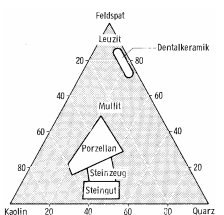


dentale Keramiken

1 Allgemein:

Def.	<ul style="list-style-type: none"> • Syn.: Porzellan, Keramik, Glas, Glaskeramik • Keramiken bestehen aus dem Ternärsystem Kaolin, Quarz u. Feldspat • dentale keramische Werkstoffe (Zusammensetzung u. Struktur ähnl. wie Gläser \Rightarrow Transparenz) <ul style="list-style-type: none"> - 70 - 80 % Feldspat (v.a. Leuzit) - 15 - 25 % Quarz (SiO_2) - Zusätze entsprechend Einsatzgebiet (Farbkörper, $\text{Al}_2\text{O}_3 \Rightarrow$ Festigkeit \uparrow, Haftoxide u.a.) u. Flussmittel (Verarbeitbarkeit \uparrow) 												
Glasphase	<p>Glaszustand = Unvermögen eines Werkstoffes, sich beim Übergang in festen Aggregatzustand zu ordnen (amorphes Verhältnis)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glasbildner = Netzwerkbildner (z.B. Silizium-, Blei-, Bariumoxid) • Netzwerkwandler (Metalloxidzusätze) <ul style="list-style-type: none"> - Alkalioxide wie Li_2O, Na_2O, K_2O - Erdalkalioxide wie CaO, MgO, BaO, ZnO - können ein- o. zweiwertig sein - Effekt: <table border="1" data-bbox="422 750 1444 862"> <thead> <tr> <th></th> <th>Quarzglas</th> <th>Quarzglas mit Netzwerkwandler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Schmelztemp.</td> <td>1800°C</td> <td>800°C</td> </tr> <tr> <td>WAK</td> <td>0,5 (fast keine!)</td> <td>< 11</td> </tr> <tr> <td>Korrosionsfestigkeit</td> <td>hoch</td> <td>niedrig</td> </tr> </tbody> </table>		Quarzglas	Quarzglas mit Netzwerkwandler	Schmelztemp.	1800°C	800°C	WAK	0,5 (fast keine!)	< 11	Korrosionsfestigkeit	hoch	niedrig
	Quarzglas	Quarzglas mit Netzwerkwandler											
Schmelztemp.	1800°C	800°C											
WAK	0,5 (fast keine!)	< 11											
Korrosionsfestigkeit	hoch	niedrig											
Kristallphase	<ul style="list-style-type: none"> • Einstellung d. physikal. Eigenschaften durch Kristalle: insb. Leuzit, auch Glimmer, Spinelle, Aluminium-, Zirkonoxide • Mechanismen bei z.B.: <table border="1" data-bbox="422 952 1444 1176"> <tr> <td data-bbox="422 952 534 1176">Leuzit</td> <td data-bbox="534 952 1444 1176"> <ul style="list-style-type: none"> • mit \uparrow Leuzitanteil \Rightarrow WAK \uparrow • Bruchzähigkeit \uparrow (Bruchlinienverlängerung \downarrow, da Stopp am Leuzitkristall) • Dauerfestigkeit \uparrow d.h. (Reduktion bruchauslösender Defekte): unterschiedl. WAK zw. Glas- u. Kristallphase \Rightarrow hohe Eigenspannungen (=Misfit-Spannungen), da: <ul style="list-style-type: none"> - Glasmatrix bei Körpertemp. unter Druckspannung - Leuzit gleichzeitig unter Zugspannung <p>\Rightarrow üblicherweise erst im μm-Bereich o. darunter festigkeitssteigernd</p> </td> </tr> </table> 	Leuzit	<ul style="list-style-type: none"> • mit \uparrow Leuzitanteil \Rightarrow WAK \uparrow • Bruchzähigkeit \uparrow (Bruchlinienverlängerung \downarrow, da Stopp am Leuzitkristall) • Dauerfestigkeit \uparrow d.h. (Reduktion bruchauslösender Defekte): unterschiedl. WAK zw. Glas- u. Kristallphase \Rightarrow hohe Eigenspannungen (=Misfit-Spannungen), da: <ul style="list-style-type: none"> - Glasmatrix bei Körpertemp. unter Druckspannung - Leuzit gleichzeitig unter Zugspannung <p>\Rightarrow üblicherweise erst im μm-Bereich o. darunter festigkeitssteigernd</p>										
Leuzit	<ul style="list-style-type: none"> • mit \uparrow Leuzitanteil \Rightarrow WAK \uparrow • Bruchzähigkeit \uparrow (Bruchlinienverlängerung \downarrow, da Stopp am Leuzitkristall) • Dauerfestigkeit \uparrow d.h. (Reduktion bruchauslösender Defekte): unterschiedl. WAK zw. Glas- u. Kristallphase \Rightarrow hohe Eigenspannungen (=Misfit-Spannungen), da: <ul style="list-style-type: none"> - Glasmatrix bei Körpertemp. unter Druckspannung - Leuzit gleichzeitig unter Zugspannung <p>\Rightarrow üblicherweise erst im μm-Bereich o. darunter festigkeitssteigernd</p>												
Herstellung d. keram. Massen	<p>Fritten: therm. Vorbehandlung d. Rohstoffe \Rightarrow kristalliner Feldspat \downarrow, Bildung von makromolekularen Siliziumoxidketten (amorphe glasartige Struktur)</p> <p>\Rightarrow Zermahlen d. Fritten zu feinkörnigem Pulver</p>												
klin. Anforderungen Anhaltswerte i. [] sind abhängig von Verarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Ästhetik • „Elastizität“ (eigentlich bricht Keramik leicht) [Zugfestigkeit gering: 40 N/mm^2; Biegefestigkeit: 60 N/mm^2] • Härte (Keramik ist sehr hart \Rightarrow Probleme durch Schädigung d. antagonist. Zähne), [Druckfestigkeit: 800 N/mm^2; VH: 4000 N/mm^2] • thermisches Verhalten wie natürl. Zähne • Mundbeständigkeit 												
Arten d. Keramik	<ul style="list-style-type: none"> • normales Glas + Leuzitkristalle \Rightarrow klassische Metallkeramik • hydrothermales Glas + Leuzitkristalle \Rightarrow hydrothermale Metallkeramik • hydrothermales Glas \Rightarrow LFC 												

2 Vollkeramiksysteme:

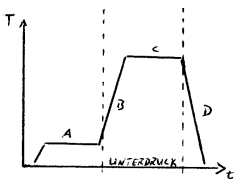
Dauerfestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • abh. vom Risswachstum • Möglichkeiten zur \uparrow Dauerfestigkeit bzw. Verminderung d. Risswachstums: <ul style="list-style-type: none"> - Rißverzehrung - Verbundsysteme - Vermeidung von bruchauslösenden Defekten • techn. Umsetzung: <ul style="list-style-type: none"> - kristalline Strukturen im amorphen Glas (Leuzit, Spinelle, Glimmer, Aluminiumoxide u.a.) - Verbundsysteme zw. verschied. Keramikschichten mit unterschiedl. WAK \Rightarrow Druckspannungen in oberflächlichen Keramikschichten - starke Verdichtung durch Pressen \Rightarrow Anzahl bruchauslösender Defekte \downarrow - Infiltration von Glas in Hohlräume einer kristallinen Matrix 		
Systeme	<table border="1" data-bbox="354 1960 1444 2067"> <tr> <td data-bbox="354 1960 587 2067">Gießkeramik (Dicor)</td> <td data-bbox="587 1960 1444 2067"> <ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen: <ul style="list-style-type: none"> - Kronenmodellation in Wachs u. Einbetten in Spezialmasse - Ausguß in Gusschleuder mit transparenter Keramikmasse - Thermobehandlung bei 1075°C </td> </tr> </table>	Gießkeramik (Dicor)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen: <ul style="list-style-type: none"> - Kronenmodellation in Wachs u. Einbetten in Spezialmasse - Ausguß in Gusschleuder mit transparenter Keramikmasse - Thermobehandlung bei 1075°C
Gießkeramik (Dicor)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen: <ul style="list-style-type: none"> - Kronenmodellation in Wachs u. Einbetten in Spezialmasse - Ausguß in Gusschleuder mit transparenter Keramikmasse - Thermobehandlung bei 1075°C 		

		<ul style="list-style-type: none"> -Farbgebung durch dünne Schichten aufgebrannter Glasurmassen • Keramikmasse: <ul style="list-style-type: none"> -quaternäres System -Glimmerkristalle entstehen bei Thermobehandlung (= Keramisierung)
	Presskeramik (IPS-Empress)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen: <ul style="list-style-type: none"> -Kronenmodellation in Wachs u. Einbetten in Spezialmasse -Einpressen plastifizierter dentalkeramischer Massen in Hohlform • Keramikmasse: glasartige Matrix mit eingelagerten Leuzitkristallen • Ind.: adhäsiv befestigte Inlays u. Teilkronen (Leuzit ermöglicht adhäsiven Verbund zum Schmelz)
	Al ₂ O ₃ -Sinterkeramik (IN-CERAM)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen: <ul style="list-style-type: none"> -Aufbau eines keramischen Gerüsts ⇒ feinporöse Matrix -Glasinfiltrationsbrand • Keramikmasse: <ul style="list-style-type: none"> -Al₂O₃-Pulver mit relativ gr. Korngröße (2 – 5µm) -Lanthanglas durch Kapillarkräfte im Infiltrationsbrand in Poren ⇒ nach Erstarrung porenfreies heterogenes Mikrogefüge mit hoher Bruchfestigkeit • Ind.: vollkeramische Einzelkronen v.a. im Frontzahnbereich (adhäsiver Verbund durch Lanthanglas mittels tribochem. Beschichtung) • weitere Ansätze: Verwendung von Spinell o. Zirkonoxid zur Steigerung d. Festigkeit u. Ästhetik

3 Metallkeramik:

Arten d. Keramik	<ul style="list-style-type: none"> • normales Glas + Leuzitkristalle ⇒ konventionelle Metallkeramik • hydrothermales Glas + Leuzitkristalle ⇒ hydrothermale Metallkeramik • hydrothermales Glas ⇒ LFC
Einteilung	<ul style="list-style-type: none"> • hochbrennend (> 900°C) • mittelbrennend (800 - 900°C) • niedrigbrennend (< 800°C)
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Metall: <ul style="list-style-type: none"> -Soliduspunkt ausreichend > Brenntemp. -mechan. Stabilität bei Brenntemp. u. in kaltem Zustand ausreichend hoch (keine Deformationen) -keine Bildung von färbenden Oxiden • Abstimmung d. WAK-Werte d. Metalls u. d. Keramik <ul style="list-style-type: none"> ⇒ beachte: auf Keramik wirkt ständig Druck, auf Metallgerüst stets Zug
Haftmechanismen d. Keramik	<p>alles Hypothese!!</p> <ul style="list-style-type: none"> • chem. Mechanismen (Oxidschicht, Opaker bindet Metalloxide, bei nicht-oxidierbaren Edelmetalllegierungen Verwendung von Haftbondern)) • thermische Kontraktion (Zug-, Druckspannungen innerhalb System) • mechan. Halt durch Mikrorauigkeiten

3.1 konventionelle Verblendkeramik:

besteht aus	<p>immer 2-phasig!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glasmatrix (Silikatglas) mit WAK₂₅₋₅₀₀ < 10 µm/mK • kristalline Phase: Tiefleuzit mit WAK₂₅₋₅₀₀ > 15 µm/mK 				
Herstellung  <p>A) Bereitschaftstemp. B) Aufheizphase C) Haltezeit D) Abkühlphase</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Leuzitkristalle werden durch flüssige Glas-Phase umflossen = Flüssig-Phase-Sintern • Problem: Sinterkontraktion von ca. 20% (in Richtung größter Masse, da inf. Of-Spannung Bestreben kugelförmige Gestalt anzunehmen) • Ablauf (mit jedem Schritt Temp. ↓): Opaker ⇒ Dentin 1 ⇒ Dentin 2 ⇒ Glanzbrand 				
	<table border="1"> <tr> <td>veränderbare Sinterbedingungen</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Sintertemp.: je höher Sintertemp, desto mehr verbindet sich Glas (flüssige Phase) mit Leuzit (kristalliner Phase) • Wärmekapazität • Sintergut • Gerüst • Ofenbauart </td> </tr> <tr> <td>Sinterergebnisse</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Transparenz • Oberfläche • Formstabilität • Verbund • WAK </td> </tr> </table>	veränderbare Sinterbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Sintertemp.: je höher Sintertemp, desto mehr verbindet sich Glas (flüssige Phase) mit Leuzit (kristalliner Phase) • Wärmekapazität • Sintergut • Gerüst • Ofenbauart 	Sinterergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Transparenz • Oberfläche • Formstabilität • Verbund • WAK
veränderbare Sinterbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Sintertemp.: je höher Sintertemp, desto mehr verbindet sich Glas (flüssige Phase) mit Leuzit (kristalliner Phase) • Wärmekapazität • Sintergut • Gerüst • Ofenbauart 				
Sinterergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Transparenz • Oberfläche • Formstabilität • Verbund • WAK 				

3.2 moderne keramische Verblendtechniken:

Zugabe von Netzwerkwandlern	<p>⇒ bewirken Auflockerung d. Silikatglasnetzwerkes mit folgenden Effekten (s.o.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herabsetzen d. Sintertemperatur • Herabsetzen d. WAK • aber auch Herabsetzen d. Korrosionsbeständigkeit (einsatzbegrenzend!!) 								
hydrothermale Keramiken	<ul style="list-style-type: none"> • leuzitfreie Keramik (= LFC) <p>Prinzip: Anwendung d. netzwerk wandelnden Eigenschaften d. Hydroxyls ⇒ Sintertemp. ↓, Biegefestigkeit ↑ ohne erhöhte Korrosionsneigung</p> <table border="1"> <tr> <td>Einbau von H₂O</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Dipol d. H₂O stört Silikatnetzwerk ⇒ Verformungsenergie von SiO₂ 300 J, mit H₂O 125 J ⇒ d.h. Sinterung von Glas bei 900°C, hydrothermales Glas bei 660°C • Herstellung: <ul style="list-style-type: none"> -prim. Hydrierung d. Silikatschmelze -sek. Hydrierung bei therm. u. mechan. Aufbereitung </td> </tr> <tr> <td>Einfluß d. OH-Gruppe auf Silikatglas</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Dichte ↑ • Festigkeit, chem. Beständigkeit ↑ • Sintertemp. ↓ • Wärmeausdehnung ↑ • Oberflächenspannung ↓ • Viskosität ↓ • Verbesserung d. Lichtbrechung (Transluzenz, Opaleszenz): <ul style="list-style-type: none"> -Fluoreszenz: einfallendes kurzwelliges Licht wird als langwelliges Licht wieder abgestrahlt (ältere Keramiken) -Opaleszenz: einfallendes weißes Licht wird mit erhöhtem Blauanteil reflektiert u. mit verstärktem Gelbanteil durchgelassen </td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> • hydrothermale Verblend-Keramik (= Keramik mit Hydroxyl als Netzwerkwandler u. hoch dispers verteiltem Leuzit) ⇒ weiterer WAK ↑ u. Sintertemp. ↓, unempfindlicher gegen Speichel als LFC <p>Anwendung: insb. zur Verblendung niedrig schmelzender Legierungen</p> <table border="1"> <tr> <td>Materialeigenschaften d. hydrothermalen Verblend-Keramik</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • niedrige Brenntemp. (760 - 780°C) • niedriger Glaspunkt (490°C) • niedriger Erweichungspunkt (595°C) • hoher WAK (15,4 µm/mK) • homogene Gefügestruktur • hohe Transparenz • Kantenstabilität • extrem gingivafreundlich, keine Plaqueanlagerung • hohe Mundbeständigkeit • Festigkeit ↑ steigt mit Tragezeit (Einlagerung von OH-Gruppen) </td> </tr> <tr> <td>Problem</td> <td>Leuzitkristalle wachsen während Sinterung unkontrolliert ⇒ Leuzitkristalle verkleinern, sog. hochdispers verteiltes Leuzit</td> </tr> </table>	Einbau von H₂O	<ul style="list-style-type: none"> • Dipol d. H₂O stört Silikatnetzwerk ⇒ Verformungsenergie von SiO₂ 300 J, mit H₂O 125 J ⇒ d.h. Sinterung von Glas bei 900°C, hydrothermales Glas bei 660°C • Herstellung: <ul style="list-style-type: none"> -prim. Hydrierung d. Silikatschmelze -sek. Hydrierung bei therm. u. mechan. Aufbereitung 	Einfluß d. OH-Gruppe auf Silikatglas	<ul style="list-style-type: none"> • Dichte ↑ • Festigkeit, chem. Beständigkeit ↑ • Sintertemp. ↓ • Wärmeausdehnung ↑ • Oberflächenspannung ↓ • Viskosität ↓ • Verbesserung d. Lichtbrechung (Transluzenz, Opaleszenz): <ul style="list-style-type: none"> -Fluoreszenz: einfallendes kurzwelliges Licht wird als langwelliges Licht wieder abgestrahlt (ältere Keramiken) -Opaleszenz: einfallendes weißes Licht wird mit erhöhtem Blauanteil reflektiert u. mit verstärktem Gelbanteil durchgelassen 	Materialeigenschaften d. hydrothermalen Verblend-Keramik	<ul style="list-style-type: none"> • niedrige Brenntemp. (760 - 780°C) • niedriger Glaspunkt (490°C) • niedriger Erweichungspunkt (595°C) • hoher WAK (15,4 µm/mK) • homogene Gefügestruktur • hohe Transparenz • Kantenstabilität • extrem gingivafreundlich, keine Plaqueanlagerung • hohe Mundbeständigkeit • Festigkeit ↑ steigt mit Tragezeit (Einlagerung von OH-Gruppen) 	Problem	Leuzitkristalle wachsen während Sinterung unkontrolliert ⇒ Leuzitkristalle verkleinern, sog. hochdispers verteiltes Leuzit
Einbau von H₂O	<ul style="list-style-type: none"> • Dipol d. H₂O stört Silikatnetzwerk ⇒ Verformungsenergie von SiO₂ 300 J, mit H₂O 125 J ⇒ d.h. Sinterung von Glas bei 900°C, hydrothermales Glas bei 660°C • Herstellung: <ul style="list-style-type: none"> -prim. Hydrierung d. Silikatschmelze -sek. Hydrierung bei therm. u. mechan. Aufbereitung 								
Einfluß d. OH-Gruppe auf Silikatglas	<ul style="list-style-type: none"> • Dichte ↑ • Festigkeit, chem. Beständigkeit ↑ • Sintertemp. ↓ • Wärmeausdehnung ↑ • Oberflächenspannung ↓ • Viskosität ↓ • Verbesserung d. Lichtbrechung (Transluzenz, Opaleszenz): <ul style="list-style-type: none"> -Fluoreszenz: einfallendes kurzwelliges Licht wird als langwelliges Licht wieder abgestrahlt (ältere Keramiken) -Opaleszenz: einfallendes weißes Licht wird mit erhöhtem Blauanteil reflektiert u. mit verstärktem Gelbanteil durchgelassen 								
Materialeigenschaften d. hydrothermalen Verblend-Keramik	<ul style="list-style-type: none"> • niedrige Brenntemp. (760 - 780°C) • niedriger Glaspunkt (490°C) • niedriger Erweichungspunkt (595°C) • hoher WAK (15,4 µm/mK) • homogene Gefügestruktur • hohe Transparenz • Kantenstabilität • extrem gingivafreundlich, keine Plaqueanlagerung • hohe Mundbeständigkeit • Festigkeit ↑ steigt mit Tragezeit (Einlagerung von OH-Gruppen) 								
Problem	Leuzitkristalle wachsen während Sinterung unkontrolliert ⇒ Leuzitkristalle verkleinern, sog. hochdispers verteiltes Leuzit								
Schulterkeramiken	<ul style="list-style-type: none"> • Ind.: umgehen d. sichtbaren Metallrandes • Problem: Passgenauigkeit metall. Ränder nicht erreichbar <p>⇒ neuere Ansätze: Verwendung von hydrothermale Glas</p>								
Keramik für Titanverblendung	<ul style="list-style-type: none"> • übliche Verblendkeramik ungeeignet, da: <ul style="list-style-type: none"> -WAK geringer als bei anderen Metallen -Phasenumwandlung d. Titans bei 882°C (Modifikationssprung) <p>⇒ für Titanverblendung Keramik mit niedriger Sintertemp. u. geringem WAK erforderlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsansätze: <ul style="list-style-type: none"> -Anpassung d. WAK durch Elimination d. Leuzit ⇒ LFC -Einbau von Netzwerkwandlern in Netzstruktur (Alkali, Erkalium, Hydroxyl) <p>⇒ hydrothermales Glas (d.h. nur 1 Phase!!)</p>								

4 alternative Fertigungsverfahren:

4.1 CAD/CAM-Verfahren

- Bearbeitung von industriell vorgefertigten Keramikblöcken (Hochleistungskeramiken)
- Vorgehen:
 - optische Abformung ⇒ digitales Abbild (CAD) ⇒ Steuerung einer CAM-Schleifeinrichtung
- Nachteil:
 - größeres Substanzopfer bei Präparation (auf Grund optischer Abformung)
 - keine optimale Gestaltung d. okklusalen Reliefs
 - Ungenauigkeiten (z.B. im Lagerspiel d. Probenhalters)

- Ästhetik (Zahn nur eine Farbe ⇒ wirkt unecht)
- teuer
- Ind.: Einzelzahnversorgung im SZ-Bereich

4.2 Sonstige Verfahren

- Procera-All-Ceram-Verfahren
- Kopierfräsen
- erudierende Techniken:
 - für Hochleistungskeramiken ⇒ Sonoerosion
 - für metallische Werkstoffe ⇒ Funkerosion

5 Glossar:

Feldspat	Sammelbezeichnung für gr. Anzahl an gesteinsbildenden Silikaten (bilden 60% d. Erdoberfläche)					
Leuzit	<ul style="list-style-type: none"> • Mineral aus d. Gruppe d. Feldspate, Kristall d. Kalifeldspats $K[AlSi_2O_6]$ • Einteilung: <ul style="list-style-type: none"> -Hochleuzit = Hochtemp.-leuzit -Tiefleuzit = Tieftemp.-leuzit • Farbe: weißl. bis grau, glasglänzend 					
Kaolin	<ul style="list-style-type: none"> • weißes, weiches, feinkörniges Gestein, entstanden durch Zersetzung von Feldspat • Hauptbestandteil: Kaolinit (= Tonerdeermineral, wasserhaltiges Tonerdesilikat) 					
Korund	<ul style="list-style-type: none"> • chem. Zusammensetzung $\alpha-Al_2O_3$ (α-Aluminiumoxid) • trigonales, in reinem Zustand farbloses Mineral, meist durch geringe Beimengungen anderer Metalloxide gefärbt, Härte nach Mohs 9 • Typen: <ul style="list-style-type: none"> -meist trüber, grau bis bläulich grauer gemeinen Korund (wegen Härte v.a. zur Herstellung von Schleifmitteln u. als Lagerstein verwendet, Hauptbestandteil d. Schmirgels) -durchsichtige Edelsteinvarietäten (edler Korund) auf: farbloser Leukosaphir, roter Rubin, blauer Saphir 					
Quarz	<ul style="list-style-type: none"> • nach Feldspat häufigstes Mineral d. Erde (Bestandteil vieler Gesteine wie Granit, Sandstein, Gneis) • wichtigste Erscheinungsform d. Siliziumdioxids • Modifikationen d. Siliciumdioxids (SiO_2): <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">amorph</td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Quarzglas, Kieselglas • Eigenschaften: niedrige Wärmeausdehnung (da auch bei hohen Temp. Netzwerkstruktur erhalten bleibt), hohe Temperaturwechselbeständigkeit, hohe Lichtdurchlässigkeit, hohe Erweichungstemperatur, sehr gute chem. Widerstandsfähigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit • Herstellung: Schmelzen von reinem Quarz o. in dünnen Schichten durch Hydrolyse von organ. Siliciumverbindungen </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">kristallin</td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • wasserfreie Kieselsäure • bei Temperaturen unterhalb $870^\circ C$ stabile Form d. kristallisierten SiO_2 • α-Quarz (Tiefquarz): trigonales Gitter, beständig bis $573^\circ C$ (farblos o. mannigfach gefärbt, durchsichtig bis undurchsichtig, mit Glasglanz auf Kristallflächen, Fettglanz auf den muscheligen Bruchflächen; Härte nach Mohs 7, optisch aktiv sowie piezoelektrisch (Schwing-, Oszillator-, Steuerquarz)) • β-Quarz (Hochquarz): hexagonales Gitter, beständig bis $870^\circ C$ </td> </tr> </table>		amorph	<ul style="list-style-type: none"> • Quarzglas, Kieselglas • Eigenschaften: niedrige Wärmeausdehnung (da auch bei hohen Temp. Netzwerkstruktur erhalten bleibt), hohe Temperaturwechselbeständigkeit, hohe Lichtdurchlässigkeit, hohe Erweichungstemperatur, sehr gute chem. Widerstandsfähigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit • Herstellung: Schmelzen von reinem Quarz o. in dünnen Schichten durch Hydrolyse von organ. Siliciumverbindungen 	kristallin	<ul style="list-style-type: none"> • wasserfreie Kieselsäure • bei Temperaturen unterhalb $870^\circ C$ stabile Form d. kristallisierten SiO_2 • α-Quarz (Tiefquarz): trigonales Gitter, beständig bis $573^\circ C$ (farblos o. mannigfach gefärbt, durchsichtig bis undurchsichtig, mit Glasglanz auf Kristallflächen, Fettglanz auf den muscheligen Bruchflächen; Härte nach Mohs 7, optisch aktiv sowie piezoelektrisch (Schwing-, Oszillator-, Steuerquarz)) • β-Quarz (Hochquarz): hexagonales Gitter, beständig bis $870^\circ C$
amorph	<ul style="list-style-type: none"> • Quarzglas, Kieselglas • Eigenschaften: niedrige Wärmeausdehnung (da auch bei hohen Temp. Netzwerkstruktur erhalten bleibt), hohe Temperaturwechselbeständigkeit, hohe Lichtdurchlässigkeit, hohe Erweichungstemperatur, sehr gute chem. Widerstandsfähigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit • Herstellung: Schmelzen von reinem Quarz o. in dünnen Schichten durch Hydrolyse von organ. Siliciumverbindungen 					
kristallin	<ul style="list-style-type: none"> • wasserfreie Kieselsäure • bei Temperaturen unterhalb $870^\circ C$ stabile Form d. kristallisierten SiO_2 • α-Quarz (Tiefquarz): trigonales Gitter, beständig bis $573^\circ C$ (farblos o. mannigfach gefärbt, durchsichtig bis undurchsichtig, mit Glasglanz auf Kristallflächen, Fettglanz auf den muscheligen Bruchflächen; Härte nach Mohs 7, optisch aktiv sowie piezoelektrisch (Schwing-, Oszillator-, Steuerquarz)) • β-Quarz (Hochquarz): hexagonales Gitter, beständig bis $870^\circ C$ 					
sintern	Zusammenbacken von Stoffen (Metallpulver u. keram. Stoffe) durch sehr hohe Temperaturen ⇒ Verdichtung d. Gefüges d. geformten Rohmasse zu festem, nicht-deformiertem, tw. fast porenfreiem Körper (Formen: Trocken-, Schmelzsinterung)					
Piezoelektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • bei Deformation unter mechan. Beanspruchungen (Druck, Zug, Torsion) ⇒ elektrisch positive bzw. negative Ladung auf Prismenflächen in Quarzkristallen, d.h. durch Deformation Verschiebung d. positiven und negativen Gitterbausteine ⇒ elektr. Dipolmoment entsteht ⇒ Auftreten von (scheinbaren) Ladungen an d. Oberfläche d. nach außen neutralen Kristalls • Anwendung: Hochfrequenztechnik (Hochfrequenzfilter, Quarzuhren; Schwingquarz) u. Ultraschallerzeugung (durch elektr. Wechselfelder ⇒ mechan. Schwingungen an piezoelektr. Kristallen) 					
Fritten	Zusammenschmelzen ungeformter Rohstoffe					