DIN CEN/TS 19101:2023-09 (D)

Bemessung von Tragwerken aus Faserverbund-Kunststoffen; Deutsche Fassung CEN/TS 19101:2022

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 7

0 Einleitung 8

1 Anwendungsbereich 10
1.1 Anwendungsbereich von CEN/TS 19101 10
1.2 Voraussetzungen 12

2 Normative Verweisungen 12

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen 13
3.1 Begriffe und Definitionen 13
3.1.1 Begriffe bezüglich enthaltenen Werkstoffen 13
3.1.2 Begriffe bezüglich Herstellung 15
3.1.3 Begriffe bezüglich Verbundkomponenten und -bauteilen 16
3.1.4 Begriffe bezüglich Bemessung 18
3.1.5 Begriffe bezüglich Versagensarten 20
3.1.6 Begriffe bezüglich Anschlüssen und Verbindungen 20
3.1.7 Begriffe bezüglich Fehlern 21
3.2 Symbole und Abkürzungen 23
3.2.1 Symbole 23
3.2.2 Abkürzungen 42
3.3 Symbole für Bauteilachsen 43

4 Grundlagen der Tragwerksplanung 45
4.1 Allgemeine Regeln 45
4.1.1 Grundlegende Anforderungen 45
4.1.2 Zuverlässigkeit des Tragwerks und Qualitätsmanagement 45
4.1.3 Geplante Nutzungsdauer 45
4.1.4 Dauerhaftigkeit 46
4.2 Grundsätze der Bemessung nach Grenzzuständen 46
4.3 Basisvariablen 46
4.3.1 Einwirkungen, temperatur- und zeitabhängige Auswirkungen 46
4.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften 47
4.3.3 Geometrische Eigenschaften 48
4.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten 48
4.4.1 Bemessungswerte von Einwirkungen 48
4.4.2 Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften 48
4.4.3 Bemessungswerte von geometrischen Eigenschaften 48
4.4.4 Bemessungswerte des Widerstands 48
4.4.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Werkstoffe 50
4.4.6 Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstandsmodelle 51
4.4.7 Nennwerte von Umrechnungsfaktoren 52
4.4.8 Auswirkungen von Kriechen 55
4.5 Versuchsgestützte Bemessung 57

5 Werkstoffe 57
5.1 Glasübergangstemperatur 57
5.2 Verbundwerkstoffe 58
5.2.1 Ausgangswerkstoffe: Fasern, Harze, Zusatzstoffe und Füllstoffe 58
5.2.2 Werkstoffeigenschaften 58

5.3 Kernwerkstoffe 60
5.4 Klebstoff 62

6 Dauerhaftigkeit 63
6.1 Allgemeines 63
6.2 Umgebungsbedingungen 64
6.3 Auswirkungen und Maßnahmen für bestimmte Umgebungsbedingungen 65
6.3.1 Thermische Auswirkungen 65
6.3.2 Feuchte 66
6.3.3 Chemikalien 68
6.3.4 UV-Strahlung 68
6.4 Auswirkungen kombinierter Umgebungsbedingungen 69
6.5 Maßnahmen für Verbindungen und Anschlüsse 69

7 Statische Berechnung 70
7.1 Tragwerksmodellierung für Berechnungszwecke 70
7.1.1 Allgemeines 70
7.1.2 Laminate 71
7.1.3 Profile 71
7.1.4 Sandwichelemente 71
7.1.5 Anschlüsse 76
7.1.6 Hybrid-Verbundtragwerke 77
7.2 Berechnung des gesamten Tragwerks 77
7.2.1 Allgemeines 77
7.2.2 Betrachtung von Auswirkungen nach Theorie zweiter Ordnung 78
7.2.3 Berechnungsverfahren für die Bemessung nach Grenzzuständen der Tragfähigkeit 79
7.3 Imperfektionen 79
7.3.1 Grundlage 79
7.3.2 Schiefstellungen für Gesamtrahmenberechnung 80
7.3.3 Vorkrümmung und lokale Imperfektionen für die Bauteilberechnung 82
7.4 Berechnungsverfahren 83
7.4.1 Allgemeines 83
7.4.2 Analytische Modelle 84
7.4.3 Finite-Elemente-Modelle 84

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit 85
8.1 Allgemeines 85
8.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit von Laminaten 86
8.2.1 Allgemeines 86
8.2.2 Normalspannungen in der Ebene 87
8.2.3 Schubspannungen in der Ebene 88
8.2.4 Biegespannungen in der Ebene 89
8.2.5 Biegespannungen aus der Ebene 90
8.2.6 Interlaminare Schubspannungen 91
8.2.7 Zugspannungen aus der Ebene 92
8.2.8 Spannungskonzentrationen infolge lokaler/ konzentrierter Kräfte 92
8.2.9 Kombinierte Spannungen 93
8.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit von Profilen 93
8.3.1 Allgemeines 93
8.3.2 Normalkraft 94
8.3.3 Biegebeanspruchung 97
8.3.4 Schubbeanspruchung 99
8.3.5 Querdruckbeanspruchung 101
8.3.6 Torsionsbeanspruchung 101
8.3.7 Kombination von Normalkraft und Biegebeanspruchung 103
8.3.8 Kombination von Biege- und Schubbeanspruchung 104
8.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit von Sandwichelementen 105
8.4.1 Allgemeines 105
8.4.2 Decklage 107

8.4.3 Kern ... 110
8.4.4 Steg ... 116
8.4.5 Grenzfläche ... 124
8.4.6 Sandwichelement ... 124
8.5 Kriechbruch ... 126

9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 128
9.1 Allgemeines ... 128
9.2 Durchbiegungen ... 129
9.3 Schwingungen ... 131
9.4 Rissbildung in der Matrix ... 131

10 Ermüdung ... 132
10.1 Allgemeines ... 132
10.2 Ermüdungseinwirkungen ... 133
10.3 Ermüdungsnachweis ... 133
10.4 Ermüdungsprüfung ... 134
10.4.1 Allgemeines ... 134
10.4.2 Brückenüberbauten und Plattenbrücken ... 135

11 Konstruktive Durchbildung ... 137
11.1 Allgemeines ... 137
11.2 Profile ... 137
11.3 Sandwichelemente und Bauteillaminate ... 137
11.4 Schraubverbindungen ... 139
11.5 Klebverbindungen ... 140

12 Verbindungen und Anschlüsse ... 141
12.1 Allgemeine Regeln ... 141
12.2 Schraubverbindungen ... 142
12.2.1 Allgemeines ... 142
12.2.2 Bemessungskriterien für Schraubverbindungen ... 144
12.2.3 Schraubverbindungen unter Einwirkungen in der Ebene ... 144
12.2.4 Schraubverbindungen unter Einwirkungen aus der Ebene ... 158
12.3 Geschraubte Anschlüsse ... 160
12.3.1 Allgemeines ... 160
12.3.2 Schubversagen von Stegwinkelanschlüssen ... 160
12.3.3 Versagen der Verankerungskraft von Stegwinkelanschlüssen ... 161
12.4 Geklebte Anschlüsse und Klebverbindungen ... 162
12.4.1 Allgemeines ... 162
12.4.2 Bemessungsgrundsätze ... 162
12.4.3 Anschluss- und Verbindungsbemessung ... 163
12.4.4 Berechnung ... 163
12.4.5 Widerstandsnachweis ... 163
12.5 Hybridanschlüsse und -verbindungen ... 167

Anhang A (informativ) Kriechzahlen ... 168
A.1 Anwendung dieses Anhangs ... 168
A.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 168
A.3 Pultrudierte Verbundprofile ... 168
A.4 Verbundlaminate ... 169
A.5 Kernwerkstoffe ... 169

Anhang B (informativ) Ausgewählte Werte für Werkstoffeigenschaften für die Vorbemessung ... 170
B.1 Anwendung dieses Anhangs ... 170
B.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 170
B.3 Allgemeines ... 170
B.4 Fasern ... 170
B.5 Harze ... 171
B.6 Kernwerkstoffe ... 172
B.7 Lageneigenschaften ... 173

B.7.1 Allgemeines ... 173
B.7.2 Ausgewählte Werte für Steifigkeitseigenschaften von Lagen ... 174
B.7.3 Ausgewählte Werte für Festigkeitseigenschaften von Lagen ... 177
B.7.4 Koeffizient der linearen thermischen Dehnung für Lagen ... 178
B.7.5 Wärmeleitfähigkeit von Lagen ... 180
B.7.6 Quellung von Lagen ... 181
B.7.7 Versagenskriterien für Lagen ... 181
B.8 Laminateigenschaften ... 182
B.8.1 Allgemeines ... 182
B.8.2 Steifigkeit und Festigkeit ... 183
B.8.3 Koeffizienten der linearen thermischen Dehnung ... 185

Anhang C (normativ) Knicken orthotroper Laminate und Profile ... 186
C.1 Anwendung dieses Anhangs ... 186
C.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 186
C.3 Allgemeines ... 186
C.4 Elastisches Knicken orthotroper Laminate ... 187
C.4.1 Anwendungsbereich ... 187
C.4.2 Orthotrope symmetrisch aufgebaute Laminate ... 187
C.5 Elastisches Knicken von Profilen ... 191
C.5.1 Anwendungsbereich ... 191
C.5.2 Profile mit doppelt symmetrischen Querschnitten unter Druckbeanspruchung ... 191
C.5.3 Profile mit Winkel-, Kreuzform- und T-Querschnitten unter Druckbeanspruchung ... 195
C.5.4 Profile mit doppelt symmetrischen Querschnitten unter Biegebeanspruchung um die starke Achse ... 198
C.5.5 Lokales Knicken doppelt symmetrischer Profile unter Berücksichtigung der Rotationsbehinderung an der Verbindung zwischen Steg und Flansch ... 204

Anhang D (normativ) Tragwerksbemessung für den Brandfall ... 209
D.1 Anwendung dieses Anhangs ... 209
D.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich ... 209
D.3 Voraussetzungen ... 209
D.4 Grundlagen der Bemessung ... 209
D.4.1 Allgemeines ... 209
D.4.2 Nominelle Brandbeanspruchung ... 210
D.4.3 Physikalisch basierte Brandbeanspruchung ... 210
D.4.4 Einwirkungen ... 211
D.4.5 Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften ... 211
D.4.6 Nachweisverfahren ... 212
D.4.7 Bauteilberechnung ... 212
D.4.8 Berechnung von Teiltragwerken ... 213
D.4.9 Statische Berechnung des Gesamttragwerks ... 213
D.4.10 Brandschutzmaßnahmen ... 214
D.5 Werkstoffeigenschaften ... 214
D.5.1 Allgemeines ... 214
D.5.2 Thermische Eigenschaften ... 215
D.5.3 Mechanische Eigenschaften ... 219
D.5.4 Brandschutzmaterialien ... 224
D.6 Tabellierte Bemessungswerte ... 224
D.6.1 Allgemeines ... 224
D.7 Vereinfachte Bemessungsverfahren ... 225
D.7.1 Allgemeines ... 225
D.8 Erweiterte Bemessungsverfahren ... 225
D.8.1 Allgemeines ... 225
D.8.2 Thermische Berechnung ... 225
D.8.3 Mechanische Berechnung ... 226
D.8.4 Validierung erweiterter Bemessungsverfahren ... 226

Anhang E (informativ) Brückendetails ... 227

E.1 Anwendung dieses Anhangs 227
E.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich 227
E.3 Allgemeines 227
E.4 Brückenlager 227
E.5 Dehnungsfugen 227
E.6 Brüstungen 229
E.7 Überbau-Träger-Klebverbindungen 229
E.8 Befestigungen von Anprallsperren 229

Literaturhinweise 231