

2.2. Wichtige kosmische Minerale

a) Mg/Fe-Silikate

- Pyroxene $(\text{Mg/Fe})\text{SiO}_3$ – Kettensilikate – Mischungsreihe mit den Endgliedern Enstatit (Mg) und Ferrosilit (Fe)
 - Olivine $(\text{Mg/Fe})_2\text{SiO}_4$ – Inselsilikate – Mischungsreihe mit den Endgliedern Forsterit (Mg) und Fayalit (Fe)
-
- Vorkommen in kristallinen (orthorhombisch, monoklin) und amorphen Strukturen (im letzteren Fall sollten die Mineralnamen besser nicht benutzt werden)
 - in (fast) allen O-reichen Umgebungen
 - Hauptbestandteile von Chondriten und Interplanetaren Staubteilchen
 - Beobachtung: z.B. Si-O-Streckschwingung ($\sim 10 \mu\text{m}$)

Silikatstruktur

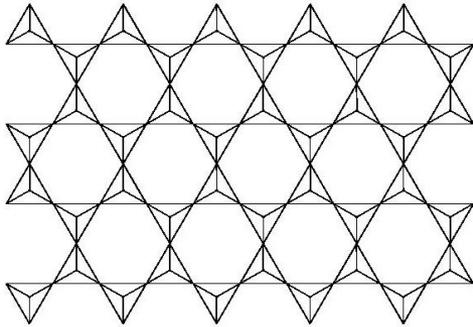
Grundlegende Struktureinheit: SiO_4 -Tetraeder

Tetraeder vernetzen über Ecken zu räumlicher, ebener, linearer oder Gruppenstruktur

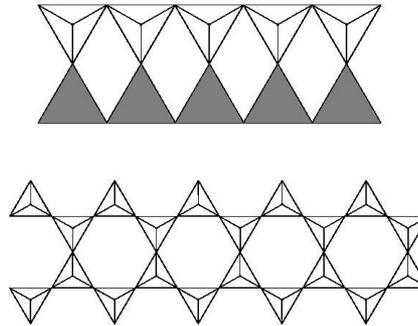
Vernetzung über alle 4 Tetraederecken: Gerüstsilikate (Tectosilikate) z.B. Quarz, Formel SiO_2 , andere Modifikationen: Quarz, Tridymit

Reduzierte Vernetzung durch Einbau von Metallionen (siehe folgende Folie), dadurch Schicht (Phyllo)-, Ketten (Ino)-, Ring (Cyclo)-, Gruppen (Soro)-, und Insel (Neso)- Silikate

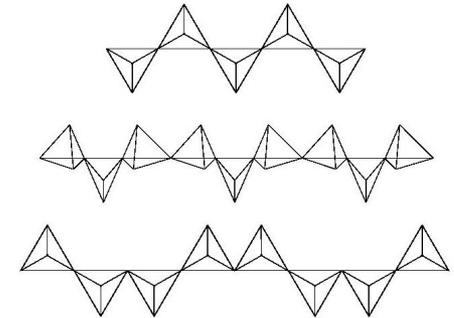
Silikate – reduzierte Vernetzung (durch Einbau von Metallionen)



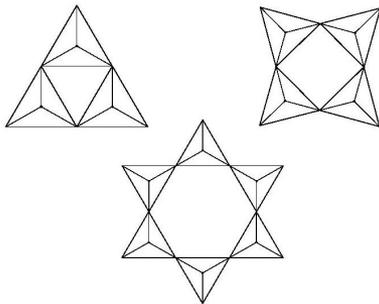
Schicht (Si_2O_5)



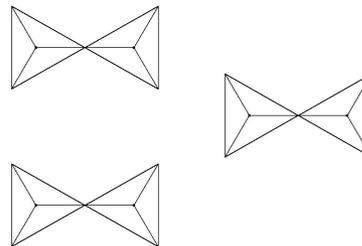
Doppelketten (Si_2O_5)



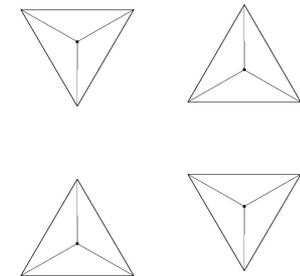
Ketten (SiO_3)



Ringe (SiO_3)

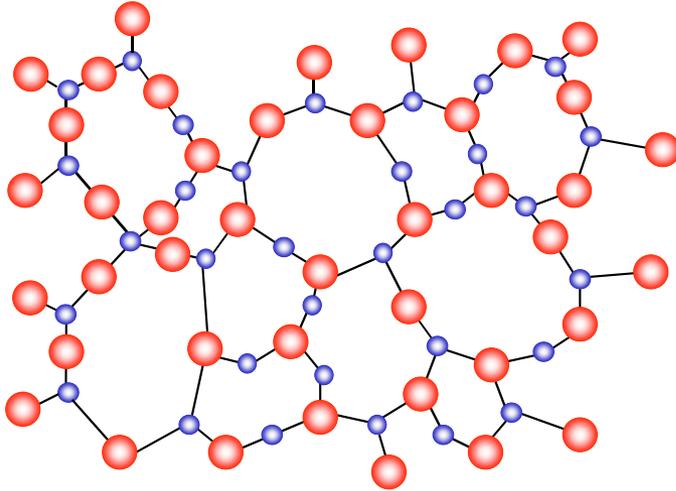


Paare (Si_2O_7)

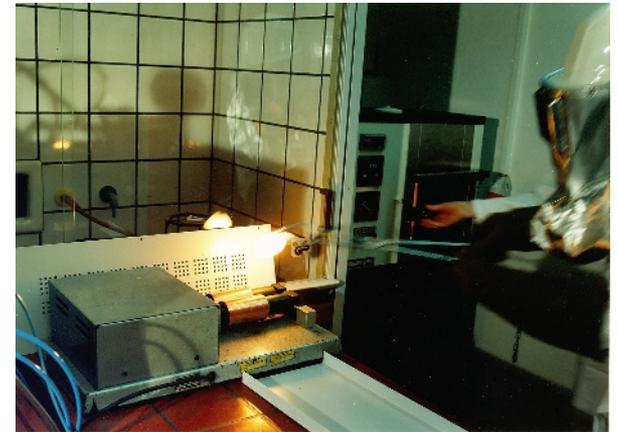


Inseln (SiO_4)

Amorphe Silikate

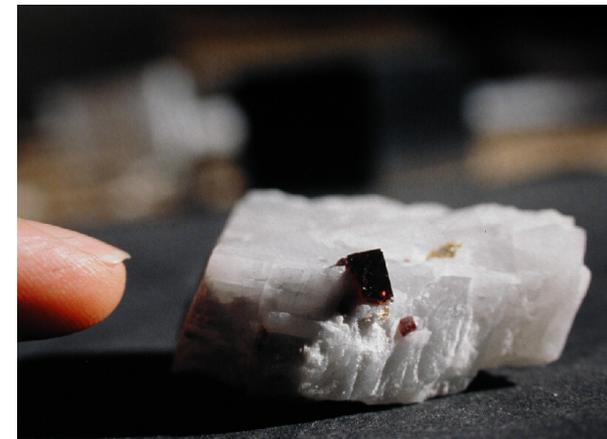


- 3-dimensionales ungeordnetes Netzwerk von Tetraedern
- durch Stöchiometrie (Me/Si) durchschnittliche Vernetzung einstellbar
- Erzeugung: Glasschmelze, Sol-Gel-Verfahren



b) Al-, Ca-, und Ti-Verbindungen

- Al_2O_3 – Korund (α -Modifikation – rhomboedrisch),
es existiert auch eine kubische γ -Modifikation
- MgAl_2O_4 – Spinell, kubisch
 - beide Oxide wurden als präsolare Staubteilchen gefunden
 - Beobachtung: Al-O-Streckschwingung ($\sim 12\text{-}14\ \mu\text{m}$),
bei vielen O-reichen AGB-Sternatmosphären
- $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$ – Hibonit (hexagonal)
- $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ – Melilith (Gruppensilikat, tetragonal)
 - wie Spinell Bestandteil von CAIs in Meteoriten
- $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ – Diopsid (Clinopyroxen)
- TiO_2 – 3 Modifikationen: Rutil, Anatas (beide tetragonal), Brookit
- CaTiO_3 – Perowskit (rhombisch)
 - TiO-Molekül ist extrem häufig in kühlen Sternatmosphären,
obwohl Ti noch deutlich seltener als Al und Ca
 - ein präsolares TiO_2 - Staubteilchen gefunden
 - Beobachtung: Ti-O-Streckschwingung ($13\text{-}15\ \mu\text{m}$), weitere bei $19\ \mu\text{m}$



Spinell

c) Carbide, Nitride, Sulfide

- SiC – β -SiC (kubisch), α -SiC (hexag. od. rhomboedr.),
 - häufigste präsolare Staubteilchen außer Diamanten
 - Beobachtung: Si-C-Schwingung 10-12 μm
- TiC – kubisch, metallisch
 - als Kern in präsolaren Graphitteilchen gefunden
 - Beobachtung: Kandidat für 21 μm – Bande von protoplanetarischen Nebeln (PPN)
- Si₃N₄ (α -, β - hexagonal)
 - einige präsolare Teilchen
 - Beobachtung: viele Banden, mglw. bei einem PPN identifiziert
- FeS – Troilit, Pyrrhotin (Fe_{1-x}S) – Magnetkies (hexagonal, monoklin)
 - in Meteoriten und Interplanetaren Staubteilchen (GEMS)
 - Beobachtung: schwierig (schwache Banden)
- MgS – kubisch, reaktiv mit Sauerstoff
 - Kandidat für 30 μm – Bande von protoplanetarischen Nebeln (PPN)

d) Kohlenstoff

- Diamanten (kubisch)
 - Nanodiamanten in Meteoriten und IDPs (präsolare?)
 - Beobachtung: charakt. C-H-Schwingungsmuster bei 3.43 und 3.53 μm
(in 3 jungen Objekten mit starker UV-Strahlung gefunden)
 - Graphit (hexagonal)
 - graphitartige präsolare Teilchen
 - früher Kandidat für “UV-Hump” der interstell. Extinktion (Nanoteilchen)
 - hydrierter amorpher Kohlenstoff (HAC)
 - in Meteoriten (kohlige Chondrite) und allen C-Sternen (dort wenig H)
 - Beobachtung: 3.4 μm – Bande der interstellaren Extinktion
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs)
- in irgendeiner Form (ionisiert, substituiert, ...) Ursache der Aromatischen IR-Emissionsbanden (UIBs, AIBs), eventuell auch der DIBs

Fullerene C_{60} , C_{70}

- nachgewiesen in einigen planetarischen Nebeln