

# **Wolfram Höland Glaskeramik**

**v/d/f**

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

# Gliederung

## Vorwort

<b>1 Die Natur der Gläser und der Kristalle .....</b>	<b>1</b>
1.1 Glasbildung.. .....	1
1.2 Die Struktur kristalliner Silicate .....	3
1.3 Die Glasstruktur.....	6
1.3.1 Netzwerktheorie .....	6
1.3.2 Phasentrennung in Gläsern.....	9
1.4 Struktur ausgewählter Nahordnungsbereiche in Gläsern und Nomenklatur der Gläser .....	10
<b>2 Theoretische Grundlagen der Keimbildung und Kristallisation in Gläsern.....</b>	<b>13</b>
2.1 Grundzüge der gesteuerten Keimbildung und Kristallisation.....	13
2.2 Volumenkeimbildung in Gläsern .....	17
2.2.1 Homogene Keimbildung.....	17
2.2.2 Heterogene Keimbildung.....	18
2.2.3 Kinetik der homogenen und der heterogenen Keimbildung.....	20
2.3 Oberflächenkeimbildung und -kristallisation.....	20
2.4 Kristallwachstum im Volumen des Ausgangsglases .....	23
2.5 Messmethoden zur Bestimmung der Keimbildungs- und Kristallisationsvorgänge.....	25
<b>3 Heterogene Keimbildung und Kristallisation durch Epitaxie .....</b>	<b>27</b>
3.1 Glaskeramiken mit Lithiumalumosilicat-kristallen und Hochquarzmischkristallen.....	27
3.1.1 Mischkristalle im System $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Li}_2\text{O}$ .....	28
3.1.2 Heterogene Keimbildung durch Nanophasen .....	31
3.1.3 Gefüge und Eigenschaften .....	32
3.1.4 Verwendung der Glaskeramikprodukte.....	34

---

3.2 Lithiumdisilicat-Glaskeramiken .....	36
3.2.1 Der Lithiumdisilicatkristall und das System $\text{SiO}_2 - \text{Li}_2\text{O}$ .....	36
3.2.2 Die heterogene Keimbildung und Kristallisation von $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ .....	42
3.2.3 Gefüge und Eigenschaften .....	46
3.2.4 Verfahren und Verwendung.....	49
<b>4 Amorphe Phasentrennung als Vorstufe der Keimbildung und Kristallisation .....</b>	<b>51</b>
4.1 Glimmer-Glaskeramiken ausgehend von amorpher Phasentrennung.....	51
4.1.1 Der Glimmerkristall und das System $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} -$ $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{F}$ .....	51
4.1.2 Amorphe Phasentrennung und Kinetik der Kristallisation .....	53
4.1.3 Gefüge, Eigenschaften und Verwendung der Glaskeramik .....	56
4.2 Transparente Glaskeramik mit Nano-Kristallen .....	59
4.3 Transluzente oder opake Fluoroapatit-Glaskeramiken .....	60
4.3.1 Der Fluoroapatit-Kristall.....	60
4.3.2 Mechanismen der Fluoroapatit-Bildung .....	62
4.3.3 Eigenschaften und Verwendung der Glaskeramik mit nadelförmigem Fluoroapatit.....	64
<b>5 Gesteuerte Oberflächenkeimbildung und -kristallisation.....</b>	<b>65</b>
5.1 Leucit-Glaskeramiken.....	65
5.1.1 Der Leucitkristall und das System $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}$ .....	65
5.1.2 Die Oberflächenkristallisation .....	67
5.1.3 Gefüge und Eigenschaften .....	68
5.1.4 Produktherstellung durch viskoses Fließen oder maschinelle Bearbeitung.....	71
5.1.5 Verwendung als Biowerkstoff.....	73
5.2 Cordierit-Glaskeramiken.....	74
5.2.1 Das Stoffsystem und die Reaktionsmechanismen .....	74
5.2.2 Eigenschaften und Verwendung.....	75

<b>6 Kritische Mechanismen: Die zweifach gesteuerten Prozesse der Keimbildung und Kristallisation .....</b>	<b>77</b>
6.1 Kombination von Oberflächen- und Volumen kristallisation (Leucit-Apatit-Glaskeramik) .....	77
6.1.1 Das System $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{F}$ .....	78
6.1.2 Doppelte gesteuerte Kristallisation .....	78
6.1.3 Gefüge und Eigenschaften .....	82
6.1.4 Produktherstellung des Biowerkstoffes .....	86
6.2 Doppelte gesteuerte Volumenmechanismen .....	88
6.2.1 Das erweiterte Mehrkomponentensystem .....	88
6.2.2 Zwei Mechanismen der Keimbildung und Kristallisation .....	89
6.2.3 Eigenschaften und Verwendung der Glaskeramik .....	91
6.3 Doppelte gesteuerte Oberflächenkristallisation .....	91
6.3.1 Das komplexe Stoffsystem .....	91
6.3.2 Doppelte Oberflächenkristallisation .....	92
6.3.3 Eigenschaften .....	93
 <b>7 Heterogene Reaktionen auf der Oberfläche von Glaskeramiken:   Die Bioaktivität.....</b>	<b>95</b>
7.1 Bioaktive Gläser und Glaskeramiken .....	97
7.2 Rhenanit-Glaskeramik .....	97
7.2.1 Das System $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{F}$ .....	97
7.2.2 Gefüge und Eigenschaften der Rhenanit-Glaskeramik .....	98
 <b>Fragen und Antworten .....</b>	<b>103</b>
 <b>Anhang 1 Parameter der Kristallstrukturen.....</b>	<b>105</b>
 <b>Anhang 2 Symbol- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>106</b>
 <b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>107</b>
 <b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>113</b>