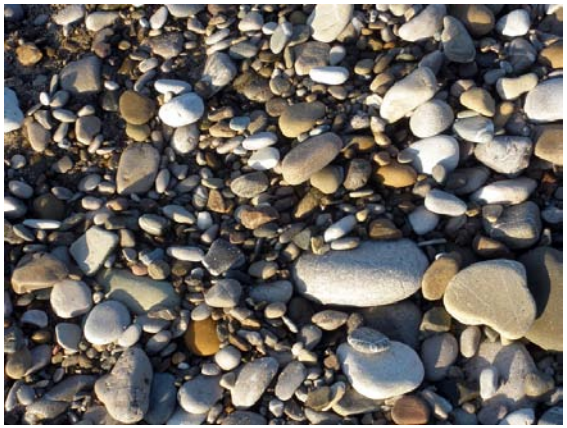
geo-life

Geologie & Tourismus

Einführung in die Geologie



Mark Feldmann
Dr.sc.nat. ETH

Ihr Profi für geo-kulturelle Führungen und Exkursionen
Buchholzstrasse 58 | 8750 Glarus | 078 660 01 96 | www.geo-life.ch

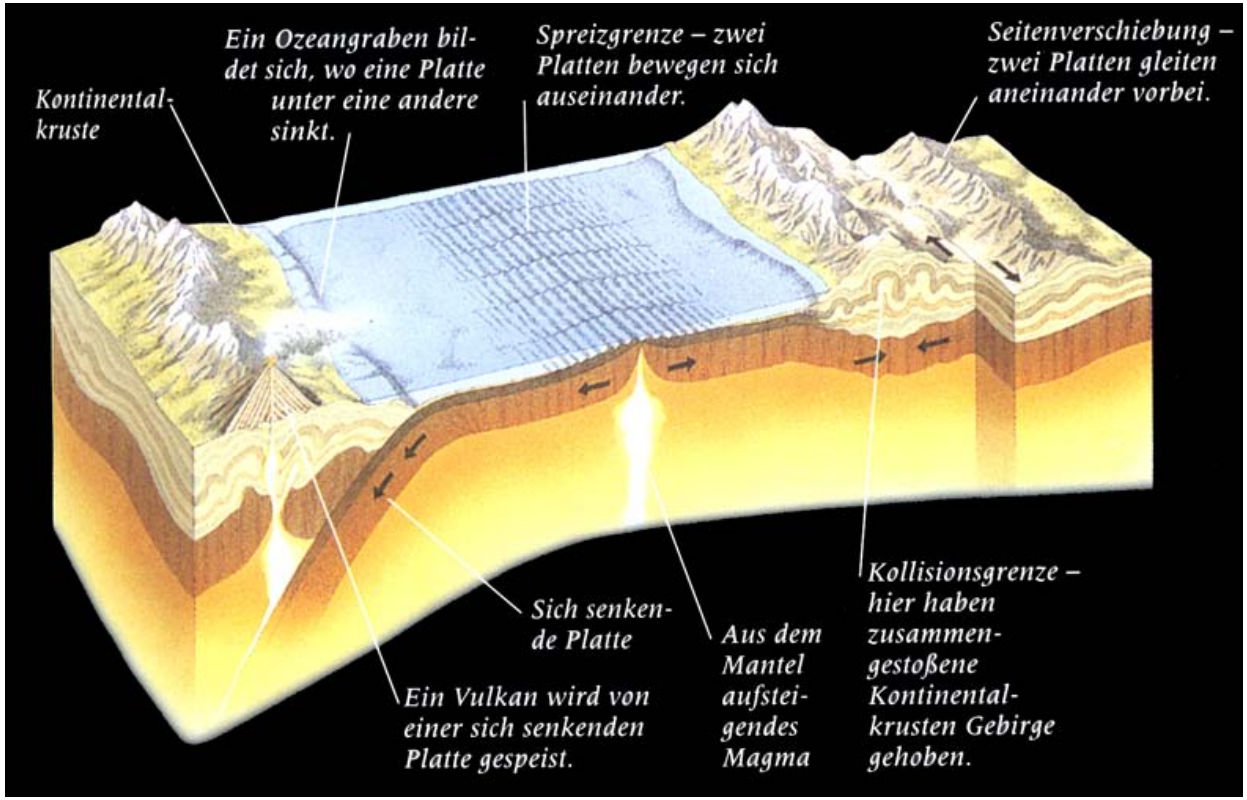
Inhalt

- Aufbau der Erde
- Kristall, Mineral, Gestein
- Magmatische Gesteine
- Sedimente
- Metamorphe Gesteine
- Prozesse

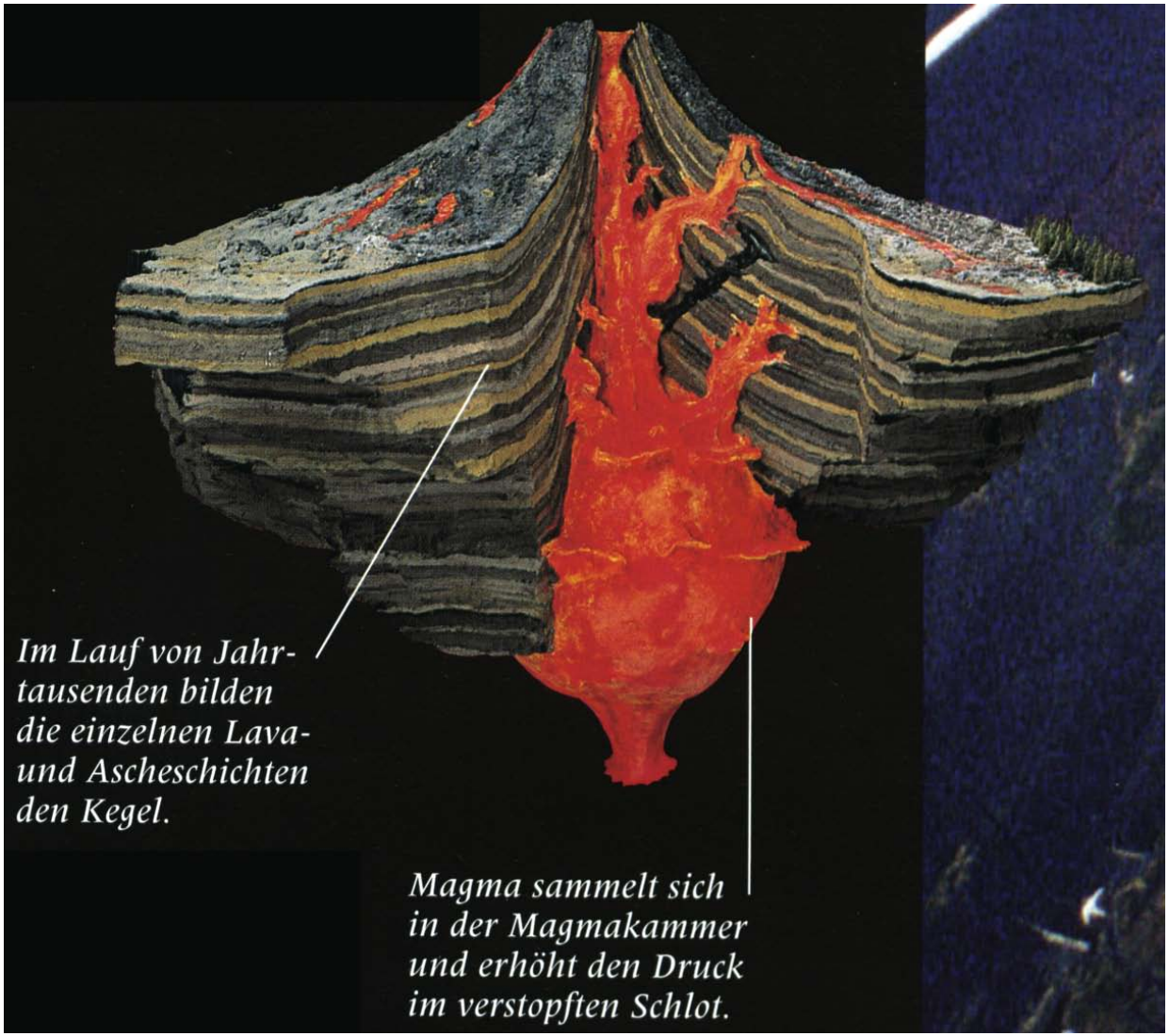
Stromboli

Magmatische Gesteine

Die auffälligste magmatische Erscheinung sind sicher die Vulkane, durch die das Magma aus dem Erdinnern als Lava an die Erdoberfläche tritt.



Die Wärme im Erdinnern entsteht durch natürlichen Zerfall von radioaktiven Elementen. Dabei erhitzt sich die Materie an manchen Stellen so sehr, dass sie flüssig bzw, gasförmig wird und aufsteigt.

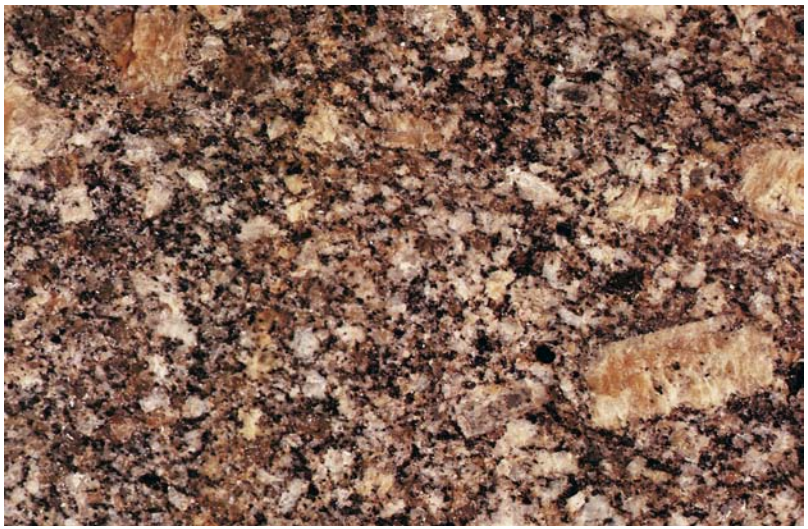


Die aufsteigende Schmelze, welche Mineralien und Gase mit sich trägt, durchschlägt die überlagernden Gesteine.
Dabei kann sie sich in einer Magmakammer ansammeln, in Form von Gängen Sedimente durchbohren oder als Lava eines Vulkans an der Erdoberfläche austreten. Wenn die Schmelze abkühlt entstehen Gesteine.
Alle Gesteine, die aus solchem Magma gebildet wurden, heissen magmatische Gesteine.

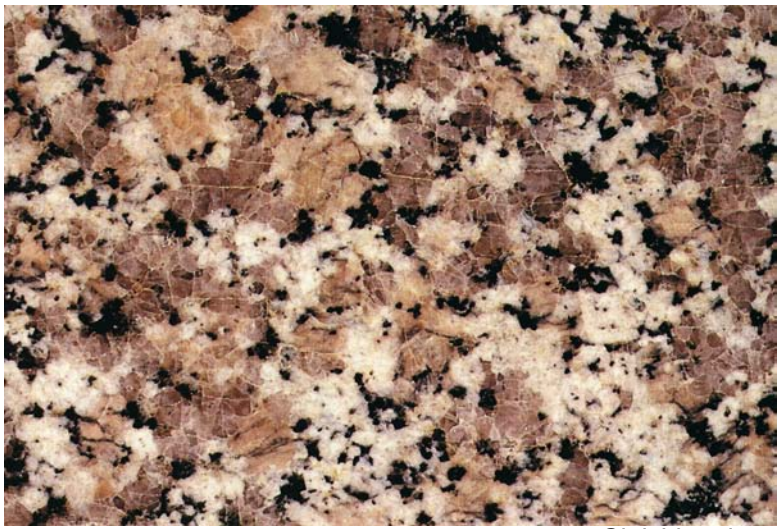
Abhängig von der Geschwindigkeit der Abkühlung, entstehen unterschiedliche Strukturen und mineralogische Zusammensetzungen in den magmatischen Gesteinen.

Magmatische Strukturen

Eine Einteilung nach der Korngrösse vermittelt einen Einblick in die Art und Weise wie die magmatischen Gesteine entstanden sind.
Wenn sich Magma in der Tiefe langsam abkühlt, kristallisiert die gesamte Schmelze aus und es bildet sich eine grobkörnige Struktur des Gesteins (Tiefengesteine oder Plutonite).



Porphyrischer (ungleichkörniger) Granit



Gleichkörniger Granit

Bei einer schnelleren Abkühlung nahe der Erdoberfläche ergibt sich eine mittelkörnige Struktur (Ganggesteine).

Aplit
Ganggestein

Eine rasche Abkühlung nach einem Vulkanausbruch, wobei nur ein Teil oder gar nichts auskristallisiert (Vulkanite), führt zu einer feinkörnigen oder glasigen Struktur.

Basalt,
amorph-
feinkörnig

Obsidian,
glasig

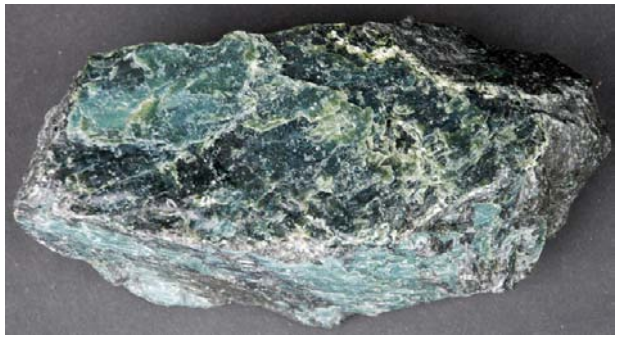
Das Gefüge (die Struktur) ist somit vom Ort abhängig, in dem das Gestein entstanden ist.

Mineralogische Zusammensetzung

Die magmatischen Gesteine können aufgrund ihrer mineralogischen Zusammensetzung unterteilt werden. Entscheidend ist dabei der Silizium-Gehalt (Si) der Schmelze.
Bei hohem Si-Gehalt besteht die Möglichkeit, dass Quarz und Feldspäte auskristallisieren. Die Gesteine werden dann als „sauer“ bezeichnet. Typisch für saure Gesteine sind ihre helle Farbe und die geringe Dichte. Ein Granit besteht vor allem aus Quarz, Feldspat und Glimmer.
Bei niedrigen Si-Gehalten („basische“ Gesteine) treten nur Ca-Plagioklase auf. Quarz fehlt und Eisen sowie Magnesium spielen eine wichtige Rolle. Die Dichte der basischen Gesteine ist höher als diejenige der sauren Gesteine. Basische Gesteine enthalten neben Feldspat dunkle Mineralien wie Hornblende und Augit.
Bei extrem niedrigen Si-Gehalten („ultrabasische“ Gesteine) treten nicht einmal mehr Feldspäte auf, sondern nur noch Olivin als Hauptmineral.
Ultrabasische Gesteine sind dem Gestein des Erdmantels ähnlich.

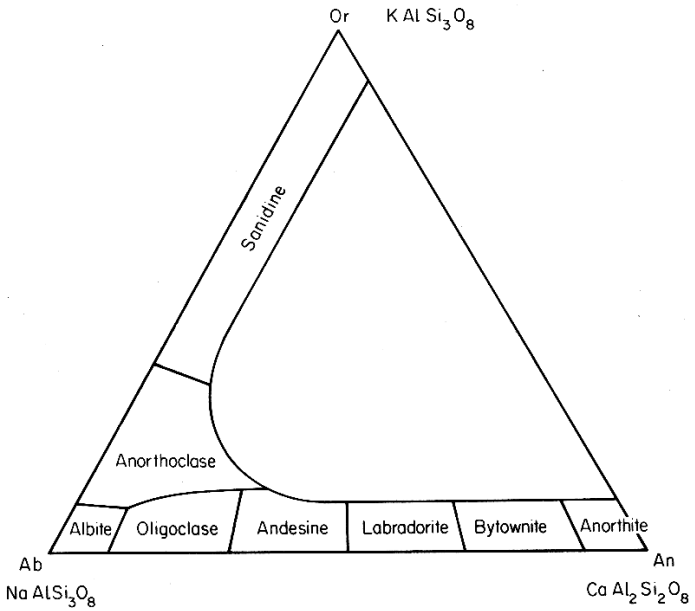
Granit

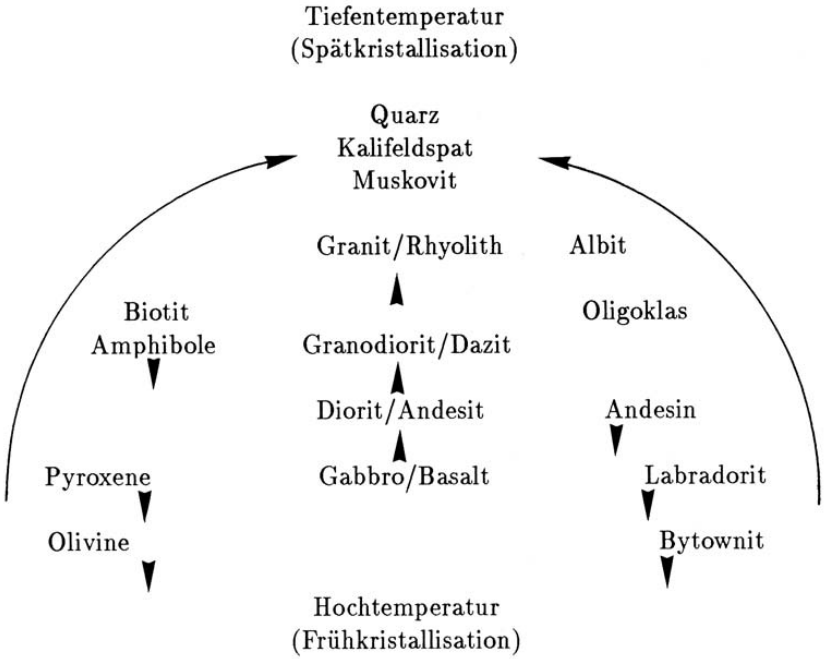
Basalt

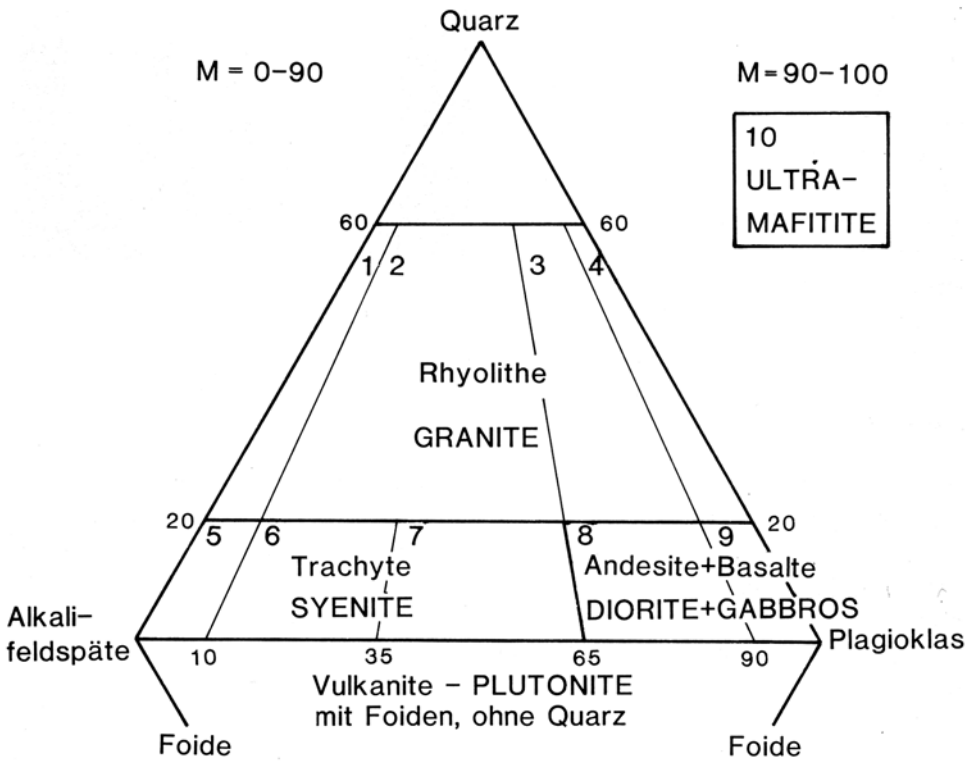

Serpentinit

Magmatische Differentiation

Steigt ein Magma durch die Lithosphäre zur Erdoberfläche auf, so kühlt es sich langsam ab und verändert seine ursprüngliche Zusammensetzung durch Differentiationsprozesse. Durch gravitatives Absinken spezifisch schwerer Mineralien wie Olivin, Pyroxen u.a. entsteht an der Basis von Magmenkammern eine Kumulatlage bei Kristallisationstemperaturen von 1400°C bis 1270°C. Diese Mineralien sind reich an Magnesium (Mg), Eisen (Fe), Chrom (Cr) und Nickel (Ni). Das aus Erstkristallisaten abgespaltene Gestein kann ein Peridotit oder Gabbro sein.
Es bleibt eine Restschmelze zurück, welche an Silizium (Si), Aluminium (Al), Calcium (Ca) und Kalium (K) angereichert ist. Durch fortschreitende Differentiation entstehen weitere Magmen, die eine Vielfalt vulkanischer und plutonischer Gesteine ergeben können.
Granit ist ein Beispiel eines langsam, vollständig auskristallisierten, relativ stark differenzierten Tiefengesteins, bestehend aus Plagioklas, Kalifeldspat und Quarz, das bei Temperaturen von 600°C bis 700°C entstanden ist.







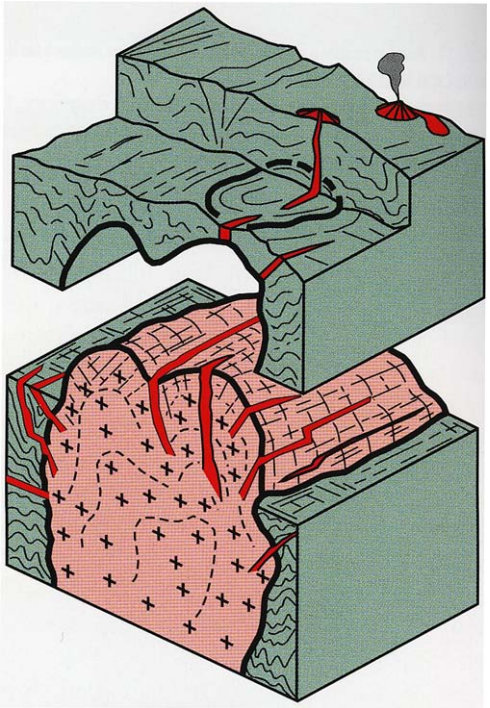
	Vulkanite	PLUTONITE
1	Alkalifeldspat-Rhyolith	ALKALIFELDSPAT-GRANIT
2	Rhyolith	GRANIT
3	Dacit	GRANODIORIT
4	Plagidacit	TONALIT
5	Alkalifeldspat-Trachyt	ALKALIFELDSPAT-SYENIT
6	Trachyt	SYENIT
7	Latit	MONZNIT
8	Latiandesit/Latibasalt	MONZODIORIT/MONZOGABBRO
9	Andesit/Basalt	DIORIT/GABBRO
10	Pikrit	PERIDOTIT/PYROXENIT/ HORNBLENDIT

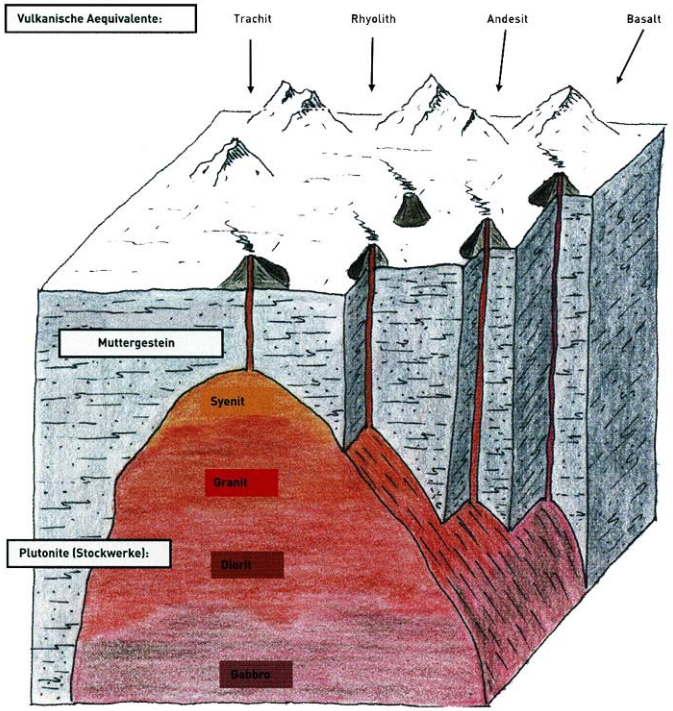
M- Gehalt (%) an dunklen (mafischen) Mineralien

Internationale Klassifikation

Die magmatischen Gesteine werden in eine Anzahl von Gesteinsfeldern eingeteilt.
Ist der Anteil an dunklen (mafischen) Mineralen grösser als 90%, handelt es sich um Ultramafitite.
Ansonsten werden die Gesteine aufgrund der hellen Mineralien Quarz, Alkalifeldspat und Plagioklas eingeteilt. Dabei gibt es für jedes Feld einen Plutonit und einen Vulkanit.

Magmatite




Vulkanische Aequivalente:
Trachit
Rhyolith
Andesit
Basalt
Muttergestein
Syenit
Granit
Plutonite (Stockwerke):
Diorit
Gabbro

Saure Gesteine

Rhyolith

Granit

Basische Gesteine

Basalt

Gabbro

Bergeller Granit

Gesteinsbestimmung

Für den täglichen Gebrauch wird eine einfache Einteilung herangezogen,
bei der zur Gesteinsbestimmung folgendermassen vorgegangen wird:

1. Ist das Gestein ganz auskristallisiert (wobei zwischen fein-, mittel- und grobkörnig unterschieden werden kann), teilweise auskristallisiert oder amorph/glasig?
2. Enthält das Gestein Quarz und Feldspat, nur Feldspäte (welche?) oder keine dieser Mineralien? Jetzt wird das Feld, in dem das Gestein zu suchen ist bestimmt.
3. Bimsstein und Obsidian sind glasige, saure Vulkanite. Bimsstein ist hell und äusserst porös (schwimmt), Obsidian ist ein dichtes schwarzes Glas.

Bimsstein

4. Helle feinkörnige Ganggesteine heissen Aplite, die grobkörnigen nennen wir Pegmatite (interessant für Edelsteine und Gold).

Pegmatitgang in Granit

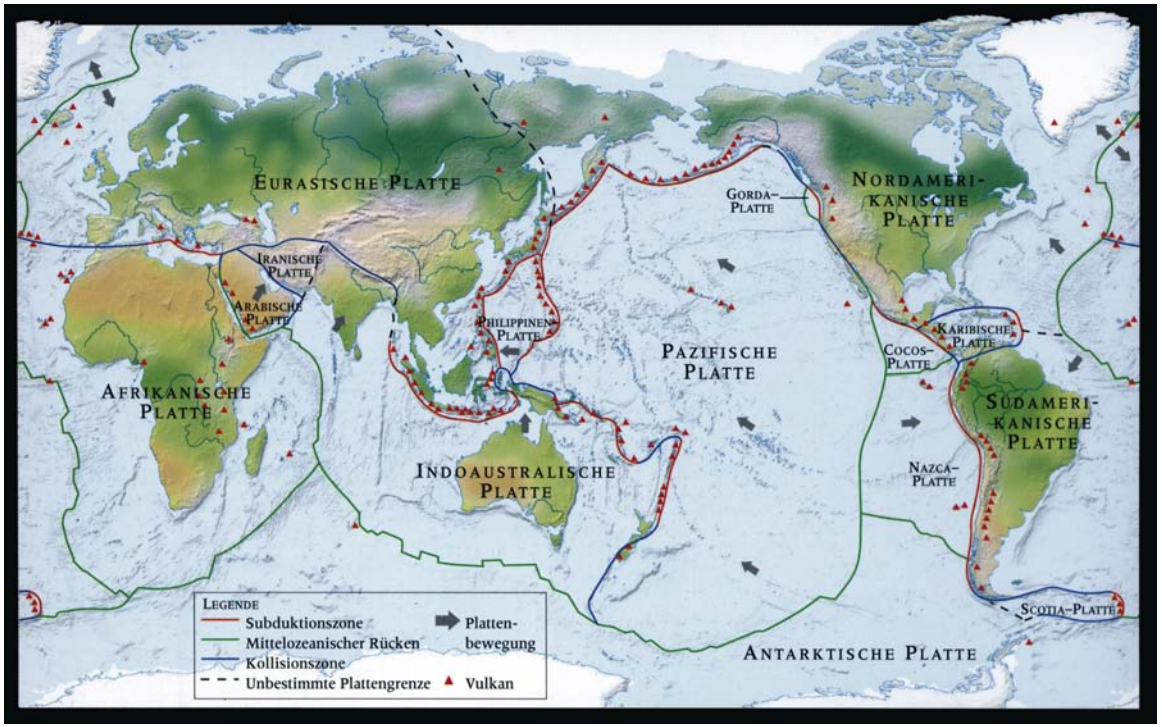
Turmaline in Pegmatitgang

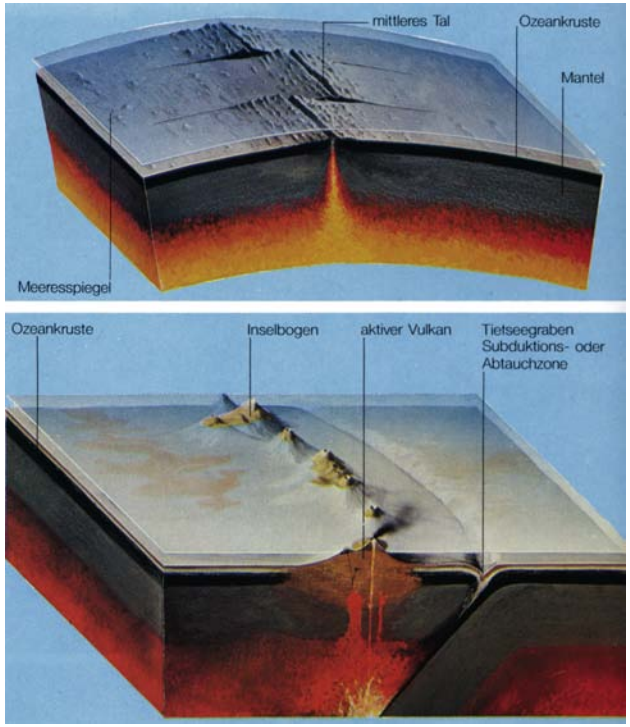
Übersicht der magmatischen Gesteine

	Struktur						
Vulkanische Gesteine	glasig	porös	Bimsstein				
		dicht	Obsidian				
	teilweise kristallisiert		Ignimbrit Rhyolith	Trachyt	Andesit	Basalt	
Ganggesteine	ganz kristallisiert	feinkörnig	Aplit	Lamprophyr		Diabas	Dolerit
		grobkörnig	Pegmatit				
Plutonische Gesteine und ihre mineralogische Zusammen-setzung		mittelkörnig	GRANIT Quarz+ Kalifeldspat+ Plagioklas+ Biotit	SYENIT Kalifeldspat+ Hornblende	DIORIT intermediärer Plagioklas+ Hornblende	GABBRO basischer Plagioklas+ Pyroxen+ Olivin+ Hornblende	PERIDOTIT Olivin+ Pyroxen+ Hornblende
Chemismus			sauer	intermediär		basisch	ultrabasisch

Entstehungsorte magmatischer Gesteine

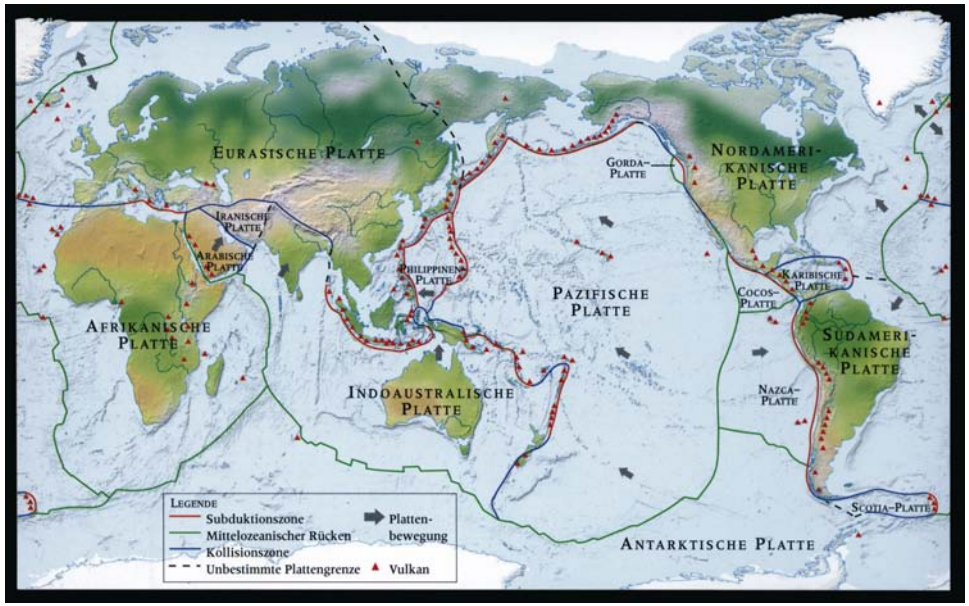
Die Orte, an denen magmatische Gesteine entstehen können, sind nicht wahllos über die Erde verteilt, sondern richten sich nach den plattentektonischen Strukturen. Man findet sie an Plattengrenzen (Island), in Dehnungszonen (Rheingraben, Ostafrikanischer Graben) oder in extrem heissen Zonen, sogenannten „Hot Spots“ (Hawaii).





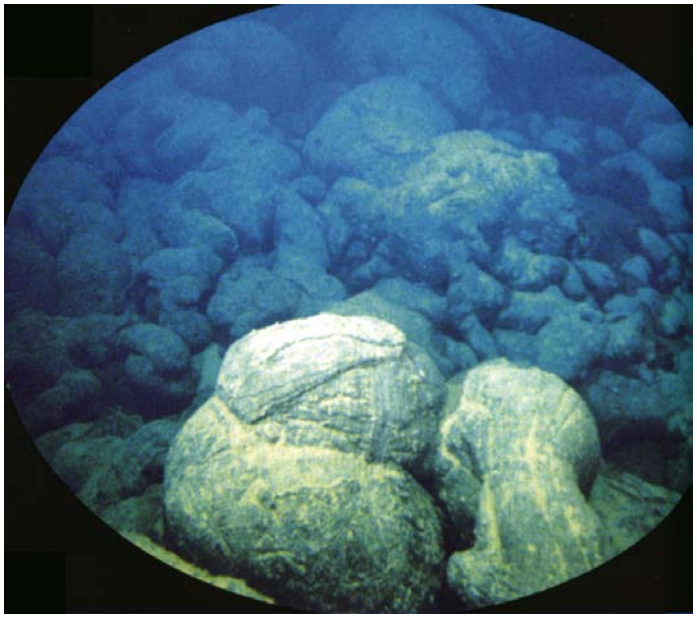
Konstruktiver Plattenrand

Im Bereich konstruktiver Plattengrenzen steigt Wärme aus der Asthenosphäre auf. Geschmolzenes Material dringt durch die Kruste und kristallisiert im Untergrund langsam aus. Dabei sinken die zuerst auskristallisierten Mineralien (vor allem Olivin) auf den Grund und es bilden sich Peridotite. Mit zunehmender Abkühlung kristallisieren weitere Mineralien aus, wobei Gabbros entstehen. Die noch flüssige Restschmelze dringt bis an die Oberfläche, wo sie in untermeerischen Vulkanen als Basalt ausfliesst. Ihre Erstarrungsform als Kissen- oder Pillow-Laven ist charakteristisch für submarine Vulkane.
Die gesamte Abfolge dieser Gesteine wird als „Ophiolith“ bezeichnet.

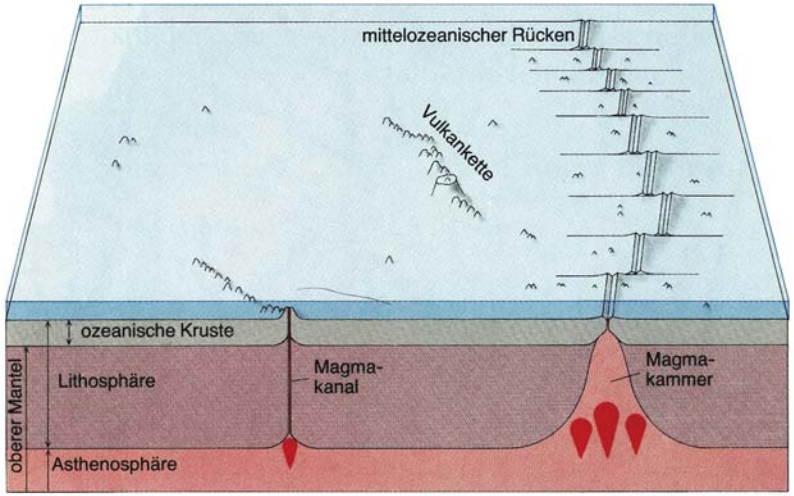


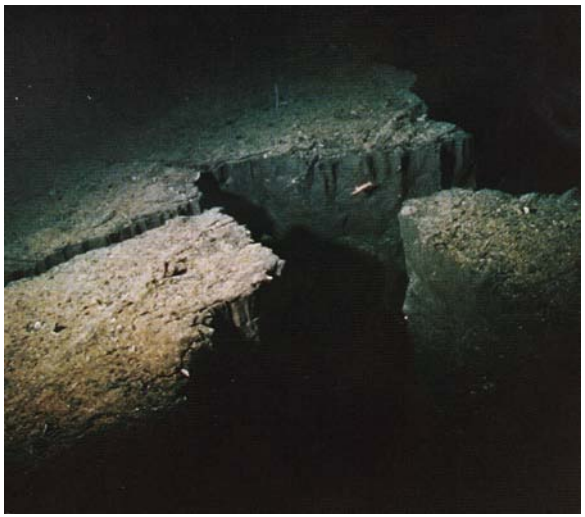
Kissenlava

Flüssige Lava fliesst ins Meer, wird durch das kalte Wasser abgeschreckt und es bilden sich kissenförmige Lavaklumpen.



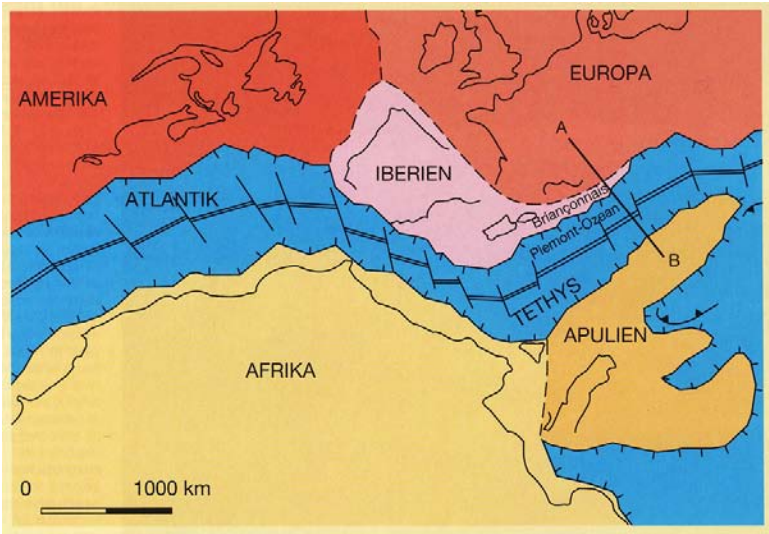
Mittelozeanischer Rücken



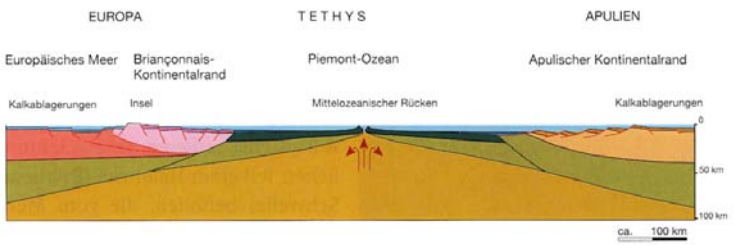

Seafloor spreading

Black smoker

Pillow lava

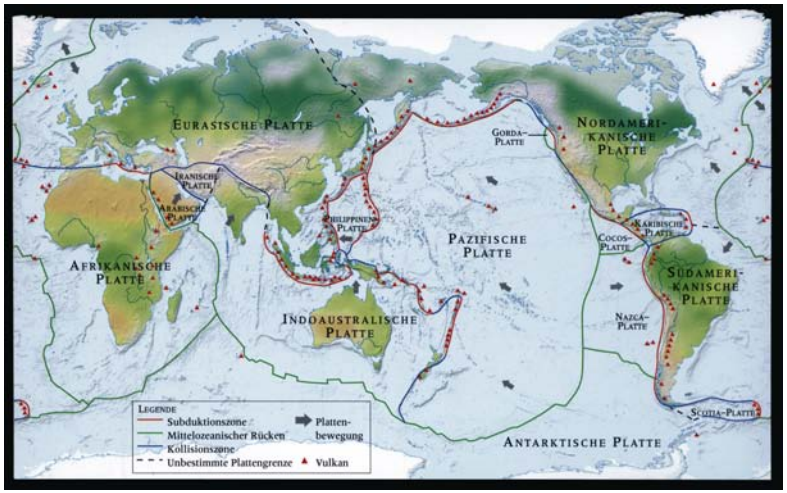


Kissenlava (Pillows),
Marmorera Stausee (GR)



Destruktiver Plattenrand

In Subduktionszonen (destruktive Plattengrenze) wird das Material aus einem oberflächlichen, kühlen Stockwerk in ein tieferes viel wärmeres gebracht, wo es plötzlich zur Gesteinsaufschmelzung kommt. Diese Magmen steigen in die darüberliegende Kruste der oberen Platte auf. Hier kann zusätzlich noch Krustenmaterial aufgeschmolzen werden. Die Magmen kristallisieren als Plutone aus (Bildung von „granitischen“ Gesteinen) oder bilden an der Oberfläche „rhyolithische“ Vulkane.



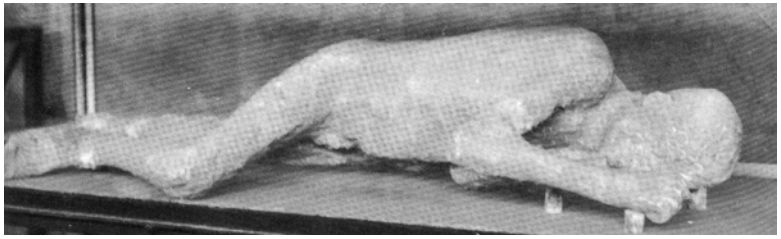
Fujijama

Mount Saint Helens, Washington (USA)

Auswirkungen von Vulkanen

Bei Vulkanen treten neben der Haupteruption oft auch Aschenregen auf. Dabei wird vulkanische Asche mehrere km in die Atmosphäre geschleudert, von wo sie dann auf das umliegende Land „niederregnet“. Durch die Unmenge Asche, die sich dabei absetzt, können sich in Verbindung mit Regen auch Schlammlawinen bilden, die verheerende Folgen für umliegende bewohnte Gebiete haben.

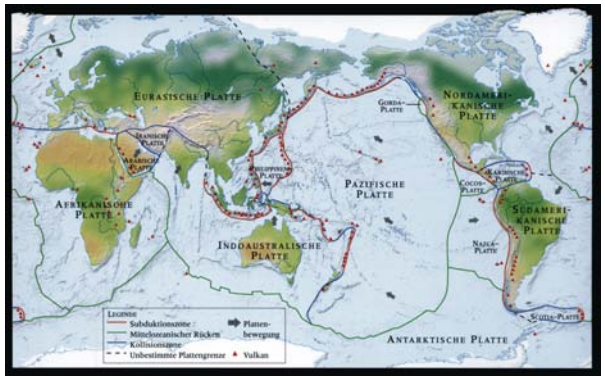
Auswirkungen von Vulkanen



Ist ein Krater zu einem See geworden, so wird bei einem Ausbruch die Gewalt der Explosionen durch eindringendes Wasser, das sich als Wasserdampf mit dem Magma vermischt, noch erhöht. Die mit dem Wasser vermischte Asche fliesst als Schlammstrom zu Tal und wirkt ebenso zerstörerisch wie der Lavastrom.

Dehnungszone (Graben)

Bricht eine Platte mit kontinentaler Kruste langsam auseinander, so steigen in der sich bildenden Dehnungszone (Graben) Magmen auf, die chemisch ganz unterschiedlich zusammengesetzt sein können. Bestes Beispiel dafür sind die ostafrikanischen Grabensysteme mit ihren Vulkankomplexen.

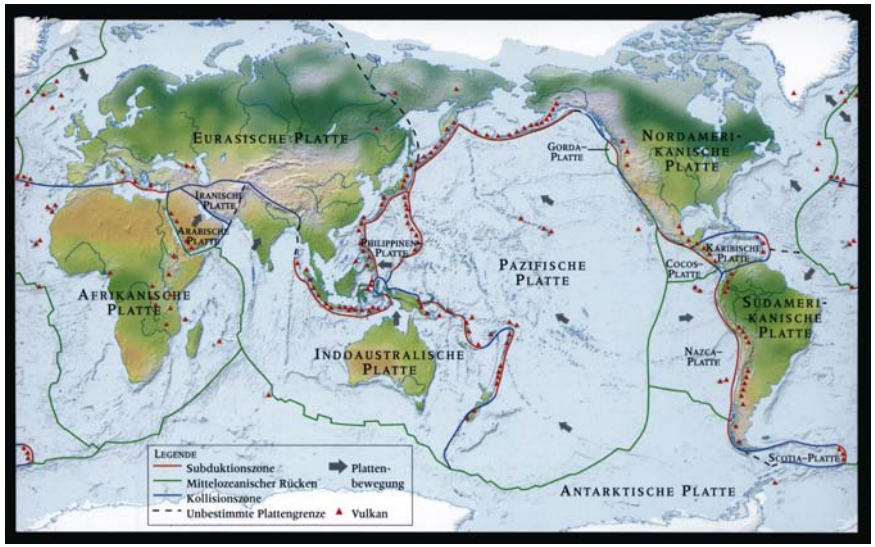


Kilimandscharo

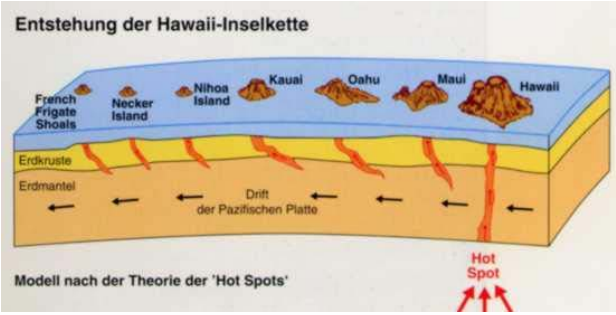
Rift-Valley, Kenia

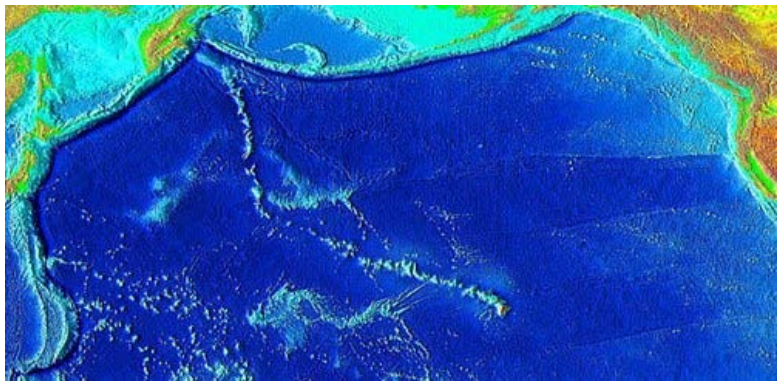
Hot Spot

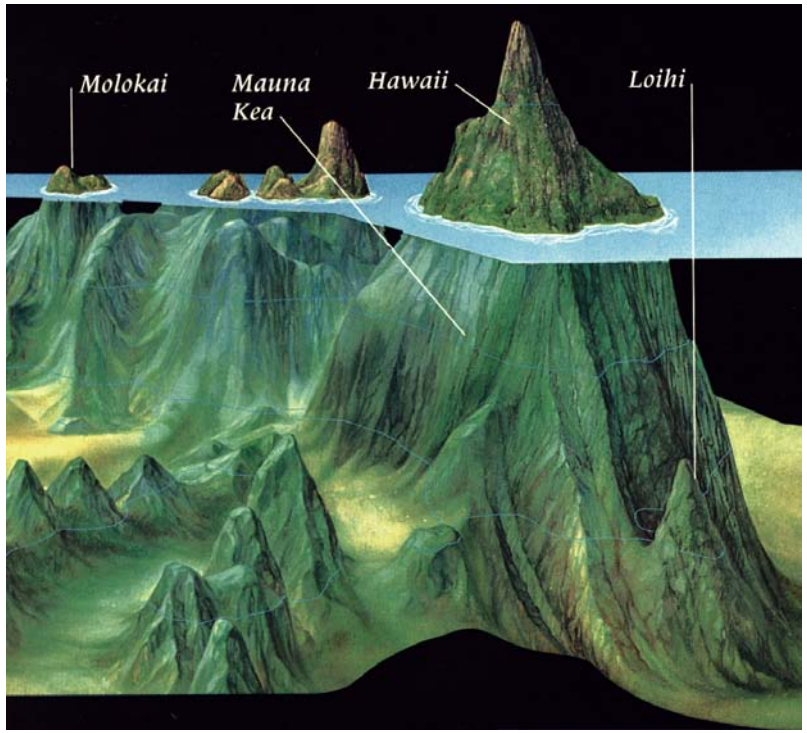
Manchmal finden sich in der Asthenosphäre besonders heisse Zonen, die nicht an Plattenrändern liegen, sogenannte „Hot Spots“. An diesen Stellen dringt die Schmelze durch die Kruste bis an die Oberfläche und bildet Vulkane wie beispielsweise die Hawaii-Inseln. Hot Spots können einen Durchmesser von einigen hundert Kilometern erreichen. Die Lithosphärenplatten bewegen sich über den Hot Spots. Daraus entsteht mit fortlaufendem Alter eine Kette von Vulkanen.



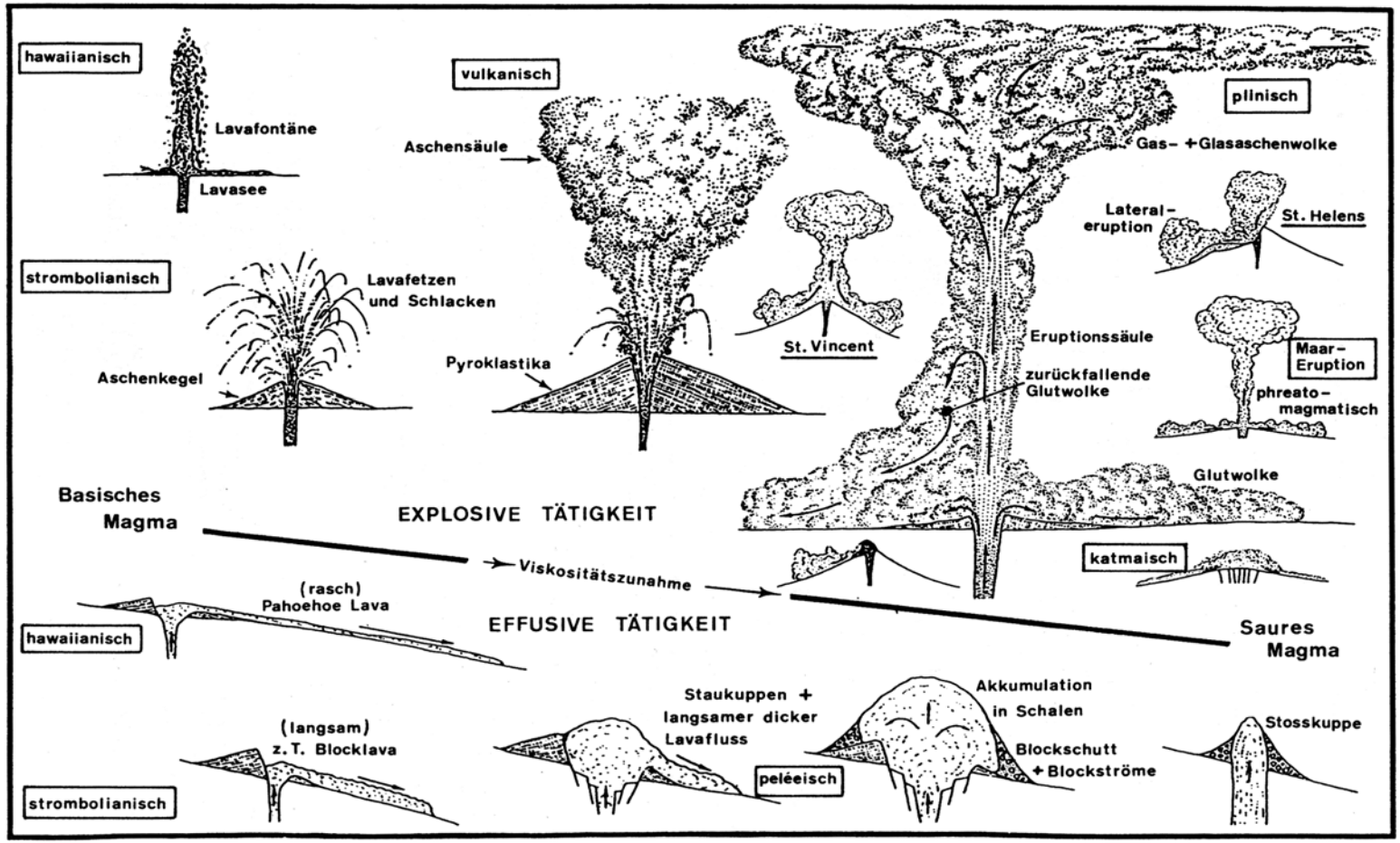
Hot Spot Vulkane, Hawaii







Vulkanische Eruptionstypen



Das flüssige Magma (Lava) ist im Allgemeinen je nach Temperatur und chemischer Zusammensetzung zähflüssig oder schlackenartig. Dünnflüssige Lava führt zu ruhigen Eruptionen; dickflüssige Lava ist aufgrund des in ihr enthaltenen Gases zu explosionsartigen Ausbrüchen fähig.