

Hinweise zur Züchtung von Einzel-Kristallen

Will man größere Kristalle einer Substanz erhalten, bieten sich zwei praktische Wege an. Zum einen die Verdunstung einer wässrigen, gesättigten Lösung eines Salzes in der ein kleiner bereits vorhandener Kristall der Substanz langsam wächst. Zum anderen die langsame Abkühlung einer heißgesättigten Lösung eines Salzes über mehrere Tage auf Raumtemperatur. Ist die Substanz, aus welcher der Kristall bestehen soll, im Heißen wesentlich besser löslich als bei Raumtemperatur, kommt es während der Abkühlung zur Abscheidung des Salzes und Kristalle entstehen. Beide Wege werden im Folgenden genauer beschrieben. Oft ist es günstig beide Varianten zu kombinieren und so z. B. einen durch Abkühlung erhaltenen mittelgroßen Einzelkristall in der gesättigten Salzlösung durch Verdunstung weiter anwachsen zu lassen.

Kristallwachstum durch Verdunstung einer gesättigten Salzlösung

Bei der Züchtung von Kristallen durch Verdunstung der gesättigten Lösung geht man von kleinen gut ausgebildeten Kristallen der Züchtungs-Substanz aus, den so genannten Impfkristallen. Kleine Impfkristalle fallen beim Herstellen der gesättigten Salzlösung an oder werden durch die Abkühlungs-Methode gewonnen. Von der gesättigten Lösung sollte eine ausreichende Menge (0.5-1.0 Liter) hergestellt werden. Dazu löst schlägt man die Menge an Substanz nach, die sich in 100 ml Wasser bei Raumtemperatur lösen und rechnet die Menge auf das verwendete Wasser-Volumen um, wobei etwa 10% mehr an Substanz verwendet werden sollten, damit die Lösung auch garantiert gesättigt ist. Die abgewogene Züchtungs-Substanz wird anschließend in siedendem Wasser gelöst und die klare Lösung in ein sauberes Glas filtriert. Nach einigen Tagen sollten sich kleine Kristalle der Züchtungs-Substanz am Boden und an den Wänden des Gefäßes gebildet haben. Falls nicht, werden einige Körnchen der festen Substanz in die Lösung gegeben. Sollte daraufhin immer noch keine Kristallisation eintreten oder sich die hineingegeben Körnchen lösen, ist die Lösung nicht gesättigt. In diesem Fall muss erneut Züchtungs-Substanz unter Erwärmen hinzugegeben werden.

Ist die gesättigte Lösung hergestellt, muss sie von den gebildeten Kristallen im Glas durch Umgießen oder Filtration getrennt werden. Dies ist daher notwendig, da nur der Impfkristall wachsen soll. Weitere Kristalle im Glas verlangsamen das Wachstum des Impfkristalls, da sie selbst wachsen, und müssen daher entfernt werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die besten Resultate erzielt werden, wenn der Impfkristall an einem dünnem, durchsichtigem Garn genau in die Mitte der gesättigten Lösung ins Glas eingebracht wird. Dazu bildet man eine Schlaufe um den Impfkristall und knotet das Garn fest. Damit der Impfkristall auch von oben gesehen in der Mitte der Glases ist, wickelt man das Garn an ein kleine Kreuz aus Holzschichten oder Ähnlichem, dass auf die Öffnung der Glases gelegt wird.

Das Glas mit der Lösung und dem Impfkristall wird an einen Ort gestellt, an dem es keine großen Temperaturschwankungen gibt. Eine Temperatur-Senkung führt zum Auskristallisieren von winzigen Kristallen auf der Impfkristall-Oberfläche, die dessen Wachstum und Aussehen stark stören. Ein Temperatur-Anstieg wiederum führt zur Verkleinerung oder Auflösung des Impfkristalls. Tritt dies zu Beginn der Züchtung auf, fällt der Impfkristall meist aus seiner Garn-Schlaufe auf den Boden des Glases. Auf diese Temperatur-Änderung ist besonders zu achten, wenn man das Glas zwischen einem warmen Arbeitsraum und einem unbeheizten Raum hin- und hertransportiert.

Hat der Kristall nach einigen Monaten die gewünschte Größe erlangt, wird er aus der Lösung genommen, abgetrocknet und das Garn direkt am Kristall abgeschnitten, sodass nichts mehr davon aus dem Kristall ragt. Es sei zu erwähnen, dass das durchsichtige Garn beim Kristallwachstum im Inneren des Kristalls eingeschlossen wird, ohne dabei die Struktur und Form des Kristalls zu stören.

Die Züchtung von großen Kristallen nach dem beschriebenen Verfahren ist nicht besonders schwierig, trotzdem sollte man auf einige Dinge achten, die das Kristallwachstum stören. Neben den bereits angesprochenen Temperaturschwankungen stört auch bei konstanter Temperatur die Bildung von kleinen Kristallkeimen auf dem Impfkristall dessen Wachstum. Eine Kontrolle des Kristallwachstums rund alle zwei Wochen, verhindert jedoch, dass die kleinen Kristallkeime mit dem Impfkristall verwachsen. So lassen sich die Kristallkeime mechanisch leicht ablösen. Zudem hat sich gezeigt, dass die Einzelkristalle schneller wachsen, wenn sie alle zwei Wochen sehr kurz unter kaltes, fließendes Wasser gehalten werden. Wenn man den wachsenden Kristall in der Lösung längere Zeit sich selbst überlässt, kann die Verdunstung dazu führen, dass dieser nicht mehr mit Lösung bedeckt ist und sich an sich mit einer nicht mehr ablösbaren Salzkruste überzieht. Salzkrusten am Rand des Glases mit der gesättigten Lösung müssen auch immer entfernt werden, da sie wie Kristalle auf dem Boden des Gefäßes das Wachstum des Impfkristalls verlangsamen. Bei manchen Züchtungssubstanzen entstehen die Salzkrusten schneller als bei anderen. Zudem können die Salzkrusten durch innere Kapillarkräfte Salzlösung nach oben ziehen und sobald sie das Gefäß überwuchert haben auch einen beträchtlichen Teil der Salzlösung nach Außen transportieren.

Kristallwachstum durch langsame Abkühlung einer heißgesättigten Salzlösung

Wie Eingangs erwähnt, ist die Voraussetzung an die Züchtungs-Substanz bei dieser Methode, dass sich wesentlich mehr Salz in der heißen Lösung zu lösen vermag, als bei Raumtemperatur. Für ein Großteil der Salze, die zur Kristall-Züchtung verwendet werden, trifft dies zu. Es gibt aber auch einige Substanzen, wie zum Beispiel das Natriumchlorid, bei denen die Abkühlungs-Methode praktisch nichts bringt, da sich in der heißen Lösung nur wenig mehr löst als bei 20 °C. Entscheidend für die Größe der Kristalle ist die Dauer der Abkühlung der heißgesättigten Lösung auf Raumtemperatur. Lässt man diese von einer Temperatur von 80-90 °C in einem Wasserbad schnell auf abkühlen, entsteht ein feinkristallines Pulver. Dauert die Abkühlung hingegen eine Woche, so entstehen große Kristalle von mehreren Zentimetern Kantenlänge. Da große Mengen heißen Wassers natürlich länger abkühlen als kleine, ist ein Liter der empfohlene Mindestansatz bei dieser Prozedur.

Man geht dabei wie folgt vor. Zuerst informiert man sich über die Löslichkeit der Züchtungssubstanz. Für die oft verwendeten Züchtungssubstanzen sind die Löslichkeiten von 20 °C bis 100 °C in 10°-Schritten tabelliert; zuverlässige Angaben findet man zum Beispiel bei den Merck Labtools. Man verwendet nun soviel Gramm an Substanz wie sich bei 50-70 °C lösen. Nachdem diese Menge auf das Volumen des eigenen Ansatzes umgerechnet ist, wird die abgewogene Züchtungssubstanz in siedendem Wasser gelöst und die heiße Lösung in das Züchtungsgefäß gegossen oder filtriert. Das Züchtungsgefäß sollte verschließbar sein, da es mit Isoliermaterial umgeben werden soll. Haushalts-Weckgläser eignen sich gut, nur müssen diese kurz vor dem Befüllen mit heißem Wasser ausgespült werden, damit sie durch den Temperatur-Anstieg nicht springen. Eine lange Abkühlung wird erreicht, wenn das Glas mit der heißen Salzlösung schnell isoliert wird. Dazu kann man es zum Beispiel mit einer Decke umwickeln und

in eine Picknick-Tasche aus Styropor legen. Diese wird dann einige Tage sich selbst überlassen, wobei Erschütterung vermieden werden müssen. Nach Ablauf der Zeit findet man zumeist große und gut ausgebildete Kristalle am Boden und an den Wänden des Züchtungsglases.

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten die Abkühlungszeit zu verlängern. Neben größeren Ansätzen und besseren Isolationsmaterialien ist die Verwendung eines "Wasserballastes" eine weitere Option. Hierbei legt man das verschlossene Züchtungsglas mit der kurz zuvor noch siedenden Salzlösung in ein großes Behältnis mit ebenso heißem Wasser darin. Dieses größere Behältnis wird nun ebenfalls isoliert und eine Woche stehen gelassen. Durch die lange Abkühlungszeit des Gesamtvolumens der Flüssigkeit erhält man zum Teil sehr große Kristalle aus kleinen Ansätzen.

Obwohl man mit der Abkühlungs-Methode innerhalb einiger Tage große Kristalle erhält, für die man mit der Verdunstungs-Methode Monate bräuchte, sind die schnell gezüchteten Kristalle oft matter, als die langsam gewachsenen. So sind ansonsten farblose Kristalle oft weiß, wenn sie schnell gewachsen sind. Dies muss nicht immer störend sein, besonders, wenn die Züchtungssubstanz ohnehin nicht durchsichtig oder sehr dunkel ist.

Oft weisen die mit der Abkühlungs-Methode gewonnenen Kristalle fehlende Teile auf, da sie sich am Boden oder an der Glaswand nicht in alle Richtungen ausbreiten konnten. Solche Fehler lassen sich in der Regel korrigieren, indem man den betreffenden Kristall mit der Verdunstungs-Methode weiterwachsen lässt, sodass ein Einkristall mit vollständig intakter Geometrie erhalten wird.

Besondere Variationen

Mischkristalle

Sehr interessant aussehende Kristalle erhält man, wenn man einen farbigen Kristall in einer andersfarbigen oder farblosen Lösung weiterwachsen lässt. Dies ist nur dann möglich, wenn beide Züchtungssubstanzen zu einander isomorph sind, also die Kristallsysteme sozusagen 'kompatibel' sind. Dies ist der Fall bei den Substanzklassen der Alaune und der Tuttonschen Salze. Durch diese Kombinationsmöglichkeit kann man auch eine gesättigte Lösung aus zwei isomorphen Salzen herstellen. So wird üblicherweise Chromalaun mit Kaliumaluminiumsulfat gemischt, um luftbeständige Kristalle zu erhalten. Da das reine Chromalaun wesentlich teurer ist sprechen auch ökonomische Gründe für die Mischkristalle. Genauso wird Ammoniumkobaltsulfat meist nicht rein gezüchtet, sondern als Mischkristall mit Ammoniummagnesiumsulfat. Durch die beliebige Mischbarkeit sind natürlich auch alle möglich Farbstufungen von intensiv bis blass möglich.

In seltenen Fällen kann ein Impfkristall mit einem Kristallsystem A in Lösung zu einem Kristall mit dem System B gezüchtet werden. Als Beispiel gilt das oktaedrische Chromalaun, welches in einer mit Kaliumhydroxid versetzten Lösung von Kaliumaluminiumsulfat als Würfel weiterwächst.

Matrixsteine und Drusen

Manche Kristallzüchter imitieren gerne natürliche Mineralien und überziehen Gesteine mit Kristallen oder lassen diese in Halbrunden Formen zu Drusen wachsen. Obwohl dies allesamt keine Einzelkristalle sind, seien diese Variationen der Vollständigkeit halber erwähnt. Möchte man natürliches Gestein mit Kristallen überziehen, muss das Gestein darauf überprüft werden, ob es in der heißen Züchtungs-Lösung stabil ist und sich nicht zersetzt. Auskochen in Wasser und Säurebehandlungen sind mögliche Tests auf Stabilität. Um Eindrucksvolle Schaustufen zu

gewinnen, empfiehlt es sich das Gestein mit einem Garn am Deckel eines Glases zu befestigen, in dem dann die Abkühlungsmethode durchgeführt wird.

Ebenso kann aus innerem Material die Negativform einer Halbkugel gebaut werden, die in der Mitte durchgeschnitten wird. Eine mit viel Züchtungssubstanz heißgesättigte Lösung wird in die geschlossene Form gegossen und alles zum Abkühlen Stehen gelassen. Die Innenfläche der Form ist nun mit einer relativ festen Kristallschicht überzogen und die Form kann geöffnet werden, um die drusenförmige Halbkugel zu entnehmen. Mit Chromalaun erstellte Drusen ähneln sehr den natürlichen Amethyst-Drusen.

Dotierungen

Da die Kristalle beim Wachstum oft Fremdstoffe aus der Lösung mit ins Kristallsystem einbauen, kann so eine Färbung der Kristalle erzielt werden. Als Farbstoffe sollen sich Kaliumdichromat, Malachitgrün, Fuchsin, Methylviolett, Methylenblau und das fluoreszierende Rhodamin B eignen.

Empfohlene Substanzen für die Züchtung

Nicht alle kristallinen Stoffe eignen sich für die Gewinnung von großen Einzelkristallen in hinnehmbarer Zeit. Daher werden in weiteren Verlauf einige Substanzen und Substanzklassen empfohlen, von denen bekannt ist, dass sie gute Ergebnisse liefern.

Das sind zum einen die Alaune, also Doppelsalze bei denen jeweils ein einwertiges Me' und ein dreiwertiges Me''' Metall-Ion mit zwei Sulfat-Ionen verbunden sind. Die allgemeine Formel dieser Salz-Gruppe ist $Me'Me'''(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$. Als Me' können z. B. Kalium, Natrium, Ammonium und Thallium, als Me''' z. B. dreiwertiges Aluminium, Titan, Mangan, Indium, Eisen, Chrom und Vanadium auftreten. Kaliumaluminiumsulfat, Chromalaun, Ammoniumchromalaun und Ammoniumeisenaun sind die weitverbreitetsten Vertreter der Alaune.

Eine weitere zur Kristallzüchtung empfohlene Gruppe ist die der Tuttonschen Salze. Die Tuttonschen Salze haben die allgemeine Formel $Me'_2[Me''(H_2O)_6](SO_4)_2$. Bekannte Vertreter sind das farblose Ammoniummagnesiumsulfat, das blau-grüne Ammoniumnickelsulfat und das rote Ammoniumkobaltsulfat.

Auch die Vitriole, kristallwasserhaltige Sulfate zweiwertiger Metalle - z.B. Kupfersulfat, Nickelsulfat, Kobaltsulfat und Eisensulfat - kristallisieren gut.

Bei den organischen Salzen gelingen mit Kaliumnatriumtartat (Synonym: Seignette-Salz und Rochelle-Salz) sehr gute Züchtungserfolge.

Als besonders exotische Züchtungssubstanzen seien Guanidinaluminiumsulfat und Kaliumtrioxalatochromat empfohlen.

Die folgende Tabelle zeigt die Löslichkeit für einige gut kristallisierende Substanzen. Die Daten stammen aus "Kristallzucht als Hobby".

Verbindung	Löslichkeit in g pro 100 g Wasser bei °C						
	20	30	40	50	60	80	100
Ammoniumdihydrogenphosphat	36.9	46.0	56.5	68.7	83.1	120.5	174.0
Ammoniumkobaltsulfat-Hexahydrat	22.6	28.0	39.4	43.2	52.8	80.0	144.1
Ammoniummagnesiumsulfat-Hexahydrat	28.0	34.2	41.2	49.4	59.3	86.7	130.6
Ammoniumnickelsulfat-Hexahydrat	9.8	12.5	16.0	20.2	25.4	39.5	61.1
Kaliumaluminiumsulfat-Dodecahydrat	11.4	16.6	23.8	36.8	57.4	322.0	-
Kaliumnatriumtartat	100.1	139.5	217.5	-	-	-	-
Kupfersulfat-Pentahydrat	36.6	44.1	52.6	65.0	79.9	119.7	203.3

Weiterführende Literatur:

Udo Behner, Kristallzucht als Hobby, siehe auch crystalgrowing.com
H. E. Buckley, Crystal Growth, Wiley, New York 1951