Krater	<ul style="list-style-type: none">• flache Wölbung<ul style="list-style-type: none">- Islandtyp: kleinerer Typ- Hawaiiityp: größerer Typ
AUFBAU:	<ul style="list-style-type: none">• abwechselnd Schichten von Lava und Lockermaterial	<ul style="list-style-type: none">• Lavaschichten
ERUPTION:	<ul style="list-style-type: none">• explosiv und effusiv	<ul style="list-style-type: none">• effusiv: ruhiges aber schnelles gleichmäßiges Ausfließen von Lava
FÖRDERPRODUKTE:	<ul style="list-style-type: none">• zähflüssige gasreiche saure (SiO₂-reich) Lava (→ Rhyolithe), Gase, Tephra (Asche, Lapilli, Bomben, in verfestigter Form als „Tuff“ bezeichnet)	<ul style="list-style-type: none">• dünnflüssige gasarme basische Lava (→ Basalte)
VORKOMMEN:	<ul style="list-style-type: none">• zumeist an Subduktionszonen (zirkumpazifischer Feuerring, Indonesien)	<ul style="list-style-type: none">• Mittelozeanische Rücken, Riftzonen, Vulkane über Hot spots

■ 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)
 - Ausbruchsphasen („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.) CO₂-Wolke
 - 4.) zweite pyroklastische Welle
 - 5.) Giftwolke
 - Ergebnis: Zerstörung der antiken römischen Stadt **Pompeji**, aber dadurch auch Konservierung der Ruinen
- **Tambora 1815** (Insel Sumbawa, Indonesien)
 - Abkühlung (ca. 3-4°C) durch Aschewolke (ca. 150 km³): 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
 - Entstehung einer Caldera (= Einsturzkrater) und eines Tsunamis
- **Mount St. Helens 1980** (USA)
 - extreme Explosion sprengte den Gipfel des Vulkans weg

■ 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 vulkanische 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:** kohlenstoffhaltige 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 (Batholithe und Lakkolithe)
- langsame Abkühlung
- Entstehung von Tiefengesteinen (Plutonite), überwiegend Granit