

# Eigenschaften, Zucht und Struktur von kristallinen Systemen



## *Facharbeit der Chemie*

Verfasser: Christoph A. Krautkrämer  
Leistungskurs: Chemie  
Kursleiter: Udo Riester

Beginn: 11.10.2004  
Abgabe: 17.01.2004

## Kurzfassung

Zielsetzung dieser Facharbeit, ist es die Vorkommen von Kristalle zu zeigen, Möglichkeiten der Zucht anhand einigen Beispielen zu erklären, die Eigenschaften, speziell die Anisotropie, der Kristalle zu veranschaulichen und die Struktur dieser faszinierenden Systeme aufzuschlüsseln. Als Möglichkeiten der Zucht von Kristallen in wässriger Lösung führe ich die Unterkühlungsmethode und die Verdunstungsmethode auf. Zur Kristallzucht verwendete ich Alaun, Chromalaun, Kupfer-II-sulfat, Rotes Blutlaugensalz, Seignettesalz, Zucker und Kochsalz. In dieser Arbeit gehe ich auf besondere Eigenschaften dieser Kristalle, falls vorhanden, ein und beschreibe ihre Darstellung. Des weiteren schildere ich die Herstellung von Kristallen aus der Schmelze und aus dem Gaszustand. Im Anschluss an die Möglichkeiten der Kristallisation führe ich die Eigenschaften der Kristalle auf, im besonderen die Anisotropie, also das richtungsabhängige Verhalten von Kristallen, die Piezoelektrizität und die Kristallstruktur. Im Bezug auf Letzteres zeige ich die 7 Kristallsysteme und die 32 verschiedenen Klassen. Im Anhang finden sich abschließend eine Bildergalerie, welche fast ausschließlich Kristalle aus eigener Zucht beinhaltet, einige Versuchsbeschreibungen, eine Tabellenübersicht und das Quellenverzeichnis.

## Mein Dank geht an

- Udo Riester, für seine Unterstützung als beratender Lehrer und seine aufgeopferte Zeit
- Das Staatl. Kant Gymnasium Boppard, für die Beritstellung der benötigten Chemikalien und Gerätschaften
- Helga Krautkrämer, für die vielen durch mich verloren Nerven und für den bereitgestellten Kühlschrank
- Andreas Albert, für seine Hilfe während und außerhalb der Chemie AG
- Volker Zöbel, für seine Hilfe bei der Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit
- Heidi Rauch, für die moralische Unterstützung

Inhaltsübersicht:

1. Einleitung

- 1.1. Was sind Kristalle (3)
- 1.2. Kristalle in der Natur (4)
- 1.3. Kristalle in der Industrie

2. Kristallzucht

- 2.1. Grundprinzipien
- 2.2. Alaunkristalle
- 2.3. Kupfersulfatkristalle
- 2.4. Blutlaugensalzkristalle
- 2.5. Seignettesalzkristalle
- 2.6. Zuckerkristalle und Kochsalzkristalle
- 2.7. Kristalle aus der Schmelze

3. Eigenschaften von Kristallen

- 3.1. Allgemeine Eigenschaften
- 3.2. Der Begriff der Anisotropie
- 3.3. Kristallstrukturen / Gittersysteme
- 3.4. Piezoelektrizität
- 3.5. Sonstige Besonderheiten

- Anhang A: Bildergalerie
- Anhang B: Versuchsbeschreibungen
- Anhang C: Tabellen, Diagramme und Grafiken
- Anhang D: Quellenverzeichnis

## Einleitung

### 1.1. Was sind Kristalle

Kristalle... das sind doch Edelsteine und Diamanten, oder? Nicht nur! Die genannten sind nur wenige von vielen. Kristalle findet man überall, ob nun Zucker und Salz in der Küche, der Schnee vor der Haustür oder der Sand auf dem Spielplatz. Doch was ist die Gemeinsamkeit; was macht einen Kristall zum Kristall? Im Gegensatz zu den antiken Philosophen, für die Kristalle einzig eine trockene, stabile Form von Eis(griechisch *krystallos* = Eis) waren, fasst man heute unter dem Begriff Kristall Stoffe zusammen, die sich in ihrem stabilen Normalzustand befinden und i.A. ein ungleiches Verhalten bei Richtungsänderungen(Anisotropie) aufweisen.

Eines haben alle Kristalle gemein. Sie besitzen eine sogenannte Elementarzelle. Dies ist der kleinste Baustein des Kristalls, der alle wesentlichen Eigenschaften von diesem aufweist. Bei ungestörtem Kristallwachstum spiegelt sich die Form der Elementarzelle in dem makroskopischen Erscheinungsbild des Kristalls wieder.

## 1.2. Kristalle in der Natur

Die meisten Kristalle gibt es natürlich in der Natur, ob nun mikroskopisch in Zellen oder als makroskopische Mineralien eingeschlossen in Gestein. Dies sind nur zwei Punkte von vielen. Kristalle findet man überall: Schneeflocken am Fenster, Nierensteine im Körper, Quarze und Diamanten in den Bergen und viele mehr. Der Seeigel zum Beispiel besitzt Stacheln mit aus kristallinem Calcit. Diese Stacheln sind millimeterdünn, aber bis zu 40 Zentimeter lang. Des weiteren gibt es magnetische Bakterien, die in ihrem Körper Ketten von Magnetitkriställchen tragen

## 1.3. Kristalle in der Industrie

In der Industrie werden Kristalle vielfältig eingesetzt. Oft als Laser, wobei verschiedene Kristalle eine verschiedene Wellenlänge bedeuten. Des weiteren werden künstlich hergestellte Siliziumkristalle zur Herstellung von Mikrochips benötigt. In der Uhrenproduktion ist der Quarz natürlich von großer Bedeutung. Und seit man nun vor einigen Jahren einige Verfahren zur Diamantensynthese entwickelt hat, werden diese mittlerweile auch industriell hergestellt, meist zur Beschichtung von Schneide- und Schleifwerkzeugen.

## 2. Kristallzucht

### 2.1. Grundprinzipien

Will man nun Kristalle selbst herstellen, sollte man wissen, das es nicht genügt, irgendwelche chemischen Prozesse in Gang zu bringen und sofort einen Idealkristall vor sich zu haben. Auf die Schnelle entstehen nur sog. Realkristalle, welche meist stark ausgeprägte Kristallbaufehler haben oder denen man mit bloßen Auge gar nicht ansieht, dass es sich um Kristalle handelt. Um einen Idealkristall in einer wässrigen Lösung herzustellen gibt es zwei Verfahren. Die Unterkühlungsmethode und die Verdampfungsmethode.

Bei der Unterkühlungsmethode wird eine bei hoher Temperatur gesättigte Lösung langsam unter Verschluss abkühlen lassen. Beim Absinken der Temperatur wird die Lösung übersättigt. Um dem entgegenzuwirken (Le Chatelier) scheidet der gelöste Stoff in Form von Kristallen ab. Je langsamer dies geschieht, umso idealer wird der entstehende Impfkristall, da sich die Moleküle dann an Baufehler des Kristalls setzen und dies beheben.

Etwas anders funktioniert die Verdampfungsmethode. Sie ist um einiges langwieriger als die Unterkühlungsmethode, dafür sind die Ergebnisse umso erfreulicher. Bei diesem Verfahren wird eine bei Zimmertemperatur gesättigte Lösung in einer temperaturkonstanten Umgebung in ein offenes Gefäß gefüllt. Wie bei dem 1. Verfahren bildet sich nun langsam ein Kristall am Boden des Gefäßes. Aufgrund der langen Dauer dieser Methode entsteht meistens ein sehr idealer Kristall.

Um aus diesem kleinen Impfkristall nun einen größeren Kristall zu züchten befestigt man diesen an einem Faden und hängt ihn in eine gesättigte Lösung. Am Besten so, dass der Kristall möglichst mittig hängt, so dass er ungestört wachsen kann. Die Lösung sollte unbedingt gesättigt sein, da der Kristall sonst schrumpft und sich vom Faden lösen kann. Nun geht man nach einem der beiden genannten Verfahren vor, um den Kristall wachsen zu lassen. Da nun der Kristall in der Mitte einen „Störfaktor“ darstellt werden sich die Moleküle vornehmlich dort anlagern, wenn man ihnen „genug Zeit gibt“. Leider stellt der Faden auch seine Störung dar,

wodurch sich auch dort kristalline Ablagerungen bilden, die das Kristallwachstum stören. Mit der Zeit werden sich auch am Boden kleine Impfkristalle bilden, doch da diese das Wachstum des zentralen Kristalls nicht stören, kann man sie dort belassen und nach entfernen des Kristalls als neuen Ansatz verwenden.

## 2.2. Alaunkristalle

Der gemeinhin als Alaun bekannte, farblose Kristall besteht aus Kaliumaluminiumsulfat-12-hydrat. Des Weiteren gibt es noch den violetten, fast schwarzen „Chromalaun“, also Kaliumchromsulfat-12-hydrat. Beide haben einen fast gleichen Molekülaufbau und somit auch das gleiche Kristallsystem: rhombisch, um genau zu sein disdodekaedrisch. Dadurch lassen sich auch hellviolette Mischkristalle erzeugen. Die chemische Formel der beiden Alaune ist  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$  bzw.  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ .

Die Zucht von Alaunkristallen ist ideal für Einsteiger, das nicht viele Schwierigkeiten zu erwarten sind. Eine gesättigte Lösung erhält man, in dem man 114 g Alaun pro Liter Wasser löst. Da eine Chromalaunlösung stark gefärbt ist, sollte man sie mit einer Alaunlösung mischen, gerade so, dass man hindurchschauen kann. Zur Erzeugung eines hellvioletten Kristalls erhöht man den Alaunanteil der Mischlösung. Des Weiteren kann man erst einen Chromalaunkristall züchten und diesen dann in Alaunlösung hängen. Dadurch wächst der Kristall transparent weiter, aber der Kristall im Inneren bleibt erhalten. Auf jeden Fall sollte man einen Chromalaunkristall für mindestens einen Tag in eine Alaunlösung hängen, damit sich eine mikroskopische Alaunschicht bildet, die den Kristall am Zersetzen hindert. Denn der Chromalaun, im Gegensatz zum Alaun, ist an der Luft nicht stabil. Er zerfällt mit der Zeit zu einem violetten Pulver.

Alaunkristalle haben eine sehr interessante praktische Eigenschaft. Sie stillen kleine Blutungen, z.B. Rasierwunden. Deshalb waren sie früher in jedem Haushalt als „Rasierstein“ zu finden. Denn der Alaun beschleunigt die Gerinnung der Eiweiße im Blut, was einen schnelleren Wundverschluss bedeutet. Natürlich waren diese

Kristalle nicht sorgfältig gezüchtet worden, sondern industriell hergestellt, so dass sie meist wie ein einfacher Stein aussahen und parfümiert waren.

### 2.3. Kupfer-II-sulfatkristalle

Kupfer-II-sulfatkristalle oder auch Kupfervitriolkristalle sind transparent blau und haben eine pinokoidale Kristall-Struktur(triklines Kristallsystem). Sie sind mindergiftig und haben die Strukturformel  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ . Eine gesättigte Lösung enthält 313 g Kupfersulfat pro Liter Wasser.

Aufgrund seiner Farbe wird Kupfersulfat auch als Blaustein bezeichnet. Bei der Zucht meiner Kristalle ist mir bei einem der Kupfersulfatkristalle etwas interessantes aufgefallen. An zwei Seiten hatte der Kristall eine ungewöhnliche Oberfläche entwickelt. Es scheint, als ob aufgrund unterschiedlicher Konzentrationen in der Lösung eine Strömung entstanden ist, vergleichbar mit Luftströmungen bei Kälte-/Wärmefronten. Und diese hat dann Teile der Kristalloberfläche abgetragen.

### 2.4. Blutlaugensalzkrystalle

Das Blutlaugensalz tritt in zwei Variationen auf. Einmal als Rotes Blutlaugensalz, Kaliumhexacyanoferrat(III) mit der Formel  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , welches, wie der Name schon sagt, rot ist, und zwar blutrot. Des weiteren gibt es das Gelbe Blutlaugensalz, Kaliumhexacyanoferrat(II), dessen Formel  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  ist und das natürlich gelb ist.

Für die Kristallzucht fand ich das Rote Blutlaugensalz geeigneter, doch sollte auch erwähnt werden, dass dieses giftig ist. Bei dem Roten Blutlaugensalzkrystall liegt ein monoklines Kristallsystem(Klasse: prismatisch) vor. Aufgrund ihres schnellen Wachstums, sollte man bei züchten dieser Kristalle den Impfkristall regelmäßig auf „Ableger“ prüfen, um diese dann sorgfältig zu entfernen. Eine interessante Art einen Blutlaugensalzkrystall zu züchten ist, ein Metallkreuz auf eine Kristallisierschale mit er



Lösung zu legen. So entstehen viele kleine Polykristalle entlang des Kreuzes, bis man schließlich ein Kristallkreuz vorliegen hat.

## 2.5. Seignettesalzkrystalle

Seignettesalz oder auch Rochellesalz sind Trivialnamen für Kaliumnatriumtetrat-4-hydrat ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ), dessen Kristalle farblos sind, und eine rhomisch-dipyramidale Kristallstruktur aufweisen.

Ebenso wie der Alaun ist der Seignette-Salzkrystall relativ einfach zu züchten. Eine gesättigte Lösung enthält 660g Salz pro Liter Wasser. Es ist also eine große Menge erforderlich. Des weiteren ist der Sättigungsgrad der Lösung stark von der Temperatur abhängig. Eine interessante Eigenschaft der Seignettesalzkrystalle ist ihre Piezoelektrizität. Näheres dazu siehe in Kapitel 3.4.

## 2.6. Zucker- und Kochsalzkrystalle

Die Zucht von Zuckerkrystallen ist nicht so einfach, wie man vielleicht denken mag, da eine gesättigte Zuckerlösung nur schwer herzustellen ist. Erstens braucht man Unmengen an Zucker, zweitens wird die Lösung sehr zähflüssig, wenn man die Lösung übersättigt. Mir ist es nur gelungen, einen Polykrystall zu züchten, und einen Kandiszucker zu vergrößern.

Kochsalzkrystalle sind da schon etwas handlicher, doch ist es hier recht schwer, einen großen Krystall zu züchten. Kleinere Krystalle sollte kein Problem darstellen.

## 2.7. Kristalle aus der Schmelze

Alle obengenannten Kristalle lassen sich mehr oder weniger leicht in einer wässrigen Lösung züchten. Doch es gibt viele andere Kristalle, die nicht wasserlöslich sind. Um diese herzustellen, bedarf es einer anderen Verfahrensweise. Eine Möglichkeit ist zum Beispiel Kristalle aus der Schmelze darzustellen. Dafür erhitzt man einen Feststoff, vornehmlich ein Metall, bis zum Schmelzpunkt. Sobald der Stoff komplett geschmolzen ist, impft man die heiße Flüssigkeit mit einem festem Korn oder Bruchstück des Stoffes und kühlt die Flüssigkeit minimal ab. Um den Störfaktor wird dann eine Kristallisation stattfinden. Dann nimmt man den Kristall aus dem sonst noch flüssigen Stoff heraus und kühlt in vorsichtig ab.

Eine ähnliche Methode ist das Resublimieren von einigen Stoffen, wie z.B. bei Jod. Dazu gibt man etwas Jod in ein Becherglas und deckt dieses mit einem Uhrglas zu. Auf dieses Uhrglas legt man einen Eisklumpen. Dann stellt man das Becherglas auf eine Heizplatte und erhitzt das Jod langsam (unter Abzug, da mindergiftig!), bis es vollständig sublimiert ist. Schon bevor sämtliches Jod zu Gas geworden ist, kann man unterhalb des Uhrglases eine Kristallisation beobachten. Durch das Eis resublimiert das Jod, wenn es in die Nähe des Uhrglases kommt.

### 3. Eigenschaften von Kristallen

#### 3.1. Allgemeine Eigenschaften

Jeder Kristall einer Art hat unveränderliche und für den Stoff typische Eigenschaften. Anhand dieser Eigenschaft kann man umgekehrt auch einen Kristall bestimmen.

Eigenschaften, die für alle Kristalle gelten sind:

- Chemische Zusammensetzung
- Farbe\*
- Kristallsystem und –klasse
- Löslichkeit
- Lösungs- bzw. Wachstumsgeschwindigkeit\*
- Dichte
- Härte und Spaltbarkeit\*
- Schmelzpunkt

Eigenschaften, die nur spezielle Kristalle aufweisen:

- Piezoelektrizität\*
- Luminiszens
- Magnetismus
- Doppelbrechung\*
- Wärme- und elektrische Leitfähigkeit\*
- Sublimationspunkt

\* Diese Eigenschaften sind bei allen oder einzelnen Kristallen anisotrop, also richtungsabhängig

Es gibt zwei Gesetze der Kristallchemie:

#### **Gesetz der konstanten Flächenwinkel**

Die Neigungswinkel zweier entsprechender Flächen an Kristallen gleichen Stoffes sind konstant.

#### **Gesetz der rationalen Achsenabschnitte**

Die von einer Ebene des Kristalls auf verschiedene Achsen erzeugten Abschnitte stehen in rationalem Zahlenverhältnis.

### 3.2. Der Begriff der Anisotropie

Anisotropie ist ein Ausdruck aus dem Griechischen und bezeichnet ein ungleiches Verhalten bei Richtungsänderungen. In der Kristallchemie bedeutet das, dass die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Kristalls von der Richtung der einwirkenden Kraft abhängt. Die Ursache hierfür liegt in der Gitterstruktur des Kristalls. Welche Eigenschaft eines Kristalls anisotrop sind, hängt von der Struktur seiner Elementarzelle ab. Beim Kochsalz z.B. liegt keine Anisotropie vor, da dessen Elementarzelle ein Würfel ist, also vollsymmetrisch ist. Daraus kann man folgern, dass alle kubischen Systeme, da sie drei gleichwertige, senkrecht aufeinanderstehende Achsen haben, isotrop sind. Ein weiteres Argument dafür ist, dass die Wachstums-Geschwindigkeit, die bei allen anisotropen Kristallen richtungsabhängig ist, bei kubischen Kristallen nach allen Richtungen gleich ist.

### 3.3. Kristallsysteme und Gitterstrukturen

Eine wichtige Eigenschaft des Kristalls ist sein Kristallsystem und seine Kristallklasse. Durch diese kann man Kristalle kategorisieren und charakterisieren. Auf was es dabei zu achten gilt, sind die Achsen und wie diese zueinander stehen.

- Bei einem **triklinen** System zeigt das Achsenzentrum nur ein Inversionszentrum
- Ist der Kristall **monoklin**, zeigt das Achsenkreuz des Kristalls nur die b-Achse als Vorzugsrichtung an.
- Liegt ein **rhombisches** bzw. orthorhombisches System vor, stehen 3 Achsen senkrecht aufeinander.
- Ein System ist **tetragonal**, wenn es nur eine c-Achse mit der Symmetrie  $\overline{4}$  bzw. 4 besitzt.
- **Trigonal** ist ein Kristall. Wenn er nur eine c-Achse mit der Symmetrie  $\overline{3}$  bzw. 3 besitzt.
- Ebenso ist ein Kristall **hexagonal**, falls nur eine c-Achse mit der Symmetrie 6 bzw. 6 vorliegt.
- Besitzt der Kristall gleichwertige, senkrecht aufeinander stehende Achsen, so ist das Kristallsystem **kubisch**<sup>1</sup>.

---

1

Diese System und deren Unterklassen ergeben sich aus der Kombination der Anwendung verschiedener Symmetrioperationen auf die Elementarzelle<sup>2</sup>:

1. Rotation                    2. Spiegelung                    3. Inversion                    4. Drehspiegelung

Daraus folgen die in den Kristallen auftretenden Symmetrieelemente:

1. Drehachse                    2. Spiegelebene                    3. Inversionszentrum                    4. Drehspiegelachse

### 3.4. Piezoelektrizität

Eine weitere und sehr interessante Eigenschaft, welche manche Kristalle aufweisen, ist die Piezoelektrizität. Als Beispiele hierfür sei der Seignette-Salzkristall und der Quarzkristall genannt. Wirkt auf diese Kristalle eine mechanische Kraft ein, z.B. Druck, so entsteht Elektrizität, die sich auch messen lässt. Ebenso kann zum Beispiel ein Quarz durch elektrischen Strom zum Schwingen angeregt werden. Diese piezoelektrische Eigenschaft zeigt sich nur bei Kristallen mit mindestens einer polaren Achse, was auch bedeutet, dass keine Symmetriezentrum vorliegen darf. Um einen piezoelektrischen Effekt zu erzeugen, müssen sich bei der Deformation die negativen und positiven Ladungsschwerpunkte gegenseitig verschieben. Dadurch wird das Kristallgitter nach außen hin geladen.

---

<sup>2</sup> J. Falbe, M. Regitz: Römpp Lexikon Chemie, Thieme-Verlag, 6. Auflage  
– Seite 13 –

### 3.5. Sonstige Besonderheiten

Es gibt einige Kristalle die unter Einwirkung von UV-Licht oder anderen Energie-Formen eine gewisse Luminiszens aufweisen, dass heißt, sie Leuchten. Beispiele hierfür sind rot bis gelb leuchtende Calcitkristalle, blau leuchtendes Fluorit, gelb leuchtendes Aragonit und violett fluoreszierender Flussspat. Auch Quarz weist neben seiner piezoelektrischen Eigenschaft auch eine Luminiszens auf. Diese Phänomene treten aber nur in Anwesenheit von kleinen Unreinheiten im Kristall auf, sogenannte Aktivatoren.

Eine andere nennenswerte Eigenschaft ist die Härte der Kristalle. Sie wird entweder durch die Härtezahl(nach Mohs) oder die Schleifhärte(nach Rosiwal) angegeben. Im Fall der Mohs'schen Härteskala ritzt jedes aufgeführte Material das vor ihm stehende und wird vom nachstehenden geritzt. Es handelt sich also um eine relative Härteskala. Gleiches gilt auch für die Schleifhärte nach Rosiwal. Mit ihr erkennt man deutlich, wie ungleich die Spanne innerhalb der einzelnen Mohs-Härtestufen ist. Die Härte eines Kristalls hängt von seiner Gitterenergie ab.<sup>3</sup>

Abschließend sei noch die Doppelbrechung genannt, die sich am Besten anhand eines Kalkspats verdeutliche lässt. Eine Doppelbrechung entsteht, wenn sich der Lichtstrahl in zwei Lichtbündel teilt. Dies hat seiner Ursache in der Anisotropie des Kalkspats. Der eine Lichtstrahl, der „ordentliche Strahl“ ist derjenige, der den Brechungsgesetzen folgt. Der zweite tut dies nicht, er ist der „außerordentliche Strahl“. Beide Strahlen bestehen aus sogenanntem „polarisiertem Licht“. Das menschliche Auge kann jedoch dieses von normalem Licht nicht unterscheiden. Es deutet es als zwei getrennte Lichtstrahlen.

---

<sup>3</sup> Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie: - <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/>

Anhang A: Bildergalerie



Die besten Kristalle jeden Typs



Alaunsammlung



Alaun und Chromalaun



Chromalaun



Klarer Alaun



Milchiger Alaun



Kupfersulfat-Kristall



Kupfersulfat-Kristall mit  
Strömungsabrieb



Rotes Blutlaugensalz und  
Seignettesalz mit Lösung



Rotes Blutlaugensalzkristall



Rotes Blutlaugensalzkristall



Kristallkreuz aus rotem  
Blutlaugensalz





Seigentesammlung



Seignettesalzkrystall



Seignettesalzkrystall



Polykristalliner Zuckerkrystall



Doppelbrechung beim Kalkspat

## Anhang B: Versuchsbeschreibungen

**Versuch: Züchten von Impfkristallen****Geräte**

Bechergläser (500 ml), Weithals-Erlenmeyerkolben (300 ml), Kristallisierschalen (Durchmesser 15 - 20 cm), Magnetrührer, Rührfisch.

**Chemikalien**

Destilliertes oder anderweitig demineralisiertes Wasser

Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  (Xn)

Kalium-Aluminium-Alaun  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  (Xi)

Kalium-Chrom-Alaun  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  (Xn)

Seignettesalz (Kalium-Natrium-tartrat-Dihydrat)  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

Rotes Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanoferrat(III))  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (Xn)

Natriumchlorid

Saccharose

**Durchführung**

Stelle dir eine gesättigte Lösung aus dem gewählten Salz und etwa 100 ml destilliertem Wasser her. Beachte, daß das Herstellen einer gesättigten Lösung lange dauern kann und einfaches Einrühren meistens nicht ausreicht. Deshalb ist es gut, wenn Du die zuvor gut gerührte Lösung mit Bodensatz einige Tage stehen läßt und erneut ab und zu gut umrührst. Du kannst zur Beschleunigung des Lösens etwas erwärmen. (Ausnahme: Rotes Blutlaugensalz und Chromalaun dürfen nicht erwärmt werden, da sonst keine schönen Kristalle wachsen!)

Filtriere die Lösung und fülle dann davon 1 - 2 cm hoch in eine flache, saubere Kristallisierschale.

Die Schale wird anschließend an einen gleichmäßig temperierten Ort gestellt. Der Kühlschrank eignet sich hierfür am besten. Decke die Schale mit einem Stück Pappe ab.

Je erschütterungsfreier die Lösung steht, desto schönere Kristalle bilden sich.

Nach einiger Zeit scheiden sich am Boden allmählich Kristalle ab, die bis zu 1 cm groß werden können. Zur Züchtung größerer Kristalle suchst du die schönsten aus, filtrierst die Lösung in eine neue Kristallisierschale und gibst die ausgelesenen Kristalle zum weiteren Wachstum wieder hinein.

Die schönsten Kristalle werden mit einer Pinzette aus der Lösung genommen und dienen als Impfkristalle für die folgenden Versuche.

**Weitere Hinweise**

Ausgerechnet von Kochsalz oder von Rohrzucker lassen sich größere Kristalle, die zum Impfen dienen können, in der Schule oder zu Hause nur schlecht züchten. Ihr könnt es trotzdem versuchen. Hängt dazu einen Wollfaden in die gesättigten Lösungen. Belasst die Lösungen längere Zeit im Kühlschrank und gießt ab und zu mal gesättigte Lösungen nach.

## **Versuch: Züchten schöner Einzelkristalle nach der Eindunstungsmethode**

### **Geräte/Material**

Becherglas (400 ml hohe Form) oder Erlenmeyerkolben (300 ml, Weithalsform), Schaschlikstäbchen aus dem Bastelladen, Kühlschrank.

### **Chemikalien**

Impfkristalle und zugehörige gesättigte Lösungen der Salze.

### **Durchführung**

Binde einen Impfkristall an einen feinen Faden und befestige diesen an einem Stäbchen (z. B. Schaschlik-Spieß). Dann hängst du den Kristall in eine kalte, wirklich gesättigte, filtrierte Lösung des betreffenden Salzes.

Wenn die Lösung nicht gesättigt ist, fließen Schlieren vom Kristall nach unten, weil der Kristall sich auflöst. Ist die Lösung gesättigt und wächst der Kristall, so wandern die Schlieren nach oben. Besonders über dem Kristall kann man sie schön erkennen. Der Kristall muss erschütterungsfrei und gleichmäßig temperiert stehen. Dazu eignet sich ein Kühlschrank am besten.

Zwillingsbildung vermeidest du, indem du ab und zu die Anlagerungen, die sich auf dem großen Kristall gebildet haben, mit einem scharfen Gegenstand entfernst.

## **Versuch: Züchten schöner Einzelkristalle nach der Unterkühlungsmethode**

### **Geräte/Material**

Becherglas (400 ml hohe Form) oder Erlenmeyerkolben (300 ml, Weithalsform), Schaschlikstäbchen aus dem Bastelladen, Kühlschrank.

### **Chemikalien**

Impfkristalle und zugehörige gesättigte Lösungen der Salze.

### **Durchführung**

Binde einen Impfkristall an einen feinen Faden und befestige diesen an einem Stäbchen (z. B. Schaschlik-Spieß). Dann hängst du den Kristall in eine heiß gesättigte, filtrierte Lösung des betreffenden Salzes.

Wenn die Lösung nicht gesättigt ist, fließen Schlieren vom Kristall nach unten, weil der Kristall sich auflöst. Ist die Lösung gesättigt und wächst der Kristall, so wandern die Schlieren nach oben. Besonders über dem Kristall kann man sie schön erkennen. Lasse die Lösung im Laborraum abkühlen. Der Kristall muß erschütterungsfrei stehen. Nicht in den Kühlschrank stellen, da zu schnelles Abkühlen zu unregelmäßigem Kristallwachstum unter Bildung zu vieler Kleinkristalle führt. Zwillingsbildung vermeidest du, indem du größere Anlagerungen entfernst. Nach Abkühlen der Lösung kannst du die Lösung wieder hochheizen, mußt sie dann aber dabei durch Salzzugabe erneut sättigen. Am besten hat man stets eine gesättigte Lösung mit Bodensatz zur Hand. Vor dem Einhängen des Kristalls muß erneut filtriert werden! Bei dieser Methode kann man durch Wägung zeigen, wie rasch der Kristall an Masse zunimmt. Hierzu gibt es eine eigene Versuchsbeschreibung.

**Versuch: Blutlaugenkreuz****Geräte**

Großes Becherglas, Draht, Faden.

**Chemikalien/Substanzen**

Kaliumhexacyanoferrat(III) (rotes Blutlaugensalz).

**Durchführung**

Zunächst stellst du dir ein kreuzförmiges Drahtgestell her.

Dazu legst du zwei Drähte so aufeinander, daß sie ein Kreuz bilden. Um die Längs- und Querachsen wickelst du in der Mitte einen dünnen Blumendraht. An dieser Verbindungsstelle befestigst du noch einen dünnen Faden, an dem du das Kreuz an einem Glasstab aufhängen kannst.

Anschließend stellst du dir eine kalt gesättigte Lösung von Blutlaugensalz in Wasser her.

Nun hängst du das Kreuz so in die Lösung, daß es an keiner Stelle die Glaswand des Becherglases berührt.

Lasse die Lösung im Kühlschrank langsam eindunsten.

**Ergebnis**

Nach einiger Zeit kannst du beobachten, wie sich das Drahtgestell mit Kristallen überzieht. Zum Schluß erhältst du ein blutrotes Kristallkreuz, das sicherlich jeden Vampir abschreckt.

**Versuch: Der piezoelektrische Effekt wird mit einer Glimmlampe untersucht****Geräte**

Glimmlampe mit Fassung, grober Hammerstiel, Taschenlampe.

**Chemikalien**

Grober Kristall von Seignettesalz.

**Durchführung**

Befestige den Kristall in der Halterung der Glimmlampe. Anschließend verdunkelt einer deiner Mitschüler den Raum. Es muß wirklich dunkel sein! Zur Sicherheit Taschenlampe mitnehmen. Wartet, bis sich eure Augen an die Dunkelheit gewöhnt haben. Dann klopfst du kräftig mit dem Hammerstiel auf den Kristall. Achtung, gut zielen!

**Ergebnis**

Durch den Schlag auf den Kristall wird die Glimmlampe zum kurzfristigen Aufleuchten gebracht.

Diese Versuche sind ein Teil der Website von Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie - <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/>

## Anhang C: Tabellen

Tabelle 1 – Gesättigte Lösungen:

<b>Substanz</b>	<b>g/l</b>	<b>Kristallsystem</b>
Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat	316	triklin
Magnesiumsulfat-Heptahydrat	710	rhombisch
Mangan(II)-sulfat-Heptahydrat	1720	monoklin
Nickel(II)-sulfat-Hexahydrat	625	tetragonal
Natriumchlorid	360	kubisch
Kaliumhexacyanoferrat(III)	360	monoklin
Seignettesalz	660	rhombisch
Kaliumaluminiumalaun	114	kubisch
Kaliumchromalaun	244	kubisch

Tabelle 2 – Härte

<b>Stoff</b>	<b>Härtezahl</b>	<b>Schleifhärte</b>
Talk	1	0,03
Gips (Fingernagel)	2	1,25
Calcit (Kupfer)	3	4,5
Fluorit (Eisen)	4	5,0
Apatit (Cobalt)	5	6,5
Orthoklas (Silicium)	6	37
Quarz	7	100
Topas (Gehärteter Stahl)	8	175
Korund (Saphir)	9	1000
Diamant	10	140000

## Anhang D: Quellenverzeichnis

## Literatur:

- 1) J. Falbe, M. Regitz: Römpp Lexikon Chemie, Thieme-Verlag, 6. Auflage
- 2) A. Holden, P. Singer: Die Welt der Kristalle, Desch-Verlag
- 3) T. Kühlein: Allgemeine Chemie, Mentor-Repetitorien Band 45, Mentor-Verlag

## Internet:

- 1) Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie:  
<http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/>
- 2) ChemieOnline Forum:  
<http://www.chemieonline.de/>
- 3) The Crystal Growing Homepage:  
<http://www.crystalgrowing.com/>

**ERKLÄRUNG:**

**Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Quellenverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.**

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift