

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 | Lamine | 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 Bauteillamine..... | 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 | Verbundlamine | 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 | Lageeigenschaften | 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-Klebinverbindungen | 229 |
| E.8 | Befestigungen von Anprallsperren..... | 229 |
| | Literaturhinweise | 231 |