

# Schritte der optischen Gesteinsbestimmung

## Herstellung von Gesteinsdünnschliffe in Abhängigkeit von ihrer Kristallinität

Nach der gewissenhaften Dokumentation des Vulkanit-Aufschlusses sowie der Proben-Entnahme und -Beschriftung im Gelände erfolgt die weitere Bearbeitung der Proben im Labor. Diese umfasst einerseits die Proben-Zerkleinerung und -Homogenisierung eines Teils des Materials für chemische Analysen und andererseits die Herstellung eines Dünnschliffs von 25-30µm Dicke für die mikroskopische Analyse des Gesteins aus einem Klötzchen von 4x2x1cm.

Dazu wird das Klötzchen nach Schleifen mit Diamantpulver und Polieren einer Seite auf einen Objektträger aufgeklebt und danach die andere Seite maschinell bis zur Zieldicke herunter geschliffen. Bei grobkristallinen Intrusivgesteinen ist eine Dicke von 30µm ausreichend; bei Vulkaniten reichen 30µm nur aus, um die großen Einsprenglinge zu bestimmen, die bereits während des Magmaaufstiegs kristallisierten; da der größere Anteil der Vulkanite jedoch erst während der Eruption aus dem Vulkan oder nach deren Ende im Vulkan erstarrte, besitzen Vulkanite einen fein- bis mikrokristallinen und/oder unkristallisierten Anteil. Daher ist für ihr Studium eine Dünnschliffdicke <28µm empfehlenswert. Feinkristallin bedeutet Kristallgrößen von weniger als 1mm, mikrokristallin von weniger als 100µm; einige Kristalle bezeichnen als kryptokristallin, da wir sie zwar erkennen, aber nicht ihre Zusammensetzung abschätzen können.

## Mineralidentifikation im einfach polarisierten Licht

Die mikroskopische Analyse eines Vulkangesteins erfolgt mittels eines Polarisationsmikroskops. D.h., unter Verwendung von polarisiertem Licht, d.h. von Licht, das durch ein Gitter geführt wird und danach nur noch in einer Richtung schwingt. Dazu wird der auf einem Objektträger aufgeklebte Dünnschliff auf den Drehtisch gelegt. Der polarisierte Lichtstrahl wird von unten durch den Dünnschliff geleitet, um die Kristalle, aus denen das Gestein besteht, sichtbar zu machen. Die meisten Minerale sind lichtdurchlässig, Erze, Graphit und kohlige Substanzen dagegen nicht, d.h. sie sind opak. In einem relativ farbarmen Bild haben unterscheiden sich die Minerale an ihren charakteristischen Formen, die abhängig sind von ihrer Kristallsymmetrie und der Kristallisationsgeschwindigkeit, und an ihrer Spaltbarkeit. Zudem erkennt man sie an Eigenschaften, die in unterschiedliche Kristallrichtungen verschieden sind bzw. sein können, d.h. an ihren lichtbrechenden Eigenschaften (dem sog. Brechungsindex) und ihrer Eigenfarbe. Hoch lichtbrechende Minerale scheinen aus dem Dünnschliff heraus zu stehen, die gering lichtbrechenden scheinen tiefer zu liegen.

Somit erhält man einen Eindruck vom Gefüge des Gesteins, d.h. man erkennt sofort, ob es sich um einen feinkristallinen Vulkanit oder grobkristallinen Plutonit handelt. Man erkennt ebenso, ob es sich um ein Mg-Fe-Ca-reiches Gestein wie Basalt handelt, das schnell aus dem Erdmantel durch die Erdkruste aufstieg oder ein Mg-Fe-Ca-armes Gestein, das wie ein Phonolith lange zum Aufstieg benötigte,

dabei abkühlte und diese Elemente durch kristallisierende und absinkende Minerale verlor.

Das bedeutet, dass man durch einen kurzen Blick durch ein Polarisationsmikroskop die chemische Zusammensetzung des Gesteins schon gut abschätzen kann.

## Mineralidentifikation im Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Polarisatoren

Kreuzen wir nun in einem Mikroskop die beiden ober- bzw. unterhalb des Dünnschliffs befindlichen zwei Polarisatorgitter, so ist das Sichtfeld im Okular am oberen Ende des Lichtstrahls nicht dunkel, sondern wir sehen meist alle unterschiedlichen Kristalle aufgrund ihrer unterschiedlichen Doppelbrechungs-farben in großer Farbenpracht. Minerale mit geringer Doppelbrechung zeigen graue, weiße, beige, braune oder violette Farben (sog. Farben 1. Ordnung), bei mittlerer Doppelbrechung leuchtend blaue, grüne, gelbe und rote Farben (2. Ordnung), bei höchster Doppelbrechung dagegen nur noch Pastellfarben (3. Ordnung). Farben 1. Ordnung charakterisieren Feldspäte, Quarz und Ortho- bzw. Klino-Pyroxene, Farben 2. Ordnung z.B. den Olivin, während der Kalzit (auch Doppelspat genannt) der bekannteste Vertreter der 3. Ordnung ist.

Dunkel bleiben dagegen alle kubischen und amorphen Minerale sowie gesteinsbildende Gläser, denn sie weisen keine unterschiedliche Lichtbrechung in verschiedene Richtungen, also keine Doppelbrechung auf, d.h. sie sind optisch isotrop, wie z.B. Granate, Opal und vulkanische Gläser.

## Nutzen der Polarisationsmikroskopie beim Studium von Basaltischen Vulkangesteinen

Mit wenigen Ausnahmen entstehen alle magmatischen Schmelzen im oberen Erdmantel und haben basaltische Zusammensetzung. Je nach vorhandener Energie im Erdmantel und der Tiefe, in der Schmelzen entstehen, variiert die Zusammensetzung der basaltischen Gesteine von tholeiitischen Basalten über alkalische Basalte, Basanite und Nephelinite zu Melilititen.

Um diese Zusammensetzung abzuschätzen, benötigt man nicht unbedingt eine chemische Analyse, sondern kann dies bereits mittels Studium eines Gesteinsdünnschliff tun. Entscheidend dabei ist die Anwesenheit von Plagioklas-Feldspäten und deren Zeitpunkt der Kristallisation relativ zu der von Kalzium-haltigen Pyroxenen, sog. Klino-Pyroxenen. Die Menge an Olivin kann man in geringem Maß als Hinweis auf die Dauer des Magmaaufstiegs nehmen.

Im Dünnschliff eines Basalts ist der Olivin häufig sechseckig und weist meist intensive Farben des Spektrums blau, seltener auch grün, gelb und rot, auf. Klino(Ca)-Pyroxene dagegen haben gedrungen achteckige Formen mit brauner bis grauer Farbe; bei Dünnschliffen von 30µm Dicke auch violett-blauer Farbe. Tafelige bis langgestreckte Feldspäte haben unterschiedliche Grautöne und deren

Ca-Na-Variante Plagioklas ist häufig vielfach-verzwillingt, was sie unverwechselbar macht; d.h. jede einzelne Leiste besteht aus mehreren parallelen Kristallen.

Schaut man sich nun die genannten Minerale in einem basaltischen Vulkangestein an, dann kann man an deren Auftreten sogar abschätzen, wie arm oder reich an Siliziumoxid das Gestein ist, d.h. zu wieviel Prozent der Erdmantel angeschmolzen wurde, um die Schmelze zu bilden, die beim Erreichen der Erdoberfläche zu dem vorliegenden basaltischen Vulkanit kristallisierte.

Dabei beginnt der Olivin beim Abkühlen immer bei höheren Temperaturen, also eher, als die beiden anderen Minerale Plagioklas und Klino-Pyroxen, zu kristallisieren. Wichtig ist, was dann beim weiteren Aufstieg bzw. der weiteren Abkühlung passiert: dem Olivin folgt in Si-reichen Basalten (tholeiitischen B.) der Plagioklas vor dem Ca-haltigen Pyroxen, während in Si-ärmeren alkalischen Basalten beide gleichzeitig zu kristallisieren beginnen. Sollte die Schmelze noch ärmer an Silizium sein, so wie in Basaniten, die in mitteleuropäischen Vulkanfeldern häufig sind, dann beginnt Plagioklas während des Aufstiegs gar nicht zu kristallisieren, sondern erst bei Annäherung an die Erdoberfläche, d.h. man findet Plagioklas nur als Mikrokristalle in der Matrix, während die anderen beiden Mineralphasen als Einsprenglinge auftreten. Bei noch stärkerer Si-Armut tritt gar kein Plagioklas mehr auf und wir nennen das Gestein Nephelinit. Sollte bei noch stärkerer Si-Armut die Si-Menge selbst nicht mehr für den Pyroxen ausreichen, dann tritt stattdessen Melilit auf und wir nennen das Gestein Melilit. In allen Si-ärmeren basaltischen Gesteinen tritt Nephelin als zusätzliche, den Plagioklas vertretende Mineralphase auf.

Ein besonderes Geschenk der Natur ist die Eigenschaft der Feldspäte Kristallzwillinge zu bilden. Mit deren Hilfe kann man in Mineralen der Plagioklas(Ca,Na)-Feldspäte den Kalziumgehalt bestimmen. Dieser nimmt ab, je kälter das Magma wird, d.h. je stärker das Magma beim Aufstieg durch Mineralkristallisation verändert wird, im Fachjargon: gegenüber der Ausgangszusammensetzung „differenziert“ ist.

Die Polarisationsmikroskopie von basaltischen Vulkaniten ist somit eine geniale Methode, um dem Gestein den richtigen Namen zu geben, selbst ohne dass man eine chemische Analyse der Haupt- oder Spurenelemente zur Hand hat.

Autor: Prof. Lothar Viereck

(Werk urheberrechtlich geschützt)