

Züchtung von Kristallen

Die meisten Minerale sind in der Natur bei relativ hohen Temperaturen und/oder Drücken entstanden. Viele Kristalle, vor allem solche von leicht löslichen Salzen, lassen sich jedoch recht einfach auch bei Raumtemperatur züchten. Damit ist jeder Laie mit etwas Geduld und Sorgfalt in der Lage, mit bescheidenen Mitteln ein Kristallzüchtungsexperiment durchzuführen.

Man kann viele Rezepte in der Literatur finden (s. u.). Wir wollen eine allgemein gültige Prozedur am Beispiel von Alaun (Kali-Alaun: $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) erläutern, weil diese Substanz leicht und preiswert zu beschaffen und nicht toxisch ist (Alaun wird u. a. als Mineral-Deo verkauft). Außerdem führen Alaun und ähnliche Salze leicht zu sehr schönen Züchtungsergebnissen.

Kali-Alaun $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ bildet kubische Kristalle, deren äußere Gestalt eine Kombination von Oktaeder, Würfel und Rhombendodekaeder ist (siehe Zeichnung). Perfekte Kristalle sind farblos, zeigen aber aufgrund der großen Dispersion ein „Feuer“ ähnlich dem Diamanten, wenn wir sie im Sonnenlicht betrachten.

Das Züchtungsprinzip

Die Züchtungsmethode besteht darin, eine gesättigte wässrige Lösung des Salzes sehr langsam verdunsten zu lassen. Beim Verdunsten wird der Lösung nur Wasser, kein Salz entzogen. Dadurch erhöht sich die Konzentration des Salzes in der Lösung. Die Lösung ist dann also übersättigt, weil etwas mehr Salz gelöst ist, als der Sättigungskonzentration entspricht. Dieser Überschuss kristallisiert an der Oberfläche eines bereits vorhandenen Kristalls, der dadurch weiter wächst. Damit auch schon zu Beginn des Experiments ein solcher bevorzugter Anlagerungsplatz für das überschüssige Salz vorhanden ist, wird ein sehr kleiner, aber möglichst perfekter Kristallkeim in die Lösung gehängt. Dieser Impfkristall muss „nur“ noch wachsen; er gibt aber bereits die Orientierung des Kristalls vor, denn das Wachstum geschieht durch ein einfaches Parallelverschieben der bereits vorhandenen Flächen. Allerdings wächst der Kristall mit unterschiedlicher Geschwindigkeit in den verschiedenen Richtungen. Das gibt dem Kristall seine spezifische Gestalt. Wenn Störungen in den Kristall einwachsen, weil z. B. die Temperatur nicht so gleichbleibend ist, wie man das im Labor mit aufwändigen Regelsystemen erreichen kann, wird der Alaun-Kristall ein wenig trübe. Die Ursache sind mikroskopische Wassertröpfchen (Lösungseinschlüsse), die eingefangen worden sind und das Licht streuen. Die Kristalle sehen dadurch u. U. noch viel interessanter aus.

Wir brauchen für das Experiment:

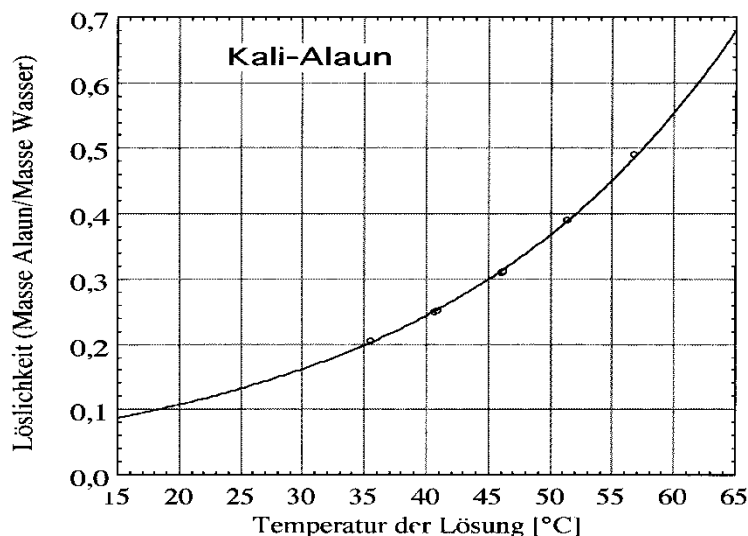
- verschiedene Konservengläser (oder Bechergläser),
- Messbecher,
- (Küchen-)Waage,
- Trichter (Plastik oder Glas),
- Filterpapier (z. B. Kaffeefiltertüten),
- Pinzette (Plastik),
- Thermometer,
- Nylonfaden (dünne Angelschnur),
- Zellstoff (z. B. Küchenrolle),
- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ -Pulver,
- destilliertes Wasser (gibt es im Supermarkt und in Drogerien).

Für das Gelingen des Experiments ist es wichtig, dass die Temperatur der Lösung und damit auch der Umgebung möglichst gleichbleibend ist. Deshalb kann z. B. ein Kellerraum der geeignetste Ort sein. Plätze mit merklichen Tag-Nacht-Schwankungen der Temperatur (z. B. wegen Sonneneinstrahlung oder Heizungen) sind ungeeignet.

Herstellung von Impfkristallen

Die Impfkristalle werden ebenfalls durch die teilweise Verdunstung einer Alaun-Lösung hergestellt. 25 g Kali-Alaun werden in 200 ml destilliertem Wasser aufgelöst, das zuvor auf ca. 50 – 60°C erwärmt wurde. Es dürfen nur Glasgefäße verwendet werden. Konservengläser werden zum Erwärmen zweckmäßigerweise in ein Wasserbad gestellt. Die Lösung, die glasklar ist, wenn sich das Salz vollständig aufgelöst hat, wird durch einen Filter direkt in ein sauberes, möglichst flaches Glasgefäß gegeben. Dabei müssen Spritzer an der Glaswand vermieden werden; wir richten deshalb den Auslauf des Trichters direkt auf den Boden des Glasgefäßes.

Das Gefäß wird mit Zellstoff abgedeckt und bei Raumtemperatur an einen Ort gestellt, wo es mehrere Tage nicht bewegt werden darf. Mehrmals täglich sollte nachgesehen werden, ob sich bereits Keime gebildet haben. Es entstehen meist mehrere Keime gleichzeitig am Boden des Gefäßes, die entnommen werden müssen, bevor sie sich gegenseitig berühren.



Herstellung einer gesättigten Lösung

Zuerst muss an dem Ort, an dem das spätere Kristallzüchtungsexperiment stattfinden soll, die Temperatur gemessen werden. Am besten messen wir die Temperatur in einer „Vergleichsflüssigkeit“, also z. B. in einem mit Wasser gefüllten Konservenglas, das anstelle des Züchtungsgefäßes bereits einen Tag lang mit seiner Umgebung ins thermische Gleichgewicht gekommen ist. So lässt sich bei entsprechend längerer Kontrolle auch die Güte der Temperaturkonstanz beurteilen. Tägliche Schwankungen von 1 – 2 Grad können wir für dieses Experiment durchaus tolerieren.

Löslichkeitsdaten aus der Literatur sind zu ungenau, um eine exakt gesättigte Lösung für das Experiment herzustellen. Deshalb benutzen wir die Löslichkeitsdaten (siehe Abbildung) nur, um eine Lösung herzustellen, die bei der Experimenttemperatur leicht übersättigt ist. Die benötigte Menge Alaun lesen wir im Diagramm für die Temperatur ab, die zuvor in der „Vergleichsflüssigkeit“ am Ort des geplanten Experiments gemessen worden ist. Für 20°C entnehmen wir z. B. der Kurve eine Löslichkeit von etwa 55 g Alaun in 500 ml destilliertem Wasser (Löslichkeit 0,11 x 500 g H₂O).

Wir brauchen ca. 15 g Alaun zusätzlich für die Lösung, weil sich später ein Bodensatz von nicht mehr löslichem Salz bilden soll. Nur wenn dieser Bodensatz aus kleinen Kristallen (unabhängig von seiner Menge) vorhanden ist, haben wir die Sicherheit, dass die Lösung, die mit dem Bodensatz im Gleichgewicht steht, bei dieser Temperatur exakt gesättigt ist. Die berechnete Menge des Alaun-Pulvers wird wie bei der Vorschrift für die Herstellung der Impfkristalle in heißem destilliertem Wasser aufgelöst und gefiltert. Die gefilterte Alaun-Lösung wird in einem verschlossenen Gefäß an den Ort gestellt, an dem das spätere Züchtungsexperiment stattfinden soll.

Es könnte sein, dass trotz der eingestellten Übersättigung zunächst kein Bodensatz ausfällt. Das hängt mit dem Problem der Keimbildung zusammen, die eine zusätzliche Aktivierungsenergie braucht. In diesem Fall können wir ein winziges Korn des restlichen Alauns in die Lösung werfen und werden sehr bald beobachten, dass nun das überschüssige Salz auszukristallisieren beginnt. Um die Gleichgewichtseinstellung zu beschleunigen, benutzt man im Labor einen Rührer und braucht trotzdem einige Tage, weil das überschüssige Salz nur langsam am Bodensatz anwächst. Wir sollten für unser Experiment die Lösung täglich umrühren und ca. 1 – 2 Wochen warten, bevor wir die Lösung für das eigentliche Experiment verwenden. Das Gefäß muss während dieser Zeit verschlossen sein, damit noch kein Wasser verdunsten kann.

Das eigentliche Züchtungsexperiment

Wenn die beschriebenen Vorarbeiten erfolgreich verlaufen sind, ist das eigentliche Züchtungsexperiment nicht mehr schwierig.

Die gesättigte Lösung, die wir hergestellt haben, wird von ihrem Bodensatz getrennt. Am besten gießen wir sie durch einen Filter direkt in das als Züchtungsgefäß dienende Konservenglas. Wiederrum sollten keine Spritzer auf die Gefäßwand treffen.

Von den gewonnenen Impfkristallen suchen wir ein besonders schönes Exemplar aus und knüpfen es sorgfältig (mit doppeltem Knoten) an den Nylonfaden. Es wird nicht zu vermeiden sein, dass wir dabei den Impfkristall mit den Fingern berühren. Er muss deshalb gereinigt werden, bevor er in die Wachstumslösung gehängt werden kann. Wir tauchen ihn deshalb wenige Sekunden in einen Becher mit destilliertem Wasser. Dadurch wird eine dünne Oberflächenschicht, die möglicherweise verunreinigt war, wieder aufgelöst.

Das freie Ende des Nylonfadens kann an einer Pappscheibe befestigt werden, die wir als Deckel auf das Konservenglas legen. Die Pappe ermöglicht ein langsames Verdunsten des Wassers und verhindert, dass Staubpartikel in die Lösung fallen.

Nun kann täglich der Fortschritt beim Kristallwachstum beobachtet werden. Das Gefäß sollte während des gesamten Experiments nicht bewegt werden. Temperaturschwankungen machen sich nachteilig bemerkbar: Wenn die Temperatur der Lösung ansteigt, kann sich mehr Alaun lösen, d. h. der wachsende Kristall wird teilweise wieder aufgelöst, was zuerst an einer Abrundung der Ecken und Kanten zu bemerken ist. Fällt die Temperatur, dann erhöht sich die Übersättigung der Lösung und der Kristall wächst schneller. Das kann u. U. zu schnell sein für ein störungsfreies Wachstum, und die bereits oben beschriebenen Defekte (Lösungseinschlüsse) werden sichtbar. Diese „Schleier“, die dann zu beobachten sind, sind durchaus reizvoll und lehrreich. Sie markieren nämlich die Oberfläche, die der Kristall zum Zeitpunkt der Störung hatte. Solche Effekte findet man auch in Kristallen, die natürlich gewachsen sind und lernt daraus viel über die Entstehungsbedingungen der Minerale.

Das Experiment sollte beendet werden, bevor der wachsende Kristall die Gefäßwand berührt oder der Flüssigkeitsspiegel zu stark gesunken ist, sodass der Kristall heraus ragt. Wenn der Kristall aus der Lösung genommen wird, müssen sämtliche Lösungsreste sofort behutsam mit Zellstoff vom Kristall entfernt werden.

Wenn die Freude an dem gezüchteten Kristall lange anhalten soll, müssen wir daran denken, dass er aus einer wässrigen Lösung gezüchtet wurde und als wasserlösliche Substanz jederzeit wieder auf- oder angelöst werden kann. Dafür wäre schon eine Berührung mit den Fingern ausreichend. Der Schweiß würde den Kristall sofort partiell anlösen und der Fingerabdruck wäre auf der vormals glänzenden Oberfläche dauerhaft konserviert.

Die Abfälle, die bei der beschriebenen Alaun-Züchtung entstanden sind, lassen sich problemlos entsorgen: Die benutzen Gläser und Werkzeuge werden unter fließendem Wasser gespült. Filterpapiere können in den üblichen Hausmüll geworfen werden. Alle übrig gebliebenen Lösungen sehen zwar aus wie Wasser, enthalten aber noch weiteren Alaun, der für die nächsten Experimente genutzt werden kann. Die Lösungen lassen sich beliebig oft verdünnen bzw. durch Verdunsten einengen. Gegebenenfalls müssen sie erneut gefiltert werden, falls sie mit der Zeit trübe geworden sind. Andere Substanzen, für die in der Literatur Rezepte zu finden sind, sind nicht immer so unbedenklich wie in unserem Experiment. Deshalb müssen für jeden Einzelfall gesonderte Entsorgungsvorschriften beachtet werden.

Peter Gille
LMU München

Weitere Rezepte

E. Keller, Wachstum und Aufbau der Kristalle, Praxis-Schriftenreihe, Abteilung Physik, Band 10, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln.

und viele Webpages, z.B.:

http://www.chemieunterricht.de/dc2/kristalle/dc2kt_58.htm

<http://www.seilnacht.com/Lexikon/VSKrist.htm>

<http://www.crystalgrowing.com/anleitung-1978-beta-nov-2008-01.pdf>

Weitere Fragen und Hinweise bitte direkt an: kristallwettbewerb@iisb.fraunhofer.de