



# KALK, GIPS UND ZEMENT



Von Peter Enns  
und Natalie Heussner

# Gliederung

2

## 1.Kalk

Vorkommen

Herstellung

Gebrannter Kalk

Gelöschter Kalk

Verwendung

## 2.Gips

Geschichte

Vorkommen

Herstellung

Vorgänge beim Abbinden

## 3.Zement

Geschichte

Zusammensetzung

Herstellung und Verarbeitung

Vorgänge beim Erstarren

## 4.Quellen

# 1. Kalk: Vorkommen

3

- Unter Kalk versteht man im allgemeinen den „Kalkstein“ sowie den daraus hergestellten „gebrannten Kalk“
- „Kalkstein“:  $\text{CaCO}_3$
- „Gebrannter Kalk“:  $\text{CaO}$
- „Gelöschter Kalk“ oder „Kalkhydrat“:  $\text{Ca(OH)}_2$
- Ausgangsprodukt Calciumcarbonat kommt in der Natur hauptsächlich als Calcit oder in geringerem Maße auch als Aragonit und Vaterit vor
- In natürlichen Vorkommen liegt  $\text{CaCO}_3$  oft in Mischung mit  $\text{CaMg(CO}_3)_2$  vor, was auch als „Dolomit“ bezeichnet wird
- Gemenge von Kalkstein mit Tonen bezeichnet man als Mergel  
→(siehe Zement)
- Andere Vorkommen von Kalkstein sind Marmor, Travertin, Muschelkalk und Kreide
- Es ist eines der häufigsten Mineralien auf der Erde; es umfasst ca. 4% des Gewichts der Erdkruste

# 1.Kalk: Vorkommen

4

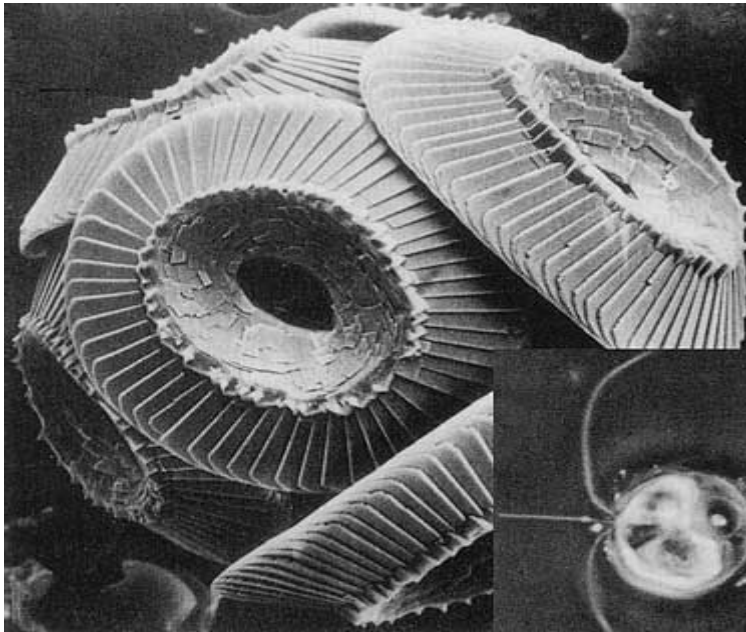
- Dolomit kristallisiert zu rhombischen Kristallen
- Farbe: farblos, weiß, gelb braun
- Vorkommen: Harz, Eifel, Schwäbisch -Fränkische Alb
- Calcit ist ein trigonales Kristallsystem
- Calcitvorkommen gehen auf Meeresablagerungen zurück, vor allem durch Kalkalgen



# 1. Kalk: Vorkommen

5

- Kalkalgen werden mit einer Größe von weniger als 30 Mikrometern zum Nanoplankton gezählt und bilden winzige Kalkschilde, die sog. Coccolithen



- Kreidefelsen von Dover bestehen aus diesen Coccolithen



# 1.Kalk: Vorkommen

6

- Größte Teil der Kalkvorkommen geht auf Jahrtausende lange Meeresablagerungen von abgestorbenen Muscheln, Korallen und Ammoniten zurück→
- Eine weitere Modifikation von Kalk ist der Marmor, der unter Einfluss von hohem Druck (10Kilobar) und Temperatur (400°C) aus Dolomit und anderem carbonathaltigem Gestein entsteht
- Plattentektonik
- Der bekannteste Marmor ist der Carrara-Marmor aus Italien



# 1.Kalk: Herstellung

7

- Kalkbrennen wurde früher in Erdlöchern und Meilern mit Holz und Kohle als Brennstoff durchgeführt
- Aus diesem entwickelte sich der Schachtofen, in dem grob gemahlener Kalkstein (ca. 60-120 mm) und Kohle vermischt eingeführt wurde
- Hat aber den Nachteil, dass nur grobe Stücke gebrannt werden können und dadurch die die Qualität nicht gleichmäßig ist
- Führt zur Entwicklung von neuen Ofentypen, wie dem Querstromofen, Doppelschrägofen, Gegenstromofen, Drehrohofen usw.
- Neuentwicklung führten gleichmäßige Verteilung der Hitze und damit zu einer gleichmäßigen Produktqualität
- Zudem kann nun feiner gemahlener Kalkstein verarbeitet werden (20-60mm), was eine höhere Ausbeute zur Folge hat

# 1.Kalk: Gebrannter Kalk

8

- Gebrannter Kalk ist ein Zersetzungsprodukt von  $\text{CaCO}_3$ , das durch Erhitzen entsteht
- Bei dolomitischem Gestein erfolgt Zersetzung in zwei Stufen:
  1. bei  $650^\circ\text{C}$ -  $750^\circ\text{C}$  Zersetzung von  $\text{MgCO}_3$
  2. bei  $900^\circ\text{C}$  Zersetzung von  $\text{CaCO}_3$
$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$$
 technische Zersetzung:  $900^\circ\text{C} - 1100^\circ\text{C}$
- Man spricht bei diesem Schritt auch von „Entsäuern“ des Kalks oder auch von „Kalzination“
- Ist der Kalkstein mit Tonen verunreinigt, können beim Verbrennen Produkte wie  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  entstehen
  - siehe Kapitel Zement



# 1.Kalk: Gelöschter Kalk

9

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$  ,  $\Delta H = -65,5 \text{ kJ/mol}$
- In der Technik wird dieser Vorgang, der stark exotherm verläuft, als „Löschen“ bezeichnet
- Die Eignung als Bindemittel von „gelöschtem Kalk“ beruht auf der Reaktion mit  $\text{CO}_2$ :  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- Festigkeit von abgebundenem Kalk beruht auf der Verwachsung der gebildeten  $\text{CaCO}_3$  Kristallen
- Nasslöschverfahren: wurde früher an Baustellen durchgeführt, indem man gebrannten Kalk mit Wasser mischte und dadurch einen Brei von hoher Plastizität erhielt
- Trockenlöschverfahren: im Überlaufkessel; exotherme Reaktion führt dazu, dass Wasser verdampft und  $\text{Ca(OH)}_2$  mit nach oben reißt, wo es mit einem Überlauf abgetrennt wird → Trockenlöschen führt zu trockenem  $\text{Ca(OH)}_2$  Pulver

# 1.Kalk: Verwendung

10

- Kalkstein: -Schotter für Straßen- und Schienenbau
  - Düngemittel
  - Zementherstellung; Zuschlag für Mörtel u. Beton
  - Hüttenindustrie: Schlackenbildner; Entschwefelungsmittel
- Gebrannt Kalk: -Düngemittel
  - in der Eisen- und Stahlindustrie zur Entfernung von Schwefel und Phosphor
  - in der Zuckerindustrie zur Entfernung von Oxal- bzw. Zitronensäure aus dem Rohsaft
- Gelöschter Kalk: -Herstellung von Kalkfarben
  - Rauchgasentschwefelung

## 2.Gips: Geschichte

11

- Der Name Gips kommt vom griechischen „gypsos“
- Gips wurde schon in der Antike als Baumaterial verwendet
- Zuerst in Ägypten als Mörtel und für Alabasterscheiben oder Statuen (Alabaster ist eine von mehreren Varietäten des Gips)
- In Griechenland für Bauornamente an Gebäuden
- Die Römer entdeckten, dass durch starkes Erhitzen von Gips ein Stoff entsteht, der mit Wasser einen idealen Putz ergibt



## 2. Gips: Vorkommen

12

- Gips kommt in unterschiedlichen Modifikationen vor, die sich aus dem Gipsstein mit steigender Temperatur bilden:  
Dihydrat → Halbhydrat → Anhydrit
- Gipsstein, Dihydrat:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Bassanit, Halbhydrat:  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
- Anhydrit:  $\text{CaSO}_4$
- Gips entstand durch Auskristallisieren aus Calciumsulfat-übersättigtem Meerwasser, man findet ihn auch als ein Verwitterungsprodukt sulfidischer Erze
- Gips ist weltweit verbreitet: große Vorkommen in den USA, Mexico, Algerien, Spanien
- In Deutschland: Osterode im Harz, Eisleben in Sachsen-Anhalt, Segeberger-Kalkberg



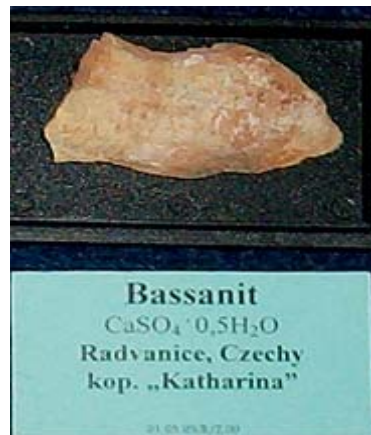
## 2.Gips: Vorkommen

13

- Anhydritkristall:  $\text{CaSO}_4$
- Monoklines Kristallsystem (orthorhombisch)



- Bassanitkristall:  
 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$



- Gipsabbau im Tagebau: jährlich mehrere Millionen Tonnen:



## 2. Gips: Herstellung

14

- Anhydrit aus der Flusssäure-Herstellung: Umsetzung von Flussspat mit konz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}\uparrow$  ( $200^\circ\text{C}$ )  
und anschließender Reinigung mittels  $\text{CaO}$  zur Entfernung von  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  ( $200^\circ\text{C}$ )
- Gips als sog. „Chemiegips“: bei der Herstellung und Reinigung organischer Säuren wie Oxalsäure oder Weinsäure entsteht aus den Calciumsalzen dieser Säuren als Nebenprodukt Calciumsulfat-Dihydrat:



↑

Calciumoxalat

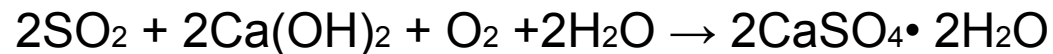
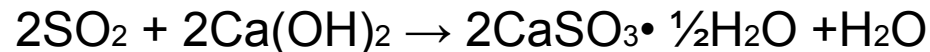
↑

Oxalsäure

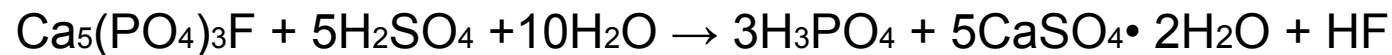
## 2.Gips: Herstellung

15

- Chemiegips aus der Rauchgasentschwefelung: zum Schutz der Umwelt gewinnt die Rauchgasentschwefelung an Bedeutung. Das im Rauchgas enthaltene  $\text{SO}_2$  wird mit Wasser gebunden, mit gebranntem oder gelöschtem Kalk gefällt und oxidiert:



- Chemiegips aus der Phosphorsäure-Produktion: Die größte Menge an Chemiegips entsteht bei der Umsetzung von natürlichen Phosphaten mit Schwefelsäure:

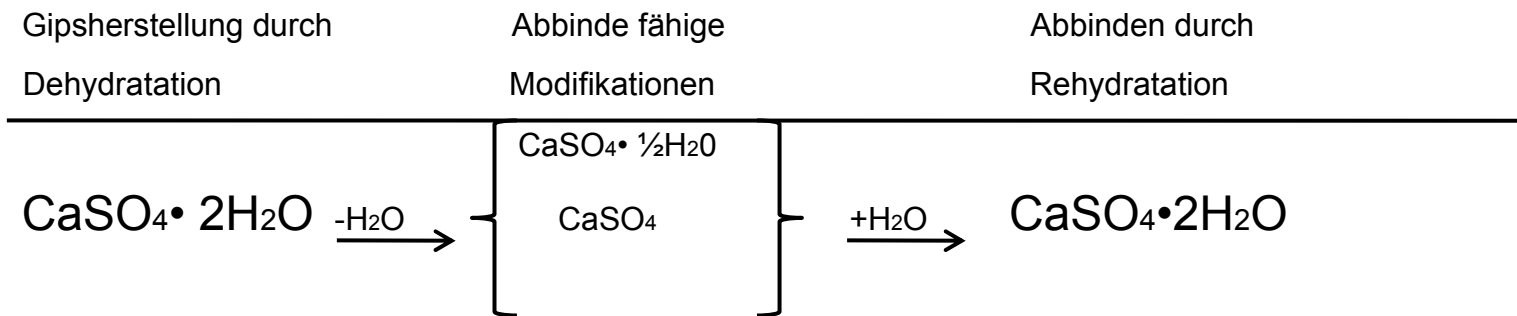


- Aus 1t Rohphosphat entstehen 1.7t Gips!

## 2.Gips: Vorgänge beim Abbinden

16

- Abbinden von Gips: Darunter versteht man die Hydratation von Halbhydrat oder Anhydrit, d.h. Umkehrung des Herstellungsprozess



1. Anmischen von Gips mit Wasser
2. Induktionsperiode: Keimbildung von Dihydrat aus übersättigter Lösung
3. Weiteres Wachstum der nadelförmigen Dihydratkristalle und Einlagerung von unhydratisierten Bestandteilen
4. Trocknung der Gipsmasse



## 2.Gips: Verwendung

17

- Baustoff im Innenausbau als:
  - Stuck- und Estrichgips
  - Gipsfaserplatten oder Gipskartonplatten und Gipsdielen
- Gips als Zuschlagsstoff in der Zementindustrie (siehe nächstes Kapitel)
- Füllmaterial für Farbstifte oder Schreibkreide
- Nach dem Skiurlaub →



# 3.Zement: Geschichte

18

- Die Bezeichnung Zement geht auf die Römer zurück, die ein betonartiges Mauerwerk aus Bruchsteinen mit gebranntem Kalk als Bindemittel „Opus Caementitium“ bezeichneten
- Entdeckung der Bedeutung des Tongehaltes für Zement durch den Engländer J. Smeaton (1724-1792), beim Bau des Eddystone-Leuchtturms bei Plymouth
- Der Franzose L. J. Vicat (1786 - 1861) und der Deutsche J. F. John (1782 – 1847) fanden unabhängig voneinander, dass Gemische aus Kalkstein und 25 bis 30% Ton sich am besten zur Herstellung von Zement eigneten
- erste deutsche Portlandzement nach englischem Vorbild wurde 1850 in Buxtehude hergestellt



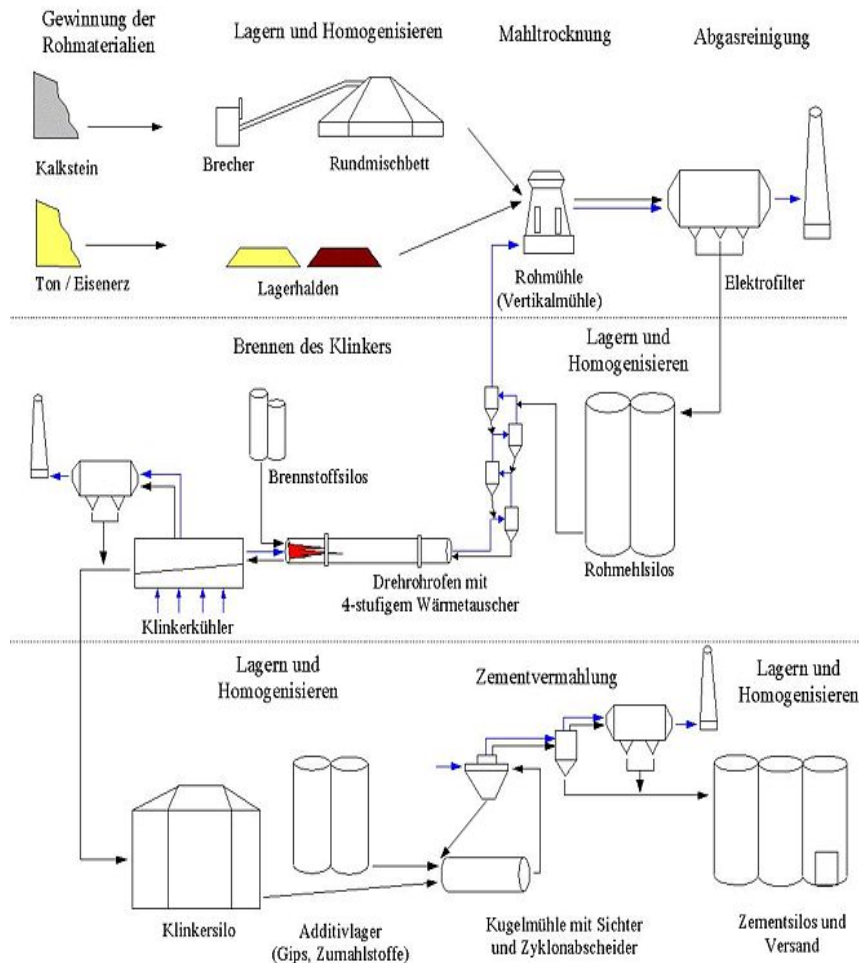
# 3.Zement: Zusammensetzung

19

- Am meisten verwendete Zement ist der sogenannte Portlandzement
- Besteht aus Kalkstein oder Kreide, Ton, Mergel und Zusätzen von Gips
- Ton: Mineral, das reich an Verbindungen wie Mg-, Al- und Siliciumoxiden ist
- Tricalciumsilikat  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (häufig verwendete Abkürzung ist  $\text{C}_3\text{S}$ ) gibt dem Portlandzement die gewünschten Eigenschaften, wie schnelle Härtung, hohe Festigkeit; daher muss durch hohes Erhitzen dafür gesorgt werden, dass möglichst viel  $\text{C}_3\text{S}$  entsteht
- Reaktionsgemisch muss möglichst fein gemahlen sein, damit eine hohe Ausbeute resultiert

# 3.Zement: Herstellung und Verarbeitung

20

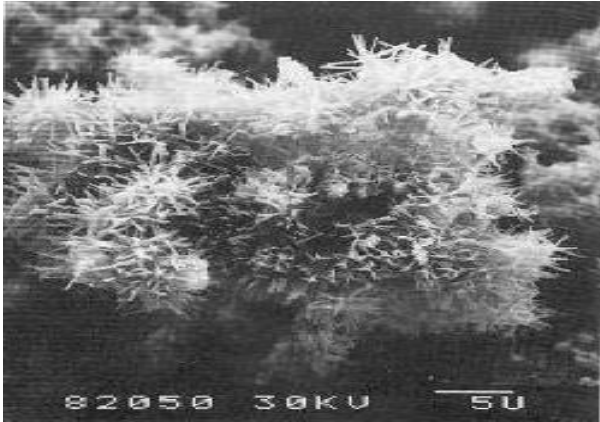
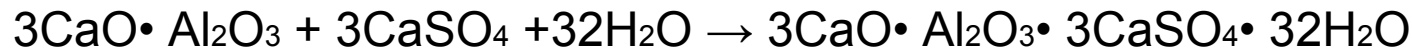


- In Brechern erfolgt die Zerkleinerung der Rohstoffe
- Mischen und Trocknung der Rohstoffe in der Rohmühle
- Rohmehl wird in Drehrohrofen bei 1450°C gebrannt
- Kühlung auf 200°C und Vermahlen mit Gips in der Kugelmühle zum Endprodukt, dem fertigen Zement

# 3.Zement: Vorgänge beim Erstarren

21

- Nach dem Anrühren mit Wasser geht ein Teil des Gipses und des Tricalciumaluminats in Lösung und reagiert zu „Ettringit“



„Ettringit“ unter dem REM

- Die Ettringit-Kristalle lagern sich an die Zementteilchen, sind aber so fein, dass sie die Zementpartikel nicht miteinander verbinden können; der Gipszusatz verzögert also die Abbindung
- Kristalle werden aber immer größer und Verfestigen somit den Zement
- Für weitere Härtung ist Tricalciumsilikat und Dicalciumsilikat verantwortlich:
- $2(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$
- $2(2\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2) + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$

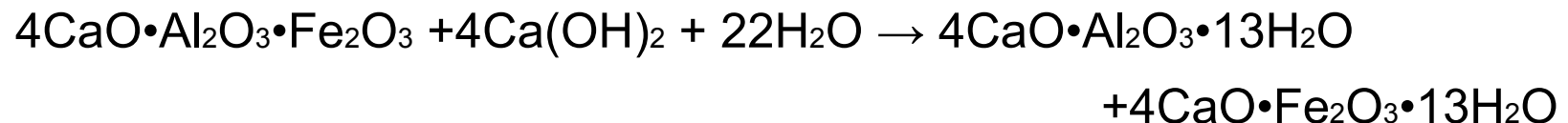
# 3.Zement: Vorgänge beim Erstarren

22

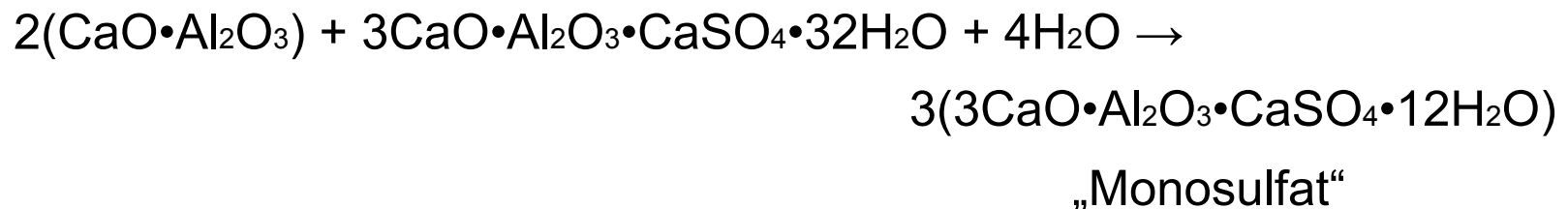
- Ende der Verfestigung: Tricalciumsilikat reagiert mit dem entstandenem Calciumhydroxid zu Tetracalciumaluminathydrat:



- Calciumaluminiumferrit bildet das analoge Reaktionsprodukt, ist aber langsamer:



- Das zu Beginn gebildete Ettringit reagiert noch mit vorhandenem Tricalciumaluminat und Calciumhydroxid zu „Monosulfat“



# 4.Quellen

23

- Industrielle Anorganische Chemie; W. Büchner, R. Schliebs, G.Winter, K.H. Büchel; Zweite durchgesehene Ausgabe; VCH mbH; 1986
- Anorganische Chemie; Erwin Riedel; 2. Auflage; de Gruyter; 1990
- [www.chemikus.de](http://www.chemikus.de)
- [www.ab.fh-hannover.de](http://www.ab.fh-hannover.de)
- [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)
- [www.mineralienatlas.de](http://www.mineralienatlas.de)
- [www.seilnacht.com](http://www.seilnacht.com)

# Ende

24

## Noch Fragen?

