

Geralt Siebert

Entwurf und Bemessung von tragenden Bauteilen aus Glas

Inhalt

Vorwort	V
Inhalt	VII
1	Einleitung	1
1.1	Einführendes Beispiel.....	1
1.2	Begriffsbestimmung.....	2
2	Der Werkstoff Glas	5
2.1	Einleitung.....	5
2.2	Definitionen von Glas.....	6
2.3	Herstellung von Glas.....	9
2.3.1	Rohstoffe.....	9
2.3.2	Produktion von Flachglas.....	10
2.3.3	Veredelung von Flachglas.....	13
2.3.4	Herstellung von Glasrohren.....	15
2.4	Struktur und Zusammensetzung von Glas.....	16
2.5	Elastische Kenngrößen.....	18
2.5.1	Elastizitätsmodul E	18
2.5.2	Theoretische und praktische Festigkeit.....	19
2.5.3	Allgemeine weitere Zahlenwerte.....	20
3	Bruchmechanik und Auswertung nach Weibull	22
3.1	Allgemeines.....	22
3.2	Grundgleichungen der Bruchmechanik.....	22
3.3	Statistische Auswertung nach Weibull.....	25
3.3.1	Allgemeines.....	25
3.3.2	Verteilungsfunktion.....	25
3.3.3	Punktschätzungen für θ und β	25
3.3.4	Grafische Darstellung im Weibull-Netz.....	26
3.3.5	Vertrauensbereiche.....	27
3.3.6	Beispiel 1 aus [21].....	27
3.4	Lösung der Grundaufgaben für Lebensdauerberechnungen.....	30
3.4.1	Allgemeines.....	30
3.4.2	Umrechnung der Belastungsgeschichte.....	30
3.4.3	Umrechnung der Lastfläche und Spannungsverteilung.....	33

3.4.4	Umrechnung der Wahrscheinlichkeit	35
3.5	Beispiele zu Lebensdauerberechnungen	35
3.5.1	Berücksichtigung unterschiedlicher Belastungsgeschichten	35
3.5.2	Berücksichtigung unterschiedlicher Lastflächen und Lastformen	37
3.5.3	Berücksichtigung unterschiedlicher Bruchwahrscheinlichkeiten	39
4	Festigkeit und Bruchhypothese	40
4.1	Allgemeines	40
4.2	Einflussfaktoren auf die Festigkeit	41
4.2.1	Mechanischer Bearbeitungszustand von Oberfläche und Kanten	41
4.2.2	Spannungsverteilung und Flächengröße	41
4.2.3	Umgebungsbedingungen und Alter	41
4.2.4	Belastungsgeschwindigkeit und -dauer	42
4.2.5	Vorspannung der Oberfläche	42
4.3	Unterscheidung von Festigkeit und Prüffestigkeit.....	43
4.3.1	Allgemeines und Definitionen	43
4.3.2	Beispiel zur Erläuterung	44
4.3.3	Schlussfolgerungen aus dem Beispiel.....	48
4.3.4	Auswirkung einer Vorspannung auf Gleichungen der Bruchmechanik	48
4.4	Versuche nach DIN.....	49
4.5	Bruchhypothese.....	51
4.5.1	Allgemeines	51
4.5.2	Aktuelle Versuche zur Bruchhypothese	51
4.5.3	Schlussfolgerungen und Bruchhypothese für Glas	53
5	Vorgespanntes Glas	56
5.1	Allgemeines	56
5.2	Herstellung.....	57
5.3	Bruchverhalten	59
5.3.1	ESG	59
5.3.2	TVG	60
5.3.3	Spontanversagen und Heißlagerungsprüfung – Heat-Soak-Test (HST).....	61
5.4	Verteilung der Vorspannung über Querschnitt und Bauteil	62
5.4.1	Ermittlung der Vorspannung durch Versuch und Rechnung.....	62
5.4.2	Spannungsverlauf in verschiedenen Zonen	63
5.4.3	Festigkeitskennwerte.....	64

6	Verbundglas und Verbundsicherheitsglas	66
6.1	Allgemeines	66
6.2	Rohstoffe und Methoden zur Herstellung von Verbundglas	68
6.2.1	Polyvinylbutyral (PVB)	68
6.2.2	Ethylen-Vinylacetat (EVA)	70
6.2.3	Gießharze	71
6.3	Tragverhalten von Verbundglas.....	72
6.3.1	Schubbeanspruchung	73
6.3.2	Biegebeanspruchung	73
6.4	Resttragverhalten von gebrochenem Verbundglas	75
6.4.1	Allgemeines	75
6.4.2	Resttragfähigkeit verschiedener Zwischenschichten ohne und mit eingebetteten Photovoltaikzellen	76
6.4.3	Spannungsverteilung und -umlagerung im Bereich eines Risses	76
7	Berechnung von Verbundglas	80
7.1	Allgemeines	80
7.2	Einachsig abtragende Bauteile (Balken).....	80
7.2.1	Allgemeines	80
7.2.2	Analytische Lösungen.....	81
7.2.3	Finite-Elemente-Methode (FEM)	85
7.2.4	Beispiel	87
7.3	Zweiachsig abtragende Bauteile (Platten)	92
7.3.1	Analytische Lösungen.....	92
7.3.2	Finite-Elemente-Methode (FEM)	93
7.3.3	Beispiel	94
7.4	Schlussfolgerungen.....	97
8	Isolierglas	98
8.1	Allgemeines	98
8.2	Beanspruchung von Isolierglas und rechnerische Erfassung.....	100
8.2.1	Allgemeines – Definitionen	100
8.2.2	Der Druck im SZR.....	102
8.2.3	Einführung dimensionsloser Variablen und vereinfachte Lösung.....	104
8.2.4	Übersicht der Berechnung nach TRLV [1].....	106
8.2.5	Beispiel und Diskussion.....	110

9	Baurechtliche Situation	113
9.1	Allgemeines	113
9.2	Bauproduktenrichtlinie (BPR)	114
9.3	Musterbauordnung (MBO)	115
9.4	Bauregelliste	117
9.4.1	Allgemeines	117
9.4.2	Bauprodukte aus Glas	118
9.5	Musterliste der Technischen Baubestimmungen	119
9.5.1	Allgemeines	119
9.5.2	Technische Regeln für Glas	120
9.6	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis	121
9.7	Zustimmung im Einzelfall	122
9.8	„Bagatellgrenzen“	123
9.9	Ausblick	125
10	Bemessung auf Basis eingeführter Regeln und Hilfsmittel	126
10.1	Allgemeines	126
10.2	DIN 18516-4 1990: Außenwandbekleidungen aus ESG, hinterlüftet	127
10.2.1	Geltungsbereich, Baustoffe und Anwendungsbedingungen	127
10.2.2	Nachweisformat, Ermittlung der vorhandenen und zulässigen Werte	127
10.3	Technische Regeln des DIBt: TRLV [1]	128
10.3.1	Allgemeines	128
10.3.2	Geltungsbereich, Baustoffe und Anwendungsbedingungen	128
10.3.3	Nachweisformat, Ermittlung der vorhandenen und zulässigen Werte	129
10.3.4	Text der TRLV [1]	130
10.4	Hilfsmittel auf Basis der TRLV [1]	134
10.4.1	Elektronische Programme – Software	134
10.4.2	Typenstatik	135
11	Bemessung auf Basis der Bruchmechanik	136
11.1	Allgemeines	136
11.2	Bemessungs- und Sicherheitskonzept von Xiaofeng Shen	136
11.2.1	Allgemeines	136
11.2.2	Geltungsbereich, Baustoffe und Anwendungsbedingungen	137
11.2.3	Nachweisformat	137
11.3	Bemessungs- und Sicherheitskonzept von Joachim Güsgen	138
11.3.1	Allgemeines	138

11.3.2	Geltungsbereich, Baustoffe und Anwendungsbedingungen.....	138
11.3.3	Nachweisformat	139
11.4	Vergleich der Verfahren von Shen und Güssen	140
11.4.1	Allgemeines	140
11.4.2	Gegenüberstellung der Verfahren.....	140
11.5	Bemessung nach Siebert	141
11.5.1	Allgemeines	141
11.5.2	Beanspruchung des zu bemessenden, „realen“ Glasbauteiles	143
11.5.3	Festigkeitsanalyse	144
11.5.4	Einflussfaktoren	145
11.5.5	Nachweisgleichung.....	152
11.5.6	Zusammenfassung.....	153
11.6	Bemessung nach pr EN DIN 13474.....	155
12	Entwurf und Konstruktive Details	156
12.1	Allgemeines	156
12.2	Fertigungstechnische Grenzen.....	156
12.3	Lagerung von Glasbauteilen	157
12.3.1	Allgemeines	157
12.3.2	Linienförmige Lagerung	157
12.3.3	Punktstützung.....	158
12.3.4	Kombination Linien- und Punktlagerung	160
12.3.5	Nachweis der Verwendbarkeit.....	160
13	Beispiele	165
13.1	Beispiel 1: Vordach mit 2-seitig linienförmig gelagerten Glasscheiben.....	165
13.1.1	Allgemeines	165
13.1.2	Einwirkungen	166
13.1.3	Berechnung von Spannungen und Durchbiegungen.....	167
13.1.4	Beanspruchbarkeiten (zulässige Werte).....	167
13.1.5	Nachweise	168
13.2	Beispiel 2: Linienförmig gelagerte Isolierverglasung	168
13.2.1	Allgemeines	168
13.2.2	Einwirkungen	169
13.2.3	Verteilung der Einwirkungen auf die einzelnen Scheiben des Isolierglaselementes.....	171
13.2.4	Berechnung von Spannungen und Durchbiegungen.....	176
13.2.5	Beanspruchbarkeiten (zulässige Werte).....	177

13.2.6	Nachweise	177
13.3	Beispiel 3: Punktgehaltene, vertikale Windfangverglasung	178
13.3.1	Allgemeines	178
13.3.2	Einwirkungen	179
13.3.3	Berechnung von Spannungen und Durchbiegungen.....	179
13.3.4	Beanspruchbarkeiten (zulässige Werte).....	182
13.3.5	Nachweise	182
13.4	Beispiel 4: Punktgehaltene Isolierverglasung	183
13.4.1	Allgemeines	183
13.4.2	Einwirkungen	184
13.4.3	Verteilung der Einwirkungen auf die einzelnen Scheiben des Isolierglaselementes.....	185
13.4.4	Berechnung von Spannungen und Durchbiegungen.....	190
13.4.5	Beanspruchbarkeiten (zulässige Werte).....	194
13.4.6	Nachweise	194
Literaturverzeichnis		195
Stichwortverzeichnis.....		207