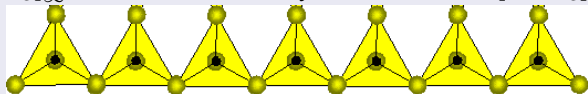


VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

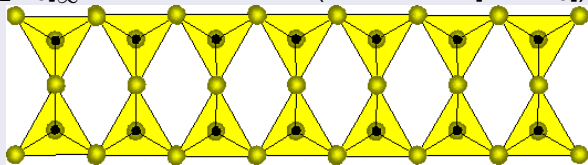
233

Systematik

- 1er-Kette: $[\text{SiO}_3]_{\infty}^{2-}$ nur synthetisches $\text{Cu}[\text{GeO}_3]$



- 1er-Band: $[\text{Si}_2\text{O}_5]_{\infty}^{2-}$ (Sillimanit $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$)



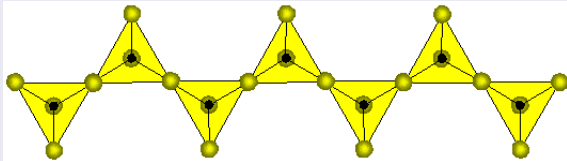
VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

234

Systematik

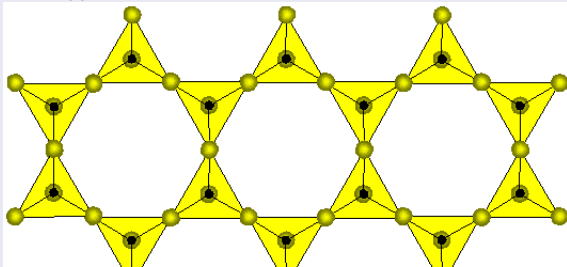
- 2er-Kette: $[\text{Si}_2\text{O}_6]_{\infty}^{4-}$

VIII/F.01-02: Pyroxene



- 2er-Band: $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_{\infty}^{6-}$

VIII/F.07-13: Amphibole



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

235

Systematik

- 3er-Kette: $[\text{Si}_3\text{O}_9]_{\infty}^{6-}$ VIII/F.18 Wollastonit
- 3er-Band: $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]_{\infty}^{10-}$ VIII/F.21-30: Xonotlit
- 5er-Kette: $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]_{\infty}^{10-}$ VIII/F.27: Rhodonit
- 7er-Kette: $[\text{Si}_7\text{O}_{21}]_{\infty}^{14-}$ VIII/F.31-20: Pyroxmangit
- 8er-Kette: $[\text{Si}_8\text{O}_{20}]_{\infty}^{8-}$ VIII/F.34-10: Narsarsukit

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

236

Pyroxen- und Amphibol-Familien

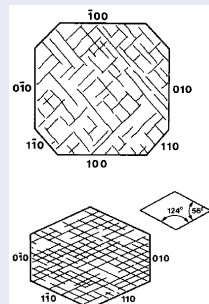
- wichtige gesteinsbildene Mineralgruppen
- ähnliche chemische, strukturelle und physikalische Eigenschaften
- Pyroxene: Si:O=4:12
- Amphibole: Si:O=4:11
- weitgehend gleiche Kationen
- Amphibole zusätzlich OH^- -Ionen \Rightarrow niedrigere Dichte und Lichtbrechung
Pyroxene: keine OH-Gruppen \Rightarrow Bildung bei höheren Temperaturen

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

237

Pyroxen- und Amphibol-Familien

- Pyroxene: kurze, säulige Kristalle
Amphibole: lange, stenglige, nadlige Kristalle
- wichtiges Unterscheidungsmerkmal: Spaltwinkel
 - Pyroxene: 87°
 - Amphibole: 124°
- kaum wirtschaftliche, aber große geowissenschaftliche Bedeutung



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

238

Pyroxen-Familie

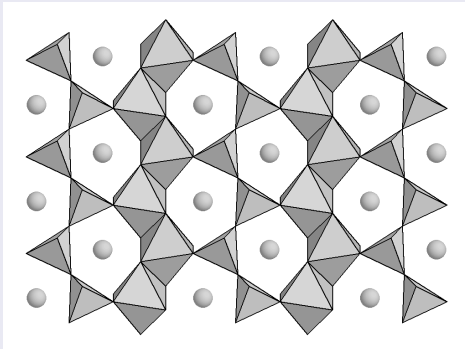
- $A^{[VIII]}B^{[VI]}[X_2(O,OH)_6] \quad [Si_2O_6]_{\infty}^{4-}$
 - $A^{[VIII]} = Na^+, K^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}$
 - $B^{[VI]} = Fe^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+}, Ti^{4+}, Li^+$
 - $X = Si^{4+}, Al^{3+}$
- abnehmende Größe: A-B-X
- (ortho-)rhombische Pyroxene: $r_A = r_B$ ([VI]-Koordination)
- sonst: monoklines Kristallsystem (Symmetrierniedrigung)

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

239

Pyroxen-Familie

- $[\text{Si}_2\text{O}_6]_{\infty}^{4-}$: starre 2er-Ketten $\parallel \vec{c}$ -Achse
- seitliche Absättigung der Ketten durch Kationen



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

240

Pyroxen-Familie

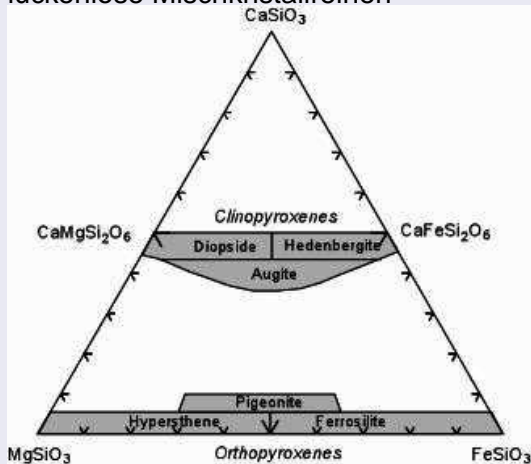
- VIII/F.01: Klinopyroxene monoklin
 - Ca-Pyroxene
 - Na-Ca-Pyroxene
 - Li-Pyroxen
 - Na-Pyroxen
- VIII/F.02: Orthopyroxene (ortho-)rhombisch
 - Mg-Fe-Pyroxene
- viele Mischkristallreihen

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

241

Pyroxen-Familie

- lückenlose Mischkristallreihen



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

242

VIII/F.02: Mg-Fe-Pyroxene

(Orthopyroxen)

VIII/F.02-10	Enstatit (Bronzit)	$Mg_2[Si_2O_6]$ $(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$	>90% En 70–90% En
VIII/F.02-00	Hypersthen	$(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$	50–70% En
VIII/F.02-20	Ferrohypersthen (Ferrosilit)	$(Fe,Mg)_2[Si_2O_6]$ $Fe_2[Si_2O_6]$	30–50% En <30% En

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

243

VIII/F.02: Mg-Fe-Pyroxene

(Orthopyroxen)

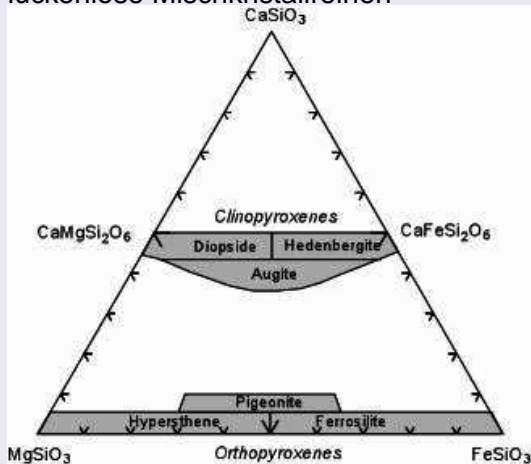
- Ferrosilit: nicht in der Natur beobachtet
- max. 5 Mol.-% $\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (VIII/F.18-10: Wollastonit)
- weit verbreitet in magmatischen Gesteinen
- typisch für hochgradig metamorphe Gesteine
- (Ortho-)Enstatit $\xrightarrow{1140^\circ\text{C}}$ Klinoenstatit $\xrightarrow{1557^\circ\text{C}}$ Forsterit + Cristobalit
- Enstatit: Rohstoff für Feuerfestmaterial (wie Forsterit)
- (Klinoenstatit nur in Meteoriten)

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

244

Pyroxen-Familie

- lückenlose Mischkristallreihen



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

245

VIII/F.01: Ca-Pyroxene

Klinopyroxene

VIII/F.01-50	Diopsid	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	>90% Di
	(Salit)	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$	50–90% Di
	(Ferrosalit)	$\text{Ca}(\text{Fe,Mg})[\text{Si}_2\text{O}_6]$	10–50% Di
VIII/F.01-60	Hedenbergit	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	<10% Di
VIII/F.01-90	Augit	$(\text{Ca,Na})(\text{Mg,Fe,Al,Ti})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$	

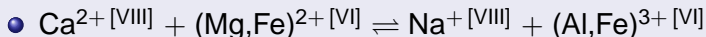
- $2(\text{Mg,Fe})^{2+[\text{VI}]} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+[\text{VIII}]} + (\text{Mg,Fe})^{2+[\text{VI}]}$
- $(\text{Mg,Fe})^{2+[\text{VI}]} + \text{Si}^{4+[\text{IV}]} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+[\text{VI}]} + \text{Al}^{3+[\text{IV}]}$
- $\text{CaAl}[\text{AlSiO}_6]$: kommt nicht vor (nur als Augit)
- häufige, gesteinsbildende Minerale
- Augit: dunkler Gemengeanteil in basischen Gesteinen
- Diopsid: in metamorphen Gesteinen
- Diopsid: auch Edelsteinqualität

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

246

VIII/F.01: Na-Pyroxene

Klinopyroxene

VIII/F.01-130 Jadeit $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ VIII/F.01-140 Ägirin $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 

VIII/F.01: Na-Ca-Pyroxene

Klinopyroxene

VIII/F.01-100 Omphacit $(\text{Na,Ca})(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg,Al})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Jadeit-Augit-Mischkristallreihe

(Ägirinaugit) $(\text{Na,Ca})(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg,Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Ägirin-Augit-Mischkristallreihe

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

247

VIII/F.01: Klinopyroxene

Li-Pyroxene

- VIII/F.01-120: Spodumen $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
- charakteristisch für Li-reiche Pegmatite (bis 12 m Länge) auch hydrothermale Bildung (Edelspodumen)
- wichtiger Li-Rohstoff für Glas- und Keramikindustrie (optische Dispersion, Flussmittel)
- wichtige Kristallphase in Glaskeramik (Kochfelder): geringer thermische Ausdehnungskoeffizient

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

248

VIII/F.18: Wollastonit-Reihe (3er-Einfachketten)

- Pyroxenoid
- VIII/F.18-10: Wollastonit $\text{Ca}[\text{SiO}_3]$ ($\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$)
- Ca zu groß für 2er-Kette oder -Band
- typisches metamorphes Mineral, z. B.:
Calcit + Quarz \rightarrow Wollastonit + CO_2
- feuerfester, keramischer Werkstoff, Füllmaterial in Kunststoffen, Isolier

VIII/F.27 Rhodonit-Reihe (5er-Einfachkette)

- Pyroxenoid
- VIII/F.27-10 Rhodonite $(\text{Mn,Fe,Mg,Ca})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$
- Schmuckstein: rote Farbe

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

249

Amphibol-Familie

- $A_{0-1}B_2C_5[(OH,F)X_4O_{11}]_2$ Bänder mit $[Si_4O_{11}]_{\infty}^{6-}$
 - $A^{[X-XII]} = Na^+$ (auch K^+), \square (Leerstelle)
 - $B^{[VIII]} = Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}$
 - $C^{[VI]} = Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, Ti^{4+}$
 - $X^{[IV]} = Si^{4+}, Al^{3+}$
 - Kettenmitte (im „Ring“) = OH^- , F^-
- (ortho-)rhombische Amphibole: $r_B = r_C$: [VI]-Koordination
- sonst: monoklines Kristallsystem

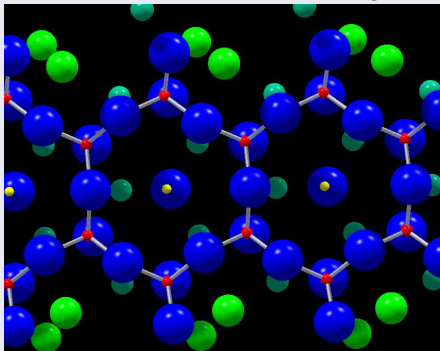
VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

250

Amphibol-Familie

- Bänder (2er-Doppelketten)

VIII/F.10-10 Tremolit $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{OH}|\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$



OH^- -Gruppe
im „Ring“
(Kettenmitte)

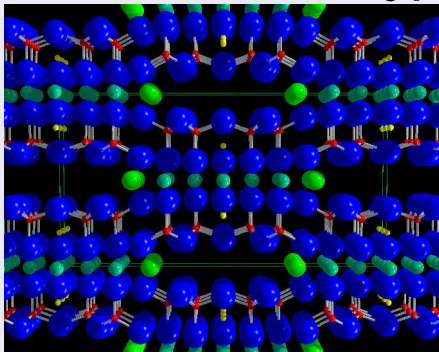
VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

251

Amphibol-Familie

- Bänder (2er-Doppelketten):

VIII/F.10-10 Tremolite $\square \text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{OH}|\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$



Bänder \perp
zur Zeichenebene
zwischen
den Bändern:
B- und C-Kationen,
A-Leerstelle

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

252

Amphibol-Familie

- Klinoamphibole monoklin
 - Ca-Amphibole, arm an Alkalien: VIII/F.10 Tremolit-Reihe
 - Na-Amphibole: VIII/F.08 Glaukophan-Reihe
- Orthoamphibole (ortho-)rhombisch
 - Mg-Fe-Amphibole:
VIII/F.07 Grunerit-Reihe
VIII/F.12 Anthophyllit-Reihe
- viele Mischkristallreihen

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

253

VIII/F.12: Mg-Fe-Amphibole

Orthoamphibole

VIII/F.12-60 Anthophyllit $\square \text{Mg}_7[\text{OH}|\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ VIII/F.12-70 Ferro-anthophyllit $\square \text{Fe}_7[\text{OH}|\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ VIII/F.12-100 Gedrit $\square \text{Mg}_5\text{Al}_2[\text{OH}|\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2$ VIII/F.12-110 Ferrogedrit $\square \text{Fe}_5\text{Al}_2[\text{OH}|\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2$

- lückenlose Mischbarkeit zw. Fe-Mg-Endgliedern
- $(\text{Mg},\text{Fe})^{2+[\text{VI}]} + \text{Si}^{4+[\text{IV}]} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+[\text{VI}]} + \text{Al}^{3+[\text{IV}]}$
- durch Metamorphose von Ca-armen, Fe/Mg-reichen Sedimenten
- chemisch und äußerlich sehr ähnlich dem Enstatit und Hypersten
- Klinoamphibole

VIII/F.07-20 Cummingtonit $\square \text{Mg}_7[\text{OH}|\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ VIII/F.07-30 Grunerit $\square \text{Fe}_7[\text{OH}|\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

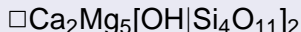
VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

254

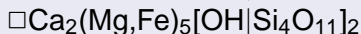
VIII/F.10: Ca-Amphibole

Klinoamphibole

VIII/F.10-10 Tremolit

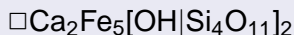


VIII/F.10-20 Aktinolit



(Strahlstein)

VIII/F.10-30 Ferro-Aktinolit



VIII/F.10-... Hornblende



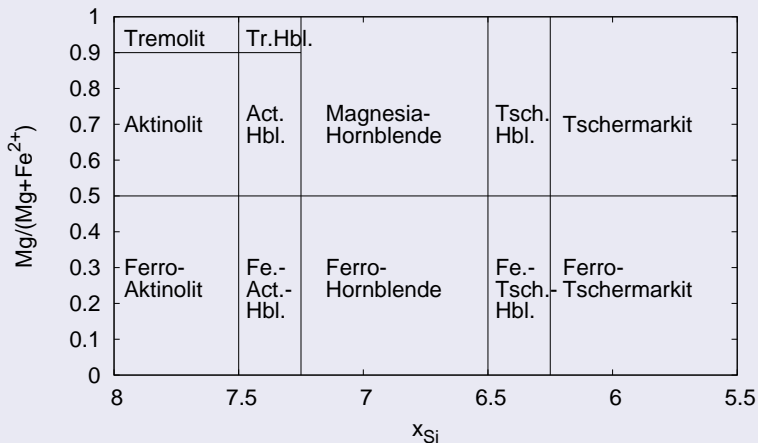
- ausgedehnte Mischkristallreihen mit zahlreichen Endgliedern
- Al- und Fe-Oxid-haltig
- der wichtigste und am meisten verbreitete gesteinsbildende Amphibol
- Vorkommen in Magmatiten und Metamorphiten
- Asbest-Minerale

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

255

VIII/F.10: Ca-Amphibole

Klinoamphibole



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

256

VIII/F.08: Na-Amphibole

Klinoamphibole

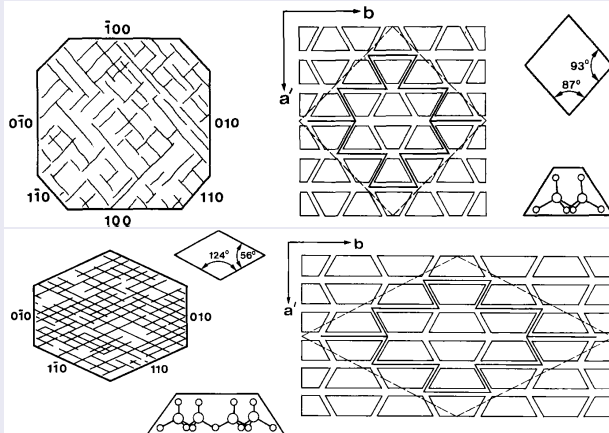
VIII/F.08-10 Glaukophan	$\square \text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{OH} \text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$
VIII/F.08-20 Ferroglaukophan	$\square \text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{OH} \text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$
VIII/F.08-40 Magnesioriebeckit	$\square \text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Fe}_2[\text{OH} \text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$
VIII/F.08-50 Riebeckit	$\square \text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Fe}_2[\text{OH} \text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

- lückenlose Mischbarkeit zw. Fe-Mg-Endgliedern
- Glaukophan: lokal wichtiges gesteinsbildendes Mineral, ausschließlich in Metamorphiten
- feinfasriger Riebeckit
 - Krokydolith-Asbest (verspinnbar, hitze- und säurebeständig, aber Asbestose)
 - verkieselt und oxidiert: Tiegerauge

VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

257

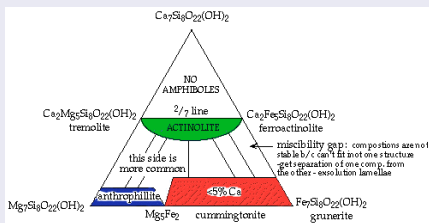
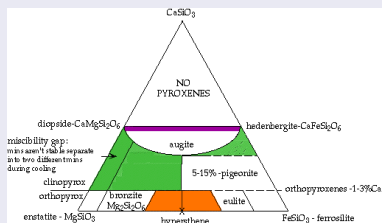
Spaltformen



VIII/F: Ketten- und Bandsilicate

258

Mischkristallereihen



Geochemische Vielfalt

259

Einfache Substitution

- $\text{Mg}^{2+} \text{ — } \text{Fe}^{2+}$
- $\text{Al}^{3+[\text{VI}]} \text{ — } \text{Fe}^{3+}$
- $\text{Fe}^{2+} \text{ — } \text{Mn}^{2+}$
- $\text{OH}^- \text{ — } \text{F}^-$

Einfache Substitution mit Koordinationswechsel

- $\text{Mg}^{2+} \text{ — } \text{Ca}^{2+}$
- $\text{Na}^+ \text{ — } \text{K}^+$

Gekoppelte Substitutionen

- $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \text{ — } \text{Na}^+ + \text{Al}^{3+[\text{VI}]}$
 - $\text{Ca}^{2+} + \text{Fe}^{2+} \text{ — } \text{Na}^+ + \text{Fe}^{3+[\text{VI}]}$
 - $\text{Mg}^{2+[\text{VI}]} + \text{Si}^{4+[\text{IV}]} \text{ — } \text{Al}^{3+[\text{VI}]} + \text{Al}^{3+[\text{IV}]}$
 - $\text{Mg}^{2+} + \text{Si}^{4+} \text{ — } \text{Fe}^{3+[\text{VI}]} + \text{Al}^{3+[\text{IV}]}$
 - $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \text{ — } \square + \square$
- (Tschermark-Substitution)