

Das Kristallwachstum

Das Wachstum von Kristallen verläuft im wesentlichen über zwei verschiedene Wege: das Wachstum aus einer **Schmelze** und das Wachstum aus einer **Lösung**. Der größte Teil der kristallinen Materie der Erde ist über den ersten Weg entstanden. Aber auch bei der künstlichen Herstellung von sog. **Einkristallen** z.B. von Silicium oder Germanium wählt man diese Methode. Künstliche Rubine und Saphire lassen sich so fabrizieren. Die oft meterlangen Einkristalle werden im Falle von Silicium in hauchdünne Scheiben geschnitten (sog. Wafers), die dann gezielt in mehreren Schichten mit Halbmetallen (Halbleitern) „verunreinigt“ werden. Auf diese Weise entstehen miniaturisierte elektronische Schaltungen, sog. **Chips**.

Da der Kristallisationsvorgang beim Abkühlen der Erdrinde relativ schnell vor sich ging, sind die meisten Kristalle in Mineralien sehr klein, sie werden deswegen **Kristallite** genannt. Beim Abkühlungsprozess entstanden an vielen Stellen gleichzeitig solche Minikristalle, die sich beim Wachstum gegenseitig behinderten. Der folgende Versuch demonstriert das auf anschauliche Weise:

Versuch: Kristallwachstum aus der Schmelze

Eine mittelgroße Kristallisierschale wird ca. 1 cm hoch mit Natriumthiosulfat-5-Hydrat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Anm. 1.) gefüllt. Die Schale kommt in ein Wasserbad, das auf einem Vierfuß (Ceranplatte) erhitzt wird. Bei ca. 50 °C beginnen die Kristalle zu schmelzen, bei ca. 70-80 °C hat man eine klare Schmelze vor sich. Die Schale wird aus dem Wasserbad genommen und in kaltem Wasser oder an der Luft abgekühlt. Geht alles gut, ist auch bei Raumtemperatur das Natriumthiosulfat noch flüssig. Deswegen wird es als **unterkühlte Schmelze** bezeichnet. Gibt man nun einen kleinen Natriumthiosulfat-Kristall in die Schmelze hinein, wachsen in Sekundenschnelle Kristalle. Innerhalb kürzester Zeit ist die ganze Schmelze in kleine Kristalle übergegangen. Führt man den Versuch mit einem in die Schmelze tauchenden Thermometer aus, stellt man fest, dass bei der Kristallisation die Temperatur bis auf 48,5 °C, dem Schmelzpunkt des Natriumthiosulfats, ansteigt. (Versuch u.U. mit PC-Auswertung des Temperaturanstiegs).

Das **Kristallwachstum aus einer Lösung** geht i.a. langsamer vor sich. Das bedeutet, dass genügend Zeit zur Verfügung steht, um auch große Kristalle wachsen zu lassen. Prinzipiell verläuft der Vorgang in folgenden **Schritten** oder **Phasen**:

1. Ein in einem Lösungsmittel löslicher Stoff wird gelöst: Solvation oder **Solvatation**. Im Falle von Wasser spricht man von **Hydratation**.
2. Erst ab einer bestimmten Stoffportion kann das zur Verfügung stehende Lösungsmittel, die Stoffportion Wasser, keinen mehr zu lösenden Stoff aufnehmen. Die Lösung ist dann **gesättigt**. Dieser Zustand ist für jeden Stoff unterschiedlich.
3. Bevor eine Lösung diesen Zustand erreicht hat, ist sie **untersättigt**.
4. Die **Sättigungsgrenze** ist temperaturabhängig: bei den meisten Stoffen steigt die Löslichkeit mit steigender Temperatur. Es gibt aber auch das Gegenteil. Wird die Lösung also erwärmt, erreicht die Lösung einen un- oder untersättigten Zustand. Wird die Lösung dagegen abgekühlt, erreicht sie einen **übersättigten** Zustand.
5. Erst aus einem übersättigten Zustand heraus ist eine Kristallbildung an einem **Impfkristall** möglich. Ein Impfkristall ist ein Kristallkeim, an dem sich das Kristallwachstum vollzieht. Das, was dem übersättigten Zustand entspricht, geht aus dem gelösten in den festen, kristallinen Zustand über.
6. In einen übersättigten Zustand kann eine Lösung aber auch gelangen, in dem das Lösungsmittel **verdunstet**. Sorgt man also bei gleichbleibender Temperatur für die Möglichkeit des Verdunstens, geht die Lösung vom gesättigten in den übersättigten Zustand über. Das Mehr an Sättigung schlägt sich als Kristallwachstum nieder.
7. In einen übersättigten Zustand kann eine Lösung aber auch gelangen, in dem die Lösung **abkühlt**: Das Mehr an Sättigung schlägt sich als Kristallwachstum nieder. Wird die Lösung dagegen wieder erwärmt, nimmt die Löslichkeit zu und der gewachsene Kristall löst sich wieder auf.

Arbeitsaufträge:

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll des Demonstrationsversuchs „Kristallwachstum aus der Schmelze“.
2. Erkläre den Temperaturanstieg beim Erstarrungsvorgang!
3. Welche Materialien oder Stoffe sind ebenfalls als „unterkühlte Schmelzen“ bekannt? Informiere dich!
4. Stelle die 7 Schritte in einem Diagramm übersichtlich dar!

Anmerkung 1: Natriumthiosulfat-5-Hydrat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ist auch als Fixiersalz aus dem photographischen Prozess bekannt. Das Zeichen „ \cdot “ wird gelesen als „mit“: also Natriumthiosulfat mit 5 Molekülen Kristallwasser.