
Bau-Überwachungsverein (BÜV e. V.) (Hrsg.)

Tragende Kunststoffbauteile

Entwurf – Bemessung – Konstruktion

Inhaltsverzeichnis

1	ANWENDUNGSBEREICH UND ANWENDUNGSBEDINGUNGEN	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Temperaturbereich	1
1.3	Materialkennwerte	1
1.4	Dichtheit	1
1.5	Brandverhalten und erhöhte Temperaturen	1
1.6	Toxizität	2
1.7	Resistenz gegen Säure und Laugen	2
1.8	Anwendungsbedingungen	2
1.9	Nicht genormte Baustoffe	2
1.10	Nichtruhende Belastungen / Beanspruchungen	2
2	BAUTECHNISCHE UNTERLAGEN	3
2.1	Art der bautechnischen Unterlagen	3
2.2	Zeichnungen	3
2.3	Statische Berechnung	3
2.4	Baubeschreibung	4
3	SICHERHEITSKONZEPT	5
3.1	Allgemeines	5
3.2	Sicherheitsnachweis	6
3.3	Nachweisverfahren – Regelverfahren	6
3.4	Nachweisverfahren auf Basis einer Schadensakkumulation	7
3.4.1	Allgemeines	7
3.4.2	Zeitstandbeanspruchung im Hinblick auf die Lebensdauer (Einwirkungen)	7
3.4.3	Zeitstandbeanspruchbarkeit im Hinblick auf die Lebensdauer (Widerstand)	8
3.4.4	Bemessungsverfahren mit Ersatzbeanspruchung	9
3.4.5	Bemessungsverfahren mit Hilfe der Schadensakkumulation	11
4	AUSGANGSSTOFFE	13
4.1	Allgemeines	13
4.2	Fasern	13
4.2.1	Allgemeines	13
4.2.2	Glasfasern	13

4.2.3	Aramidfasern	13
4.2.4	Carbonfasern.....	14
4.3	Kunststoffe	14
4.4	Schaumstoffe	15
4.4.1	Allgemeines	15
4.4.2	Polyurethan-Hartschäume (PUR-Schaum).....	15
4.4.3	Polyvinylchloridschäume (PVC-Schaum).....	15
5	MATERIALEIGENSCHAFTEN UND BAUTEILE	17
5.1	Allgemeines	17
5.2	Unverstärkte Kunststoffe	19
5.2.1	Thermoplaste	19
5.2.2	Duroplaste.....	19
5.3	Faserverstärkte Kunststoffe	20
5.3.1	Vorbemerkungen	20
5.3.2	Glasfaserverstärkte Lamine mit Duroplasten.....	20
5.4	Sandwichkonstruktionen	21
5.5	Bemessungswert des Widerstandes	22
6	EINWIRKUNGEN	23
6.1	Allgemeines	23
6.2	Ständige Einwirkungen.....	24
6.3	Veränderliche Einwirkungen	24
6.4	Außergewöhnliche Einwirkungen	26
6.5	Brandeinwirkung und erhöhte Temperaturen	26
6.6	Bemessungswert der Einwirkungen	27
7	VERFORMUNGEN, SCHNITTGRÖßEN UND SPANNUNGEN	29
8	NACHWEISE.....	31
8.1	Grundlegende Anforderungen	31
8.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit	31
8.2.1	Allgemeines	31
8.2.2	Festigkeit	34
8.2.3	Stabilitätsversagen	38
8.2.4	Dehnungsbeschränkung.....	41
8.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	42
8.3.1	Allgemeines	42
8.3.2	Dehnungsbeschränkung.....	42
8.3.3	Durchbiegungsbegrenzung	42

8.4	Verbindungen	43
8.4.1	Allgemeines	43
8.4.2	Lösbare Verbindungen	44
8.4.3	Nicht lösbare Verbindungen	49
9	BAULICHE DURCHBILDUNG	53
9.1	Grundsätzliches	53
9.2	Bauteile	54
9.2.1	Allgemeines	54
9.2.2	Hohlkästen und Hohlbauteile	54
9.2.3	Plattenförmige Bauteile	55
9.2.4	Schalenförmige Bauteile	55
9.2.5	Behälter	55
9.2.6	Sandwichkonstruktionen	56
9.2.7	Absturzsichernde Bauteile	57
9.2.8	Brücken	57
9.3	Verbindungen und Auflagerungen	57
9.4	Herstellung und Konstruktion	58
9.4.1	Faserverbundkunststoffe	58
9.4.2	Unverstärkte Kunststoffe	58
10	AUSFÜHRUNG UND ÜBERWACHUNG	61
10.1	Rohprodukte	61
10.1.1	Allgemeines	61
10.1.2	Eigenüberwachung	61
10.1.3	Fremdüberwachung	63
10.1.4	Probenentnahme	64
10.2	Halbzeuge und Verbindungsmittel	65
10.2.1	Allgemeines	65
10.2.2	Prüfung der Halbzeuge (Thermoplaste sowie Duroplaste und Elastomere)	65
10.2.3	Prüfung der Klebstoffe	65
10.2.4	Prüfung von Schweißzusätzen	65
10.3	Bauausführung	66
10.3.1	Allgemeines	66
10.3.2	Personal und Ausstattung des ausführenden Betriebes	66
10.4	Überwachung	67
10.4.1	Überwachung auf der Baustelle	67
10.4.2	Zustandsklassifizierung	69

11	NORMEN UND RICHTLINIEN	71
11.1	Grundnormen.....	71
11.2	Stoffnormen.....	72
11.3	Prüfnormen.....	73
11.4	Normen für Halbzeuge.....	74
11.5	Bemessungsnormen.....	75
11.6	Richtlinien/Merkblätter.....	75
12	LITERATUR	79
13	ANHANG	83
13.1	Anhang A: Einflussfaktoren (Richtwerte) für unverstärkte Kunststoffe.....	83
13.2	Anhang B: Einflussfaktoren für faserverstärkte Kunststoffe.....	86
13.3	Anhang C: Einflussfaktoren für Schaumstoffe.....	89
13.4	Anhang D: Bemessungswerte der Einwirkungen.....	90
13.5	Anhang E: Teilsicherheitsbeiwerte γ_M	94
13.6	Anhang F: Mechanische Eigenschaften zu Fasern und Sandwichkernen.....	95
14	BEISPIEL 1	97
14.1	Statisches System, Bauwerksform.....	97
14.2	Querschnitt, Werkstoff.....	98
14.2.1	Querschnittswerte.....	98
14.2.2	Material.....	99
14.2.3	Eigenlast.....	99
14.2.4	Schneelast (DIN EN 1991-1-3:2010-12).....	99
14.2.5	Windlast (DIN EN 1991-1-4:2010-12).....	100
14.2.6	Temperatur (DIN EN 1991-1-5:2010-12).....	100
14.2.7	Einwirkungsdauer.....	100
14.3	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	101
14.3.1	Festigkeit.....	101
14.3.2	Stabilitätsversagen.....	108
14.4	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	113
14.4.1	Durchbiegungsbegrenzung.....	113
14.5	Literatur zum Beispiel 1.....	116
15	BEISPIEL 2	117
15.1	Statisches System, Bauwerksform.....	117
15.2	Querschnitt und Werkstoff.....	118
15.2.1	Laminatdicken.....	118
15.2.2	Zylinder.....	118

15.2.3	Zylinderfuß	119
15.3	Einwirkungen und Schnittgrößen	120
15.3.1	Übersicht	120
15.3.2	LF 10 Eigenlast	120
15.3.3	LF 20 Füllgut	121
15.3.4	LF 21 Verkehrslast auf Kegelschale	121
15.3.5	LF 22 Betriebsdruck	121
15.3.6	LF 30 Temperatur	122
15.3.7	Lastfallkombinationen	122
15.3.8	Bemessungswerte der Schnittgrößen	123
15.3.9	Bemessungswerte der Spannungen	125
15.4	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	125
15.4.1	Festigkeit	125
15.4.2	Stabilitätsversagen	139
15.5	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	143
15.5.1	Durchbiegungsbegrenzung	143
15.6	Berechnungsergebnisse	146
15.6.1	Lastkombination 1 (Schnittgrößen faktorisiert, Verformungen nicht faktorisiert)	146
15.6.2	Lastkombination 2 (Schnittgrößen faktorisiert, Verformungen nicht faktorisiert)	148
15.6.3	Lastkombination 3 (Schnittgrößen faktorisiert, Verformungen nicht faktorisiert)	150
15.6.4	Lastkombination 4 (Schnittgrößen faktorisiert, Verformungen nicht faktorisiert)	152
15.7	Literatur zum Beispiel 2	154
16	BEISPIEL 3	155
16.1	Statisches System, Bauwerksform	155
16.2	Querschnitt und Werkstoff	156
16.2.1	Laminatdicken	156
16.2.2	Material	156
16.3	Einwirkungen und Schnittgrößen	157
16.3.1	Übersicht	157
16.3.2	LF 10 Eigenlast	157
16.3.3	LF 31 ... LF 34 Temperatur (DIN EN 1991-1-5:2010-12)	157
16.3.4	LF 40 Schneelast (DIN 1055-5:2005-07)	158
16.3.5	LF 51 + LF 52 Windlast (DIN 1055-4:2005-03)	158
16.3.6	Lastfallkombinationen	159

16.3.7	Bemessungswerte der Schnittgrößen	160
16.3.8	Bemessungswerte der Spannungen.....	161
16.4	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	161
16.4.1	Festigkeit	161
16.4.2	Stabilitätsversagen	166
16.4.3	Charakteristische Werte des E-Moduls.....	166
16.5	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	171
16.5.1	Durchbiegungsbegrenzung	171
16.6	Berechnungsergebnisse	173
16.6.1	System und Lasteingabe	173
16.6.2	Membrankräfte der GFK-Deckschicht (faktoriert)	175
16.6.3	Schubspannungen des PUR-Kerns (faktoriert)	176
16.6.4	Verformungen (nicht faktoriert).....	177
16.7	Literatur zum Beispiel 3	178
17	BEISPIEL 4	179
17.1	Bauteilabmessungen, statisches System, Bauwerksform.....	179
17.2	Querschnitt, Werkstoff	181
17.2.1	Querschnittswerte	181
17.2.2	Material.....	181
17.3	Einwirkungen (charakteristische Werte)	181
17.3.1	Eigenlast der Platte	181
17.3.2	Schneelast (DIN EN 1991-1-3:2010-12).....	181
17.3.3	Windlast (DIN EN 1991-1-4:2010-12).....	182
17.3.4	Temperaturlast (DIN EN 1991-1-5:2010-12).....	183
17.3.5	Einwirkungsdauer	183
17.4	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	184
17.4.1	Festigkeit	184
17.5	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	189
17.5.1	Durchbiegungsbegrenzung	189
17.6	Modellierungsvarianten für die PMMA-Platte	192
17.6.1	Allgemein	192
17.6.2	Einachsig gespannte Platte	192
17.6.3	Zweiachsig gespannte, linear-elastische Platte mit Tabellenwerk	193
17.6.4	Lineare Finite-Element-Berechnung.....	193
17.6.5	Nichtlineare Finite- Element- Berechnung mit abhebenden Ecken	195
17.6.6	Vergleich der Berechnungsergebnisse.....	196
17.7	Literatur zum Beispiel 4	197

18	BEISPIEL 5	199
18.1	System, Bauteilmaße, Querschnittswerte, Annahmen	199
18.2	Einwirkungen	201
18.2.1	Charakteristische Werte	201
18.2.2	Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	201
18.2.3	Repräsentative Werte im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	202
18.3	Schnittgrößen am Schachtfuß	202
18.3.1	Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	202
18.3.2	Schnittgrößen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	203
18.4	Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	203
18.4.1	Bemessungswerte des Baustoffes	203
18.4.2	Nachweis der Biegetragfähigkeit	205
18.4.3	Stabilitätsversagen	205
18.5	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	207
18.5.1	Bemessungswerte des Baustoffes	207
18.5.2	Maßgebende Durchbiegung u_d	207
18.5.3	Bemessungswert zur Erfüllung der Durchbiegungsbegrenzung	208
18.6	Literatur zum Beispiel 5	208
19	BEISPIEL 6	209
19.1	Aufgabenstellung, statisches System	209
19.2	Querschnitt, Werkstoff	209
19.2.1	Querschnittswerte	209
19.2.2	Material	210
19.3	Einwirkungen (charakteristische Werte)	210
19.3.1	Eigenlast	210
19.3.2	Schneelast	210
19.3.3	Temperatur	211
19.3.4	Einwirkungsdauer	211
19.4	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit	211
19.4.1	Teilsicherheitsbeiwerte	211
19.4.2	Einwirkungskombinationen	212
19.4.3	Bemessungsschnittgrößen (Einfeldträger)	212
19.4.4	Werkstoffspezifische Einflussfaktoren	213
19.4.5	Festigkeitsnachweise	215
19.4.6	Stabilitätsnachweise	217
19.5	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	223
19.5.1	Teilsicherheitsbeiwert	223
19.5.2	Einwirkungskombinationen	223

19.5.3	Charakteristischer Wert des E-Moduls als Mittelwert.....	223
19.5.4	Werkstoffspezifischer Einflussfaktor des E-Moduls	224
19.5.5	Durchbiegungsbegrenzung	224
19.6	Literatur zum Beispiel 6	225
20	SACHWORTVERZEICHNIS.....	227