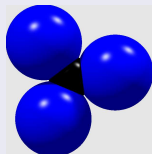


## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

147

### Eigenschaften

- Sauerstoffsalze mit O in planarer 3er-Koordination:  $[\text{CO}_3]^{2-}$ ,  $[\text{NO}_3]^-$ , ( $[\text{BO}_3]^-$  und  $[\text{BO}_4]$ -Komplexe)
- Anionenkomplexe
  - isolierte Moleküle: Carbonate und Nitrate  $\Rightarrow$  Isotypie
  - verknüpfte Moleküle: Borate (s. Silicate)
- kovalente Bindung im Molekül, aber Ionenkristall
- geringe Härte
- geringe thermische Stabilität
- häufig Evaporite
- gesteinsbildend





## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

149

### V/A. Nitrate

- V/A.01-10: Nitronatrit  $\text{Na}[\text{NO}_3]$  (Natron- o. Chilesalpeter)
- Bildung durch biogene Reaktion
- leicht wasserlöslich: Bildung unter extrem ariden Bedingungen
- Chile: 600 km lange Lagerstätte, extrem trockenes Hochgebirgstal
- wichtigstes Nitrat-Mineral
  - Stickstoffdüngemittel
  - chemische Industrie: Salpetersäure
  - Sprengstoff
  - Konservierungsmittel

## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

150

### V.B – V.F: Carbonate

- gesteinsbildend, „steiniges“ Aussehen
- ökonomisch sehr wichtige Minerale
- sehr hohe Doppelbrechung
- meist farblos oder gefärbt, keine Eigenfarbe
- geringe Härte (<5)
- Reaktion mit Säuren (CO<sub>2</sub>-Bildung)
- oft gute Spaltbarkeit

## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

151

### V.B – V.F: Carbonate

- V/B: wasserfreie Carbonate ohne weiteres Anionen
  - V/B.02: Calcit-Reihe  $\text{CaCO}_3$
  - V/B.03: Dolomit-Reihe  $\text{MgCa}[\text{CO}_3]_2$
  - V/B.04: Aragonit-Reihe  $\text{CaCO}_3$
- V/C: wasserfreie Carbonate mit weiteren Anionen
  - V/C.01 Azurit-Gruppe  $\text{Cu}_3[\text{OH}|\text{CO}_3]_2$
- V/D: wasserhaltige Carbonate ohne weitere Anionen
- V/E: wasserhaltige Carbonate mit weiteren Anionen
- V/F: Uranylcarbonate ( $[\text{UO}_2]^{2+} - [\text{CO}_3]^{2-}$ )

# V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

152

## V/B.02: Calcit-Reihe

- trigonal,  $R \bar{3}c$  homöotyp zu NaCl
- V/B.02-20 Calcit  $\text{CaCO}_3$
- V/B.02-30 Magnesit  $\text{MgCO}_3$
- V/B.02-40 Siderit  $\text{FeCO}_3$
- V/B.02-50 Rhodochrosit  $\text{MnCO}_3$
- V/B.02-60 Smithsonit  $\text{ZnCO}_3$

# V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

153

## V/B.03: Dolomit-Reihe

- trigonal,  $R \bar{3}$  homöotyp zu Calcit
- V/B.03-10 Dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- V/B.03-20 Ankerit  $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg},\text{Mn})(\text{CO}_3)_2$












## V/B.04: Aragonit-Reihe

- rhombisch,  $P mcn$
- V/B.04-10 Aragonit  $\text{CaCO}_3$
- V/B.04-20 Strontianit  $\text{SrCO}_3$
- V/B.04-30 Witherit  $\text{BaCO}_3$
- V/B.04-40 Cerussit  $\text{PbCO}_3$

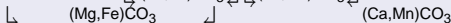
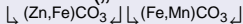
## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

154

V/B. Wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen  $A[CO_3]$ 

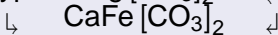
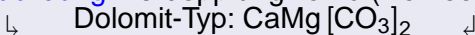
	Ni <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>
r [Å]											
	0,69	0,72	0,75	0,76	0,78	0,95	0,97	1,00	1,18	1,25	1,42
	←							→			
	<b>Calcit-Typ</b>							<b>Aragonit-Typ</b>			
	(auch Borate und Nitrate)							← →			

**Isomorphie:** Mischkristalle („feste Lösungen“)



**Diadochie:** kleine Mengen Mg, Fe, Mn, auch Ba, Sr, Pb auf Ca-Plätzen im Calcit

**Phasenneubildung:** Verdopplung von  $\vec{c}$  (Homöotypie)

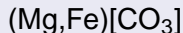
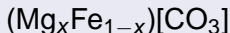


**Isomorphie = Isotypie + gleiche chemische Bindung**

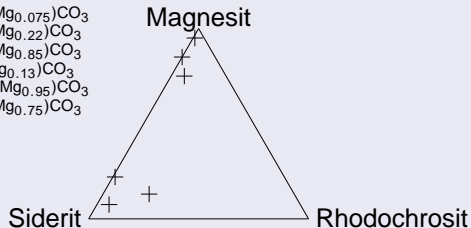
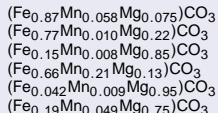
⇒ **Mischkristall-Reihen mit Endgliedern**

⇒ **statistische Besetzung der Strukturplätze**

Magnetit – Breunnerit – Pistomesit – Mesitinspat – Siderit



Broken Hill, Australien  
Kalgoorlie, Australien  
Kambalda, Australien  
Exmoore, GB  
Sheltand Lindsey, GB  
Mount Bishoff, Tasmanien





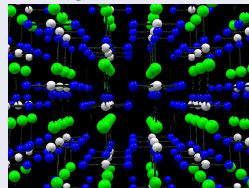
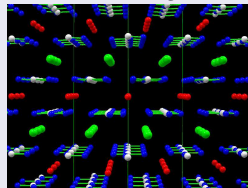
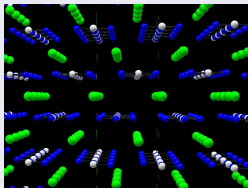
## Phasenneubildung

Magnesit  $\text{MgCO}_3$

Calcit  $\text{CaCO}_3$

Dolomit  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$

Aragonit  $\text{CaCO}_3$



systematische  
Besetzung

andere  
Koordination

## Diadochie vs. Isomorphie

### Diadochie

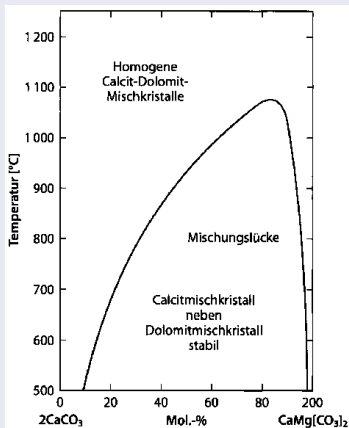
Ersetzbarkeit in  
relativ geringen Mengen

?

### Isomorphie

größere Mengen  
(Mischkristallbildung)

→ keine klare  
Abgrenzung!



# V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

159

## V/B.02-20 Calcit $\text{CaCO}_3$

(Kalkspat)

- „Durchläufer“-Mineral
  - magmatisch (Karbonatit-Vulkanismus)
  - hydrothermal: Ganggestein (Erzlagerstätten)
  - metamorph Marmor, Skarne
  - sedimentär: Fällung, Pflanzen- und Tierreste (Muschelkalk)
- gesteinsbildend: Kalkstein
- hohe Doppelbrechung: Isländischer Doppelspat
- formen- und flächenreichstes Mineral
- perfekte Spaltbarkeit, schäumt unter kalter HCl
- häufig Lumineszenz (SE)

# V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

160

## V/B.02-20: Calcit $\text{CaCO}_3$

(Kalkspat)

- extreme wirtschaftliche Bedeutung
  - Rohstoff für Bindemittel-, Glas-, Hütten-, Kunststoff- und chemische Industrie
  - Bau- und Dekorstein, Schotter und Split
  - Düngemittel

## V/B.02-40: Siderit $\text{FeCO}_3$

(Eisenspat)

- wird beim Erhitzen schwarz und magnetisch ( $\text{FeCO}_3 \xrightarrow{T} \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2\uparrow$ )
- Erzmineral: leichte Verhüttbarkeit, Mn-Gehalte

## V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

161

### V/B.03-10: Dolomit $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$

- gesteinsbildend
- hauptsächlich hydrothermale Bildung:  
Gang- und Hohlraumfüllung; regionalmetamorph (Linsen)
- wichtiger Rohstoff für Feuerfest-, Glas- und Baustoffindustrie
- „Doppelsalz“

# V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

162

## V/B.04-10 Aragonit $\text{CaCO}_3$

- meist verzwillingt
- höhere Dichte ( $2.95 \text{ g/cm}^3$ ) als Calcit ( $2.72 \text{ g/cm}^3$ )  
⇒ Hochdruck-Niedertemperatur-Phase des  $\text{CaCO}_3$
- metastabil bei Normalbedingungen  
(Umwandlung beim Aufmahlen)
- Bildung
  - Neubildung auf Ca-reichen Gesteinen (Eisenblüte)
  - Sinterbildung in heißen Quellen („Kesselstein“, „Sprudelstein“, „Erbsenstein“)
  - Stützgerüste von Lebewesen oft Aragonit (Korallen), auch Perlen (Perlmutter)

# V/C: Wasserfreie Carbonate mit weiteren Anionen

163

## V/C.01: Azurit-Gruppe

weiteres Anion:  $\text{OH}^-$ 

Oxidationsprodukt auf Cu-Lagerstätten

- V/C.01-10: Azurit  $\text{Cu}_3[\text{OH}|\text{CO}_3]_2$ 
  - azurblau (Pigment)
  - Umwandlung in Malachit durch Wasseraufnahme
- V/C.01-20: Malachit  $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2|\text{CO}_3]$ 
  - malachit-grün
  - Schmuckstein
  - selten Cu-Erz

## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

164

### V/G–V/L Borate

- Bildung in aridem Klima (Eindunstung), wie Nitrate:  
Evaporit
- Bor aus hochtemperierten Lagerstätten
- hohe wirtschaftliche Bedeutung
- Bausteine:
 

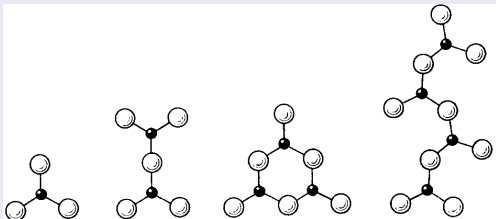
planare $[\text{BO}_3]$ -Gruppen	isotyp mit Carbonaten
$[\text{BO}_4]$ -Tetraeder	isotyp mit Silicaten
- V/H.10-30: Borax
- V/H.14-10: Ulexit
- V/L.04-10: Boracit

## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

165

## V/G–V/L Borate: Systematik

- V/G: Insel-Borate
- V/H: Gruppen-Borate
- V/J: Ketten-Borate

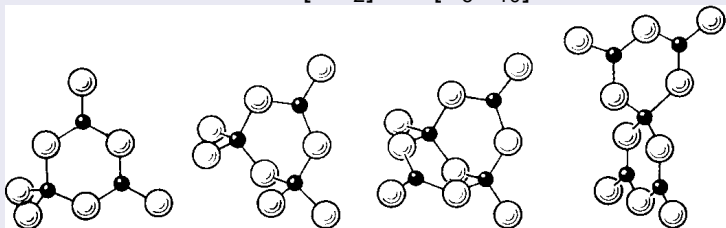
planare  $[\text{BO}_3]^{3-}$ -Inselnplanare 2er-Gruppen  $[\text{B}_2\text{O}_5]^{4-}$ planare 3er-Ringe  $[\text{B}_3\text{O}_6]^{3-}$ 2er-Ketten  $[\text{B}_2\text{O}_4]^{2-}$ bis 6er-Ketten  $[\text{B}_6\text{O}_{10}]^{2-}$ 

## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

166

## V/G–V/L Borate: Systematik

- V/K: Schicht-Borate mit komplexen Gruppen  $[B_x(O,OH)_y]$
- V/L: Gerüst-Borate mit  $[BO_2]^- \dots [B_6O_{10}]^{2-}$



## V. Klasse: Carbonate, Nitrate und Borate

167

### V/H.10-30: Borax $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

- verknüpfte planare und tetraeder-Gruppen
- im Bodenschlamm von „Boraxseen“

### V/H.14-10: Ulexit $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- wichtiges Bor-Mineral:  
Boraxseen und -sümpfe
- „Fernsehstein“: parallele Fasern



### V/L.04-10: Boracit $\text{Mg}_3[\text{Cl}|\text{B}_7\text{O}_{13}]$

- Gerüstborat
- wichtiges Mineral in den Zechsteinsalzen