

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Formelzeichen

xvii

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Aktueller Stand der Forschung	5
1.4	Inhalt und Gliederung der Arbeit	9
2	Grundlagen	13
2.1	Einwirkungen	13
2.1.1	Allgemeines	13
2.1.2	Lastfall Explosion	14
2.2	Werkstoff Glas	20
2.2.1	Allgemeines	20
2.2.2	Festigkeit von Glas	21
2.2.3	Glasprodukte	32
2.3	Kunststoffe und deren mechanisches Verhalten	34
2.3.1	Allgemeines	34
2.3.2	Grundlegendes mechanisches Verhalten	35
2.3.3	Klassifizierung von Polymeren	37
2.3.4	Hyperelastizität	41
2.3.5	Viskoelastizität	48
2.3.6	Zeit-Temperatur-Verschiebungsprinzip	54
2.3.7	Prüfmethoden	56
2.4	Verbundglas	64
2.4.1	Allgemeines	64
2.4.2	Zwischenschichten aus Polyvinylbutyral (PVB)	67
2.4.3	Zwischenschichten aus Ethylenvinylacetat (EVA)	72
2.4.4	Zwischenschichten aus Ionoplast	76
2.4.5	Zwischenschichten aus thermoplastischem Polyurethan (TPU)	79
2.4.6	Zwischenschichten aus Gießharz	81
2.4.7	Zwischenschichten aus Wasserglas	81
2.4.8	Prüfmethoden	82

2.4.9	Explosionshemmende Verglasungen	84
2.5	Numerische Behandlung zeitabhängiger Probleme	91
3	Untersuchungen zur Kurzzeitfestigkeit von Glas	95
3.1	Allgemeines	95
3.2	Experimentelle Untersuchungen und deren numerische Auswertung	97
3.2.1	Quasistatische Belastung: Doppelring-Biegeversuch	97
3.2.2	Kurzzeitige dynamische Belastung: Pendelschlagversuch	101
3.3	Bewertung der Ergebnisse	107
3.4	Zusammenfassung	110
4	Untersuchungen zum mechanischen Verhalten von Zwischenschichten	111
4.1	Allgemeines	111
4.2	Experimentelle Untersuchungen	112
4.2.1	Konditionierte Lagerung der Probekörper	112
4.2.2	Dynamisch-Mechanisch-Thermische Analysen (DMTA)	113
4.2.3	Quasistatische und dynamische uniaxiale Zugversuche	124
4.3	Vergleich und weiterführende Auswertung der Ergebnisse	140
4.3.1	Vergleich verschiedener Zwischenmaterialien	140
4.3.2	Materialmodelle von Verbundglas-Zwischenschichten	144
4.3.3	Vergleich der Materialkennwerte mit Literaturangaben	154
4.4	Zusammenfassung	159
5	Untersuchungen zum mechanischen Verhalten von intaktem Verbundglas	161
5.1	Allgemeines	161
5.2	Experimentelle Untersuchungen	161
5.2.1	Zeitabhängige Belastung: Kriechversuche	161
5.2.2	Lastfall Explosion: Stoßrohrversuche	163
5.3	Numerische Untersuchungen	169
5.3.1	Zeitabhängige Belastung: Simulation der Kriechversuche	169
5.3.2	Lastfall Explosion: Simulation der Stoßrohrversuche	173
5.4	Zusammenfassung	180
6	Untersuchungen zum Nachbruchverhalten von Verbundglas im Lastfall Explosion	183
6.1	Allgemeines	183
6.2	Experimentelle Untersuchungen	184
6.2.1	Haftungsversuche	184
6.2.2	Through Cracked Tensile (TCT) Test	185

6.2.3	Stoßrohrversuche	191
6.3	Numerische Untersuchungen: Simulation der Stoßrohrversuche	197
6.3.1	Globaler Ansatz	197
6.3.2	Diskreter Ansatz	199
6.4	Zusammenfassung	210
7	Zusammenfassung und Ausblick	211
	Literatur- und Normenverzeichnis	215
A	Anhang	229
A.1	Kurzzeitfestigkeit von Glas: Doppelring-Biegeversuche	229
A.1.1	Versuchsergebnisse	230
A.1.2	Auswertung mit Weibull-Verteilung	234
A.2	Kurzzeitfestigkeit von Glas: Pendelschlagversuche	236
A.2.1	Versuchsergebnisse	236
A.2.2	Auswertung mit Weibull-Verteilung	237
A.3	Zwischenschichten: DMTA	239
A.4	Zwischenschichten: Zugversuche	242
A.5	Zwischenschichten: Algorithmus zur Ableitung von Prony-Parametern	249
A.5.1	Genetischer Algorithmus	249
A.5.2	Gradientenverfahren	250
A.5.3	Zielfunktion	251
A.6	Nachbruchverhalten: TCT Tests	252