

## Minerale in Höhlen

Minerale (auch Mineralien) in Höhlen gibt es zuhauf! Aber Höhlenminerale gibt es nur wenige. Dies ist kein Widerspruch: Zum Beispiel besteht Quarzsand aus dem Mineral Quarz, und deshalb ist Quarz ein Mineral, das man in Höhlen findet. Aber entstanden ist er nicht in der Höhle. Allgemein bezeichnet man als "Höhlenminerale" solche, die sich in der Höhle bilden, sei es durch Kristallisation (z.B. wiederum der Spezialfall Eis) und Ausfällung (Tropfsteine, Aragonitkristalle...), oder durch chemische Reaktion zwischen Sedimenten (z.B. diverse Phosphate aus der Reaktion von Guano mit Kalkstein).

Trotz dieser obigen Einschränkung gibt es - weltweit gesehen - sehr viele Mineralien, die sekundär in Höhlen entstanden sind. In unserem Klima und bei unserer Felsbeschaffenheit sind jedoch nur wenige so wichtig, dass sie hier ausführlicher erwähnt werden sollen.

Calcit- und Aragonitkristalle scheiden sich aus calciumkarbonathaltigen Wässern aus. Um Kristalle wachsen zu lassen, muss das Wasser ruhig sein (See, langsame Verdunstung), sonst bilden sich Tropfsteine, die aus kleinsten Kriställchen zusammengesetzt sind. Sehr viele Untersuchungen wurden bereits über das Thema gemacht, wieso manchmal Aragonit entsteht anstelle von Calcit. Fest steht, dass das Angebot von Fremdionen (Mg, Fe etc. statt Ca) im Wasser ein wichtiger Faktor ist.

Ein Spezialfall, der ab und zu angetroffen wird, sind Aragonitnadeln, die an Tropfsteinen wachsen, so genanntes "Frostwork". Dieses bildet sich durch kapillare Wasserfilme an den Außenseiten des Kristalls. Dieser wächst durch Entgasung und auch Verdunstung des Wasserfilms.

Gips und Mirabilit (Natriumsulfat), sowie auch andere Salze, kommen in der Höhle nur vor, wenn Ausgangsmaterialien mit entsprechender Ionenzusammensetzung vorhanden sind. Calcium ist naheliegend aus den Kalkwänden der Höhle zu beschaffen. Sulfate entstehen sehr oft durch Oxidation von (im anstehenden Fels vorhandenem) Pyrit. Die Quelle von Natrium ist oft unklar, es wird angenommen, dass ein Ionenaustausch an Tonmineralien dafür verantwortlich sein könnte.

Als Faustregel gilt: Gips entsteht gerne in der Nähe von Mergeln und mergeligen Fugen, Mirabilit kommt nur bei niedriger Luftfeuchtigkeit vor und ist dementsprechend selten.

Für den Höhlenforscher wichtig ist die Unterscheidung zwischen Aragonit, Calcit, Gips und Mirabilit:

- Gips und Mirabilit lassen sich mit dem Fingernagel ritzen
- Mirabilit schmeckt salzig, Gips ist geschmacklos
- Aragonit ist, sofern Kristalle erkennbar sind, fast immer nadelig ausgebildet. In Tropfsteinen bildet er Lagen, die allermeist milchigweiß und undurchsichtig sind. Vorsicht: Bei weitem nicht alle solchen Lagen bestehen auch tatsächlich aus Aragonit.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelt es sich entweder um Calcit (der unter Umständen umgewandelt wurde) oder um Gips.

In Höhlen der Nördlich Kalkalpen findet sich manchmal Hydromagnesit. Meist sind keine mit freiem Auge erkennbaren Kristalle ausgebildet, sondern eher weiße Krusten oder blasenartige Gebilde, die an kleine Popcorn erinnern.

Eine genaue und sichere Identifizierung von Höhlenmineralen ist meist nur im Labor z.B. im Röntgendiffraktometer möglich.

Die nachfolgende Liste gibt die in Österreich bisher beobachteten der Höhlenminerale und Minerale in Höhlen wieder. Bei jedem Mineral wird das Kristallsystem angeführt: **triklin**, **monoklin**, **orthorhombisch**, **tetragonal**, **trigonal**, **hexagonal**, **kubisch**.

|      | Gruppen                      | Höhlenminerale (autochthon)  | Minerale in Höhlen (allochthon, oder aus Nicht-Karstprozessen)  |
|------|------------------------------|--|---|
| I    | <b>Elemente</b>              | Kohlenstoff (C); organisch, amorph<br>Schwefel (S); rh.  | Gold (Au); kub. (Schwermineral)   |
| II   | <b>Sulfide</b>               | Pyrit (FeS <sub>2</sub> ); kub.<br>Markasit (FeS <sub>2</sub> ); rh.   |   |
| III  | <b>Halogenide</b>            |  | Fluorit (CaF <sub>2</sub> ); kub. (hydrothermal)  |
| IV   | <b>Oxide und Hydroxide</b>   | Eis (H <sub>2</sub> O); hex.<br>Quarz (SiO <sub>2</sub> ); trig.<br>Hornstein (Chalcedon: SiO <sub>2</sub> ); trig.<br>Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ); kub.<br>Hämatit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); trig.<br>Maghemit (γ-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); kub.<br>Goethit (α-FeOOH); rh.<br>Lepidokrokit (γ-FeOOH); rh.<br>Todorokit (Mn-Oxihydrat); mon.   | Quarz (SiO <sub>2</sub> ); trig. („Augensteine“)<br>(hydrothermal)<br>Hornstein, Jaspis, Opal (Chalcedon:<br>SiO <sub>2</sub> ); trig. (mikrokrist.)<br>Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ); kub. (Schwermin.)<br>Hämatit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); trig. (Schwermin.)<br>Goethit (α-FeOOH); rh. (Schwermin.)<br>Gibbsit (γ-Al(OH) <sub>3</sub> ); mon.<br>Böhmit (γ-AlOOH); rh.<br>div. Schwermin.: Rutil, Anatas etc. |
| V    | <b>Carbonate Nitrate</b>     | Siderit (FeCO <sub>3</sub> ); trig.<br>Calcit (CaCO <sub>3</sub> ); trig.<br>Dolomit (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); trig.<br>Ankerit (CaFe(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); trig.<br>Aragonit (CaCO <sub>3</sub> ); rh.<br>Vaterit (CaCO <sub>3</sub> ); hex.<br>Thermonatrit (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O); rh.<br>Soda (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> · 10H <sub>2</sub> O); mon.<br>Hydromagnesit<br>(Mg <sub>5</sub> [OH/(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O); mon.<br>Monohydrocalcit (CaCO <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O); hex.<br>Nesquehonit (MgCO <sub>3</sub> · 3H <sub>2</sub> O); mon.<br>Lansfordit (MgCO <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O); mon. | Siderit (FeCO <sub>3</sub> ); trig.<br>Ankerit (CaFe(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); trig.<br>Malachit (Cu <sub>2</sub> [(OH) <sub>2</sub> /CO <sub>3</sub> ]); mon.<br>Azurit (Cu <sub>3</sub> [OH/CO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub> ); mon.  |
| VI   | <b>Sulfate</b>               | Thenardit (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ); rh.<br>Mirabilit (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 10H <sub>2</sub> O); mon.<br>Hexahydrat (MgSO <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O); mon.<br>Epsomit (MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O); rh.<br>Gips (CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O); mon.<br>Coelestin (SrSO <sub>4</sub> ); rh.   | Baryt (BaSO <sub>4</sub> ); rh. (hydrothermal)<br>Coelestin (SrSO <sub>4</sub> ); rh. (hydrothermal)  |
| VII  | <b>Phosphate Arsenate</b>    | Carbonat-Hydroxyl-Apatit<br>(Ca <sub>5</sub> [OH/(PO <sub>4</sub> /CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ]); hex.<br>Brushit (CaH(PO <sub>4</sub> ) · 2H <sub>2</sub> O); mon.  | Fluor-Hydroxyl-Apatit (aus Schwermin.)<br>(Ca <sub>5</sub> [(F/OH)/(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ]); hex.   |
| VIII | <b>Silikate</b>              | Illit (ca. Hydromuskovit)  | Tonminerale: Illit, Montmorillonit,<br>Kaolinit, Chlorit („Augensteine“)<br>Glimmer: Muskovit, Biotit („Augenst.“)<br>Feldspat und div andere Mineralbe-<br>standteile aus den „Augensteinen“.<br>div. Schwerminerale: Granat, Titanit,<br>Turmalin, Zirkon Hornblende etc.   |
| IX   | <b>Organische Substanzen</b> |  |   |

## **PROBEENTNAHME VON MINERALIEN IN HÖHLEN**

1. Es sind charakteristische kleine Stücke mit möglichst wenig Verunreinigungen zu nehmen. Die Probeentnahmestelle sollte sich eher in versteckten Bereichen befinden. Für die heutigen Bestimmungsmethoden sind auch sehr kleine Probenmengen ausreichend. Werden mehrere Mineralphasen vermutet, so sind entsprechend mehrere Beprobungen durchzuführen oder wenn möglich auch von der gesamten „Paragenese“ (Mineralvergesellschaftung).
2. Schöne repräsentative Mineralgruppierungen sollten nicht beprobt werden. Informative Fotos (mit Größenvergleich) sind ausreichend.
3. Auf geeignete Sammelgefäße ist zu achten: gut verschließbare, saubere Kunststoffbehälter oder Plastiksäckchen. Nicht zu große Gefäße für kleine Proben. Heikle zerbrechliche Proben sind in weiches sauberes Papier (Papiertaschentücher, WC-Papier) zu wickeln und in einen geeignet dimensionierten, druckfesten Transportbehälter zu geben.
4. Das Probengefäß ist mit Probennummer (oder Objekt- und Ortsbezeichnung) und Datum zu versehen.
5. Bei der Beprobung sehr wasserhaltiger Mineralvorkommen, z.B. bergmilchartigen Ausblühungen, ist darauf zu achten, dass so wenig als möglich Feuchtigkeit verloren geht (die Probe sollte möglichst den gesamten Inhalt des Probenbehälters ausfüllen und das Gefäß möglichst dicht zu verschließen sein). Beim Rücktransport sind starke Temperaturschwankungen zu vermeiden (nicht unter 0°C und nicht zu heiß). Wenn möglich sollte das Material schnell zur Untersuchung gebracht werden. Ist dies nicht möglich, im Eiskasten (nicht im Tiefkühlfach!) im geschlossenen Gefäß bis zur Weiterleitung aufbewahren (im Idealfall sollte die Aufbewahrungstemperatur jener in der Höhle entsprechen).
6. Bei markantem Nebengestein oder Begleitsediment ("Muttersediment") sind davon ebenfalls Proben zu entnehmen.
7. Wenn möglich ist an der Fundstelle Temperatur und Luftfeuchtigkeit, eventuell auch der CO<sub>2</sub> – Gehalt, sowohl in der Höhlenluft, als auch direkt an der Mineralbildung zu messen. Für Vergleichszwecke ist in diesem Fall, am selben Tag, zu ähnlicher Zeit, auch eine Klimamessung über Tage durchzuführen.
8. Anfertigung eines Fundprotokolls: Folgende Daten und Informationen sollten enthalten sein: Höhlennamen (wenn bekannt auch die Katasternummer), Höhlenteil, Seehöhe und Koordinaten (GPS) des Höhleneingangs, Informationen zur Landschaft und Region. Wichtig wäre auch die umgebende geologische Formation. Finder mit Adresse, Beschreibung der Fundumstände (Skizze/Foto), Kurzbeschreibung des Materials, Probennummer, Datum.

### **Weiterführende Literatur**

Hill, C.A. & Forti, P. (1997): Cave Minerals of the World. NSS, Alabama, 463 p.

Die "Bibel" der Höhlenminerale weltweit, mit geschätzten 90 % der vorhandenen Literatur. Für englisch-sprechende Mineralienliebhaber ein Muss.