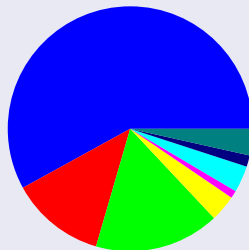


## VIII. Silicate

## Minerale/Mineralgruppen der kontinentalen Kruste

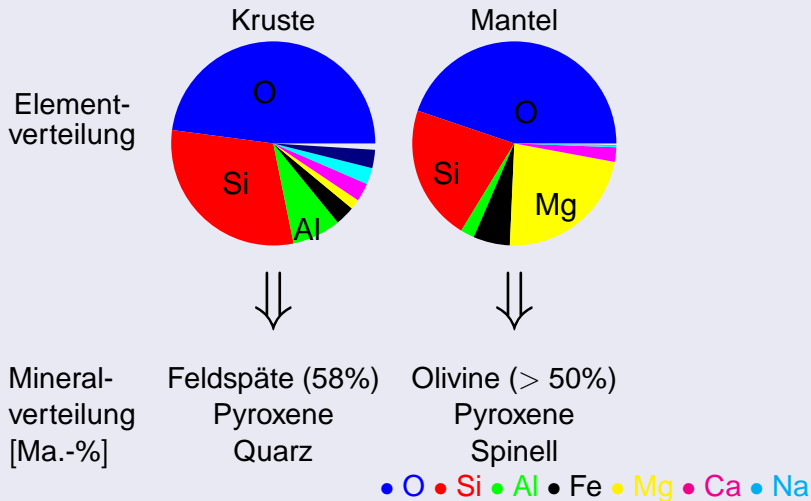
Mineral bzw. Mineralgruppe	Anteil [Ma.-%]
Feldspäte	58.0
Quarz	12.5
Pyroxene	16.5
Amphibole	
Olivine	
Glimmer	3.5
Tonminerale	1.0
Eisenoxide	3.5
Calcit	1.5
Rest	3.5



## VIII. Silicate

189

## Minerale/Mineralgruppen des oberen Erdmantels





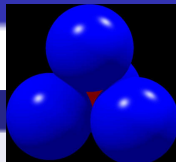
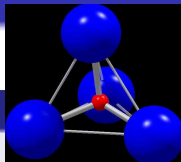
### Systematik

- VIII/A.–VIII/B. Inselsilicate
- VIII/C. Gruppensilicate
- VIII/E. Ringsilicate
- VIII/F. Kettensilicate
- VIII/H. Schichtsilicate
- VIII/J. Gerüstsilicate

## VIII. Silicate

192

## Systematik: strukturell



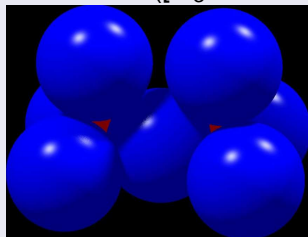
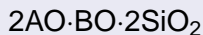
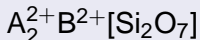
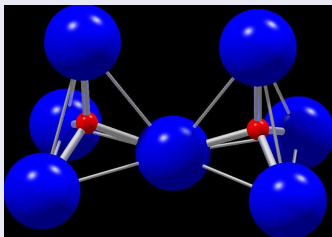
- Baustein:  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder
  - $\text{sp}^3$ -Hybrid (2s+2p-Elektronen der M-Schale)
  - Si-O: 15% Ionencharakter (starr, kaum deformierbar)
  - $r_{\text{O}^{2-}} = 1.32 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Si}^{4+}} = 0.34 \text{ \AA}$
  - $d_{\text{Si-O}} = 1.62 \text{ \AA}$ ,  $d_{\text{O-O}} = 2.62 \text{ \AA}$ ,  $\angle(\text{O-Si-O}) = 109^\circ 28'$
- Verknüpfung der Tetraeder: nur eckenverknüpft  
 ⇒ Brückensauerstoff (Si-O-Si)
- isomorpher Ersatz  $\text{Al}_{\text{Si}}$ :  $\text{AlO}_4$ -Tetraeder  
 $r_{\text{Al}^{3+}} = 0.47 \text{ \AA}$  (Alumosilicate)  
 sonst:  $r_{\text{Al}^{3+[\text{VI}]}} = 0.61 \text{ \AA}$  (Aluminate, Aluminiumsilicate)
- weitere Anionen:  $\text{F}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$

## VIII. Silicate

193

## Systematik: Verknüpfung

- VIII/A-B: Inselsilicate (Neso-) isolierte  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeder  
 $\text{A}_2^{2+}[\text{SiO}_4]$        $2\text{AO}\cdot\text{SiO}_2$        $4\text{O}_\text{E}, 0\text{O}_\text{B}$  pro Si  
 $\text{B}^{4+}[\text{SiO}_4]$        $\text{BO}_2\cdot\text{SiO}_2$
- VIII/C: Gruppensilicate (Soro-) isolierte  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ -Gruppen  
 $([\text{O}_3\text{Si}-\text{O}-\text{SiO}_3]^{6-})$



## VIII. Silicate

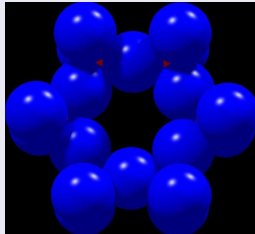
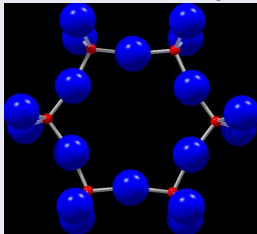
194

## Systematik: Verknüpfung

- VIII/E: Ringsilicate (Cyclo-)

isolierte Ringe

Beispiel 6er-Ring:  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$



3er-Ringe:  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$

4er-Ringe:  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$

und Doppelringe  $[\text{Si}_8\text{O}_{20}]^{8-}$ ,  $[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]^{12-}$

 $2\text{O}_E$ 
 $2\text{O}_B$  pro Si

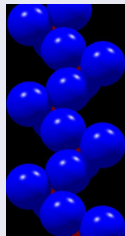
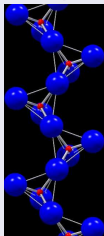
 $10\text{O}_E$ 
 $3\text{O}_B$  pro Si

## VIII. Silicate

## Systematik: Verknüpfung

- VIII/F: Kettensilicate (Ino-) unendliche Ketten o. Bänder

Beispiel 2er-Kette:  $[\text{Si}_2\text{O}_6]_{\infty}^{4-}$



Doppel-2er-Ketten (Bänder)  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_{\infty}^{6-}$

 $2\text{O}_E$ 
 $2\text{O}_B$  pro Si

 $1\text{O}_E$ 
 $3\text{O}_B$  pro Si

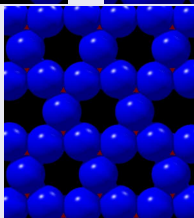
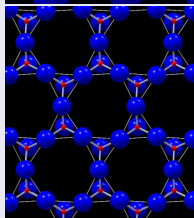
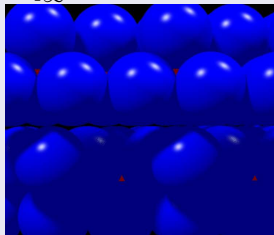
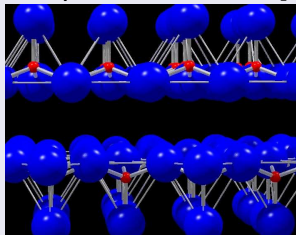
## VIII. Silicate

196

## Systematik: Verknüpfung

- VIII/H: Schichtsilicate (Phyllo-)

unendliche Schichten

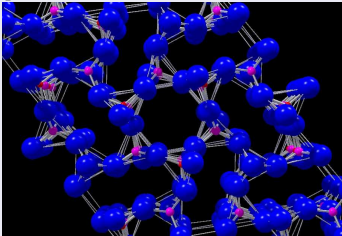
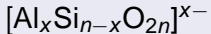
Beispiel 2er-Schicht:  $[\text{Si}_2\text{O}_5]_{\infty}^{2-}$ 10<sub>E</sub> 30<sub>B</sub> pro Si

## VIII. Silicate

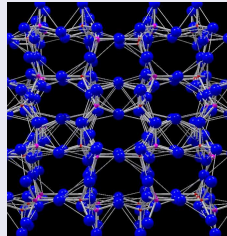
197

## Systematik: Verknüpfung

- VIII/J: Gerüstsilicate (Tecto-)



unendliches Netzwerk


 $0\text{O}_E \quad 4\text{O}_B \text{ pro Si}$

## VIII. Silicate

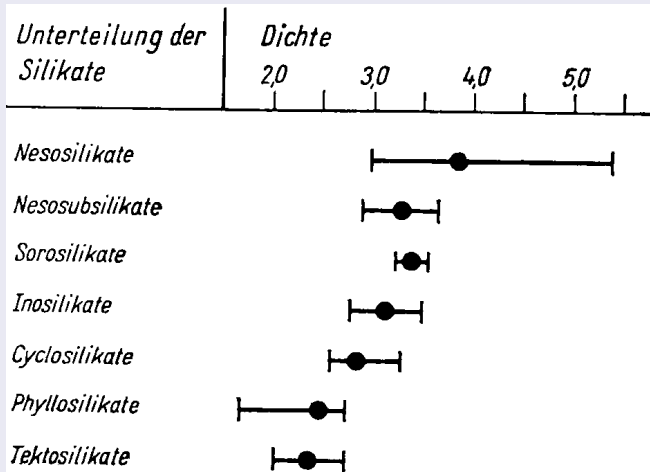
198

Si:O	Formel	Anionen-Art	Ladung pro O <sub>E</sub>		
			Anion Si	pro Si	pro Si
1:4	[SiO <sub>4</sub> ]	isoliertes Tetraeder	-4	-4	4
1:3 $\frac{1}{2}$	[Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]	Doppeltetraeder	-6	-3	3
1:3	[Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub> ]	3er-Ring	-6	-2	2
1:3	[Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> ]	4er-Ring	-8	-2	2
1:3	[Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ]	6er-Ring	-12	-2	2
1:3	[Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ] <sub>n</sub>	2er-Kette	-4n	-2	2
1:3	[Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub> ] <sub>n</sub>	3er-Kette	-6n	-2	2
1:2 $\frac{3}{4}$	[Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub> ] <sub>n</sub>	Doppel-2er-Kette (Band)	-6n	-1.5	1
1:2 $\frac{1}{2}$	[Si <sub>8</sub> O <sub>20</sub> ]	Doppel-4er-Ring	-8	-1	1
1:2 $\frac{1}{2}$	[Si <sub>12</sub> O <sub>30</sub> ]	Doppel-6er-Ring	-12	-1	1
1:2 $\frac{1}{2}$	[Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ] <sub>n</sub>	Schicht	-2n	-1	1
1:2	[(Al <sub>x</sub> Si <sub>n-x</sub> O <sub>2n</sub> )]	Gerüst	-x	0	0

## VIII. Silicate

199

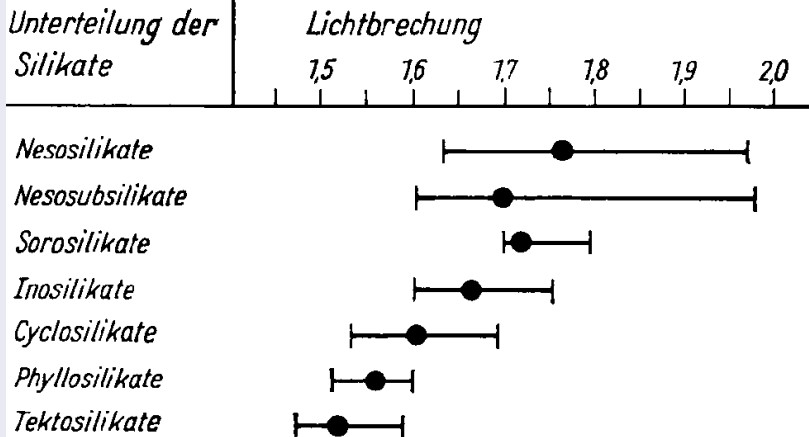
## Eigenschaften: Massen-Dichte



## VIII. Silicate

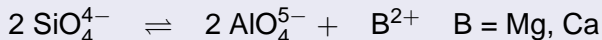
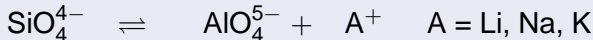
200

## Eigenschaften: Brechzahl



## VIII. Silicate

201

Isomorpher Ersatz:  $\text{Al}_{\text{Si}}$ 

⇒ Gerüstsilicate

(vollständige Polymerisation: keine endständigen Sauerstoffe)

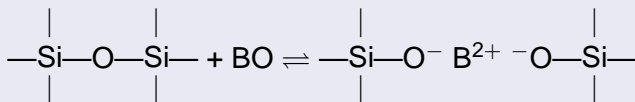
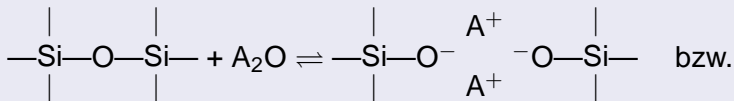
Doppelrolle des amphoteren  $\text{Al}^{3+}$ 

- $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ -Tetraeder: **nur** eckenverknüpft  
 $r_{\text{Al}} = 0.47 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Si}} = 0.34 \text{ \AA}$  (Alumosilicate)
- $\text{AlO}_6$ -Oktaeder: meist kantenverknüpft  
 $r_{\text{Al}} = 0.61 \text{ \AA}$  (Aluminate, Aluminiumsilicate)

## VIII. Silicate

202

## Systematik: Depolimerisationsgrad



### Sauerstoff-Arten

- Sauerstoff des (Si,Al)-Tetraeders
  - $O_E$ : endständiger Sauerstoff  $\equiv Si-O^-$   
(Trennstellensauerstoff)
  - $O_B$ : Brückensauerstoff  $\equiv Si-O-Si \equiv$   
(Dipol: 2s/2p-Elektronenpaare) (Netzwerksauerstoff)
  - OH: endständige OH-Gruppe  $\equiv Si-OH$  (statt  $O_E$ )
- weiterer Sauerstoff
  - $O^{2-}$ : ionisch gebundener Sauerstoff (z. B.  $AlO_6$ -Oktaeder)
  - $OH^-$ : ionisches Anion (z. B.  $AlO_4(OH)_2$ -Oktaeder), auch  $F^-$
  - $H_2O$ : neutrales Molekül (Dipol, Wasserstoffbrückenbindung)

## VIII/A–B: Inselsilicate

204

- $A_2^{2+}[\text{SiO}_4]$ ,  $B^{4+}[\text{SiO}_4]$  und  $C_2^{3+}[(\text{OH},\text{F})_2|\text{SiO}_4]$
- $A^{2+}$ :  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$   
 $C^{3+}$ :  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Se}^{3+}$   
 $B^{4+}$ :  $\text{Zr}^{4+}$ ,  $\text{Th}^{4+}$ ,  $\text{U}^{4+}$
- viele Mischkristallreihen
- Industrieminerale: Andalusit, Olivin- und Granat-Gruppe
- Elementrohstoffe: Zirkon, Uranophan- und Hemimorphit-Gruppe
- geowissenschaftliche Bedeutung: Granate,  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ , Topas, Zirkon, Epidot

## VIII/A–B: Inselsilicate

205

### Inselsilicate mit tetraedrisch koordinierten Kationen

- VIII/A.01-20: Willemit  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$

### Inselsilicate mit oktaedrisch koordinierten Kationen

- VIII/A.04 Olivin-Reihe  $(\text{Mg,Fe})[\text{SiO}_4]$
- VIII/A.08 Granat-Reihe  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

### Inselsilicate mit überwiegend hexaedrisch koordinierten Kationen

- VIII/A.09 Zirkon-Reihe  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$
- VIII/B.02 Disthen-Gruppe  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$
- VIII/B.03 Staurolit-Gruppe
- VIII/B.12-10 Titanit

## VIII/A–B: Inselsilicate

206

## fehlerhafte Einträge in webmineral.com

VIII/A Nesosilicates, with [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup> groups, cations of tetrahedric orientation [4]

VIII/A.01 Phenakite series

- VIII/A.01-10 [Phenakite](#) Be<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> R  $\bar{3}$   $\bar{3}$
- VIII/A.01-20 [Willemite](#) Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> R  $\bar{3}$   $\bar{3}$
- VIII/A.01-30 [Eucryptite](#) LiAlSiO<sub>4</sub> R  $\bar{3}$   $\bar{3}$

VIII/A.02 Liberite series

- VIII/A.02-10 [Liberite](#) Li<sub>2</sub>BeSiO<sub>4</sub> Pn m

VIII/A.03 Trimerite - Larsenite series

- VIII/A.03-10 [Trimerite](#) CaMn<sub>2</sub>Be<sub>3</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> P 2<sub>1</sub>/c 2/m
- VIII/A.03-20 [Esperite](#) PbCa<sub>3</sub>Zn<sub>4</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub> B21/m 2/m
- VIII/A.03-30 [Larsenite](#) PbZnSiO<sub>4</sub> Pnam 2/m 2/m 2/m

VIII/A.04 Olivine group

- VIII/A.04-00 [Olivine](#)\* (Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> Pbnm 2/m 2/m 2/m
- VIII/A.04-10 [Forsterite](#) Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> Pbnm 2/m 2/m 2/m
- VIII/A.04-20 [Fayalite](#) Fe<sup>++</sup><sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> Pbnm 2/m 2/m 2/m
- VIII/A.04-30 [Tephroite](#) Mn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> P nma 2/m 2/m 2/m
- VIII/A.04-40 [Liebenbergite](#) (Ni,Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> Pbnm 2/m 2/m 2/m
- VIII/A.04-50 [Laihunite](#) Fe<sup>++</sup>Fe<sup>+++</sup><sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> P 2 /b 2/m

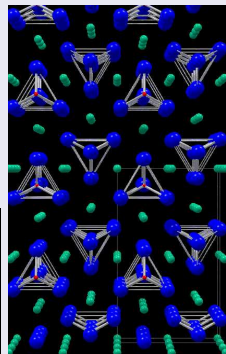
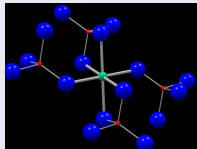
## VIII/A–B: Inselsilicate

207

## Olivin-Reihe

- Hauptbestandteil des oberen Erdmantels  
Mg:Fe  $\approx$  9:1
- Mischkristallreihen mit Mg, Fe, Ni, Co
  - VIII/A.04-10 Forsterite  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$
  - VIII/A.04-20 Fayalite  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$
  - VIII/A.04-30 Tephroite  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$
  - VIII/A.04-40 Liebenbergite  $(\text{Ni},\text{Mg})_2\text{SiO}_4$
- hexagonale dichteste O-Kugelpackung,  
deformierte  $\text{A}^{2+}\text{O}_8$ -Oktaeder

rhombisch

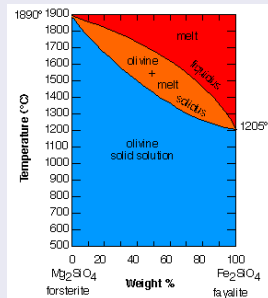


## VIII/A–B: Inselsilicate

208

## Olivin-Reihe

- Bildung
  - in basischen Gesteinen
    - intrusiv magmatisch (Gabbro, Peridotit, Dunit)
    - extrusiv (Basalt)
  - Metamorphose (z.B. aus Dolomit)
  - auch Olivinsande
- Verwendung:
  - Rohstoff für Feuerfeststeine (Fe-arme Forsterite)
  - Ni-Rohstoff bzw. Verwitterung zu Ni-Erzlagerstätten

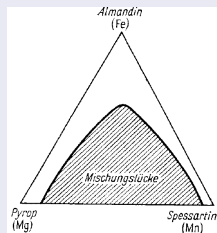


## VIII/A–B: Inselsilicate

209

## VIII/A.08: Granat-Reihe

- $A_3^{2+}B_2^{3+}[\text{SiO}_4]_3$   
 $A^{2+}$ :  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  in verz. O-Hexaedern  
 $B^{3+}$ :  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{V}^{3+}$  in verz. O-Oktaedern
- Ryralspit-Mischkristallreihe, Endglieder:
  - VIII/A.08-10: Pyrop  $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
  - VIII/A.08-20: Almandin  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
  - VIII/A.08-30: Spessartin  $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
- Ugrandit-Mischkristallreihe, Endglieder:
  - VIII/A.08-70: Grossular  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
  - VIII/A.08-110: Andradit  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$
  - VIII/A.08-130: Uwarowit  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$



## VIII/A–B: Inselsilicate

210

## VIII/A.08: Granat-Reihe

## Nutzung

- Schmuckstein
- technologisch sehr wichtiges Material:  
Laserkristall: Nd:YAG-Laser, Yttrium-Eisen-Granat (YIG):  
Mikrowellenferrit,  $Gd^{3+}Ga^{2+}[GaO_4]_3$  (GGG): magnetisch
- geowissenschaftliches Indikatormineral:  
Geothermobarometrie

	Pyrop $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	Almandin $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	Spessartin $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$	Grossular $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	Andradit $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$
<i>magmatisch</i>					
Granit, Pegmatit	-	+	+	-	-
Kimberlit, Peridotit	+	+	-	+	-
<i>regionalmetamorph</i>					
Biotitschiefer	+	+	-	+	-
Amphibolschiefer	+	+	-	+	-
Eklogit	+	+	-	+	-
<i>kontaktmetamorph</i>					
silikat. Edukt	-	+	+	-	-
carbonat. Edukt	-	-	-	+	+

## VIII/A–B: Inselsilicate

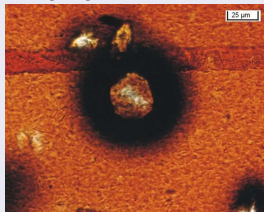
VIII/A.09 Zirkon-Reihe  $Zr[SiO_4]$ 

- VIII/A.09-10: Zirkon  $Zr[SiO_4]$

tetragonal

bis zu 30%  $HfO_2$ , 12%  $ThO_2$  oder 1,5%  $U_3O_8$ VIII/A.09-20: Hafnon  $Hf[SiO_4]$ VIII/A.09-30: Thorit  $Th[SiO_4]$ 

- häufig metamiktisiert
- häufig pleochroitische Höfe
- äußerst resistent, Schwermineral
- Nutzung
  - Rohstoff für Baddeleyit
  - geowissenschaftlich: Altersbestimmung  
Th- und U-Zerfallsreihen: Pb-U und Pb-Th-Verhältnisse  
ältesten bekannten Mineral 4,404 Mrd a (Westaustralien)
  - Elementrohstoff: Zr, Hf
  - Edelstein (rot-orange: Hyazinth)



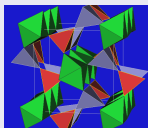
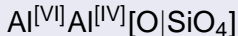
## VIII/A–B: Inselsilicate

212

VIII/B.02  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ -Gruppe

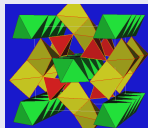
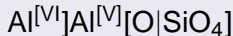
VIII/B.02-10

Sillimanit

 $\text{AlO}_4$ -Tetraeder

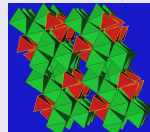
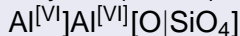
VIII/B.02-20

Andalusit

 $\text{AlO}_5$ -trigonale  
Bipyramiden

VIII/B.02-40

Kyanit (Disten)

 $\text{AlO}_6$ -Oktaeder

- kantenverknüpfte  $\text{AlO}_6$ -Oktaeder
- isolierte  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder, Verknüpfung der Oktaederketten
- $\text{Al}_2\text{SiO}_5 = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
- typische metamorphe Minerale

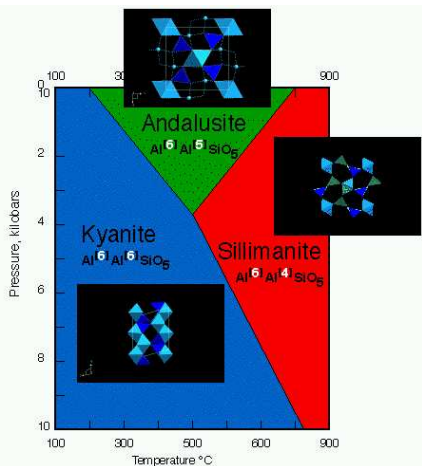
## VIII/A–B: Inselsilicate

213

VIII/B.02  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ -Gruppe

- Geothermobarometer

- VIII/B.02-50: Mullit  
 $\text{Al}_{4+2x}\text{Si}_{2-2x}\text{O}_{10-x}$   
 mit  $x = 0.17-0.59$   
 Normaldruck-Modifikation  
 mit Sauerstoffleerstellen

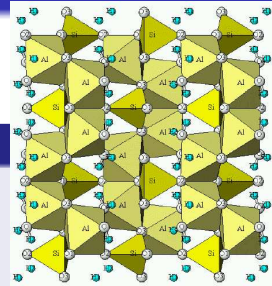


## VIII/A–B: Inselsilicate

214

VIII/B.02-70: Topas  $\text{Al}_2[(\text{F},\text{OH})_2|\text{SiO}_4]$ 

- dichte O-F-OH-Anionenpackung
- $\text{AlO}_4\text{F}_2$ -Oktaeder: Ketten
- $\text{SiO}_4$ -Tetraeder:  
Verknüpfung der Ketten
- kein F-freier Topas
- Greisen (hochhydrothermal)
- Edelstein (hoher Glanz): Schneckstein



(Pykmit, Altenberg)

## VIII/A–B: Inselsilicate

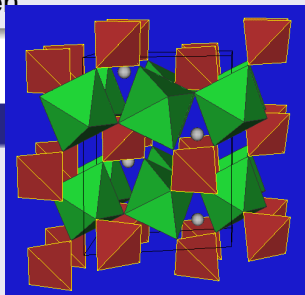
215

VIII/B.03-10: Staurolit  $(\text{Fe,Mg})_2\text{Al}_9[\text{O}_6(\text{OH},\text{O})_2](\text{SiO}_4)$ 

- Durchkreuzungszwillinge typisch
- in metamorphen Sedimentgesteinen

VIII/B.12-10: Titanite  $\text{CaTi}[\text{O}|\text{SiO}_4]$ 

- isolierte  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder
- $\text{TiO}_6$ -Oktaeder
- $\text{CaO}_7$ -Polyeder
- Ti-Rohstoff, Schmuckstein



## VIII/C–E: Gruppensilicate

216

## Systematik

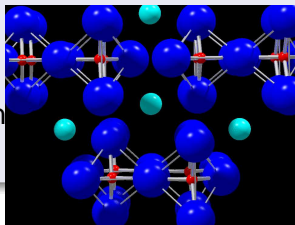
- fast nur 2er Gruppen:  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$   
 VIII/C.01-10: Thortveitit  $(\text{Sc}, \text{Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$   
 VIII/C.02: Melilith-Reihe  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_7]$
- auch weitere Anionen:  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$   
 $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle VIII/C.08-10: Hemimorphit  
 $\text{Zn}_4[(\text{OH})_2|\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$
- „Mischstrukturen“ von Gruppen und Inseln  
 VIII/C.23-20: Epidot  $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})\text{Al}_2[\text{O}|\text{OH}|\text{SiO}_4|\text{Si}_2\text{O}_7]$   
 VIII/C.23-100: Zoisit  $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{O}|\text{OH}|\text{SiO}_4|\text{Si}_2\text{O}_7]$

## VIII/C–E: Gruppensilicate

217

### VIII/C.01-10: Thortveitit $(\text{Sc}, \text{Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$

- wichtigstes Sc-Erzmineral
- Vorkommen in Granit-Pegmatiten Norwegen, Madagaskar
- wechselständige  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6+}$ -Gruppen
- $\text{ScO}_6$ -Oktaeder



## VIII/C–E: Gruppensilicate

218

## VIII/C.02: Melilith-Reihe



- VIII/C.02-10: Åkermanite  $\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$
- VIII/C.02-15 Gehlenite  $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$
- lückenlose Mischkristallreihe
- gekoppelter Ersatz:  $\text{Mg}^{2+ [IV]} + \text{Si}^{4+} \rightleftharpoons \text{Al}_{\text{Mg}}^{3+ [IV]} + \text{Al}_{\text{Si}}^{3+ [IV]}$
- Vorkommen in Ca-reichen, Si-untersättigten Vulkaniten, auch kontaktmetamorph
- typischer Bestandteil in Hüttenschlacken und Zementklinkern

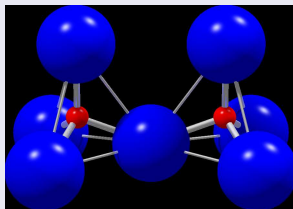
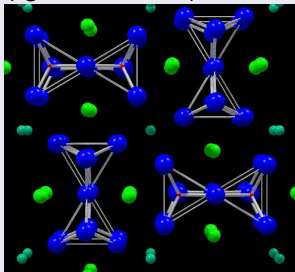
## VIII/C–E: Gruppensilicate

219

## VIII/C.02: Melilith-Reihe



- $\text{Si}_2\text{O}_7$ - bzw.  $\text{AlSiO}_7$ -Gruppen  
(„geknickt“:  $\angle (\text{Si}-\text{O}-\text{Si})=139^\circ$ )



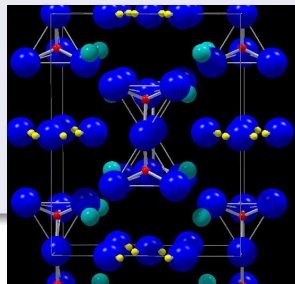
- weitere  $\text{MgO}_4$ - und  $\text{AlO}_4$ -Tetraeder!

## VIII/C–E: Gruppensilicate

220

**VIII/C.08-10: Hemimorphit  $Zn_4[(OH)_2|Si_2O_7] \cdot H_2O$   
Kieselzinkerz**

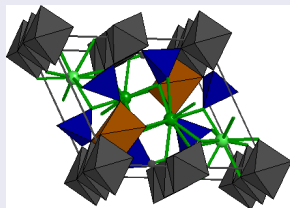
- wichtiges Zinkerz
- Bildung: sedimentär in Oxidationszonen
- $Si_2O_7$ -Doppeltetraeder
- $Zn_2O_6OH$ -Doppeltetraeder
- $H_2O$ -Moleküle:  
kontinuierliche Abgabe  
bis  $500^\circ C$  ohne Zersetzung



## VIII/C–E: Gruppensilicate

## VIII/C.23: Epidot-Gruppe

- „Mischstrukturen“:  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder **und**  $\text{Si}_2\text{O}_7$ -Gruppen mit  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$
- $\text{AlO}_6$ -Ketten (2- und 3-fache Kantenverknüpfung)  
 $\text{SiO}_4$ - und  $\text{Si}_2\text{O}_7$ -Gruppen:  
 Verknüpfung der Ketten  
 $\text{CaO}_8$ -Hexaeder



- VIII/C.23-20: Epidot  $\text{Ca}_2(\text{Fe,Al})\text{Al}_2[\text{O}|\text{OH}|\text{SiO}_4|\text{Si}_2\text{O}_7]$   
 (Pistazit)
- VIII/C.23-100: Zoisit  $\text{Ca}_2\text{AlAl}_2[\text{O}|\text{OH}|\text{SiO}_4|\text{Si}_2\text{O}_7]$
- vollständige Mischkristallreihe zwischen Epidot und Zoisit

## VIII/C–E: Gruppensilicate

222

## VIII/C.23: Epidot-Gruppe

- Allanit (Orthit)
  - VIII/C.23-60: Y-Allanit  
 $(Y,Ce,Ca)_2(Al,Fe)Al_2[O|OH|SiO_4|Si_2O_7]$
  - VIII/C.23-65: La-Allanit  $(SEE,Ca)_2FeAl_2[O|OH|SiO_4|Si_2O_7]$
  - V VIII/C.23-80 Ce-Allanit  
 $(Ce,Ca,Y)_2(Al,Fe)Al_2[O|OH|SiO_4|Si_2O_7]$
  - SE-Erzmineral: bis 28% SE-Oxid (3.8–7.0%  $Ce_2O_3$ , 7-8.4%  $Sm_2O_3$ , 2.2–4.2%  $La_2O_3$ , bis 1.3%  $Y_2O_3$ , bis 5.6%  $ThO_2$  → Isotropisierung)
- Vesuvian  $Ca_{19}Al_{10}(Mg,Fe)_3[(OH,F)_{10}|(SiO_4)_{10}|Si_2O_7]$
- Bildung: Metamorphose

## VIII/E: Ringsilicate

223

## Systematik

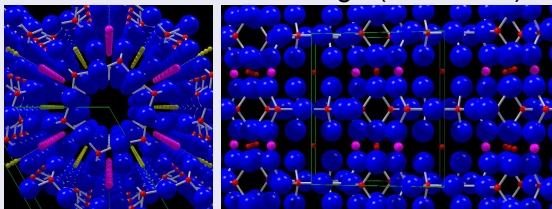
- 3er-Ringe:  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$  VIII/E.01–05
- 4er-Ringe:  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$  VIII/E.06–9
- Doppel-4er-Ringe:  $[\text{Si}_8\text{O}_{20}]^{8-}$  VIII/E.10
- 6er-Ringe:  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$  VIII/E.12–21  
Beryll, Cordierit, Turmalin
- Doppel-6er-Ringe:  $[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]^{12-}$  VIII/E.22–25

## VIII/E: Ringsilicate

224

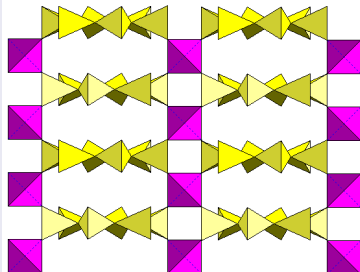
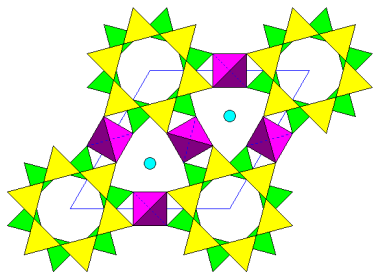
### VIII/E.12-10: Beryll $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

- symmetrische 6er-Ringe → hexagonales Kristallsystem
- Be: tetraedrische Koordination  
Al: oktaedrische Koordination  
→ Zusammenhalt der Ringe (Schichten)



## VIII/E: Ringsilicate

225

VIII/E.12-10: Beryll  $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 

## VIII/E: Ringsilicate

226

### VIII/E.12-10: Beryll $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

- in Pegamtit-Gängen, auch Seifen
- wichtigstes Be-Mineral
  - für Al- und Mg-Legierungen
  - in Be-Cu-Bronzen für Elektronikindustrie
  - Kernkrafttechnik
  - Be-Borate: Austrittsfenster für Röntgenröhren
  - Schmuckstein
- Varietäten
  - gemeiner Beryll: grünlich trüb  
Riesenkristalle (18 m lang, 3.5 m Durchmesser, 380 t)
  - Smaragd ( $\text{Cr}^{3+}$ ): grün
  - Aquamarin: blaugrün
  - Morganit ( $\text{Mn}^{3+}$ ): rosa
  - Goldberyll: gelb

## VIII/E: Ringsilicate

227

VIII/E.12-40: Cordierit  $\text{Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ 

- sehr ähnlich der Beryllstruktur
  - $\text{Al}^{3+[\text{VI}]} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+[\text{VI}]}$
  - $\text{Be}^{2+[\text{IV}]} + \text{Si}^{4+[\text{IV}]} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+[\text{IV}]} + \text{Al}^{3+[\text{IV}]}$
  - aber alle Al tetraedrisch koordiniert: Verknüpfung zum Gerüst
  - Si/Al-Ordnungs-Unordnungszustände:  
 $\text{Mg}_2(\text{Al},\text{Si})_3[(\text{Al},\text{Si}_6\text{O}_{18})]$
- wechselnder Wassergehalt: Einbau in Kanäle
- metamorphe Bildung
- geringe Wärmedehnung: temperaturwechselbeständige Keramik

## VIII/E: Ringsilicate

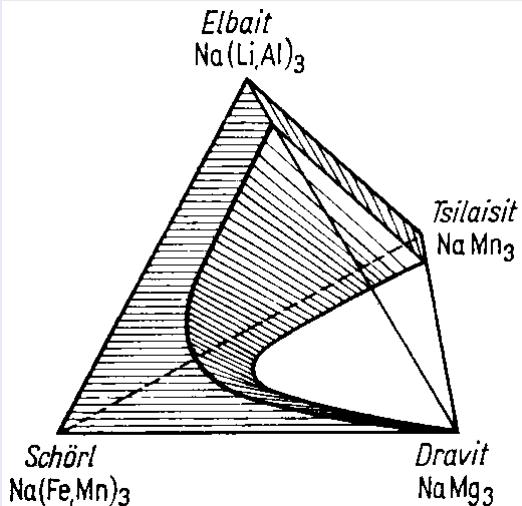
## VIII/E.19: Turmalin-Reihe

- Mischkristallreihe:  $A^{[IX]}B_3^{[VI]}C_6^{[VI]}[(OH)_4|(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$  mit  
 A:  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$   
 B:  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Li^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Cr^{3+}$   
 C:  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$
- VIII/E.19-10: Elbaite  $Na(Li,Al)_3Al_6(OH)_4[(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$
- VIII/E.19-20: Dravit  $NaMg_3Al_6(OH)_4[(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$
- VIII/E.19-50: Schörl  $NaFe_3(Fe,Al)_6(OH)_4[(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$
- VIII/E.19-70: Buergerit  $NaFe_3Al_6(F|OH)_4[(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$
- VIII/E.19-90:  
 Uvit  $(Ca,Na)(Mg,Fe)_3Al_5Mg(OH)_4[(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$
- unbegrenzte Mischbarkeit vorallem bei Na-Turmalinen
  - Schörl ( $NaFe_3$ ) – Dravit ( $NaMg_3$ ) – Tsilaisit ( $NaMn_3$ )
  - Schörl ( $NaFe_3$ ) – Elbait ( $Na(Li,Al)_3$ ) – Tsilaisit ( $NaMn_3$ )

## VIII/E: Ringsilicate

229

## VIII/E.19: Turmalin-Reihe



## VIII/E: Ringsilicate

230

### VIII/E.19: Turmalin-Reihe

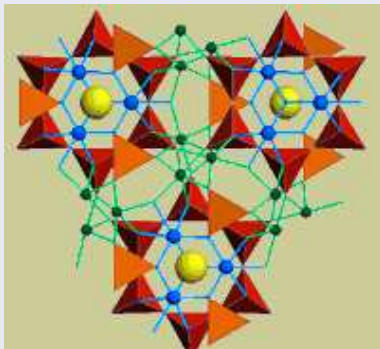
- Mischkristallbildung: Polychrom und Zonarbau (Indikatormineral)
- Farbe: Chemismus und Realstruktur  
Elbaite (Li-reich): farblos, rosa, grün (polychrom)  
Dravit (M-reich): braun bis schwarz  
Schörl (Fe-reich): schwarz  
Buergerit: dunkelbraun  
Uvit: dunkelbraun
- oft stenglig, nadelig, radialstralig
- pegamtitische Bildung (inkompatible Elemente: Li, B, F)
- wichtiger Edelstein, auch Borerz
- Pyro- und Piezoelektrizität

## VIII/E: Ringsilicate

231

### VIII/E.19: Turmalin-Reihe

- $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ -Ringe
- 3 planare  $\text{BO}_3$ -Gruppen: verknüpft mit  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ -Ringen
- kantenverküpfte  $\text{AlO}_4(\text{OH})_2$ -Oktaeder
- A-Atome: oktaederisch koordiniert

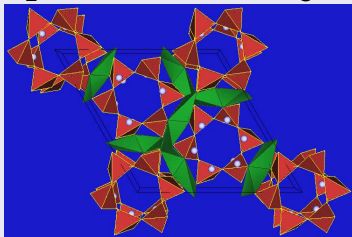


## VIII/E: Ringsilicate

232

VIII/E.21-10: Dioptas  $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}]\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 

- (deformierte)  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ -Ringe: trigonal  
 $\text{H}_2\text{O}$  zwischen den Ringen, nicht im Kanal



- in Oxidationszone von Cu-Lagerstätten
- smaragdgrün, auch Schmuckstein