



# Rein-Darstellung von Elementen

Alexandra Kellner, WS 03/04

## Gliederung

1	Trennung nach physikalischen Eigenschaften .....	1
2	Gewinnung der Elemente aus Erzen .....	2
2.1	Anreicherung .....	2
2.2	Reduktion .....	3
2.3	Raffination .....	4

**Einstieg:** *"Dann sprach Glóin von den Werken seines Volkes, von den großen Arbeiten in Thal und unter dem Berg. ‚Wir haben allerhand geleistet‘, sagte er. ‚Aber in der Metallbearbeitung bleiben wir hinter unseren Vätern zurück. Sie hatten viele Geheimnisse, die uns verloren, gegangen sind. Wir machen ordentliche Rüstungen und brauchbare Schwerter; aber Kettenhemden oder Klingen, wie sie geschmiedet wurden, bevor der Drache kam, bringen wir nicht mehr zustande. Nur im Bergbau und in der Baukunst sind wir heute weiter als die alten Herren. Du solltest die Wasserstraßen von Thal sehen, Frodo, und die Brunnen und Teiche!"* Aus "Herr der Ringe" S. 253 [5]

*Die Rein-Darstellung von Elementen spielt aber nicht nur in der von Tolkien geschaffenen Welt eine Rolle. In unserer realen Welt werden auch Erze gefördert, um Metall rein zu gewinnen. Die Rein-Darstellung von Metallen beruht auf den chemischen Eigenschaften von diesen. Aber wir benötigen nicht nur die Metalle für unser tägliches Leben, sondern auch die Halb- und Nichtmetalle und diese werden aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften rein gewonnen.*

## 1 Trennung nach physikalischen Eigenschaften

Die Rein-Darstellung nach physikalischen Eigenschaften findet Anwendung bei den Nicht-Metallen. Die Trennung beruht hierbei auf den unterschiedlichen Siedepunkten der Elemente.

Ein wichtiges Verfahren, dass die Elemente nach den physikalischen Eigenschaften auf-trennen ist die fraktionierte Destillation von flüssiger Luft. Dabei werden vor allem Sauerstoff, Stickstoff, aber auch die Edelgase gewonnen. Dabei wird das Linde-Verfahren angewendet. Ein Gas kann nur verflüssigt werden, wenn seine Temperatur tiefer ist als die kritische Temperatur. Zur Verflüssigung macht man sich den Joule-Thomson-Effekt zu Nutze, der besagt, dass bei Verringerung des Drucks bei einem komprimierten Gas, das Gas expandiert und dabei abkühlt. Bei der Expansion wird Arbeit gegen die intermolekularen Anziehungskräfte geleistet. Die Energie für diese Arbeit entstammt aus der kinetischen Energie der Moleküle, das Gas kühlt ab. Dies findet auch beim Linde-Verfahren Anwendung. Zunächst wird die Luft komprimiert und durch Kühlwasser abgekühlt. Danach expandiert die komprimierte Luft auf Normaldruck, kühlt weiter ab (Joule-Thomson-Effekt) und verflüssigt sich.

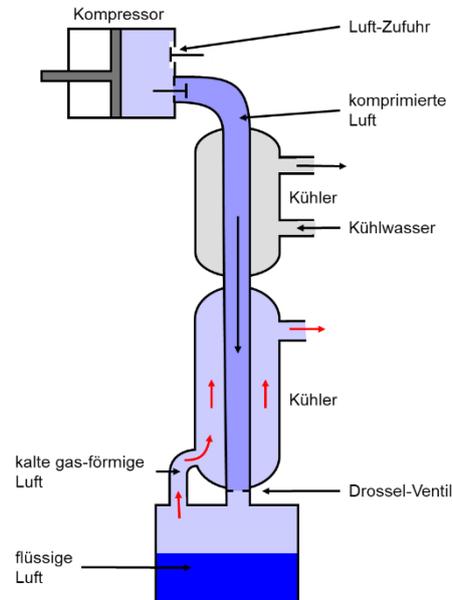


Abb. 1: Schema zum Linde-Verfahren [3]

Diese flüssige Luft wird nun noch destilliert und so werden die reinen Elemente Sauerstoff, Stickstoff und die Edelgase gewonnen.

Die anderen Nicht-Metalle werden, nachdem sie aus ihren Verbindungen gewonnen wurden, durch Destillation rein dargestellt.

## 2 Gewinnung der Elemente aus Erzen

Die Halb-Metalle und die Metalle werden aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften rein dargestellt. Die Lehre, die sich mit der Gewinnung von Elementen aus Erzen beschäftigt wird Metallurgie genannt. Diese gliedert sich in verschiedene Prozesse. Der erste Schritt ist die Aufbereitung und Anreicherung von Erzen, daran schließt sich die Reduktion zum Metall an. Dies geschieht meist bei hohen Temperaturen und unter Zugabe von Zusätzen zur Schlacken-Bildung. Der letzte Schritt ist die Raffination zum Metall.

### 2.1 Anreicherung

Erze, die gefördert wurden, enthalten in der Regel unterschiedliche Mengen an Gangart, d. h. von unerwünschten Mineralien und Gesteinen z. B. Quarz. Damit die Erze zur Gewinnung von den Elementen überhaupt eingesetzt werden, muss die Konzentration des Elements groß genug im Erz sein, damit seine Gewinnung chemisch, verfahrenstechnisch und mit vertretbaren Kosten ermöglicht werden kann. Die so aussortierten Erze werden nun weiterverwendet. Zunächst wird die gewünschte Komponente des Erzes angereichert und bestimmte Begleit-Stoffe abgesondert. Dazu gibt es physikalische, elektrostatische und chemische Trennverfahren.

Ein physikalisches Trennverfahren ist die Flotation. Dabei benetzt ein Sammler(Tensid) das Mineral. Dieses ist nun Wasser abstoßend. Durch einblasen von Luft können die Mineral-Partikel oben abgeschöpft werden. Dies findet Anwendung bei Kupfer-, Zink- und Blei-Erzen. Ein weiteres Verfahren ist das Seigern. Dabei wird das Erz über den Schmelzpunkt des Metalls erhitzt und das Metall kann somit abfließen. Es wird bei gediegen vorkommenden Metallen, wie z. B. Kupfer und Bismut angewendet. Auch ein physikalisches Trennverfahren ist die Bildung von Amalgam. Dabei wird das Erz mit Quecksilber behandelt und so Amalgam-Verbindungen gewonnen. Die geschieht bei Silber und Gold. Elektrostatische Trennverfahren werden bei der Aufbereitung von Kalisalzen angewendet. Dabei werden diese zerkleinert und elektrisch aufgeladen, die Abtrennung geschieht durch ein elektrisches Feld. Chemische Trennverfahren beruhen auf den unterschiedlichen

chemischen Eigenschaften der Bestandteile des Erzes. Ein wichtiges Verfahren ist die Laugung. Dabei werden die gewünschten Bestandteile des Erzes in Lösung gebracht.

Nach der Anreicherung werden die meisten Sulfid- und Carbonat-Erze an Luft geröstet, um sie in Oxide umzuwandeln. Metalle lassen sich nämlich leichter als Oxide gewinnen.

## 2.2 Reduktion

Nach der Anreicherung schließen sich die Reduktionsprozesse an. Diese finden meist bei hoher Temperatur statt. Dabei werden oft Zusätze zugegeben, die dann mit der verbleibenden Gangart die Schlacke bilden. Die Schlacke ist unter Reaktionsbedingungen flüssig und schwimmt im Allgemeinen auf dem geschmolzenen Metall.

Ein Reduktionsprozess ist das Rösten an Luft und dadurch die Bildung von Oxiden. Ein anderer Prozess ist die Verwendung von Reduktionsprozessen. Dabei wird der preiswerteste Stoff verwendet, mit dem das Metall in ausreichender Reinheit gewonnen werden, z. B. Kohlenstoff (bei Oxiden), Halogene oder Wasserstoff. Ein wichtiger Vorgang ist die Reduktion durch Elektrolyse. So hergestellte Elemente benötigen in der Regel keine weitere Reinigung mehr. Dabei gibt es unterschiedliche Elektrolyse-Methoden, die Elektrolyse von Schmelzen der Chloride (bei Natrium, Magnesium, Alkali- und Erdalkalimetallen), die Schmelzfluss-Elektrolyse und die Elektrolyse wässriger Lösungen.

Ein Element, das durch die Elektrolyse rein dargestellt wird, ist das Aluminium. Die Herstellung geschieht nach dem Bayer-Verfahren. Das Ausgangsmaterial ist der Bauxit, dessen Bestandteile Aluminiumoxidhydroxid, Aluminiumhydroxid, Eisen(III)-oxid und Siliciumdioxid sind. Der erste Schritt bei der Gewinnung ist die Aufbereitung des Bauxits nach einem chemischen Trennverfahren. Die Aluminium-Verbindungen lassen sich durch Zugabe von Natronlauge in Lösung bringen. Dabei wird der amphotere Charakter des Aluminium(III)-oxids ausgenutzt. Die Eisen- und Silicium-Verbindungen sind unlöslich und werden durch Filtration entfernt, da sich das Eisen sonst bei der anschließenden Elektrolyse an der Kathode abscheiden würde.



Abb. 2: Bauxit [6]

Der zweite Schritt ist die Reduktion durch Schmelzfluss-Elektrolyse. Dabei wird das Endprodukt der Laugung mit Kryolith vermischt, um die Schmelztemperatur auf 950°C herabzusetzen. Als Kathode dient bei der Elektrolyse die Gefäßwand, die mit Kohle ausgekleidet ist. Hier entsteht das Aluminium. Kohle-Elektroden sind die Anode, hier scheidet sich Sauerstoff ab. Das abgeschiedene Aluminium hat eine größere Dichte als die Schmelze und sammelt sich dadurch flüssig am Boden und kann hier abgegossen werden. Das Endprodukt ist reines Aluminium.

## 2.3 Raffination

Die meisten Elemente enthalten nach der Reduktion noch störende Verunreinigungen, die entfernt werden müssen. Raffinationsverfahren sind von Element zu Element sehr unterschiedlich und sind abhängig von der späteren Verwendung des Produkts.

Ein Beispiel für ein Raffinationsverfahren ist das Seigern. Dabei befindet sich das unreine Element auf einer schiefen Ebene. Diese wird auf der Schmelztemperatur des Metalls gehalten. Das Metall wird flüssig und fließt ab, die Verunreinigungen bleiben zurück.

Ein anderes Verfahren ist die elektrolytische Raffination. Hier werden Platten des unreinen Materials als Anode benutzt und als Elektrolyt wird die Lösung eines Salzes des betreffenden Materials verwendet. Das reine Element scheidet sich an der Kathode ab.

Ein wichtiges Verfahren zur Herstellung von hochreinen Elementen ist das Zonen-Schmelzen. Dies findet Anwendung bei der Herstellung von Silicium, da hochrein für die Halbleiterzwecke benötigt wird.

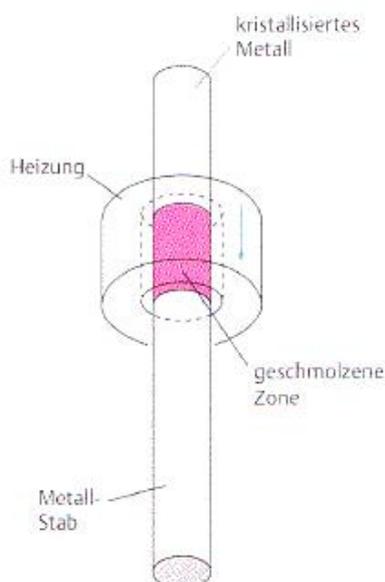


Abb. 3: Zonen-Schmelzverfahren [3]

Ausgangsmaterial für die Silicium-Gewinnung ist der Quarz. Dieser muss nicht weiter aufbereitet werden, sondern es schließt sich gleich das Reduktionsverfahren nach der Zerkleinerung an. Reduziert wird der Quarz mit Koks als Reduktionsmittel und findet im elektrischen Ofen bei 2.000°C statt. Dabei wird Silicium in kompakten Stücken erhalten. Danach schließt sich der Raffinationsprozess an. Dabei wird das Silicium zunächst zu Trichlorsilan umgesetzt. Dieses wird durch Destillation gereinigt und dann mit Wasserstoff zu reinen Silicium umgesetzt. Anschließend wird der Silicium-Stab durch das Zonen-Schmelzen gereinigt. Dazu wird der Stab an einen Ende erhitzt, so dass sich hier eine Schmelz-Zone bildet. Hier sind die Verunreinigungen leichter löslich als im festen Silicium. Die Heiz-Quelle bewegt sich den Stab entlang und somit werden die Verunreinigungen bis zum Ende des Stabes mittransportiert. Das Endprodukt ist hochreines Silicium.

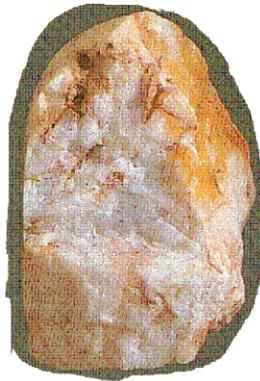


Abb. 4: Quarz-Stein [4]

**Zusammenfassung:** fehlt.

**Abschluss:** fehlt.

**Quellen:**

1. Erwin Riedel, Anorganische Chemie, 5. Auflage, de Gruyter-Verlag, Berlin 2002
2. A.F. Holleman u. E. Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 101. Auflage, de Gruyter-Verlag, Berlin 1995
3. Charles E. Mortimer, Das Basiswissen der Chemie, 7.Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2001
4. Walter Schumann, Der neue BLV Steine und Mineralienführer, 6. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft mbH, München 2002
5. J. R. R. Tolkien, Der Herr der Ringe, 6. Auflage, Klett-Cotta, Stuttgart 2001
6. Bauxit: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:140606\\_Les-Baux-12.jpg?use-lang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:140606_Les-Baux-12.jpg?use-lang=de); Urheber: BlueBreezeWiki; Lizenz: „[Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert](#)“; 06.08.2020
7. Quarz: <http://www.natur-lexikon.com/Texte/BE/001/00001-quarz/be00001-quarz.html>;