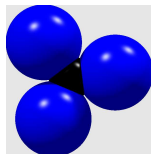


Eigenschaften

- ▶ 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/A. Nitrate

- ▶ V/A.01-10: Nitronatrium $\text{Na}[\text{NO}_3]$ (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.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 (CO₂-Bildung)
- ▶ oft gute Spaltbarkeit

V.B – V.F: Carbonate

- ▶ V/B: wasserfreie Carbonate ohne weiteres Anionen
 - ▶ V/B.02: Calcit-Reihe CaCO_3
 - ▶ V/B.03: Dolomit-Reihe $\text{MgCa}[\text{CO}_3]_2$
 - ▶ V/B.04: Aragonit-Reihe 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 $\bar{3}c$
- ▶ V/B.02-20 Calcit CaCO_3
- ▶ V/B.02-30 Magnesit MgCO_3
- ▶ V/B.02-40 Siderit FeCO_3
- ▶ V/B.02-50 Rhodochrosit MnCO_3
- ▶ V/B.02-60 Smithsonit ZnCO_3

homöotyp zu NaCl

V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

153

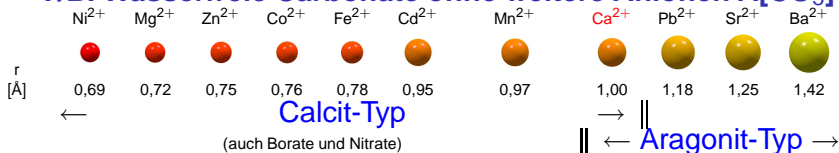
V/B.03: Dolomit-Reihe

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

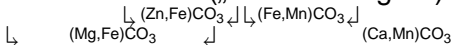
V/B.04: Aragonit-Reihe

- ▶ rhombisch, $P mcn$
- ▶ V/B.04-10 Aragonit CaCO_3
- ▶ V/B.04-20 Strontianit SrCO_3
- ▶ V/B.04-30 Witherit BaCO_3
- ▶ V/B.04-40 Cerussit PbCO_3

V/B. Wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen A[CO₃]

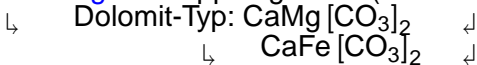


Isomorphie: Mischkristalle („feste Lösungen“)



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

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

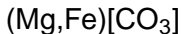
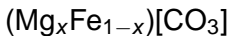


Isomorphie = Isotypie + gleiche chemische Bindung

⇒ **Mischkristall-Reihen mit Endgliedern**

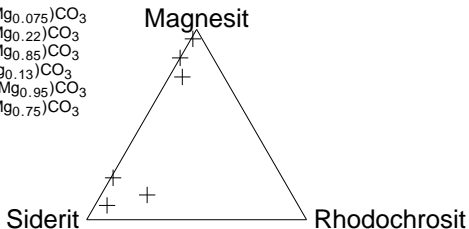
⇒ **statistische Besetzung der Strukturplätze**

Magnesit – Breunnerit – Pistomesit – Mesitinspat – Siderit



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

$(\text{Fe}_{0.87}\text{Mn}_{0.058}\text{Mg}_{0.075})\text{CO}_3$
 $(\text{Fe}_{0.77}\text{Mn}_{0.010}\text{Mg}_{0.22})\text{CO}_3$
 $(\text{Fe}_{0.15}\text{Mn}_{0.008}\text{Mg}_{0.85})\text{CO}_3$
 $(\text{Fe}_{0.66}\text{Mn}_{0.21}\text{Mg}_{0.13})\text{CO}_3$
 $(\text{Fe}_{0.042}\text{Mn}_{0.009}\text{Mg}_{0.95})\text{CO}_3$
 $(\text{Fe}_{0.19}\text{Mn}_{0.049}\text{Mg}_{0.75})\text{CO}_3$



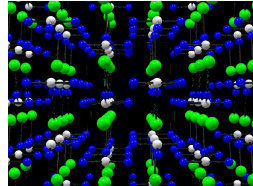
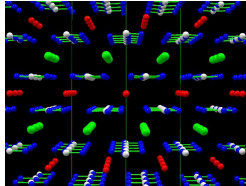
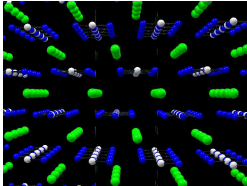
Phasenneubildung

Magnesit MgCO_3

Calcit CaCO_3

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

Aragonit CaCO_3



systematische
Besetzung

andere
Koordination

Diadochie vs. Isomorphie

Diadochie

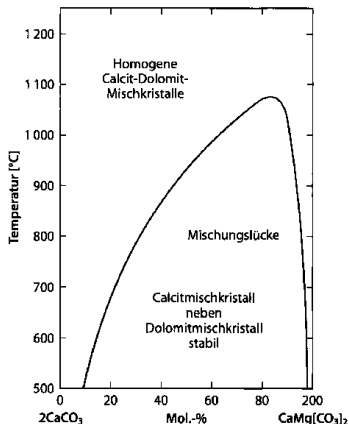
Ersetzbarkeit in
relativ geringen Mengen

?

Isomorphie

größere Mengen
(Mischkristallbildung)

→ keine klare
Abgrenzung!



V/B: wasserfreie Carbonate ohne weitere Anionen

159

V/B.02-20 Calcit 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 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 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 CaCO_3

- ▶ meist verzwillingt
- ▶ höhere Dichte (2.95 g/cm^3) als Calcit (2.72 g/cm^3)
⇒ Hochdruck-Niedertemperatur-Phase des 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: OH^-

Oxidationsprodukt auf Cu-Lagerstätten

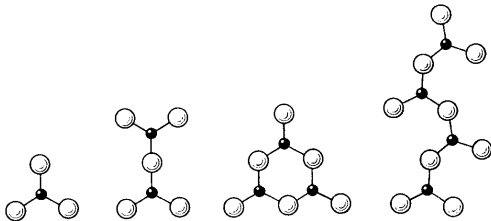
- ▶ V/C.01-10: Azurit $\text{Cu}_3[\text{OH}|\text{CO}_3]_2$
 - ▶ azurblau (Pigment)
 - ▶ Umwandlung in Malachit durch Wasseraufnahme
- ▶ V/C.01-20: Malachit $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2|\text{CO}_3]$
 - ▶ malachit-grün
 - ▶ Schmuckstein
 - ▶ selten Cu-Erz

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

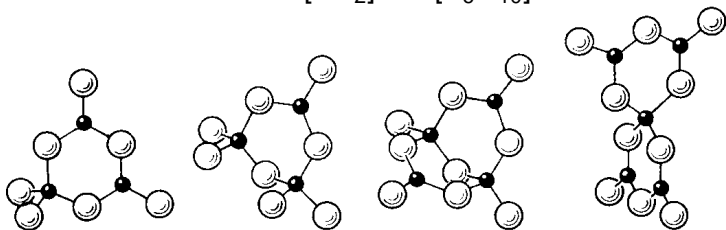
V/G–V/L Borate: Systematik

- ▶ 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/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/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