

Posten 2: Marktgasse, Seite Klosterhof

Noch härter als Granit: Basalt

Die beinahe schwarzen Pflastersteine aus Basalt am Südende der Marktgasse stammen wie der Granit von Posten 1 auch aus der Tiefe der Erde. Im Gegensatz dazu schafft es der Basalt jedoch ohne die Hilfe von Gebirgsbildung und Erosion bis an die Erdoberfläche. Er gilt sogar als das häufigste Vulkangestein weltweit.

Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Wie entsteht Basalt?
- Weshalb ist er so widerstandsfähig?
- Wieso gelangt er so leicht an die Erdoberfläche?



Abb. 1: Schwarze und graue Pflastersteine am Südende der Marktgasse. Die grauen Steine sind Sandsteine, die Schwarzen bestehen aus feinkörnigem Basalt.



Abb. 2: Pflastersteine aus Basalt. Das Gestein ist sehr feinkörnig, sodass sich – im Gegensatz zum Granit von Posten 1 – kaum einzelne Minerale unterscheiden lassen. Im Vergleich mit dem Foto eines Dünnschliffs (Abb. 8) lässt sich erahnen, dass die hellen Bestandteile Feldspatkristalle sind.

Gesteine, die aus Magma auskristallisieren, heissen **magmatische Gesteine** (Abb. 3). Sie entstehen in Magmenkammern im Erdinnern (wie z. B. der Granit von Posten 1) oder bei Vulkanausbrüchen auf der Erdoberfläche, wie der Basalt in der Marktgasse.

Vulkane entstehen, wenn **Magma** entlang von Spalten bis an die Erdoberfläche aufsteigen kann. Tritt Magma an der Erdoberfläche aus, wird es **Lava** genannt. Kühlt Lava ab, erhärtet sie und es entstehen **vulkanische Gesteine** oder **Vulkanite** (auch **Ergussgesteine** genannt).

Es gibt Lava, die eher dünnflüssig ist, Lava kann aber auch zähflüssig sein. Dünnflüssige Lava bildet eher flache Vulkane (Abb. 4), zähflüssigere Lava hingegen bildet Vulkane mit steileren Flanken (Abb. 5, 6). Enthält Lava viel Gas, kann es im Vulkan zu Explosionen kommen. Dabei werden **Aschewolken** ausgestossen, die aus Gesteinsbruchstücken und Lavafetzen bestehen (Abb. 5).

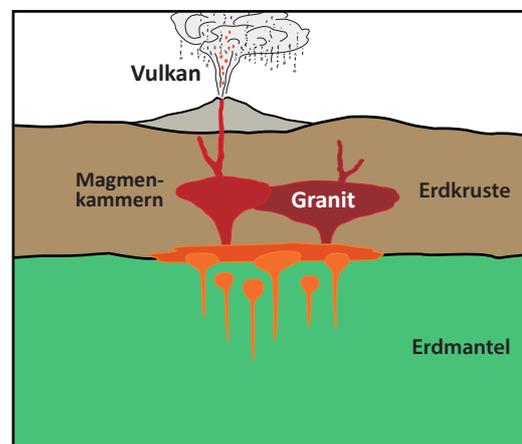


Abb. 3: Granite (Tiefengesteine) entstehen durch die Auskristallisation von Magma, das langsam in einer Magmenkammer tief in der Erdkruste abkühlt. Vulkanite (Ergussgesteine) wie Basalt entstehen, wenn Magma rasch an der Erdoberfläche abkühlt.

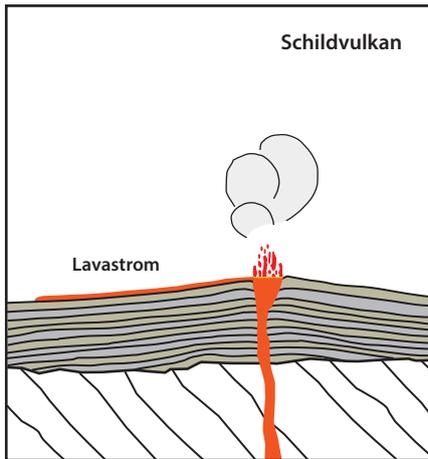


Abb. 4: Dünflüssige Lava fließt aus und erstarrt Schicht über Schicht. Dadurch entstehen Vulkane mit sehr flachen Flanken, sogenannte Schildvulkane. Diese können sehr hoch werden. Der Mauna Loa in Hawaii beispielsweise ragt mehr als 4'000 m über den Meeresspiegel, darunter sind weitere ca. 5'000 Meter verborgen. Zusätzlich versank der Vulkan durch sein hohes Gewicht etwa 8'000 m tief in der Erdkruste.

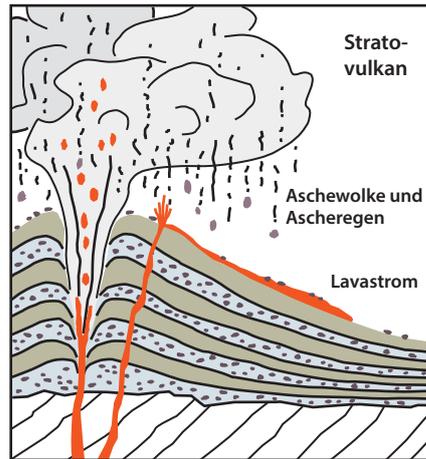


Abb. 5: Dickflüssigere Lava bildet Vulkane mit steileren Flanken. Solche Stratovulkane, wie z. B. der Ätna in Sizilien, sind die häufigsten Vulkane. Oft wechseln sich Lavaströme und Lagen von vulkanischer Asche aus Aschewolken ab.



Abb. 6: Lavafontäne mit einem Lavastrom, der 2001 aus einem neu entstandenen Krater am Stratovulkan Ätna (3357 m) in Sizilien ausfließt. Die Temperatur der Lava beträgt über 1000°C, die Lava erstarrt zu Basalt.



Welche Geschichten erzählt uns der Basalt?

Zunächst einmal scheint der Basalt nichts von sich preisgeben zu wollen. Von blossem Auge lässt sich in dem sehr kompakten, feinkörnigen Gestein kaum etwas erkennen, am ehesten noch kleine helle Punkte inmitten von massigem Schwarz (Abb. 2, 7). Um den Basalt zum Sprechen zu bringen, muss er angesägt und zu einem Dünnschliff verarbeitet werden (vgl. Einführung, S. 8). Auf diese Weise durchleuchtet, kann er seine Zusammensetzung unter dem Mikroskop schliesslich nicht mehr verheimlichen (Abb. 8). Hauptbestandteile sind leistenförmige Feldspatkristalle des Typs «Plagioklas» (Pl), die von einer schwarzen, mikrokristallinen, «filzigen» bis glasigen Grundmasse (G) zusammengehalten werden. Daneben enthält das Gestein auch Augitkristalle (A).

Im Gegensatz zum Granit von Posten 1 besteht der Basalt also nicht aus Mineralkörnern, die miteinander verwachsen sind, sondern aus Mineralkörnern, die von einer Grundmasse aus sehr kleinen, mikrokristallinen Mineralen und/oder aus glasiger Materie zusammengehalten werden. Das macht ihn noch härter und



Abb. 7: Frisch angeschlagener Basalt aus der Gegend von Izmir in der Türkei. Dieser Basalt ist jenem in der Marktgasse sehr ähnlich.

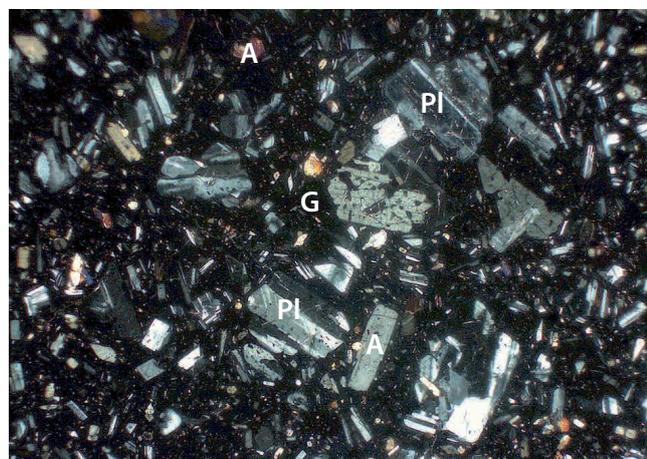


Abb. 8: Dünnschliff des Basaltes von Abb. 7 im Durchlicht bei gekreuzten Polarisatoren, Vergrößerung ca. 12-fach. Die grauen, leistenförmigen Kristalle sind Feldspäte (Typ «Plagioklas», Pl), die grünlichgrau bis mehrfarbig erscheinenden Kristalle sind Augite (A), die in «normalem» Licht schwarz sind. Die schwarze Masse (G) zwischen den Kristallen ist mikrokristallin bis glasig.



Abb. 9: Unterschiedliche Gefüge in Abhängigkeit von der Abkühlungszeit von glasig bis vollständig auskristallisiert (holo = altgriech. voll; hemi = altgriech. halb).

widerstandsfähiger als den Granit. Magmatische Gesteine mit einem hohen Anteil an nicht auskristallisierter Materie hatten offenbar zu wenig Zeit, vollständig auszukristallisieren. Köhlen solche Gesteine schnell ab, kristallisiert nur ein Teil des Magmas zu einzelnen, gut abgegrenzten Kristallen aus, der Rest erstarrt zu einem feinkörnigen Kristallfilz und / oder zu Glas, wie in unserem Basalt.

Der Grad der Kristallisation ist somit ein Indikator für die Abkühlungszeit von Magma. Diese wiederum hängt vom Ort der Kristallisation und vom Volumen des vorhandenen Magmas ab. Grosse Volumina kühlen langsamer ab, und auch in grosser Tiefe kühlt das Magma langsamer ab, da das Umgebungsgestein dort eine erhöhte Temperatur und eine isolierende Wirkung hat. Man geht von ca. 10'000 Jahren für die Abkühlung einer mittelgrossen Magmenkammer mit einigen km³ Inhalt zu Granit aus. Auf der kalten Erdoberfläche hingegen erstarren Dezimeter bis maximal Zehnermeter dicke vulkanische Magmenergüsse innerhalb von Stunden bis maximal Monaten zu Ergussgesteinen. Das sind Zeiträume, die für die Geologie als ausserordentlich kurz gelten.

Nun ist es natürlich nicht erstaunlich, dass ein Basalt als vulkanisches Gestein auf der Erdoberfläche vergleichsweise schnell erstarrt und deshalb nicht vollständig auskristallisiert. Da jedoch nicht jedes magmatische Gestein so klar einem geologischen Prozess zugeordnet werden kann, gibt die rein qualitativ anwendbare Regel, dass die Grösse der Kristalle und der Grad der Kristallisation in einem magmatischen Gestein zunehmen, je länger die Abkühlung dauert (Abb. 9), wichtige Hinweise auf die Entstehungsprozesse und -orte von magmatischen Gesteinen.

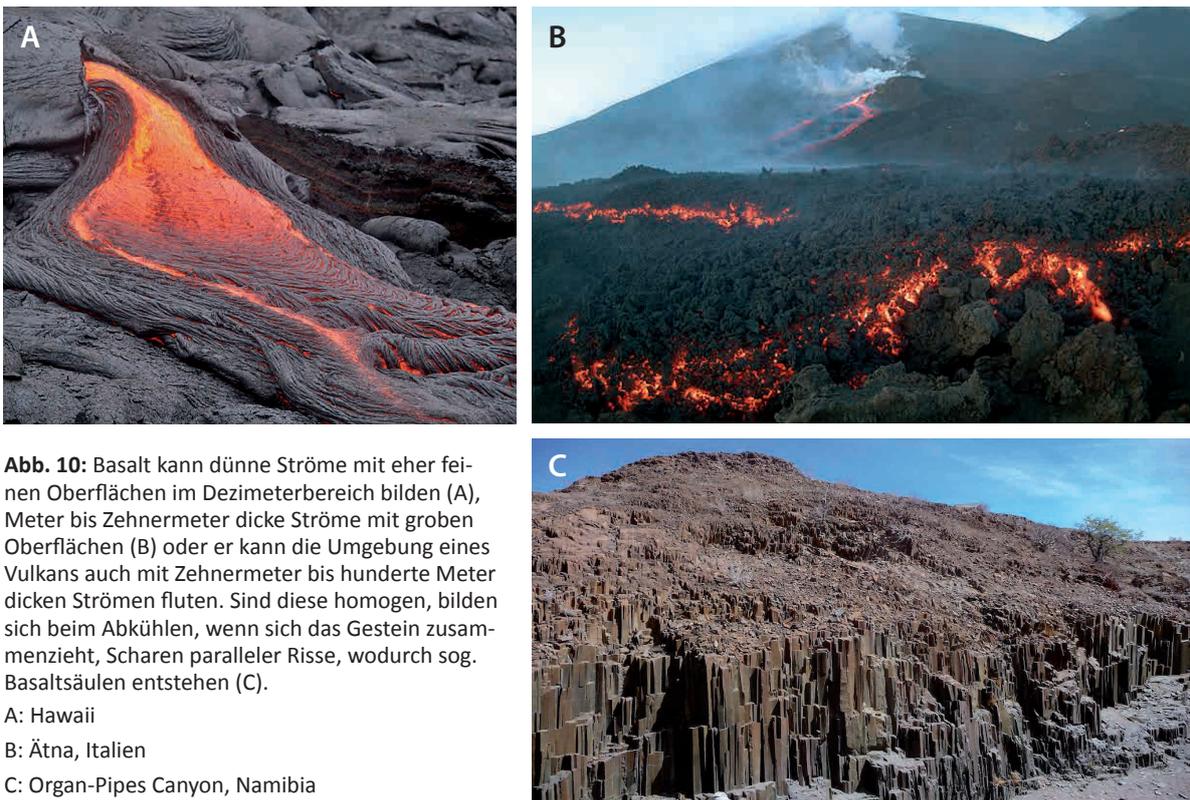


Abb. 10: Basalt kann dünne Ströme mit eher feinen Oberflächen im Dezimeterbereich bilden (A), Meter bis Zehnermeter dicke Ströme mit groben Oberflächen (B) oder er kann die Umgebung eines Vulkans auch mit Zehnermeter bis hunderte Meter dicken Strömen fluten. Sind diese homogen, bilden sich beim Abkühlen, wenn sich das Gestein zusammenzieht, Scharen paralleler Risse, wodurch sog. Basaltsäulen entstehen (C).

A: Hawaii

B: Ätna, Italien

C: Organ-Pipes Canyon, Namibia

Basalte können – wie viele magmatische Gesteine – recht unterschiedliche chemische Zusammensetzungen haben. Dies hängt davon ab, durch welche Prozesse im Erdinneren die basaltischen Magmen entstanden sind und ob sie während ihres Aufstiegs in der Erdkruste die Möglichkeit hatten, sich chemisch zu verändern. Dadurch können Magmen z. B. dünn- oder zähflüssiger sein. Von dieser sogenannten Viskosität hängt die Fließgeschwindigkeit von Lava auf der Erdoberfläche ab, aber auch die Dicke der Lavaströme (Abb. 10). Detaillierter wird dies in Ergänzung 1 zu Posten 10 ausgeführt.

Wieso bleibt Granit in der Erdkruste stecken und Basalt nicht?

Es fällt auf, dass weltweit Granite die häufigsten Tiefengesteine sind, bei den Vulkaniten sind es jedoch die Basalte. Mit Experimenten können die Grenzen zwischen vollständig verflüssigtem Gestein, also Magma, einem Gemisch aus Magma und Kristallen sowie dem vollständig verfestigten Gestein für verschiedene Arten von Magmen mit verschiedenen chemischen Zusammensetzungen und Gehalten an Wasser¹ bestimmt werden (Abb. 11). Erstere wird **Liquiduskurve** genannt (vom lateinischen Wort «liquidus» für flüssig), letztere **Soliduskurve** (vom lateinischen Wort «solidus» für fest).

Der Wassergehalt hat grossen Einfluss auf das Verhalten der Schmelzen beim Aufstieg durch die Erdkruste. Basaltische Schmelzen sind meist beinahe oder ganz frei von Wasser. Wasserfreie basaltische Schmelzen haben Temperaturen von über 1'200° und werden bei abnehmendem Druck zunehmend flüssiger, denn sie überschreiten die Liquiduskurve, und können dadurch besonders gut bis zur Erdoberfläche aufsteigen und dort basaltische Vulkane bilden (Abb 11 A).

Schmelzen granitischer Zusammensetzung hingegen enthalten meist Wasser und sind bei den für solche Schmelzen üblichen Temperaturen zwischen 700 und 800° zumindest teilweise verflüssigt. Sie unterschreiten jedoch die Soliduskurve noch bevor sie die Erdoberfläche erreichen und erstarren in Magmenkammern in der Tiefe zu Graniten (Abb 11 B).

Die Magmen, die als Lava die Erdoberfläche erreichen, müssen demnach in den allermeisten Fällen eine wasserarme basaltische Zusammensetzung haben, die allermeisten granitischen Schmelzen hingegen sind offenbar reich an Wasser (bis ca. 4 Vol-%), sodass sie bereits innerhalb der Kruste auskristallisieren. Die Ergebnisse der Experimente bestätigen somit ideal die Beobachtungen in der Natur.

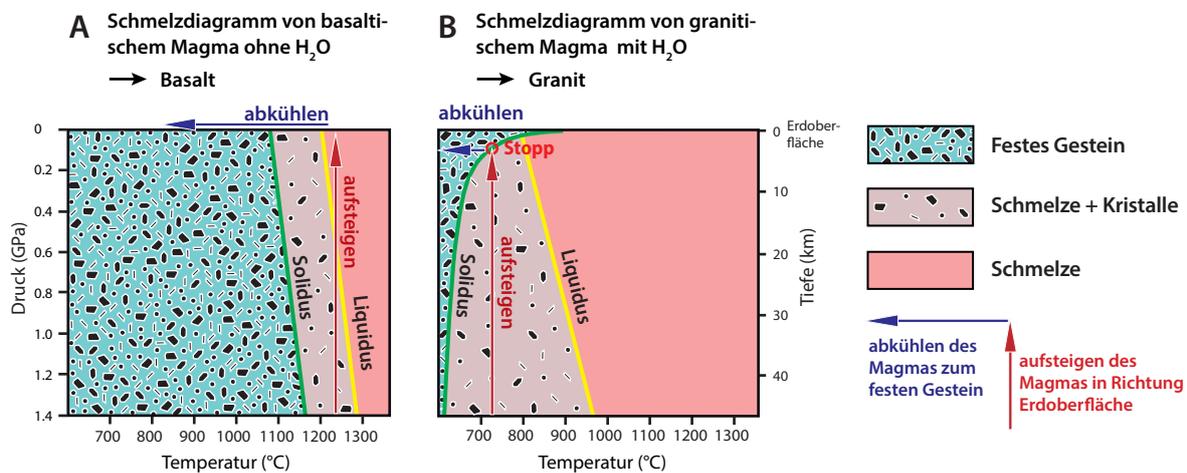


Abb. 11: Schmelzdiagramme für Schmelzen basaltischer und granitischer Zusammensetzung. Wird die gelbe Liquiduskurve (lat. liquidus: flüssig) überschritten, ist das Gestein völlig aufgeschmolzen, wird die grüne Soliduskurve (lat. solidus: fest) überschritten, verfestigt sich das Gestein. Dazwischen liegt ein Bereich mit einem Gemisch aus Schmelze und Kristallen («Kristallbrei»). Die unterschiedlichen Verhaltensweisen der Schmelzen sind Materialeigenschaften, vergleichbar mit dem Gefrier- und Siedepunkt des Wassers. Sie können – wenn überhaupt – nur auf atomarer Ebene erklärt werden.

1. Weshalb gelangt basaltisches Magma leichter an die Oberfläche als granitisches?

¹ Sowohl die Erdkruste wie auch der Erdmantel enthalten Wasser. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass auch Magmen einen gewissen Anteil an Wasser enthalten. Dieses spielt in Form von Dampf eine wichtige Rolle bei explosivem Vulkanismus.