

Inhaltsverzeichnis

Tabelle zur Umrechnung nichtkohärenter Einheiten in SI-Einheiten	14
1. Geschichtliche Entwicklung der Glaschemie	19
1.1. Anfänge der Glasforschung	19
1.2. Geschichte des optischen Glases	21
1.3. Geschichte des technischen Glases	36
2. Erstarrung einer Schmelze als glasiger Festkörper	40
2.1. Allgemeine Erkenntnisse über das Schmelzen und Kristallisieren	40
2.2. Markante Unterschiede im Verhalten und in den Eigenschaften glasiger und kristalliner Festkörper	43
2.3. Fixpunkte bei der glasigen Erstarrung einer Schmelze	50
3. Strukturelemente der Silicate	53
3.1. Die Bedeutung für die Glasforschung	53
3.2. Das $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder als Grundbauelement der Silicate	53
3.3. Baueinheiten natürlicher kristalliner Silicate	56
4. Entwicklung der klassischen Glasstrukturtheorien	61
4.1. Die Glasstruktur nach G. TAMMANN	61
4.2. Glasbildung nach V. M. GOLDSCHMIDT	61
4.3. Die Netzwerktheorie nach W. J. ZACHARIASEN und B. E. WARREN	62
4.4. Weiterentwicklung der Netzwerktheorie von A. DIETZEL	66
4.5. Weitere, die Netzwerktheorie ergänzende Strukturvorstellungen	70
4.6. Die Kristallittheorie von A. A. LEBEDEV	72
4.7. Weiterentwicklung der Kristallittheorie	75

5.	Methodische Probleme derzeitiger und künftiger Glasstrukturforschung unter besonderer Berücksichtigung von Kernresonanzspektroskopie und Elektronenmikroskopie	77
5.1.	Grundprobleme der Glasstrukturforschung	77
5.2.	Zur Struktur von Flüssigkeiten und Schmelzen	79
5.3.	Die Kernresonanz-(NMR)-Methode in der Glasforschung von P. J. BRAY	81
5.3.1.	Einleitung	81
5.3.2.	Theoretische Grundlagen der Kernresonanzspektroskopie	81
5.3.3.	Dipolare Wechselwirkung	82
5.3.4.	Chemische Verschiebung	83
5.3.5.	Quadrupolwechselwirkung	86
5.4.	Die Elektronenmikroskopie in der Glasforschung	91
5.4.1.	Bedeutung der Elektronenmikroskopie für die Glasstrukturforschung	91
5.4.2.	Beziehungen zwischen Licht- und Elektronenmikroskopie	92
5.4.3.	Bildentstehung und Präparationsmethoden	94
5.4.4.	Rasterelektronenmikroskop und Elektronenstrahlmikrosonde	99
6.	Mikrophasentrennungerscheinungen in Gläsern	103
6.1.	Vorgeschichte der Phasentrennungsstudien an Gläsern	103
6.2.	Elektronenmikroskopischer Nachweis von Entmischungerscheinungen in Gläsern	104
6.3.	Theoretische Behandlung von Phasentrennungerscheinungen in Gläsern	110
6.3.1.	Zur Thermodynamik der Entmischung im Allgemeinen	110
6.3.1.1.	Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen	111
6.3.1.2.	Ableitung der Stabilitätsbedingungen für eine binäre Mischphase	111
6.3.1.3.	Kennzeichnung der Entmischungsgebiete in binären und ternären Systemen	114
6.3.2.	Zur Thermodynamik der Entmischung in Gläsern	115
6.3.3.	Zur Kinetik der Entmischung in Gläsern	119
6.4.	Stand der Kenntnisse über Phasentrennungerscheinungen in Gläsern auf Grund experimenteller Untersuchungen	122
6.4.1.	Funktionswechsel der Mikrophasen	122
6.4.2.	Mehrfachentmischungen in Gläsern	123
6.4.3.	Hüllenbildungen um Mikrophasen	127
6.4.4.	Zusammensetzung der Mikrophasen sowie Verteilung und Einbau von Schwermetallionen in entmischte Grundgläser	129
6.4.5.	Mögliche Aussagen über das Entmischungsverhalten und die Mikrostruktur der Gläser	131
6.4.6.	Möglichkeiten der Beeinflussung von Phasentrennungerscheinungen in Gläsern	132

7.	Struktur und Eigenschaften klarer Gläser	136
7.1.	Alkalisilicatgläser	136
7.2.	Erdalkalisilicat- bzw. Alkali-Erdalkalisilicatgläser	140
7.3.	Borat- und Borosilicatgläser	142
7.3.1.	Binäre Natriumboratgläser und die Borsäureanomalie	143
7.3.1.1.	Temperaturabhängigkeit der Borsäureanomalie	144
7.3.1.2.	Entmischungsneigung binärer Natriumboratgläser	145
7.3.1.3.	Derzeitiger Stand der Kenntnisse über die Borsäureanomalie	147
7.3.2.	Borosilicatgläser	151
7.3.2.1.	Das ternäre Glassystem $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	151
7.3.2.2.	Vycor-Gläser	156
7.3.2.3.	Gläser von Pyrex-Typ	158
7.4.	Hoch bleihaltige Gläser	165
7.4.1.	Glasbildungstendenz von Schmelzen bleihaltiger Systeme	165
7.4.2.	Phasentrennungstendenz von bleihaltigen Gläsern	169
7.4.3.	Strukturbedingte Färbungen hoch bleihaltiger Silicatgläser	171
7.5.	Phosphatgläser	173
7.5.1.	Zur Struktur der Phosphatgläser	173
7.5.2.	Phasentrennungsverhalten reiner Phosphatgläser	176
7.6.	Telluritgläser	176
7.6.1.	Glasbildungsbereiche in Telluritsystemen und optische Eigenschaften der Telluritgläser	177
7.6.2.	Struktur der Telluritgläser	183
7.7.	Berylliumfluoridgläser und ihre Modelleigenschaften	185
7.7.1.	Theoretische Betrachtungen über Modellgläser	185
7.7.2.	Glasbildungsbereiche in Berylliumfluorid-Modellsystemen sowie einige Eigenschaften dieser Gläser	188
7.7.3.	Phasentrennungsverhalten von reinen Berylliumfluoridgläsern	193
7.8.	Germanatgläser	195
7.8.1.	Glasbildung von GeO_2 - und Germanatschmelzen	195
7.8.2.	Struktur und Eigenschaften der Germanatgläser	196
7.9.	Arsenoxidhaltige Gläser	198
7.9.1.	Glasbildungseigenschaften hoch arsenoxidhaltiger Schmelzen	198
7.9.2.	Struktur und Eigenschaften hoch arsenoxidhaltiger Gläser	201
7.10.	Antimonoxidhaltige Gläser	203
7.10.1.	Glasbildungseigenschaften hoch antimonoxidhaltiger Schmelzen und einige wesentliche Eigenschaften der Gläser	203
7.10.2.	Struktur hoch antimonoxidhaltiger Gläser	204

7.11.	Wismutoxidhaltige Gläser	205
7.12.	Begrenzte Glasbildung in speziellen Schmelzsystemen von ausschließlich wissenschaftlichem Interesse	205
7.12.1.	Titanatgläser	206
7.12.2.	Vanadatgläser	207
7.12.3.	Nitratgläser	208
7.12.4.	Carbonatgläser und Gläser auf $ZnCl_2$ -Basis	210
8.	Struktur und Eigenschaften von Farbgläsern	211
8.1.	Allgemeine Betrachtungen zur Lichtabsorption bzw. zur Lichtdurchlässigkeit von Gläsern	211
8.2.	Lichtabsorption von farblosen Grundgläsern	212
8.3.	Ionengefärbte Gläser	215
8.3.1.	Abhängigkeit der Absorption eines ionengefärbten Glases vom Grundglasbildner (Netzwerkbildner)	216
8.3.2.	Abhängigkeit der Absorption eines ionengefärbten Glases von den das Chromophor-Zentralatom kontrapolarisierenden Ionenpartnern (Netzwerk wandler)	217
8.3.3.	Abhängigkeit der Absorption eines ionengefärbten Glases von der Wertigkeitsstufe des Chromophors	218
8.3.4.	Abhängigkeit der Absorption eines ionengefärbten Glases von der Koordinationszahl des Chromophors	219
8.3.4.1.	Koordinationswechsel eines Chromophorkations im Glase auf Grund einer Konzentrationsänderung des Chromophors (bei gleicher Wertigkeit)	219
8.3.4.2.	Koordinationswechsel eines Chromophorkations infolge Konzentrationsänderung der Netzwerk wandler	220
8.3.4.3.	Koordinationswechsel eines Chromophorkations infolge Änderung des Netzwerkbildners	220
8.3.5.	Probleme der Erforschung ionengefärbter Gläser	221
8.3.6.	Die wichtigsten Chromophore für die Produktion ionengefärbter Gläser sowie ausgewählte typische Transmissionskurven dieser Gläser	222
8.4.	Anlauffarbgeläser	226
8.4.1.	Zusammensetzung, Herstellung und Absorptionsverhalten der Anlauffarbgeläser	226
8.4.2.	Bedeutung der Grundglasstruktur für den Farbbildungsmechanismus in Anlauffgeläsern	229
8.4.3.	Zum Farbbildungsmechanismus in Anlauffarbgeläsern	235
8.4.4.	Anlauffarbgeläserähnliche Gläser mit anderen Chromophoren	239
8.5.	Durch Metallkolloide gefärbte Gläser (Rubingeläser)	241
8.5.1.	Zusammensetzung, Herstellung und Absorptionsverhalten der Rubin geläser	241

8.5.2.	Zum Struktur- und zum Farbbildungsmechanismus in echten Rubin- gläsern	242
8.5.3.	Die »Silberbeize« als ein Verfahren zur Erzeugung einer Silberkolloid- färbung in der Glasoberfläche	244
8.6.	IR-absorbierende Gläser (Wärmeschutzgläser)	246
8.6.1.	Anwendung der Wärmeschutzgläser sowie Absorptionsverhalten Fe^{2+} - und Fe^{3+} -Ionen enthaltender Gläser	246
8.6.2.	Entwicklung und Weiterentwicklung der Wärmeschutzgläser sowie ihre Herstellung und ihre Eigenschaften	247
8.7.	IR-durchlässige Gläser	250
8.7.1.	Zur Infrarotdurchlässigkeit von Festkörpern	250
8.7.2.	IR-Durchlässigkeit von Germanat-, Tellurit- und Aluminatgläsern	254
8.7.3.	IR-durchlässige Chalkogenidgläser	255
8.7.3.1.	Arsensulfidglas	256
8.7.3.2.	Binäre und polynäre Chalkogenidglassysteme	257
8.8.	Trübgeläser	266
8.8.1.	Mögliche Trübungsmechanismen in Gläsern	266
8.8.2.	Zur Geschichte und Einteilung der Trübgeläser	269
8.8.3.	Phosphatgetrübte Gläser	271
8.8.4.	Fluorotrübte Gläser	277
8.8.5.	Trübgeläser auf der Basis von SnO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , CeO_2 , ZnO u. a. Verbindungen	280
8.8.6.	Lichtstreuung und Farbe mikrodispenser Zweiphasengläser	281
9.	Kristallisation der Gläser	287
9.1.	Allgemeines zur Kristallisation in Gläsern	287
9.2.	Theoretische Grundlagen der Keimbildung und des Kristallwachstums	289
9.2.1.	Homogene Keimbildung	289
9.2.2.	Heterogene Keimbildung	290
9.2.3.	Kristallwachstum	291
9.3.	Die Kristallisation als Glasfehler	295
9.4.	Die gesteuerte Kristallisation	298
9.4.1.	Grundlagen der gesteuerten Kristallisation	298
9.4.2.	Glaskeramiken mit minimalen thermischen Ausdehnungskoeffizienten	302
9.4.2.1.	Zusammensetzung, Herstellung und Verwendung	302
9.4.2.2.	Struktur und Eigenschaften	304
9.4.3.	Maschinell bearbeitbare Glaskeramiken	310
9.4.3.1.	Allgemeines sowie Zusammensetzung und Herstellung	310
9.4.3.2.	Struktur und Eigenschaften	312
9.4.3.3.	Entwicklung neuer glimmerhaltiger Glaskeramiken	321
9.4.4.	Glaskeramiken hoher mechanischer Festigkeit	322

9.4.4.1.	Festigkeitssteigerung eines Spezialglases nach dem »Chemcor-Verfahren«	322
9.4.4.2.	Spinellhaltige Glaskeramiken hoher mechanischer Festigkeit	325
9.4.4.3.	Ti ³⁺ -Ionen enthaltende hochfeste Glaskeramiken	327
9.4.5.	Sinterglaskeramiken	329
9.4.6.	Sonderglaskeramiken	331
10.	Zur mechanischen Festigkeit des Glases	332
10.1.	Die theoretische Festigkeit des Glases	332
10.2.	Die effektive Festigkeit des Glases sowie Versuche ihrer theoretischen und praktischen Begründung	333
10.2.1.	Theoretische Vorstellungen über die Glasfestigkeit	333
10.2.2.	Experimentelle Untersuchungen zur Glasfestigkeit	335
10.2.2.1.	Nachweis der GRIFITHSchen Taschen	335
10.2.2.2.	Glasfestigkeit nach Ausschaltung grober Oberflächenfehler	337
10.2.2.3.	Ermüdungserscheinungen bedingt durch chemische Reaktionen an der Glasoberfläche	338
10.2.2.4.	Alterung des Glases	338
10.2.3.	Zur Glasfaser-Festigkeit	339
10.3.	Methoden zur Erhöhung der Glasfestigkeit in der Praxis	340
11.	Wechselwirkung zwischen unterschiedlich energiereicher Strahlung und Glas	343
11.1.	Allgemeines zur Strahlenbeeinflussung von Glas	343
11.2.	Photosensible Gläser auf der Basis sich bildender Metallkolloide	344
11.3.	Photosensible Gläser auf der Basis von partiell kristallisierenden Lithium- und Bariumsilicatgläsern	345
11.3.1.	Zusammensetzung und Herstellung	345
11.3.2.	Struktur und Eigenschaften sowie ablaufende Mikroprozesse	346
11.3.3.	Spezielle Eigenschaften und Anwendungen – »Fotoform« und »Foto-ceram« –	348
11.4.	Dosimetergläser	349
11.5.	Photochromatische Systeme und Gläser	351
11.5.1.	Anforderungen an photochromatische Systeme	351
11.5.2.	Kombinationen von photochromen organischen Verbindungen und Glas	352
11.5.3.	Anorganische photochromatische Gläser	354
11.5.3.1.	Entwicklung und Anwendung photochromatischer Gläser	354
11.5.3.2.	Mit Seltenen Erden aktivierte photochromatische Gläser	355
11.5.3.3.	Mit Silberhalogeniden dotierte photochromatische Borosilicatgläser	357
11.5.3.4.	Mit Silbermolybdat und Silberwolframat dotierte photochromatische Borosilicatgläser	361

11.5.3.5. Mit Kupfer- oder Cadmiumhalogeniden dotierte photochromatische Borosilicatgläser	361
11.6. Strahlenschutzgläser und strahlenresistente Gläser	362
11.7. Transmissionsänderungen von Farbgläsern unter der Einwirkung von γ -Strahlen	364
11.8. Solarisationserscheinungen	367
12. Beschreibung physikalischer Zusammenhänge von Glaseigenschaften	369
12.1. Vorbemerkungen	369
12.2. Lichtbrechung, Dispersion und Abbesche Zahl	370
12.3. Dichte	372
12.4. Molrefraktion	373
12.5. Wärmedehnung	375
12.6. Viskosität	376
12.7. Spannungen	380
12.8. Oberflächenspannung	385
12.9. Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärme	388
12.10. Elektrische Leitfähigkeit	389
Literaturverzeichnis	391
Sachwörterverzeichnis	409