

DIN CEN/TS 19101



ICS 91.010.30

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

Design of fibre-polymer composite structures;
German version CEN/TS 19101:2022

Calcul des structures en matériaux composites;
Version allemande CEN/TS 19101:2022

Gesamtumfang 235 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (CEN/TS 19101:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Sonderausschuss NA 005-51 FBR-04 SO „Tragwerke aus faserverstärkten Polymerkunststoffen (SpA zu CEN/TC 250/WG 4)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Technische Spezifikationen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Eine Technische Spezifikation ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens von DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden Technischen Spezifikation wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser Technischen Spezifikation sind erbeten, vorzugsweise als Datei per E-Mail an nabau@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 7093-1	siehe	DIN EN ISO 7093-1
ISO 7093-2	siehe	DIN EN ISO 7093-2

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7093-1, *Flache Scheiben — Große Reihe — Teil 1: Produktklasse A*

DIN EN ISO 7093-2, *Flache Scheiben — Große Reihe — Teil 2, Produktklasse C*

Deutsche Fassung

Bemessung von Tragwerken aus Faserverbund-Kunststoffen

Design of fibre-polymer composite structures

Calcul des structures en matériaux composites

Diese Technische Spezifikation (CEN/TS) wurde vom CEN am 22. August 2022 als eine künftige Norm zur vorläufigen Anwendung angenommen.

Die Gültigkeitsdauer dieser CEN/TS ist zunächst auf drei Jahre begrenzt. Nach zwei Jahren werden die Mitglieder des CEN gebeten, ihre Stellungnahmen abzugeben, insbesondere über die Frage, ob die CEN/TS in eine Europäische Norm umgewandelt werden kann.

Die CEN Mitglieder sind verpflichtet, das Vorhandensein dieser CEN/TS in der gleichen Weise wie bei einer EN anzukündigen und die CEN/TS verfügbar zu machen. Es ist zulässig, entgegenstehende nationale Normen bis zur Entscheidung über eine mögliche Umwandlung der CEN/TS in eine EN (parallel zur CEN/TS) beizubehalten.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

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	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 Lamine und Profile		186
C.1	Anwendung dieses Anhangs	186
C.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	186
C.3	Allgemeines	186
C.4	Elastisches Knicken orthotroper Lamine	187
C.4.1	Anwendungsbereich	187
C.4.2	Orthotrope symmetrisch aufgebaute Lamine	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

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (CEN/TS 19101:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Dieses Dokument wurde erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen dieses Dokument beruht.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm anzukündigen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

0 Einleitung

0.1 Einleitung zu CEN/TS 19101

Dieses Dokument für die Bemessung von Tragwerken aus Faserverbund-Kunststoffen, das in Übereinstimmung mit den Eurocodes erarbeitet wurde, ist für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

ANMERKUNG 1 Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

ANMERKUNG 2 Faserverbundwerkstoffe werden gemeinhin auch als faserverstärkte Kunststoffe (FVK) oder als Verbundwerkstoffe bezeichnet.

0.2 In dieser Technischen Spezifikation verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung, die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen könnten alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch gerechtfertigt sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.3 Nationaler Anhang zu CEN/TS 19101

Diese Technische Spezifikation enthält Werte in Anmerkungen, die angeben, an welcher Stelle nationale Festlegungen getroffen werden können. Hierzu kann die jeweilige nationale Ausgabe von CEN/TS 19101 einen Nationalen Anhang mit allen national festgelegten Parametern enthalten, die für die Bewertung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Sofern nicht im Nationalen Anhang angegeben, ist die nationale Festlegung die Standardfestlegung nach der maßgebenden Technischen Spezifikation.

Die nationale Festlegung kann durch eine zuständige Behörde getroffen werden.

Wenn keine Festlegung in der Technischen Spezifikation, im Nationalen Anhang oder durch eine zuständige Behörde angeführt wird, können die beteiligten Parteien für bestimmte Projekte eigene Werte für die nationalen Festlegungen treffen.

Nationale Festlegungen sind in CEN/TS 19101 zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.3.1.2(4), ANMERKUNG 2 4.4.6(1), ANMERKUNG 4.4.6(2), ANMERKUNG 4.4.6(3), ANMERKUNG
4.4.7.1(2), ANMERKUNG 4.4.7.1(3), ANMERKUNG 8.5(2), ANMERKUNG 4 10.3(1), ANMERKUNG 1
12.4.5.1(1), ANMERKUNG 1 D4.5(1), ANMERKUNG

Nationale Festlegungen sind in CEN/TS 19101 zur Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang A Anhang B Anhang E

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von CEN/TS 19101

(1) Dieses Dokument ist anwendbar für die Tragwerksplanung von Hochbauten, Brücken und anderen Ingenieurbauten aus Faserverbund-Kunststoffen, einschließlich dauerhafter und temporärer Tragwerke. Es entspricht den in EN 1990 angegebenen Grundsätzen und Anforderungen für die Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Tragwerken, ihre Bemessungsgrundlage und den Nachweis.

ANMERKUNG In diesem Dokument werden Faserverbund-Kunststoffe als Verbundwerkstoffe oder Verbund bezeichnet.

(2) Dieses Dokument behandelt ausschließlich die Anforderungen an Widerstand, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Feuerwiderstandsfähigkeit von Verbundtragwerken.

ANMERKUNG 1 Spezifische Anforderungen bezüglich der Tragwerksbemessung für Erdbeben werden nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Sonstige Anforderungen, z. B. bezüglich Wärme- oder Schalldämmung, werden nicht berücksichtigt.

(3) Dieses Dokument bildet die allgemeine Grundlage für die Bemessung von Verbundtragwerken aus (i) Verbundbauteilen, oder (ii) Kombinationen von Verbundbauteilen und Bauteilen aus anderen Werkstoffen (Hybrid-Verbundtragwerke), und (iii) den Anschlüssen zwischen diesen Bauteilen.

(4) Dieses Dokument ist anwendbar für Verbundtragwerke mit Werten der Werkstofftemperatur in Bauteilen, Anschlüssen und Komponenten unter Betriebsbedingungen (i) höher als -40 °C und (ii) niedriger als $T_g - 20\text{ °C}$, wobei T_g die Glasübergangstemperatur von Verbundwerkstoffen, Kernwerkstoffen und Klebstoffen ist, wie in 5.1(1) definiert.

ANMERKUNG 1 Das Verhalten von Verbundtragwerken ist temperaturabhängig. Die Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften von Verbundwerkstoffen, Kernwerkstoffen und Klebstoffen wird anhand eines Umrechnungsfaktors für die Temperatur η_c berücksichtigt, wie in 4.4.7.2 definiert, der von T_g und der maximalen Werkstofftemperatur unter Betriebsbedingungen (T_s) abhängig ist.

ANMERKUNG 2 5.1(1) definiert Anforderungen für T_g von Verbundwerkstoffen, Kernwerkstoffen und Klebstoffen in Abhängigkeit von T_s .

(5) Dieses Dokument ist anwendbar für:

- (i) Verbundbauteile, d. h. Profile und Sandwichelemente; und
- (ii) geschraubte, geklebte und hybride Anschlüsse und deren Verbindungen.

ANMERKUNG 1 Profile und Sandwichelemente können in Tragsystemen angewendet werden, z. B. Träger, Stützen, Rahmen, Fachwerkträger, Platten und Schalen.

ANMERKUNG 2 Sandwichelemente umfassen Elemente mit homogenem Kern und Stegkernelemente. In Stegkernelementen können die Zellen zwischen den Stegen gefüllt sein (z. B. mit Schaumstoff) oder leer bleiben (z. B. Elemente aus pultrudierten Profilen).

ANMERKUNG 3 Dieses Dokument ist nicht anwendbar für Sandwichelemente aus metallischen Decklagen.

ANMERKUNG 4 Mehrteilige Bauteile können durch die Montage von zwei oder mehr Profilen mittels Verschrauben und/oder Verkleben entstehen.

ANMERKUNG 5 Die Hauptprozesse der Herstellung von Verbundbauteilen umfassen Pultrusion, Fadenwicklung, Handlaminierung, Harz-Spritzpressen (RTM), Harz-Infusionspressen (RIM), vakuumunterstütztes Harz-Spritzpressen (VARTM).

ANMERKUNG 6 Dieses Dokument ist nicht anwendbar für Verbundkabel oder besondere Arten von Ingenieurbauten (z. B. Druckbehälter, Tanks oder Chemikalienlagerbehälter).

(6) Dieses Dokument ist anwendbar für:

(i) die Verbundkomponenten von Verbundbauteilen, d. h. Verbundlagen, Verbundlamine, Sandwichkerne und -platten oder Profile; und

(ii) die Komponenten von Anschlüssen oder deren Verbindungen, d. h. Verbindungsplatten oder -profile (z. B. Winkel), Schrauben und Klebstoffschichten.

ANMERKUNG 1 Verbundkomponenten bestehen aus Verbundwerkstoffen (d. h. Fasern und Matrixharzen) und Kernwerkstoffen. Komponenten von Anschlüssen und deren Verbindungen bestehen ebenfalls aus Verbundwerkstoffen, Stahl oder Klebstoffen.

ANMERKUNG 2 Die Faserarchitektur von Verbundkomponenten kann eine einzelne Faserart oder eine Kombination aus zwei oder mehr Faserarten umfassen.

ANMERKUNG 3 Dieses Dokument ist nicht anwendbar für Verbundkomponenten, welche für die innere Verstärkung von Betontragwerken (Verbundbewehrung) oder die Verstärkung von Bestandtragwerken (Verbundbewehrung, -bänder oder -platten) verwendet werden.

(7) Dieses Dokument ist anwendbar für Verbundwerkstoffe, einschließlich:

(i) Glas-, Kohlenstoff-, Basalt- oder Aramidfasern; und

(ii) einer Matrix auf der Basis von wärmehärtbaren ungesättigten Polyester-, Vinylester-, Epoxid- oder Phenolharzen.

ANMERKUNG Dieses Dokument ist nicht anwendbar für Verbundwerkstoffe mit einer Matrix auf der Basis thermoplastischer Harze.

(8) Dieses Dokument ist anwendbar für die Kernwerkstoffe (i) Polymerschäume, und (ii) Balsaholz.

ANMERKUNG 1 Der Kern von Sandwichelementen kann durch Verbundstege und -einlagen verstärkt werden.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument ist nicht anwendbar für Wabenkerne.

(9) Dieses Dokument ist anwendbar für wärmehärtbare Klebstoffe, einschließlich Epoxid-, Polyurethan- und Acrylharze.

ANMERKUNG Dieses Dokument ist nicht anwendbar für thermoplastische Klebstoffe.

(10) Dieses Dokument ist anwendbar für andere Arten von Fasern, wärmehärtbaren Harzen, homogenen Kernen und wärmehärtbaren Klebstoffen als in 1.1(6) bis 1.1(9) festgelegt, sofern ihre mechanischen und physikalischen Eigenschaften durch geeignete Prüfungen nach Abschnitt 5 ermittelt werden und sie mit den anderen maßgebenden Abschnitten dieses Dokuments übereinstimmen.

1.2 Voraussetzungen

(1) Für dieses Dokument gelten die Voraussetzungen nach EN 1990.

(2) Dieses Dokument ist für die Anwendung in Zusammenhang mit EN 1990, EN 1991 (alle Teile), EN 1997 (alle Teile), EN 1998 (alle Teile), ENs, EADs und ETAs für Bauprodukte mit Relevanz für Verbundtragwerke vorgesehen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG In den Literaturhinweisen sind weitere zitierte Dokumente aufgelistet, die keine normativen Verweisungen sind, einschließlich solcher Dokumente, die als Empfehlungen (d. h. durch „sollte“-Sätze), Erlaubnisse („darf“-Sätze), Möglichkeiten („kann“-Sätze) sowie in Anmerkungen in Bezug genommen werden.

EN 1990:—¹, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1991-1-2:—², *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*

EN 1993-1-8:—³, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

EN 1997 (alle Teile), *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 13706-1, *Verstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe — Spezifikationen für pultrudierte Profile — Teil 1: Bezeichnung*

EN 13706-2:2002, *Verstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe — Spezifikationen für pultrudierte Profile — Teil 2: Prüfverfahren und allgemeine Anforderungen*

EN 13706-3, *Verstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe — Spezifikationen für pultrudierte Profile — Teil 3: Besondere Anforderungen*

EN 16245 (alle Teile), *Faserverstärkte Verbundwerkstoffe — Angabe von Werkstoffeigenschaften*

ISO 6721-11, *Plastics — Determination of dynamic mechanical properties — Part 11: Glass transition temperature*

1 In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: prEN 1990:2021.

2 In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: prEN 1991-1-2:2021.

3 In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: prEN 1993-1-8:2021.

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990 und die folgenden Begriffe, Symbole und Abkürzungen.

3.1 Begriffe und Definitionen

3.1.1 Begriffe bezüglich enthaltenen Werkstoffen

3.1.1.1

Beschleuniger

Substanz, die in geringen Mengen verwendet wird, um die chemische Reaktion zwischen dem Polymerharzsystem und dem Härter zu beschleunigen

3.1.1.2

Zusatzstoff

spezielle chemische Substanz, die dem Polymerharz zugegeben wird, um ihm bestimmte Matriceigenschaften zu verleihen, wie z. B. für das Entfernen aus der Bearbeitungsform, Flammhemmung und UV-Schutz; auch bekannt als Modifikator

3.1.1.3

bidirektionale Lage

Lage, in der alle Endlosfasern in zwei Richtungen ausgerichtet sind

3.1.1.4

Wirrfasermatte/ Textilglas-Schnittmatte

CSM

nicht-gewebte Matte mit kurzen (etwa 50 mm langen) Fasern, die aus Strängen von Endlosfasern (oder Filamenten) geschnitten und in zufälliger Ausrichtung in einem Wirbelmuster innerhalb der Mattenebene recht einheitlich verteilt wurden; die Matte wird durch ein Bindemittel zusammengehalten

3.1.1.5

Verbundwerkstoff

Werkstoff, der aus Schichten von Rovings, Geweben und Matten besteht, die in eine Polymermatrix eingebettet sind

3.1.1.6

Textilglas-Endlosfasermatte

CFM

nicht-gewebte Matte mit Garnen oder Strängen (aus Endlosfasern), die in zufälliger Ausrichtung in einem Wirbelmuster innerhalb der Mattenebene recht einheitlich verteilt wurden; die Matte wird durch ein Bindemittel zusammengehalten

3.1.1.7

Kern

Mittelteil eines Sandwichelements, an dem die oberen und unteren Verbunddecklagen angebracht sind

3.1.1.8

Faser

allgemeiner Begriff für einen Werkstoff in Filamentform

3.1.1.9

Füllstoff

verhältnismäßig inerte Substanz, die dem Polymerharz zugegeben wird, um seine physikalischen, mechanischen, thermischen, elektrischen oder sonstigen Eigenschaften zu verändern (z. B. Schrumpfen oder Entflammbarkeit) oder Kosten zu senken

3.1.1.10

Gel-Beschichtung

dünne Schicht von unverstärktem, schnell abbindendem Harz, das mitunter einen Farbstoff enthält und auf die Außenfläche einer Verbundkomponente aufgebracht wird, um die Oberflächeneigenschaften zu verbessern

3.1.1.11

Mattenlage

Lage aus geschnittenen oder endlosen Wirrfasern (CSM bzw. CFM), die zufällig ausgerichtet sind und lose durch ein Bindemittel zusammengehalten werden

3.1.1.12

Gelege

textile Struktur, die durch das Verbinden und/oder Ineinandergreifen von Endlosfasern durch mechanische, chemische, thermische Mittel oder Lösemittel und Kombinationen daraus hergestellt wird

3.1.1.13

Lage

einzelne Schicht (oder Lamina) in einem Laminat mit einer Anzahl einzelner Faserschichten

3.1.1.14

Harz

fester, halbfester oder pseudofester organischer Stoff mit unbestimmter und meistens hoher relativer Molekülmasse, der unter Spannung zum Fließen neigt und üblicherweise einen Erweichungs- oder Schmelzbereich besitzt

3.1.1.15

Roving

Garn aus parallelen Spinnfäden (assemblierter Roving) oder paralleler Endlosfasern (direkter Roving) ohne absichtliche Verdrehung

3.1.1.16

Beschlichtung

Überzug, der auf Fasern während ihrer Herstellung aufgebracht wird, um die Handhabung und die Haftung/Verträglichkeit von Fasern und Matrix zu verbessern, vor Wasserabsorption und Abrieb zu schützen, die Fasern gleitfähig zu machen und statische Elektrizität zu verringern

3.1.1.17

Oberflächenvliese

sehr dünne Matte von gewöhnlich 0,18 mm bis 0,51 mm Dicke aus stark filamentierten, nicht verstärkenden Fasern

Anmerkung 1 zum Begriff: Gewöhnlich vorhanden in pultrudierten Verbundwerkstoffen zur Erhöhung der Qualität der Oberflächenbeschaffenheit, zum Verbergen des Fasermusters der darunterliegenden Faserschichten sowie zum Hinzufügen von UV-Schutz und einer Feuchtediffusionssperre.

3.1.1.18

Band

Vorprodukt begrenzter Breite, das aus harzimpregnierten unidirektionalen Fasern besteht

3.1.1.19

wärmehärtbarer Kunststoff

Klasse von Polymeren, welche durch Aushärtung unter Anwendung von Hitze, Chemikalien oder anderen Mitteln aufgrund der Bildung von Vernetzungen (Primärbindungen) zwischen den Molekülketten zu im Wesentlichen nicht mehr schmelzbaren und nicht mehr löslichen Werkstoffen werden

3.1.1.20

Kabel

große Anzahl zusammengefasster Fasern als loser Faserstrang, praktisch ohne Vordrehung; gewöhnlich verwendet in Bezug auf Kohlenstofffasern; typischerweise bezeichnet mit einer Nummer mit nachgestelltem K für die Multiplikation mit 1 000 (ein 12K-Kabel z. B. hat 12 000 Fasern)

3.1.1.21

unidirektionale Lage

Lage, in der alle Endlosfasern in einer einzelnen Richtung ausgerichtet sind

3.1.1.22

Gewebe

allgemeiner Aufbau aus verkreuzten Garnen oder Fasern, gewöhnlich ein flächiges Gefüge; die Kettrichtung des Gewebes wird als Längsrichtung angenommen, welche die Hauptrichtung der Lasteinwirkung ist

3.1.1.23

Rovinggewebe

Gewebe, hergestellt durch Weben von Rovings

3.1.2 Begriffe bezüglich Herstellung

3.1.2.1

Aushärtung

Härtungsprozess eines wärmehärtbaren Polymerharzes (durch Vernetzung der Molekularstruktur); darf durch Zugabe von Vernetzungsmitteln mit oder ohne Katalysator sowie mit oder ohne Wärmeenergie erreicht werden

3.1.2.2

Härtungstemperatur

Temperaturprofil, dem der Verbundwerkstoff oder Klebstoff während des Härtingsprozesses ausgesetzt wird

3.1.2.3

Faseranteil

Menge der Fasern im Verbundwerkstoff; gewöhnlich angegeben in Prozent Volumenanteil oder Massenanteil im Verbundwerkstoff

3.1.2.4

Wickelf Verfahren

automatisierter Herstellungsprozess für Verbundwerkstoff, in dem Endlosfasern (oder Bänder) mit Harz getränkt und unter geregelten Zugbedingungen in einer vorgesehenen Anordnung auf einen rotierenden Dorn gewickelt werden

3.1.2.5

Gelzeit

Zeitspanne zwischen einem vorbestimmten Anfangspunkt und dem Beginn der Gelierzeit (Gelpunkt) entsprechend einem festgelegten Prüfverfahren

3.1.2.6

Handlaminierung

Herstellungsprozess für Verbundwerkstoff, in dem ein Polymerharz und die Faserschichten von Hand in einer Anzahl aufeinanderfolgender Schichten entweder auf eine offene Form oder eine Arbeitsfläche aufgebracht werden

3.1.2.7

Lagenstapeln

Herstellungsprozess, der das Stapeln aufeinanderfolgender Lagen (auch als Laminieren oder Schichten bezeichnet) einschließt

3.1.2.8

Nachhärtung

Zusätzliches Aushärten der Matrix bei erhöhter Temperatur in der Regel ohne Druck

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei bestimmten Harzen wird die vollständige Aushärtung nur erreicht, indem die Polymermatrix höheren Temperaturen ausgesetzt wird.

3.1.2.9

Pultrusion

automatisierter kontinuierlicher Herstellungsprozess in geschlossener Form, in dem dünnwandige offene und geschlossene Verbundformen (oder -profile oder -querschnitte) mit konstanter Querschnittsfläche in Pultrusionsrichtung erzeugt werden

3.1.2.10

Harz-Infusionspressen

RIM

Herstellungsprozess für Verbundwerkstoff, in dem ein katalysiertes Polymerharz unter Vakuumbedingungen in eine geschlossene Form gegossen wird, welche bereits die Vorform für die Komponente enthält

3.1.2.11

Harz-Spritzpressen

RTM

Herstellungsprozess für Verbundwerkstoff, in dem ein katalysiertes Polymerharz in eine geschlossene Form gespritzt wird, welche bereits die Vorform für die Komponente enthält

3.1.2.12

vakuumgestütztes Harz-Spritzpressen

VARTM

Herstellungsprozess für Verbundwerkstoff, in dem ein katalysiertes Polymerharz in eine geschlossene Form eingebracht wird, welche bereits die Vorform für die Komponente enthält, während gleichzeitig zur Unterstützung des Harzflusses ein Vakuum aufgebracht wird

3.1.3 Begriffe bezüglich Verbundkomponenten und -bauteilen

3.1.3.1

ausgeglichenes Laminat

Laminat, in dem die einzelnen Schichten (oder Lagen) so gestapelt sind, dass die jeweiligen Anteile der Schichten mit $+\theta$ -Ausrichtung und mit $-\theta$ -Ausrichtung in gleicher Höhe über der Mittelebene des Laminats ausgeglichen sind

3.1.3.2

Komponente

Bestandteil eines Verbundbauteils (z. B. Lage, Laminat, Kern) oder einer Verbindung zwischen Verbundbauteilen (z. B. Winkel, Schraube, Klebstoff)

3.1.3.3

Hybrid-Verbundtragwerk

Tragwerk aus einer Kombination von Verbundbauteilen und Bauteilen aus anderen Baustoffen (z. B. Stahl, Beton)

3.1.3.4

Hybridlaminat

Laminat mit einer Faserarchitektur aus zwei oder mehr unterschiedlichen Faserarten (z. B. Glas und Kohlenstoff)

3.1.3.5

Grenzfläche

Fläche zwischen zwei Werkstoffen (z. B. bei Kontakt zwischen Faser, Beschichtung und Matrix)

3.1.3.6

Interphase

Bereich mit Nanometerdicke, in dem sich Beschichtung und Matrix verbinden und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Matrix von denen der Grundmatrix abweichen

3.1.3.7

Laminat

relativ dünne, ebene oder gekrümmte Verbundkomponente von Bauteilen (wie Profilen und Sandwichelementen) oder Tragsystemen (wie Platten oder Schalen), bei der zwei Maße wesentlich größer als das dritte Maß (Dicke) sind und die durch Aushärtung und Verfestigung einer oder mehrerer Lagen eines oder mehrerer Verbundwerkstoffe gebildet wird

3.1.3.8

Bauteil

physisch unterscheidbares Teiltragwerk (z. B. Profil, Sandwichelement, Kabel), das möglicherweise aus Komponenten zusammengesetzt ist (z. B. Lagen, Laminat, Kerne)

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauteile werden mittels Anschlüssen oder Verbindungen verbunden, welche aus weiteren Komponenten bestehen (Verbindungsplatten, Schrauben, Klebstoffschichten), um Tragsysteme zu bilden (z. B. Träger, Stützen, Fachwerkträger, Platten und Schalen).

3.1.3.9

Profil

prismatisches Verbundbauteil, das durch Pultrusion oder andere Verbundherstellungsprozesse gefertigt und in Tragsystemen verwendet wird, wie z. B. Träger, Stützen, Rahmen und Fachwerkträger

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei pultrudierten Profilen werden Rovings entlang der Bauteilachse ausgerichtet und Fasern mit anderen Ausrichtungen können ebenfalls verwendet werden (was häufig erfolgt).

3.1.3.10

Sandwichelement

zweidimensionales Verbundbauteil, das in Tragsystemen verwendet wird, wie z. B. Platten und Schalen, und in seiner einfachsten Form ein relativ dicker und leichter Kernwerkstoff verbunden mit zwei relativ dünnen parallelen und hochfesten Verbunddecklagen ist

3.1.3.11

Sublaminat

dünneres Laminat aus der Gesamtdicke eines Laminats, das repräsentativ für enthaltene Werkstoffe, Faserarchitektur und Verarbeitungsverfahren ist

3.1.3.12

symmetrisch aufgebautes Laminat

Laminat, bei dem jede Art, jeder Winkel und jede Zusammensetzung der Schichten (oder Lagen) genau um die Mittelebene des Verbundmaterials gespiegelt ist

3.1.3.13

Stegkern-Sandwichelement

Sandwichelement mit Verbundstegen mit oder ohne Kernaufmachungen zwischen den Stegen

3.1.4 Begriffe bezüglich Bemessung

3.1.4.1

Umrechnungsfaktor

Faktor zur Berücksichtigung von Änderungen der Werkstoffeigenschaften aufgrund der Auswirkungen von Umgebungsbedingungen (z. B. Feuchte, Temperatur) sowie von Alterung (Langzeit-Auswirkungen der Exposition gegenüber Umgebungsbedingungen)

3.1.4.2

Umrechnungsfaktor für Feuchte

Faktor zur Berücksichtigung von Änderungen der Werkstoffeigenschaften infolge Feuchteabsorption über die Zeit (einschließlich Alterungsauswirkungen infolge Langzeit-Exposition)

3.1.4.3

Umrechnungsfaktor für Temperatur

Faktor zur Berücksichtigung von Änderungen der Werkstoffeigenschaften infolge von Werkstofftemperaturen, die von 20 °C unter Betriebsbedingungen abweichen (mit Ausnahme Auswirkungen von Langzeit-Exposition)

3.1.4.4

Kriechen

zeitabhängige Verformung infolge einer gleichbleibenden Spannung

3.1.4.5

Kriechzahl

Koeffizient zur Berücksichtigung der Kriechwirkungen auf die Verformungen von Verbundtragwerken durch Verringerung der anfänglichen Mittelwerte der maßgebenden Elastizitätsmoduln von Werkstoffen

3.1.4.6

Kriechbruch

Versagen (durch Bruch) eines Verbundwerkstoffs bei gleichbleibendem Spannungsniveau, das erheblich niedriger sein kann als die entsprechende Kurzzeit-Festigkeit

3.1.4.7

ausfallsicheres tragendes Bauteil oder ausfallsicherer Anschluss

Bauteil oder Anschluss, dessen lokales Versagen nicht zum Versagen des Tragwerks oder kritischer Teiltragwerke führt

3.1.4.8

faserdominierte Eigenschaft von Verbundwerkstoff

Eigenschaft von Verbundwerkstoff, die vornehmlich durch die Fasern beherrscht wird; bei erhöhter Temperatur ist diese Eigenschaft wenig empfindlich gegenüber Erweichung der Polymermatrix; faserdominierte Eigenschaften schließen Zugfestigkeit und Zugmodul sowie Druckmodul in Richtung(en) mit hohem Faseranteil ein

3.1.4.9

flexibler Kern

Kern eines Sandwichelements mit relativ geringem Verhältnis zwischen der Biegesteifigkeit des Kerns und der Biegesteifigkeit der Decklagen

3.1.4.10

Glasübergangstemperatur

repräsentative Temperatur des Glasübergangsprozesses eines Verbundwerkstoffs, Polymerkernwerkstoffs oder Klebstoffs bei erhöhter Temperatur, in dem der Werkstoff von einem glasartigen Zustand in einen gummiähnlichen Zustand übergeht; angenommen als der anhand dynamisch-mechanischer Analyse ermittelte Wert, bei dem starke Änderungen des E- und G-Moduls sowie der Dämpfung einsetzen

3.1.4.11

lineare Viskoelastizität

mechanisches Verhalten von Werkstoffen, bei dem (i) die Spannung zu einem gegebenen Zeitpunkt proportional zur Dehnung ist (Kriechnachgiebigkeit ist unabhängig vom Spannungsniveau) und (ii) das lineare (Boltzmann-)Superpositionsprinzip zutrifft

3.1.4.12

matrixdominierte Eigenschaft des Verbundwerkstoffes

Eigenschaft des Verbundwerkstoffes, die durch die Polymermatrix beherrscht wird; bei erhöhter Temperatur ist diese Eigenschaft sehr empfindlich gegenüber Erweichung der Polymermatrix; matrixdominierte Eigenschaften schließen Druckfestigkeit, interlaminare Schubfestigkeit, Schubfestigkeit und Schubmodul in der Ebene, Zugfestigkeit und Zugmodul sowie Druckmodul in Richtung(en) mit geringem Faseranteil ein

3.1.4.13

nicht ausfallsicheres tragendes Bauteil oder nicht ausfallsicherer Anschluss

Bauteil oder Anschluss, dessen lokales Versagen zum Versagen des Tragwerks oder kritischer Teiltragwerke führen könnte

3.1.4.14

Pseudo-Duktilität

Fähigkeit einer Verbundkomponente oder eines Verbundbauteils, nicht umkehrbarer unelastischer Verformung während fortschreitenden Versagens des Verbundwerkstoffs und damit einhergehender unelastischer Energiedissipation ohne wesentlichen Verlust der Tragfähigkeit zu widerstehen

3.1.4.15

Relaxation

zeitabhängige Verringerung der Spannung in einem Feststoff unter gegebenen Randbedingungen

3.1.4.16

starrer Kern

Kern eines Sandwichelements mit relativ hohem Verhältnis zwischen der Biegesteifigkeit des Kerns und der Biegesteifigkeit der Decklage

3.1.4.17

Betriebstemperatur

Temperaturbereich (Mindest- und Höchsttemperaturen), dem Verbundtragwerke während ihrer gesamten geplanten Nutzungsdauer ausgesetzt sind

3.1.4.18

dicke Decklage

Decklage eines Sandwichelements mit relativ geringem Verhältnis zwischen dem Abstand der Schwerachsen der Decklagen und der Dicke der Decklagen

3.1.4.19

dünne Decklage

Decklage eines Sandwichelements mit relativ hohem Verhältnis zwischen dem Abstand der Schwerachsen der Decklagen und der Dicke der Decklagen

3.1.5 Begriffe bezüglich Versagensarten

3.1.5.1

Krüppeln

Versagen einer Verbundkomponente (z. B. eines Profilstegs) unter Querlasten in einer Erscheinungsform, die Stauchung, Knicken oder eine Kombination daraus einschließen kann

3.1.5.2

Delamination

Trennung von Werkstoffschichten in einem Laminat, die zu einem beliebigen Zeitpunkt während der Aushärtung oder der anschließenden geplanten Nutzungsdauer des Laminats lokal auftreten oder einen wesentlichen Bereich des Laminats abdecken kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Versagensart kann eine Vielzahl von Ursachen in Zusammenhang mit einer relativ geringen Zugfestigkeit aus der Ebene (in Dickenrichtung) haben.

3.1.5.3

Dellenbildung

Knicken der Decklage eines Sandwichelements in die bzw. aus den Einzelzellen eines unterbrochenen Kerns (z. B. Waben) infolge örtlich begrenzter Druck- oder Schubspannungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese wird auch als intrazelluläres Knicken bezeichnet.

3.1.5.4

Eindrückung

Stauchung des Kernwerkstoffs eines Sandwichelements infolge konzentrierter Querlast (aus der Ebene)

3.1.5.5

Durchstanzung

Schubversagen des Kernwerkstoffs eines Sandwichelements infolge konzentrierter Querlast (aus der Ebene)

3.1.5.6

Schubquetschen

durch den Kern dominiertes Knicken eines Sandwichelements unter Druckbeanspruchung in der Ebene, bestimmt durch die Schubsteifigkeit des Kerns

3.1.5.7

Kräuseln

kurzweiliges Knicken der Decklage oder des Steges eines Sandwichelements infolge Druckbeanspruchung in der Ebene, das in Abhängigkeit von der Steifigkeit des druckbeanspruchten Kerns entweder in Richtung des Kerns oder nach außen auftreten kann

3.1.6 Begriffe bezüglich Anschlüssen und Verbindungen

3.1.6.1

Anschluss

Aufbau aus mehreren Verbindungen (z. B. doppeltüberlappter Anschluss)

3.1.6.2

Verbindung

einzelne Stelle, an der zwei Bauteile oder Lamine verbunden sind (z. B. einfachüberlappter Anschluss)

3.1.6.3

Hybridverbindung oder -anschluss

Verbindung oder Anschluss, bei der/dem die Bauteile durch eine Kombination von Verschrauben und Verkleben miteinander verbunden sind

3.1.6.4

überlappede Schubverbindung

Verbindung, die durch Überlappung von zwei (dünnwandigen) Komponenten und Bildung einer lasttragenden Verbindung dazwischen hergestellt wird

3.1.6.5

Winkel

Winkelprofil (aus Verbundwerkstoff oder anderem Werkstoff, z. B. Stahl oder nichtrostender Stahl) zum Verbinden von Verbundbauteilen

BEISPIEL Zweiseitige Stegwinkel, zum Verbinden eines I-Trägers und einer H-Stütze, wobei ein Schenkel mittels Schraubverbindung am Trägersteg und der andere Schenkel mittels Schraubverbindung an den einseitig gestützten Flanschen der Stütze angebracht sind.

3.1.6.6

Fügeteil

Komponente oder Bauteil in einer Klebverbindung oder einem geklebten Anschluss

3.1.6.7

Klebstoff

Substanz (auf Polymerbasis oder anderer Basis in Form einer Flüssigkeit, eines Films oder einer Paste), die Werkstoffe durch Oberflächenbefestigung zusammenhalten kann

3.1.6.8

Adhäsionsbruch

Bruch einer geklebten Verbindung, bei dem die Trennung an der Klebstoff-Fügeteil-Grenzfläche auftritt

3.1.6.9

Kohäsionsbruch

Bruch einer geklebten Verbindung, bei dem die Trennung innerhalb des Klebstoffs oder des Fügeteils auftritt

3.1.6.10

Faserbruch

Bruch einer geklebten Verbindung, der ausschließlich in der Verbundmatrix auftritt und durch das Erscheinen von Verstärkungsfasern auf beiden Bruchflächen charakterisiert wird (eine besondere Art von Kohäsionsbruch)

3.1.6.11

Klebstoffbrücke

Teil eines Klebstoffs, der außerhalb der Klebefläche an den Fügeteilen eine Brücke bildet

3.1.6.12

Verjüngung

schrittweise Verringerung der Dicke von Fügeteilen entlang der Überlappung einer geklebten Verbindung zur Verringerung von Spannungskonzentrationen

3.1.7 Begriffe bezüglich Fehlern

3.1.7.1

Blasenbildung

Oberflächenunebenheit, die aufgrund der Entwicklung eines Gas- oder Flüssigkeitseinschlusses innerhalb des Verbundwerkstoffs wächst

3.1.7.2

Kreiden

Oberflächenfehler infolge des Versagens der Polymermatrix des Verbundwerkstoffs oder der schützenden Gel-Beschichtung in Form einer pulverförmigen, kreideähnlichen Erscheinung oder Ablagerung aufgrund unsachgemäßen Auftrags oder der Zersetzung durch UV- oder Witterungseinflüsse

3.1.7.3

Netzrisse

Netzwerk aus Haarrissen an oder unter der Oberfläche des Matrixwerkstoffs in der fertiggestellten Verbundkomponente

3.1.7.4

Faserausblühen

fortschreitende Exposition der obersten Faserschichten des Verbundwerkstoffs infolge UV-bedingter Zersetzung des Polymerharzsystems

3.1.7.5

Abblättern

Ablösen von Oberflächenwerkstoff aufgrund eines chemischen Zersetzungsmechanismus auf Ebene der obersten Schicht (beispielsweise durch UV-Strahlung bedingte chemische Reaktionen)

3.1.7.6

Hydrolyse

chemischer Zersetzungsmechanismus aufgrund einer chemischen Reaktion, bei der Wassermoleküle die chemischen Bindungen einer bestimmten Substanz aufbrechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Reaktion tritt in Polymerwerkstoffen bei Vorliegen von Wasser oder Feuchte auf (insbesondere bei höheren Temperaturen). Die Hydrolyseanfälligkeit jedes Werkstoffs ist von dem Vorliegen und der Anordnung wasserempfindlicher Gruppen in der Polymergrundstruktur sowie von morphologischen Aspekten abhängig.

3.1.7.7

Lochfraß

chemischer Zersetzungsmechanismus aufgrund eines Angriffs durch Einwirkung chemischer Lösungen auf die Faseroberfläche von Verbundwerkstoffen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lochfraßanfälligkeit jedes Werkstoffs ist von der Zusammensetzung seiner Faserarchitektur sowie von der Art der Chemikalie, der Temperatur und der Einwirkungsdauer abhängig.

3.1.7.8

Plastizierung

physikalischer Zersetzungsmechanismus von Verbundwerkstoffen oder Polymerklebstoffen aufgrund der Absorption kleiner Moleküle (geringe Molekülmasse) in die makromolekularen Polymerketten

Anmerkung 1 zum Begriff: Insbesondere Wassermoleküle wirken als Plastizierungsmittel für Polymerwerkstoffe und können deren thermische und mechanische Eigenschaften verändern.

3.1.7.9

Verseifung

chemischer Zersetzungsmechanismus von Polymeren aufgrund der alkalischen Hydrolysen von Estergruppen

Anmerkung 1 zum Begriff: In einer alkalischen Umgebung kann die Esterbindung ungesättigter Polyester Hydrolyse unterworfen sein; die Anfälligkeit jedes Werkstoffs ist von seiner chemischen Struktur und seiner Vernetzungsgeometrie abhängig.

3.1.7.10

Quellung

Volumenänderungen infolge Feuchteabsorption unabhängig von thermischer Dehnung

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Symbole

Lateinische Großbuchstaben

A	Bruttofläche eines Querschnitts
A_{eff}	Fläche, über welche die konzentrierte Last gleichmäßig verteilt ist
A_{m}	Fläche, die durch die Mittelachse eines geschlossenen Querschnitts definiert wird
A_{net}	Nettofläche eines Querschnitts
A_{ns}	Nettofläche eines schubbeanspruchten Laminats
A_{nt}	Nettofläche eines zugbeanspruchten Laminats
A_{v}	Schubfläche eines Querschnitts
D	Biegesteifigkeit je Längeneinheit der Breite eines symmetrisch aufgebauten Sandwichquerschnitts mit konstanter Dicke und homogenem Kern
D_{c}	Biegesteifigkeit je Längeneinheit der Breite des Kerns eines Sandwichquerschnitts (um seine eigene Schwerachse)
D_{f}	Biegesteifigkeit je Längeneinheit der Breite jeder Decklage eines Sandwichquerschnitts (um ihre eigene Schwerachse)
D_{k}	charakteristischer Wert der Biegesteifigkeit je Längeneinheit der Breite eines Sandwichträgers
D_0	Biegesteifigkeit je Längeneinheit der Breite der Decklagen von Sandwichquerschnitten (um die Schwerachse des Sandwichquerschnitts)
D_{11}	Biegesteifigkeit in Längsrichtung
D_{12}	Biegesteifigkeit der Kopplung
D_{22}	Biegesteifigkeit in Querrichtung
D_{66}	Schub-Biegesteifigkeit
D^*	Biegesteifigkeit je Längeneinheit der Breite eines symmetrisch aufgebauten Stegkern-Sandwichquerschnitts mit konstanter Dicke und homogener Kernaufschichtung
E	Elastizitätsmodul
E_{c}	Elastizitätsmodul des Kerns oder der Kernaufschichtung (Stegkern-Sandwichsegment) von Sandwichquerschnitten; Druckmodul des Klebstoffs
E_{c}^*	Elastizitätsmodul des äquivalenten homogenen Kerns von Stegkern-Sandwichquerschnitten
E_{d}	Bemessungswert der Auswirkung von Einwirkungen

$E_d(\gamma_{Ff} \cdot Q_{fat})$	Bemessungswert der Auswirkung einer Einwirkung in einem tragenden Bauteil oder Anschluss (eine Schnittgröße) bedingt durch das Ermüdungseinwirkungsmodell
$E_{d,fi}$	Bemessungswert der Auswirkung von Einwirkungen für den Brandfall (einschließlich Auswirkungen thermischer Dehnungen und Verformungen)
$E_{d,min}$	kleinster Bemessungswert der Auswirkung einer Einwirkung in einem Bauteil oder Anschluss (bestimmt anhand der ständigen Lasten und Ermüdungslasten)
$E_{d,max}$	größter Bemessungswert der Auswirkung einer Einwirkung in einem Bauteil oder Anschluss (bestimmt anhand der ständigen Lasten und Ermüdungslasten)
E_f	konstanter Elastizitätsmodul jeder Decklage von Sandwichquerschnitten
$E_{f,1}$	Elastizitätsmodul in der Längsrichtung von Fasern
$E_{f,2}$	Elastizitätsmodul in der Querrichtung von Fasern
$(E_{i,c,k})_f$	charakteristischer Wert des Druckmoduls in i -Richtung der Decklage
$(E_{i,c,k})_w$	charakteristischer Wert des Druckmoduls in i -Richtung des Steges
$(E_{\perp,k})_c$	charakteristischer Wert des Elastizitätsmoduls eines Kerns senkrecht zur Stegebene bei Stegkern-Sandwichquerschnitten (ausgehend vom Wert des Zug- bzw. Druckmoduls, wobei der niedrigere Wert gilt)
E_r	Elastizitätsmodul von Harzen
E_t	Zugmodul von Klebstoffen
E_w	Elastizitätsmodul des Steges
E_x	Elastizitätsmodul in der Ebene in x -Richtung ausgeglichener symmetrischer bidirektionaler Lamine
$E_{x,c}$	Druckmodul in der Ebene in x -Richtung von pultrudierten Verbundprofilen, Verbundlaminaten/-lagen oder Kernwerkstoffen
$E_{x,c,k}$	charakteristischer Wert des Druckmoduls in der Ebene in x -Richtung
$E_{x,t}$	Zugmodul in der Ebene in x -Richtung von pultrudierten Verbundprofilen, Verbundlaminaten/-lagen oder Kernwerkstoffen
E_x^{full}	effektiver Biegemodul des vollen Querschnitts von Verbundprofilen
E_y	Elastizitätsmodul in der Ebene in y -Richtung ausgeglichener symmetrisch aufgebauter bidirektionaler Lamine
$E_{y,c}$	Druckmodul in der Ebene in y -Richtung von Verbund- oder Kernwerkstoffen
$E_{y,c,k}$	charakteristischer Wert des Druckmoduls in der Ebene in y -Richtung
$(E_{y,c,k})_w$	charakteristischer Wert des Druckmoduls in der Ebene in Querrichtung (y -Richtung) des Steges
$E_{y,t}$	Zugmodul in der Ebene in y -Richtung von Verbund- oder Kernwerkstoffen
$E_{z,c}$	Druckmodul aus der Ebene von Kernwerkstoffen

$(E_{z,k})_c$	charakteristischer Wert des Elastizitätsmoduls aus der Ebene des Kerns
$E_{z,t}$	Zugmodul aus der Ebene von Kernwerkstoffen
E_1	Elastizitätsmodul in der Ebene in Richtung 1 von UD-Lagen
E_1^{UD}	Elastizitätsmodul in Längsrichtung einer fiktiven UD-Lage
E_2	Elastizitätsmodul in der Ebene in Richtung 2 von UD-Lagen
E_2^{UD}	Elastizitätsmodul in Querrichtung einer fiktiven UD-Lage
$F_{cr,sw}$	elastische ideale Verzweigungslast für Biegeknicken in der Ebene bei globalem (seitlichem) Ausknicken
F_{Ed}	Bemessungswert von Einwirkungen für die Bewertung von E_d
$F_1, F_2, F_{12}, F_6, F_{11}, F_{22}, F_{66}$	Festigkeitskoeffizienten des Tsai-Wu-Versagenskriteriums zur Vorhersage des Versagens orthotroper Lagen
G	Schubmodul des Kerns von Sandwichquerschnitten, Klebstoffen oder Mattenlagen
G_c	Schubmodul des homogenen Kerns oder der Kernaufschichtung (Stegkern-Sandwichelement) von Sandwichquerschnitten
G_f	Schubmodul von Fasern
$(G_{iz,k})_c$	charakteristischer Wert des Schubmoduls aus der Ebene (iz -Ebene) des Kerns
$G_{I,Ed}$	Bemessungswert der Verformungsenergie-Freisetzungsrates bei Rissbildung in Mode I
$G_{II,Ed}$	Bemessungswert der Verformungsenergie-Freisetzungsrates bei Rissbildung in Mode II
$G_{Ic,Rd}$	Bemessungswert der kritischen Verformungsenergie-Freisetzungsrates bei Rissbildung in Mode I
$G_{IIc,Rd}$	Bemessungswert der kritischen Verformungsenergie-Freisetzungsrates bei Rissbildung in Mode II
$(G_{\perp,k})_c$	charakteristischer Wert des Schubmoduls eines Kerns in der Ebene senkrecht zum Steg, der die i -Richtung einschließt
$(G_k)_c$	charakteristischer Wert des Schubmoduls aus der Ebene des Kerns
$G_{k,ic}$	charakteristische Werte der kritischen Verformungsenergie-Freisetzungsrates bei Rissbildung
G_r	Schubmodul von Harzen
G_{xy}	Schubmodul in der Ebene von Verbundlaminaten/-lagen oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$G_{xy,k}$	charakteristischer Wert des Schubmoduls in der Ebene (xy -Ebene)
G_{xy}^{full}	effektiver Schubmodul des vollen Querschnitts von Verbundprofilen
G_{xy}	Schubmodul in der Ebene (xy -Ebene) von Kernwerkstoffen

G_{xz}	Schubmodul aus der Ebene (xz -Ebene) von Kernwerkstoffen
G_{yx}	Schubmodul in der Ebene (xy -Ebene) von Kernwerkstoffen
G_{yz}	Schubmodul aus der Ebene (yz -Ebene) von Kernwerkstoffen
G_{zx}	Schubmodul aus der Ebene (xz -Ebene) von Kernwerkstoffen
G_{zy}	Schubmodul aus der Ebene (yz -Ebene) von Kernwerkstoffen
G_{12}	Schubmodul in der Ebene von UD-Lagen
I_t	Torsionskonstante eines Profilquerschnitts
I_w	Wölbkonstante eines Profilquerschnitts
I_z	Flächenträgheitsmoment der schwachen Achse eines Profilquerschnitts
H_{Ed}	Bemessungswert der horizontalen Gesamtlast, einschließlich äquivalenter Kräfte, die vom Geschossboden (Geschoss-Schubkräfte) eines Rahmens übertragen werden
H_i	Horizontalkräfte das Auflagersystem betreffend (in Zusammenhang mit Schiefstellungen)
K	Verschiebungsmodul
L	Spannweite (Abschnitt 9), oder Lochabstände (Abschnitt 11), oder ungestützte Profillänge (Anhang C)
M	Biegemoment
$M_{cr,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit bei lokalem Knicken eines Profils
M_{Ed}	Bemessungswert des Biegemoments um eine Hauptachse an jedem Querschnitt eines Profils
M_f	Masse-Volumen-Anteil (oder -Gehalt) eines Verbundwerkstoffs
$M_{LT,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit bei Biegedrillknicken eines Profils
M_{Rd}	Bemessungswert der Momententragfähigkeit um eine Hauptachse eines Profils
M_{Rd1}	Bemessungswert der Momententragfähigkeit eines Querschnitts bei Werkstoffversagen (um eine Hauptachse)
M_{Rd2}	Bemessungswert der Momententragfähigkeit bei globalem Knicken eines Profils (um eine Hauptachse) oder lokalem Knicken des Querschnitts (einschließlich der zugehörigen Wechselwirkung)
N	Normalkraft (allgemein), oder Anzahl der Lastspiele der Ermüdungseinwirkung (Abschnitt 10)
$N_{bs,Rd}$	Bemessungswert des Blockscherwiderstands einer Mehrfach-Schraubverbindung bei Laminat mit konstanter Dicke
$N_{c,Ed}$	Bemessungswert der Druckkraft an jedem Querschnitt eines Profils
$N_{c,Rd}$	Bemessungswert des Druckwiderstands in Längsrichtung (x -Richtung) eines Profils

$N_{c,Rd1}$	Bemessungswert des Druckwiderstands gegen Stauchung eines Querschnitts
$N_{c,Rd2}$	Bemessungswert des Druckwiderstands gegen globales Knicken eines Profils oder lokales Knicken eines Querschnitts (einschließlich der zugehörigen Wechselwirkung)
$N_{cr,Rd}$	Bemessungswert des Druckwiderstands gegen lokales Knicken eines Profils
$N_{E,Rd}$	Bemessungswert des Biegeknickwiderstands eines Profils (mit oder ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von Schubverformung)
N_{Ed}	Bemessungswert der Normalkraft für die Verbindungskraft
$N_{Ed,i}$	Bemessungswert der am Querschnitt der i -ten Schraubenreihe übertragenen Verbindungskraft
$N_{FT,Rd}$	Bemessungswert des Druckwiderstands gegen Biegedrillknicken (en: flexural-torsional buckling) eines Profils
$N_{i,Ed}$	Bemessungswert der auf ein Sandwichelement aufgetragenen Normalkraft
$(N_{i,Ed})_f$	Bemessungswert der Normalkraft je Längeneinheit der Breite in den Decklagen in i -Richtung
$N_{po,Rd}$	Bemessungswert des Widerstands einer Schraube gegen Herausziehen
$N_{T,Rd}$	Bemessungswert des Druckwiderstands gegen Drillknicken eines Profils
$N_{t,Ed}$	Bemessungswert der Zugkraft an jedem Querschnitt eines Profils
$N_{t,Rd}$	Bemessungswert des Zugwiderstands eines Querschnitts in Längsrichtung (x -Richtung)
$N_{ty,Ed}$	Bemessungswert der Zugkraft oder Abstützkraft bei Versagen der Verankerungskraft
$N_{ty,Rd}$	Bemessungswert des Verankerungswiderstands eines zweiseitigen Träger-Stützen-Stegwinkelanschlusses mit Auskragungen konstanter Dicke
$N_{x,nt,Rd}$	Bemessungswert des Nettozugwiderstands in x -Richtung
$N_{y,nt,Rd}$	Bemessungswert des Nettozugwiderstands in y -Richtung
$N_{z,Ed}$	Bemessungswert der an der Schraube übertragenen Zugkraft aus der Ebene (z -Richtung)
$N_{z,Rd}$	Bemessungswert des Zugwiderstands der Schraube (12.2.4.2), oder Bemessungswert des Widerstands gegen die Zugkraft aus der Ebene (12.2.4.3)
$N_{1,Ed}$	Beitrag von N_{Ed} an der ersten Schraubenreihe ($i = 1$)
$N_{2,Ed}$	Beitrag von N_{Ed} an der zweiten Schraubenreihe ($i = 2$)
$P_{c,d}$	Bemessungswert der Knicklast je Längeneinheit der Breite (eines Sandwichelements)
$P_{cb,d}$	Bemessungswert der Knicklastkomponente entsprechend reiner Biegebeanspruchung (Eulersche Knicklast)
$P_{cs,d}$	Bemessungswert der Knicklastkomponente entsprechend Schubkräften in Querrichtung
P_{Ed}	Bemessungswert der konzentrierten Querlast; Bemessungswert der aufgetragenen konzentrierten Querlast oder Auflagerkraft, die vom Steg aufgenommen wird

$P_{i,c,d}$	Bemessungswert der Knicklast in i -Richtung (eines Sandwichelements)
Q_{fat}	Ermüdungseinwirkung mit konstanter Amplitude
R	Radius eines Profils mit Kreisquerschnitt (Abschnitt 8), oder Verhältnis zwischen dem kleinsten oder dem größten Bemessungswert der Auswirkung einer Einwirkung in einem Bauteil oder Bauteilanschluss (Abschnitt 10), oder Koeffizient für die Identifizierung der druck- oder zugbeanspruchten Querschnittswandung eines Profils, welche zuerst lokales Knicken auslöst (Anhang C)
$R\{\dots\}$	Ergebnis des Widerstandsmodells
$R_{ac,k}$	charakteristischer Wert des Widerstands einer Klebverbindung
$R_{ac,Rd}$	Bemessungswert des Widerstands einer Klebverbindung
R_d	Bemessungswert des Widerstands
$R_{f,k}$	charakteristischer Wert des Ermüdungswiderstands eines Bauteils oder Bauteilanschlusses (bei konstanter Amplitude)
$R_{d,t,fi}$	Bemessungswert des Widerstands im Brandfall
S	Schubsteifigkeit je Längeneinheit der Breite eines symmetrisch aufgebauten Sandwichquerschnitts mit homogenem Kern und dünnen Decklagen
T	maximales Anziehdrehmoment
T_{Ed}	Bemessungswert des Torsionsmoments an jedem Querschnitt eines Profils
$T_{Ed}^{(SV)}$	Bemessungswert des gleichförmigen Torsionsmoments eines Querschnitts in Zusammenhang mit der Saint-Venant'schen Torsion
$T_{Ed}^{(W)}$	Bemessungswert des ungleichförmigen Torsionsmoments eines Querschnitts bei begrenzter Wölbung
T_g	Glasübergangstemperatur von Verbundwerkstoffen, Kernwerkstoffen oder Klebstoffen
T_{Rd}	Bemessungswert des Torsionswiderstands eines Querschnitts
T_s	maximale Werkstofftemperatur von Verbundwerkstoffen, Kernwerkstoffen oder Klebstoffen unter Betriebsbedingungen
V	Schubkraft
$V_{b,i,Ed}$	Bemessungswert der Verbindungskraft einer Schraube an der i -ten Schraubenreihe
$V_{br,Rd}$	Bemessungswert des Lochleibungswiderstands einer Schraube
$V_{br,i,Ed}$	Bemessungswert der je Schraube an der i -ten Schraubenreihe übertragenen Lochleibungskraft bei Lochleibungsversagen
V_{Ed}	Bemessungswert der Schubkraft (allgemein), oder Bemessungswert der vertikalen Gesamtlast, die vom Geschossboden (Geschoss-Druckbeanspruchung) eines Rahmens übertragen wird (Abschnitt 7)
$(V_{Ed})_w$	Bemessungswert der Schubkraft in der Stegkomponente (eines Sandwichelements)

V_f	Faservolumenanteil (oder -gehalt) einer Lage oder eines Verbundwerkstoffs
$V_{i,Ed}$	Bemessungswert der in Querrichtung einwirkenden Schubkraft je Längeneinheit der Breite in der untersuchten i -Richtung
$(V_{i,Ed})_c$	Bemessungswert der Schubkraft in der Kernkomponente von Stegkern-Sandwichelementen mit Kernaussparung
V_{Rd}	Bemessungswert des Schubwiderstands eines Querschnitts
V_{Rd1}	Bemessungswert des Schubwiderstands gegen Werkstoffversagen eines Querschnitts
V_{Rd2}	Bemessungswert des Schubwiderstands gegen lokales Knicken eines Querschnitts
$V_{so,i,Ed}$	Bemessungswert der durch eine Spaltenlinie von Schrauben übertragenen Lochleibungskraft für Abscherversagen
$V_{so,1,Ed}$	Bemessungswert der durch eine Schraube an der ersten Schraubenreihe übertragenen Lochleibungskraft für Abscherversagen
$V_{so,2,Ed}$	Bemessungswert der durch eine Spaltenlinie von zwei Schrauben übertragenen Lochleibungskraft für Abscherversagen
$V_{so,i,Rd}$	Bemessungswert des Abscherwiderstands je Schraubenreihe $V_{so,3,Rd}$ oder $V_{so,4,Rd}$ in einem Laminat konstanter Dicke
$V_{so,1,Rd}$	Bemessungswert des Widerstands gegen Abscherversagen
$V_{so,2,Rd}$	Bemessungswert des Widerstands gegen Abscherversagen einer Schraubenreihe
V_x	Variationskoeffizient einer Werkstoff- oder Produkteigenschaft
$V_{x,br,Rd}$	Bemessungswert des Lochleibungswiderstands einer Schraube in x -Richtung
$V_{x,exp}$	Variationskoeffizient der geprüften Probe
$V_{y,br,Rd}$	Bemessungswert des Lochleibungswiderstands einer Schraube in y -Richtung
$V_{wc,Ed}$	Bemessungswert der Schubkraft, welche über die Fläche des Laminats am Radius der Klebstoffbrücke an der Verbindung zwischen zwei Seiten von Winkeln des Verbundwerkstoffs wirkt
$V_{wc,Rd}$	Bemessungswert des Schubwiderstands am Radius der Klebstoffbrücke an der Verbindung zwischen zwei Seiten von Verbundwinkeln
W	Elastizitätsmodul bei Biegebeanspruchung eines Querschnitts
W_{net}	Elastizitätsmodul bei Biegebeanspruchung eines Nettoquerschnitts
W_y	Elastizitätsmodul der starken Achse eines Querschnitts
$X_{d,fi}$	Bemessungswert der mechanischen Werkstoffeigenschaften (Festigkeit und Steifigkeit) für den Brandfall
X_k	charakteristischer Wert von Werkstoffeigenschaften (Festigkeit oder Steifigkeit, gewöhnlich f_k oder E_k)
$X_{k,i}$	charakteristischer Wert einer Werkstoff- oder Produkteigenschaft i

$X_{k,\theta}$	charakteristischer Wert einer Eigenschaft bei Temperatur θ
X_n	Nennwert einer Werkstoffeigenschaft
$X_m(0)$	mittlerer Anfangswert des Elastizitäts- oder Schubmoduls X (zum Zeitpunkt $t = 0$)
$X_m(t)$	Mittelwert des Elastizitäts- oder Schubmoduls X zum Zeitpunkt t zur Berücksichtigung von Auswirkungen des Kriechens

Lateinische Kleinbuchstaben

a_d	Bemessungswert geometrischer Parameter
b	Stegabstände eines Stegkern-Sandwichquerschnitts (Abschnitt 7 und 8.4), oder Breite des Flansches eines Profilquerschnitts (8.3)
b_c	Breite der Kernaussparung zwischen Stegen eines Stegkern-Sandwichquerschnitts
b_f	Flanschbreite eines Profilquerschnitts
b_i	Breite der Querschnittswandung i eines Profilquerschnitts
b_w	Stegbreite eines Profilquerschnitts
c_E	empirische Konstante (für Biegeknicken)
c_{LT}	empirische Konstante (für Biegedrillknicken)
$c_{p,\theta}$	Bemessungswert des Verhältnisses zwischen der effektiven spezifischen Wärme als Funktion der Temperatur θ und dem entsprechenden Wert bei 20 °C
$c_{r,i}$	Lastverteilungskoeffizient der Schraubenreihe für die i -te Schraubenreihe
c_1	äquivalenter einheitlicher Momentenbeiwert, der von der Form des Biegemomentendiagramms abhängig ist
c_2	Koeffizient der mit einem Lastniveau zusammenhängt und von der Form des Biegemomentendiagramms und den aus der Ebene wirkenden Einspannungsbedingungen abhängig ist
d	Abstand zwischen den Schwerachsen der Decklagen eines Sandwichquerschnitts (Abschnitt 7 und Abschnitt 8), oder Nenndurchmesser der Schraube (Abschnitt 11 und Abschnitt 12)
d_i	Durchmesser des i -ten Lochs
d_w	Durchmesser der Unterlegscheibe
d_0	Nenndurchmesser des Schraubenlochs (Abschnitt 11 und Abschnitt 12), oder Abstand zwischen Schwerpunkt und Schubmittelpunkt des Querschnitts (Anhang C)
d_1	Lochspiel (Innendurchmesser) der Unterlegscheibe
d_2	Außendurchmesser der Unterlegscheibe
e	Abstand des Hebelarms zwischen dem Mittelpunkt der nächsten Schraubenlochreihe und dem Mittelpunkt des Trägersteges
$e_{0,d}$	Anfangsvorkrümmung

e_1	Rand-/Lochabstand zur ersten Schraubenreihe
f_c	Druckfestigkeit von Klebstoffen
f_{cy}	Druckspannung bei Fließen von Klebstoffen
$f_{E,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Biegeknickspannung (ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von Schubverformung)
$f_{FT,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Biegedrillknickspannung eines Profils
$f_{i,b,cr,d}$	Bemessungswert der idealen Knickbiegespannung in i -Richtung eines Laminats
$f_{i,b,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Knickbiegespannung in i -Richtung eines Laminats
$f_{i,b,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit in der Ebene in i -Richtung eines Laminats
$f_{i,c,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in i -Richtung eines Laminats
$(f_{i,c,d})_c$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in der Ebene in i -Richtung des Kerns
$(f_{i,c,d})_f$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in der Ebene in i -Richtung der Decklage
$f_{i,c,k}$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in i -Richtung eines Laminats
$(f_{i,c,k})_c$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in der Ebene in i -Richtung des Kerns
$(f_{i,c,k})_f$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in der Ebene in i -Richtung der Decklage
$f_{i,cr,d}$	Bemessungswert der idealen Knickdruckspannung in i -Richtung eines Laminats
$(f_{i,cr,d})_f$	Bemessungswert der idealen Knickdruckspannung in i -Richtung der Decklage
$f_{i,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Knickdruckspannung in i -Richtung eines Laminats
$(f_{i,cr,k})_f$	charakteristischer Wert der idealen Knickdruckspannung in i -Richtung der Decklage
$f_{i,f,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit in i -Richtung eines Laminats
$f_{i,f,k}$	charakteristischer Wert der Biegefestigkeit in i -Richtung eines Laminats
$f_{i,t,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in i -Richtung eines Laminats
$(f_{i,t,d})_c$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in der Ebene in i -Richtung des Kerns
$(f_{i,t,d})_f$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in der Ebene in i -Richtung der Decklage
$f_{i,t,k}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in i -Richtung eines Laminats
$(f_{i,t,k})_c$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in der Ebene in i -Richtung des Kerns
$(f_{i,t,k})_f$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in der Ebene in i -Richtung der Decklage
$(f_{i,v,d})_c$	Bemessungswert der Schubfestigkeit in i -Richtung des Kerns

$(f_{i,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit in i -Richtung des Kerns
$(f_{i,wr,d})_f$	Bemessungswert der Kräuselspannung in i -Richtung der Decklage
$(f_{i,wr,k})_f$	charakteristischer Wert der Kräuselspannung in i -Richtung der Decklage
$f_{iz,ILS,d}$	Bemessungswert der interlaminaren Schubfestigkeit (iz -Ebene) eines Laminats
$(f_{iz,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (iz -Ebene) des Kerns senkrecht zu den Decklagen
$f_{LT,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Biegedrillknickspannung eines Profils
f_t	Zugfestigkeit von Klebstoffen
$f_{T,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Drillknickspannung eines Profils
f_{ty}	Zugspannung bei Fließen von Klebstoffen
$(f_{v,d})_c$	Bemessungswert der Schubfestigkeit aus der Ebene des Kerns
f_{v_x}	Beiwert zur Berücksichtigung der statistischen Unsicherheit
$f_{x,b,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Spannung in Zusammenhang mit lokalem Knicken eines biegebeanspruchten Profils
$(f_{x,b,cr,k})_f$	charakteristischer Wert der idealen Spannung eines druckbeanspruchten Flansches (eines biegebeanspruchten Profils) bei gleichmäßiger Spannungsverteilung über die Flanschbreite
$(f_{x,b,cr,k})_f^{SS}$	charakteristischer Wert der idealen Spannung eines druckbeanspruchten Flansches (eines biegebeanspruchten Profils) bei gleichmäßiger Spannungsverteilung über die Flanschbreite entsprechend einer gelenkig gelagerten (SS, en: simply supported) Randbedingung entlang der Verbindung zwischen Steg und Flansch
$(f_{x,b,cr,d})_w$	Bemessungswert der idealen Knickbiegespannung in der Ebene in Längsrichtung (x -Richtung) des Steges
$(f_{x,b,cr,k})_w$	charakteristischer Wert der idealen Knickbiegespannung in der Ebene in Längsrichtung (x -Richtung) des Steges
$(f_{x,b,cr,k})_w^{SS}$	charakteristischer Wert der idealen Knickbiegespannung in der Ebene in Längsrichtung (x -Richtung) des Steges (eines biegebeanspruchten Profils) bei linearer Spannungsverteilung entlang der Steghöhe entsprechend einer gelenkig gelagerten (SS) Randbedingung entlang der Verbindung zwischen Steg und Flansch
$f_{x,br,d}$	Bemessungswert des Lochleibungswiderstands in x -Richtung eines Laminats
$f_{x,br,k}$	charakteristischer Wert des Lochleibungswiderstands in x -Richtung eines Laminats
$f_{x,c}$	Druckfestigkeit in der Ebene in x -Richtung von Verbundlaminaten, Kernwerkstoffen oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$(f_{x,c,d})_w$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Längsrichtung (x -Richtung) des Steges
$f_{x,c,k}$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in Längsrichtung (x -Richtung)
$(f_{x,c,k})_w$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in Längsrichtung (x -Richtung) des Steges

$f_{x,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Spannung bei lokalem Knicken eines druckbeanspruchten Profils
$(f_{x,cr,k})_f$	charakteristischer Wert der idealen Spannung eines druckbeanspruchten Flansches bei gleichmäßiger Spannungsverteilung über die Flanschbreite
$(f_{x,cr,k})_f^{SS}$	charakteristischer Wert der idealen Spannung eines druckbeanspruchten Flansches bei gleichmäßiger Spannungsverteilung über die Flanschbreite entsprechend einer gelenkig gelagerten (SS) Randbedingung entlang der Verbindung zwischen Steg und Flansch
$(f_{x,cr,k})_w$	charakteristischer Wert der idealen Spannung eines druckbeanspruchten Steges bei gleichmäßiger Spannungsverteilung über die Stegbreite
$(f_{x,cr,k})_w^{SS}$	charakteristischer Wert der idealen Spannung eines druckbeanspruchten Steges bei gleichmäßiger Spannungsverteilung über die Stegbreite entsprechend einer gelenkig gelagerten (SS) Randbedingung entlang der Verbindung zwischen Steg und Flansch
$f_{x,f}$	Biegefestigkeit in x-Richtung eines Laminats
$f_{x,t}$	Zugfestigkeit in der Ebene in x-Richtung von Verbundlaminaten, Kernwerkstoffen oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$f_{x,t,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in x-Richtung eines Laminats
$(f_{x,t,d})_w$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in Längsrichtung (x-Richtung) des Steges
$f_{x,t,k}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in x-Richtung eines Laminats
$(f_{x,t,k})_w$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in Längsrichtung (x-Richtung) des Steges
$(f_{x,wr,d})_w$	Bemessungswert der Kräuselspannung in Längsrichtung (x-Richtung) des Steges
$(f_{x,wr,k})_w$	charakteristischer Wert der Kräuselspannung in Längsrichtung (x-Richtung) des Steges
$f_{xy,cr,d}$	Bemessungswert der idealen Knickschubspannung eines Laminats
$(f_{xy,cr,d})_w$	Bemessungswert der idealen Knickschubspannung des Steges
$f_{xy,cr,k}$	charakteristischer Wert der idealen Knickschubspannung eines Laminats
$(f_{xy,cr,k})_w$	charakteristischer Wert der idealen Knickschubspannung des Steges
$f_{xy,v}$	Schubfestigkeit in der Ebene von Laminaten oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$f_{xy,v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit in der Ebene eines Laminats
$(f_{xy,v,d})_w$	Bemessungswert der Schubfestigkeit in der Ebene des Steges
$f_{xy,v,k}$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit in der Ebene eines Laminats
$(f_{xy,v,k})_w$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit in der Ebene des Steges
$f_{xz,ILS}$	interlaminare Schubfestigkeit (xz-Ebene) von Laminaten oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten

$f_{xz,ILS,k}$	charakteristischer Wert der interlaminaren Schubfestigkeit (xz-Ebene) eines Laminats
$f_{xz,v}$	Schubfestigkeit aus der Ebene (xz-Ebene) von Kernwerkstoffen senkrecht zu den Decklagen
$f_{xz,v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit aus der Ebene (xz-Ebene) eines Laminats
$f_{xz,v,k}$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (xz-Ebene) eines Laminats
$(f_{xz,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (zx-Ebene) des Kerns senkrecht zu den Decklagen
$f_{y,br,d}$	Bemessungswert des Lochleibungswiderstands in y-Richtung eines Laminats
$f_{y,br,k}$	charakteristischer Wert des Lochleibungswiderstands in y-Richtung eines Laminats
$f_{y,c}$	Druckfestigkeit in der Ebene in y-Richtung von Laminaten, Kernwerkstoffen oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$(f_{y,c,d})_w$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Querrichtung (y-Richtung) des Steges
$(f_{y,c,k})_w$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in Querrichtung (y-Richtung) des Steges
$(f_{y,cr,d})_w$	Bemessungswert der idealen Knickdruckspannung in Querrichtung (y-Richtung) des Steges
$(f_{y,cr,k})_w$	charakteristischer Wert der idealen Knickdruckspannung in Querrichtung (y-Richtung) des Steges
$f_{y,f}$	Biegefestigkeit in y-Richtung eines Laminats
$f_{y,f,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit in y-Richtung eines Laminats
$f_{y,f,k}$	charakteristischer Wert der Biegefestigkeit in y-Richtung eines Laminats
$f_{y,t}$	Zugfestigkeit in der Ebene in y-Richtung von Laminaten, Kernwerkstoffen oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$f_{y,t,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in y-Richtung eines Laminats
$f_{y,t,k}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in y-Richtung eines Laminats
$(f_{y,wr,d})_w$	Bemessungswert der Kräuselspannung in Querrichtung (y-Richtung) des Steges
$(f_{y,wr,k})_w$	charakteristischer Wert der Kräuselspannung in Querrichtung (y-Richtung) des Steges
$f_{yz,ILS}$	interlaminare Schubfestigkeit (yz-Ebene) eines Laminats
$f_{yz,ILS,k}$	charakteristischer Wert der interlaminaren Schubfestigkeit (yz-Ebene) eines Laminats
$f_{yz,v}$	Schubfestigkeit aus der Ebene (yz-Ebene) von Kernwerkstoffen senkrecht zu den Decklagen
$(f_{yz,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (yz-Ebene) von Kernwerkstoffen senkrecht zu den Decklagen
$(f_{wr,v,d})_w$	Bemessungswert der Kräuselspannung bei Schubbeanspruchung des Steges
$(f_{wr,v,k})_w$	charakteristischer Wert der Kräuselspannung bei Schubbeanspruchung des Steges

$f_{z,c}$	Druckfestigkeit aus der Ebene von Kernwerkstoffen
$(f_{z,c,d})_c$	Bemessungswert der Druckfestigkeit aus der Ebene von Kernwerkstoffen
$f_{z,c,lim}$	zulässige Druckfestigkeit aus der Ebene eines Laminats
$(f_{z,c,k})_c$	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit aus der Ebene von Kernwerkstoffen
$(f_{zi,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (zi-Ebene) des Kerns parallel zu den Decklagen
$f_{z,t}$	Zugfestigkeit aus der Ebene von Laminat oder Kernwerkstoffen
$f_{z,t,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit aus der Ebene eines Laminats
$(f_{z,t,d})_c$	Bemessungswert der Zugfestigkeit aus der Ebene von Kernwerkstoffen
$f_{z,t,k}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit aus der Ebene eines Laminats
$(f_{z,t,k})_c$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit aus der Ebene von Kernwerkstoffen
$f_{zx,v}$	Schubfestigkeit aus der Ebene (xz-Ebene) von Kernwerkstoffen parallel zu den Decklagen
$(f_{zx,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (xz-Ebene) von Kernwerkstoffen parallel zu den Decklagen
$f_{zy,v}$	Schubfestigkeit aus der Ebene (yz-Ebene) von Kernwerkstoffen parallel zu den Decklagen
$(f_{zy,v,k})_c$	charakteristischer Wert der Schubfestigkeit aus der Ebene (yz-Ebene) von Kernwerkstoffen parallel zu den Decklagen
$f_{1,c}$	Längsdruckfestigkeit von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$f_{1,t}$	Längszugfestigkeit von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$f_{12,v}$	Schubfestigkeit in der Ebene von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$f_{13,v}$	intralaminare Schubfestigkeit von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$f_{2,c}$	Querdruckfestigkeit von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$f_{2,t}$	Querzugfestigkeit von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$f_{23,v}$	intralaminare Schubfestigkeit von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
h	Höhe eines Tragwerks (Abschnitt 7), oder Höhe des Steges eines Profilquerschnitts (Abschnitt 8), oder Tiefe des Winkelschenkels (Abschnitt 12)
h_w	Stegtiefe (gleich dem Abstand zwischen den Schwerpunkten der Decklagen)
h_r	Tiefe der Schubebene am Radius der Klebstoffbrücke des Winkelschenkels (Abschnitt 12)

i	Trägheitsradius um die maßgebende Achse eines Profilquerschnitts
i_0	polarer Trägheitsradius um den Schubmittelpunkt eines Profilquerschnitts
l_{eff}	effektive Breite für die Nachweise von Querdruck im Steg (von Sandwichelementen)
l_0	Knicklänge
k	Parameter der effektiven Länge zur Berücksichtigung der aussteifenden Auswirkungen von Endauflagern auf das Biegeknicken eines Profils um die maßgebende Biegeachse
k_{cc}	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Druckspannungskonzentration bei Lochleibungsbeanspruchung vor der Schraube mit einem Lochspiel mit Maßgrenze
$k_{\text{c,creep}}$	Abminderungsfaktor für die Festigkeit für Kriechbruch unter Druckbeanspruchung bei unidirektionalen Endlosfasern
k_{sw}	Auswirkungen der Schiefstellung nach Theorie zweiter Ordnung infolge vertikaler Lasten
k_{tc}	Spannungskonzentrationsbeiwert für bestimmte Konfigurationen von Schraubverbindungen (Nettozugversagen)
$k_{\text{t,creep}}$	Abminderungsfaktor für die Festigkeit für Kriechbruch unter Zugbeanspruchung bei unidirektionalen Endlosfasern
k_{w}	Parameter für die Einspannung der Enden gegen Wölben bei Drillknicken eines Profilquerschnitts
k_{z}	Parameter der effektiven Länge zur Berücksichtigung der Auswirkung von Rotation um die schwache Achse an Auflagern
$\tilde{k}$	Rotationsfeder
k_{θ}	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor ($X_{k,\theta}/X_k$) für eine Festigkeits- oder Steifigkeitseigenschaft
m	Anzahl von Stützen in einer Reihe eines Rahmens (Abschnitt 7), oder Exponent, der von der tatsächlichen Verbindungskonfiguration abhängig ist (12.4.5.4)
n	Anzahl der Prüfergebnisse (4.4.5), oder Exponent, der von der tatsächlichen Verbindungskonfiguration abhängig ist (12.4.5.4)
$n_{\text{b},i}$	Anzahl der Schrauben an der i -ten Schraubenreihe
$n_{\text{b},1}$	Anzahl der Schrauben an der ersten Schraubenreihe ($i = 1$)
$n_{\text{b},2}$	Anzahl der Schrauben an der zweiten Schraubenreihe ($i = 2$)
n_{w}	Verhältnis d_2/d_1
p_1	Mittenabstand von Schrauben in einer Reihe in Lastübertragungsrichtung
p_2	senkrecht zur Lastübertragungsrichtung gemessener Abstand zwischen benachbarten Schraubenreihen
r_i	Krümmungsradius der Decklage in Bezug auf deren Schwerpunkt in der iz -Ebene (positiv für konkav, negativ für konvex)

s	versetzte Teilung, Mittenabstand von zwei benachbarten Löchern in der Kette bei Messung parallel zur Bauteilachse
s_n	Breite, ermittelt durch Verteilung einer Last oder Auflagerkraft bei 45° durch eine Tiefe z
s_s	Breite entlang des Steges, auf den die Last aufgebracht wird oder die Auflagerkraft einwirkt
t	Laminatdicke (allgemein), oder Zeit (Abschnitt 4, 8.5, Abschnitt 9, Anhang A, Anhang D)
t_a	Dicke der Klebstoffschicht
t_c	Dicke des Kerns eines Sandwichquerschnitts
t_f	konstante Dicke jeder Decklage eines Sandwichquerschnitts (Abschnitt 7 und 8.4), oder Flanschdicke eines Profilquerschnitts (8.3 und Anhang C)
t_i	Dicke der Lage i eines Laminats (Anhang B), oder Dicke der Querschnittswandung i eines Profilquerschnitts (Anhang C)
t_{l-a}	Dicke eines Winkels
t_k	Dicke der Wand k , in der sich ein Loch befindet
$t_{\max}$	Dicke der dicksten Wand eines Querschnitts
$t_{\min}$	Dicke der dünnsten Wand eines Querschnitts (Abschnitt 8), oder Mindestwert der Gesamtdicke vom Stegwinkelpaar unter Einwirkung von $V_{wc,Ed}$ (Abschnitt 12)
t_w	Stegdicke eines Sandwich- oder Profilquerschnitts
u	Rundschnitt
w	Breite der Komponente
w_1	anfänglicher Anteil der Durchbiegung unter ständigen Lasten der maßgebenden Einwirkungskombination
w_2	Langzeit-Anteil der Durchbiegung unter ständigen Lasten, einschließlich quasi-ständiger Lasten
w_3	momentane Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen mit Ausnahme der quasi- ständigen Lasten
w_c	Überhöhung im unbeanspruchten tragenden Bauteil (sofern angewendet)
$w_{\max}$	verbleibende Gesamtdurchbiegung unter Berücksichtigung der Überhöhung
w_{tot}	Gesamtdurchbiegung als die Summe aus w_1 , w_2 , w_3
w_{G_k}	anfänglicher Anteil der Durchbiegung unter ständigen Lasten
$w_{Q_{k,1}}$	momentane Durchbiegung infolge der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung
$w_{Q_{k,j}}$	momentane Durchbiegung infolge begleitender veränderlicher Einwirkungen
z_g	Abstand zwischen dem Lasteinleitungspunkt und dem Schubmittelpunkt eines Profils

Griechische Großbuchstaben

Φ_E	Hilfskoeffizient für Biegeknicken eines Profils
Φ_{LT}	Hilfskoeffizient für Biegedrillknicken eines Profils

Griechische Kleinbuchstaben

α	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung von Sandwichkernwerkstoffen
$\alpha_{cr,sw}$	Faktor, um den die Bemessungslast erhöht werden müsste, um elastische Instabilität eines Tragwerks bei globalem (seitlichem) Ausknicken in der Ebene zu verursachen
$\alpha_{f,1}$	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung in Richtung 1 der Fasern
$\alpha_{f,2}$	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung in Richtung 2 der Fasern
α_h	Abminderungsfaktor in Abhängigkeit der Stützhöhe h
$\alpha_{i,j}$	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung der j -ten Lage entlang der zugeschriebenen Richtung i (x oder y)
α_m	Abminderungsfaktor in Abhängigkeit von der Anzahl der Stützen in einer Reihe
α_q	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung von Mattenlagen mit zufälliger Faserausrichtung
α_r	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung von Harzen
α_x, α_y	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung in Richtung x und y von Laminaten
α_1, α_2	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung in Längs- und Querrichtung von UD-Lagen, ausgeglichenen bidirektionalen Lagen oder Mattenlagen
$\alpha_1^{UD}, \alpha_2^{UD}$	Koeffizient der linearen thermischen Dehnung einer fiktiven UD-Lage mit demselben Faservolumenanteil wie die Mattenlage
β_1	Koeffizient der Feuchtedehnung in Längsrichtung bei Quellung von Lagen
β_2, β_3	Koeffizienten der Feuchtedehnung in Querrichtung bei Quellung von Lagen
γ_{Ff}	Teilsicherheitsbeiwert für die Ermüdungseinwirkung
γ_M	einzelner Teilsicherheitsbeiwert für den Werkstoff zur Berücksichtigung der Unsicherheit in einem Widerstandsmodell
$\gamma_{M,ac}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand einer Klebverbindung
$\gamma_{M,creep}$	Teilsicherheitsbeiwert für Kriechbruch
γ_{Mf}	Teilsicherheitsbeiwert für den Ermüdungswiderstand
$\gamma_{M,fi}$	Teilsicherheitsbeiwert für die maßgebende mechanische Werkstoffeigenschaft für den Brandfall
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert für eine Werkstoff- oder Produkteigenschaft

$\gamma_{m,i}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine Werkstoff- oder Produkteigenschaft zur Berücksichtigung ungünstiger Abweichungen der Eigenschaften eines Werkstoffs oder Produkts i von ihren jeweiligen charakteristischen Werten sowie geometrischer Abweichungen (sofern diese nicht detailliert modelliert werden)
γ_{Rd}	Teilsicherheitsbeiwert in Zusammenhang mit der Unsicherheit in einem Widerstandsmodell
$\varepsilon_{f,1}$	Zugdehnung bei Versagen in Längsrichtung der Fasern
$\varepsilon_{t,k}^{crack}$	charakteristischer Wert der Zugdehnung, die Rissbildung in der Matrix verursacht
$\varepsilon_{t,d}^{crack}$	Bemessungswert der Zugdehnung, die Rissbildung in der Matrix verursacht
$\varepsilon_{t,SLs}$	Zugdehnung infolge der häufigen Kombination von Einwirkungen
ε_r	größte Zugdehnung eines wärmehärtbaren Harztyps
η_c	Umrechnungsfaktor
$\eta_{c,i}$	Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung der Auswirkungen von Temperatur und Feuchte, der Auswirkungen von Werkstoffalterung, einschließlich der mit diesen Auswirkungen verbundenen Unsicherheit
η_{cm}	Umrechnungsfaktor für Feuchteauswirkungen
η_{ct}	Umrechnungsfaktor für Temperatureauswirkungen
η_{fi}	Umrechnungsfaktor, der auf E_d angewendet wird, um $E_{fi,d}$ zu ermitteln
θ	Temperatur
λ	Wärmeleitfähigkeit
$\lambda_{f,1}$	Wärmeleitfähigkeit in Faserlängsrichtung
λ_E	Schlankheit eines Profils für die Wechselwirkung zwischen lokalem Knicken und Biegeknicken
λ_{LT}	Schlankheit eines Profils für die Wechselwirkung zwischen lokalem Knicken und Biegedrillknicken
λ_r	Wärmeleitfähigkeit von Harzen
λ_θ	Bemessungswert des Verhältnisses zwischen der effektiven Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Temperatur θ und dem entsprechenden Wert bei 20 °C
λ_1	Wärmeleitfähigkeit in Richtung 1 von UD-Lagen oder ausgeglichenen bidirektionalen Lagen
λ_2	Wärmeleitfähigkeit in Richtung 2 von UD-Lagen oder ausgeglichenen bidirektionalen Lagen
ν	Poissonzahl von Mattenlagen
ν_f	Poissonzahl von Fasern
ν_r	Poissonzahl von Harzen

ν_{xy}	Hauptwert der Poissonzahl in der Ebene von Laminaten oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$\nu_{xy,k}$	charakteristischer Hauptwert der Poissonzahl in der Ebene von Laminaten oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
ν_{yx}	Nebenwert der Poissonzahl in der Ebene von Laminaten oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
$\nu_{yx,k}$	charakteristischer Nebenwert der Poissonzahl von Laminaten oder ausgeglichenen symmetrisch aufgebauten bidirektionalen Laminaten
ν_{12}	Poissonzahl von UD-Lagen
ρ	Dichte
ρ_f	Dichte von Fasern
ρ_r	Dichte von Harzen
ρ_θ	Bemessungswert des Verhältnisses zwischen der Dichte als Funktion der Temperatur θ und dem entsprechenden Wert bei 20 °C
$\sigma_{c,creep,Ed}$	Bemessungswert der größten gleichbleibenden Druckspannung infolge der quasi-ständigen Kombinationen von Einwirkungen
$\sigma_{c,creep,Rd}$	Bemessungswert der Druckspannungsgrenze für Kriechbruch
$\sigma_{f,1}$	Zugfestigkeit in Faserlängsrichtung
$\sigma_{i,b,Ed}$	Bemessungswert der Biegespannung in der Ebene in i -Richtung an jedem Querschnitt eines Laminats
$\sigma_{i,c,Ed}$	Bemessungswert der Normaldruckspannung in der Ebene in i -Richtung an jedem Querschnitt eines Laminats
$\sigma_{i,ob,Ed}$	Bemessungswert der Biegespannung aus der Ebene in i -Richtung an jedem Querschnitt eines Laminats
$(\sigma_{i,Ed})_c$	Bemessungswert der Normalspannung im Kern
$(\sigma_{i,Ed})_f$	Bemessungswert der (Zug- oder Druck-)Spannung in der Ebene in den Decklagen in i -Richtung
$(\sigma_{i,M,Ed})_c$	Bemessungswert der Biegespannung im Kern in i -Richtung
$(\sigma_{i,M,Ed})_f$	Bemessungswert der Biegespannung in den Decklagen in i -Richtung
$(\sigma_{i,N,Ed})_c$	Bemessungswert der Normalspannung im Kern in i -Richtung
$(\sigma_{i,N,Ed})_f$	Bemessungswert der Normalspannung in den Decklagen in i -Richtung
$\sigma_{i,t,Ed}$	Bemessungswert der Normalzugspannung in der Ebene in i -Richtung an jedem Querschnitt eines Laminats
$\sigma_{r,c}, \sigma_{r,t}$	Druck- und Zugfestigkeit von Harzen

$\sigma_{t,creep,Ed}$	Bemessungswert der größten gleichbleibenden Zugspannung infolge der quasi-ständigen Kombinationen von Einwirkungen
$\sigma_{t,creep,Rd}$	Bemessungswert der Zugspannungsgrenze für Kriechbruch
$(\sigma_{x,M,Ed})_w$	Bemessungswert der Biegespannung in der Ebene im Steg
$(\sigma_{y,c,Ed})_w$	Bemessungswert der Druckspannung im Steg infolge konzentrierter Querlasten
$(\sigma_{z,Ed})_c$	Bemessungswert der Spannung aus der Ebene im Kern
$\sigma_{z,t,Ed}$	Bemessungswert der Zugspannung aus der Ebene
σ_{11}, σ_{22}	Längs- und Querspannung in einer Lage infolge der Auswirkung von Einwirkungen
τ_{Ed}	Bemessungswert der Schubspannung infolge Torsion
$(\tau_{Ed})_c$	Bemessungswert der Schubspannung aus der Ebene im Kern
$(\tau_{Ed})_w$	Bemessungswert der Schubspannung aus der Ebene im Steg
$\tau_{Ed}^{(SV)}$	Bemessungswert der Schubspannung infolge eines gleichförmigen Torsionsmoments
$\tau_{Ed}^{(w)}$	Bemessungswert der Schubspannung infolge eines ungleichförmigen Torsionsmoments
$(\tau_{i,Ed})_c$	Bemessungswert der Schubspannung im Kern
$\tau_{i_z,Ed}$	Bemessungswert der interlaminaren Schubspannungen in der iz -Ebene eines Laminats
τ_{max}	größte mittlere Schubspannung von Klebstoffen
τ_r	Schubfestigkeit von Harzen
$\tau_{xy,Ed}$	Bemessungswert der Schubspannung in der Ebene an jedem Querschnitt eines Laminats
τ_{12}	Schubspannung in einer Lage infolge der Auswirkung von Einwirkungen
ϕ	Anfangsschiefstellung
$\phi(t)$	Kriechzahl zum Zeitpunkt t
ϕ_0	Ausgangswert der Anfangsschiefstellung (1/200)
χ_E	Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen lokalem Knicken und Biegeknicken eines Profils
$\chi_{E,shear}$	Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung des Einflusses von Schubverformung
$\chi_{i,b}$	Abminderungsbeiwert für Knicken bei Biegebeanspruchung in i -Richtung zur Berücksichtigung von Imperfektionen eines Laminats
$\chi_{i,c}$	Abminderungsbeiwert für Knicken bei Druckbeanspruchung in i -Richtung zur Berücksichtigung von Imperfektionen eines Laminats
χ_{LT}	Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen lokalem Knicken und Biegedrillknicken eines Profils

χ_v	Abminderungsbeiwert für Knicken bei Schubbeanspruchung in der Ebene zur Berücksichtigung von Imperfektionen eines Laminats
$\psi_{1,1}, \psi_{2,1}, \psi_{2,i}$	Kombinationsbeiwerte zur Anwendung auf veränderliche Einwirkungen

3.2.2 Abkürzungen

CFM	Endlosfasermatte (en: continuous fibre mat)
CLT	klassische Laminattheorie (en: classical lamination theory)
CSM	Stapelfasermatte (en: chopped strand mat)
CZM	Kohäsionszonenmodellierung (en: cohesive zone modelling)
DCB	Doppelbalken (en: double cantilever beam)
DMA	dynamisch-mechanische Analyse (en: dynamic mechanical analysis)
DSC	Differentialthermoanalyse (en: differential scanning calorimetry)
EAD	Europäisches Bewertungsdokument (en: European Assessment Document)
ENF	Biegeprüfung am Ende gekerbter Probekörper (en: end-notched flexure)
ETA	Europäische Technische Zulassung (en: European Technical Approval)
FEM	Finite-Elemente-Modellierung (en: finite element modelling)
FRP	faserverstärkter Kunststoff (en: fibre-reinforced polymer)
HM	hoher Modul (en: high modulus)
HS	hohe Festigkeit (en: high strength)
ILSS	interlaminare Schubfestigkeit (en: interlaminar shear strength)
PET	Polyethylenterephthalat (en: polyethylene terephthalate)
PQM	Produktionsqualitätsmanagement (en: production quality management)
PUR	Polyurethan (en: polyurethane)
PVC	Polyvinylchlorid (en: polyvinyl chloride)
RIM	Harz-Infusionspressen (en: resin infusion moulding)
RTM	Harz-Spritzpressen (en: resin transfer moulding)
SLS	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (en: serviceability limit states)
TG	Thermogravimetrie (en: thermogravimetry)
TMA	thermomechanische Berechnung (en: thermomechanical analysis)
TTSP	Zeit-Temperatur-Superpositionsprinzip (en: time-temperature superposition principle)
UD	unidirektional (en: unidirectional)
ULS	Grenzzustände der Tragfähigkeit (en: ultimate limit states)

UV	ultraviolett (en: ultraviolet)
VARTM	vakuumgestütztes Harz-Spritzpressen (en: vacuum-assisted resin transfer moulding)
VCCT	virtuelles Rissverschlussverfahren (en: virtual crack closure technique)

3.3 Symbole für Bauteilachsen

(1) Bild 3.1 zeigt die Konvention für die lokalen Achsen (1, 2 und 3) einer unidirektionalen Lage:

- die Achsen 1 und 2 stehen für die Richtungen in der Lagenebene in Faserrichtung bzw. quer zu den Fasern;
- die Achse 3 steht für die Richtung aus der Lagenebene.

ANMERKUNG Eine unidirektionale Lage schließt alle in eine Richtung ausgerichteten verstärkenden Fasern ein.

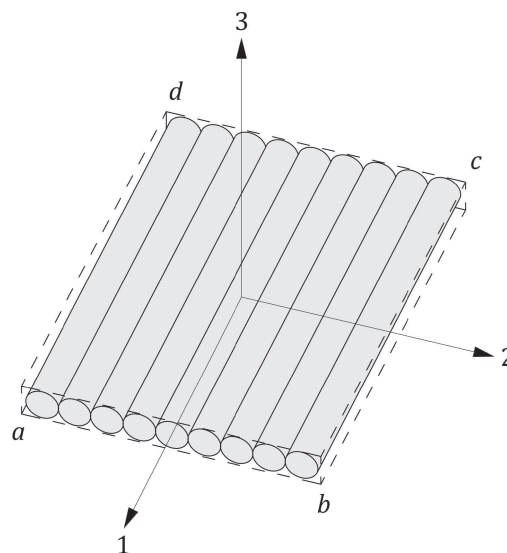


Bild 3.1 — Bezugsachsen (lokal) für eine unidirektionale Lage

(2) Bild 3.2 zeigt die Konvention für die globalen Achsen (x , y und z) eines aus mehreren Lagen mit jeweils bestimmter Ausrichtung bestehenden Laminats:

- die Achsen x und y stehen für die Richtungen in der Laminebene in Längs- bzw. Querrichtung;
- die Achse z steht für die Richtung aus der Laminebene;
- der Winkel θ , der die Ausrichtung jeder Lage in Bezug auf das Laminat definiert, wird entgegen dem Uhrzeigersinn von der lokalen Achse 1 der Lage zur globalen Achse x des Laminats gemessen.

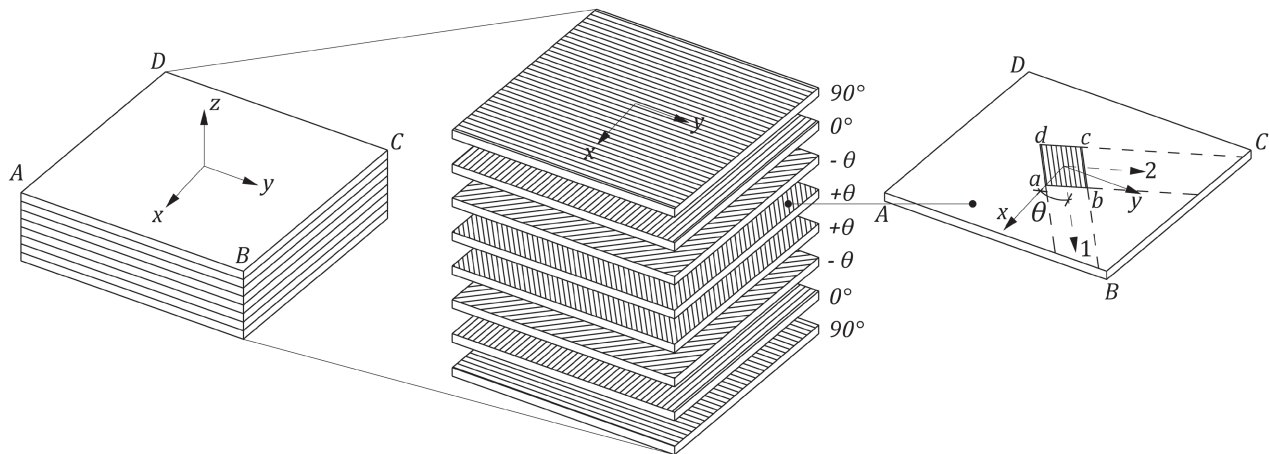


Bild 3.2 — Bezugsachsen (global) für ein Laminat mit mehreren Lagen mit unterschiedlichen Faserausrichtungen in Bezug auf eine Lage (abcd, Bild 3.1)

(3) Bild 3.3 zeigt die Konvention für die globalen Achsen (x , y und z) eines aus mehreren Laminaten bestehenden Profils:

- die Achse x verläuft entlang der Längsachse des Bauteils;
- die Achsen y und z stehen für die Querschnittsachsen.

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen sind y und z für die Querschnittsachsen parallel bzw. senkrecht zu den Flanschen vorgesehen.

ANMERKUNG 2 Bei Winkelprofilen stehen y und z für die Querschnittsachsen parallel und senkrecht zum kleineren Schenkel (oder orthogonalen Schenkel bei gleichschenkligen Winkelprofilen).

ANMERKUNG 3 In i -Profilen sind die rechtwinkligen Hauptrichtungen des Werkstoffs der Flansche am xyz -Koordinatensystem nach Bild 3.3 ausgerichtet; beim Steg hingegen bezeichnen x und y die Längs- und Querrichtung in der Ebene und z die Richtung aus der Ebene des Steglaminats.

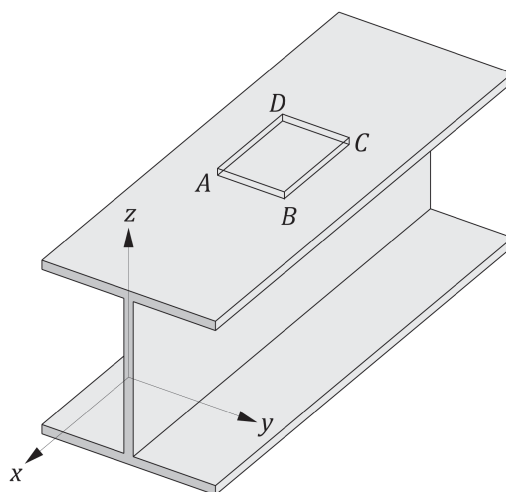


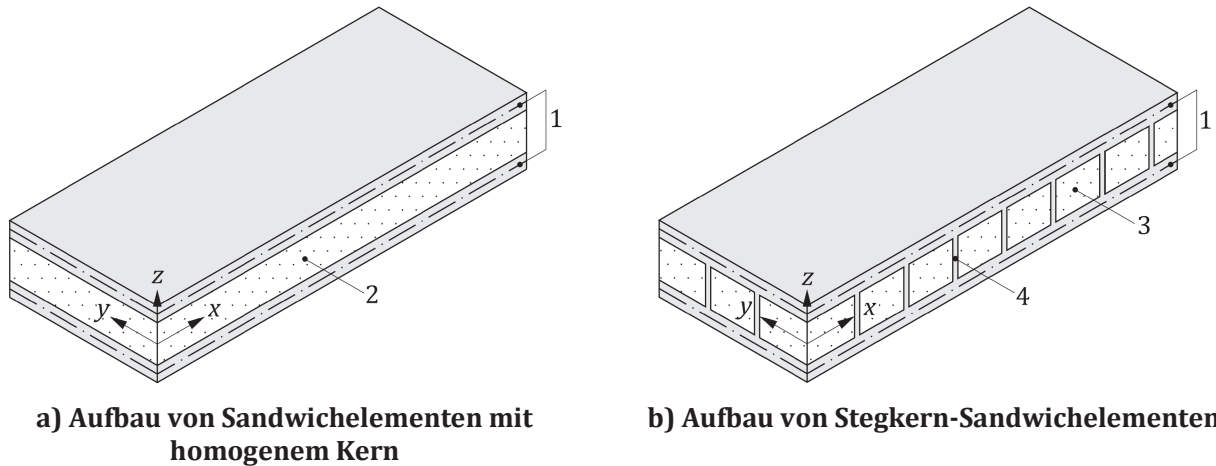
Bild 3.3 — Bezugsachsen (global) für ein Profil in Bezug auf ein Laminat (ABCD, Bild 3.2)

(4) Bild 3.4 zeigt die Konvention für die globalen Achsen (x , y und z) von Sandwichelementen mit homogenem Kern und Stegkern-Sandwichelementen:

- die Achsen x und y stehen für die Mittelebene des Kerns in Längs- bzw. Querrichtung;
- die Achse z steht für die Richtung aus der Ebene.

ANMERKUNG 1 Die rechtwinkligen Hauptrichtungen des Werkstoffs der Decklagenlaminare und des Kerns sind am xyz-Koordinatensystem nach Bild 3.4 ausgerichtet.

ANMERKUNG 2 In Stegen von Stegkern-Sandwichelementen bezeichnen x und y die Längs- und die Querrichtung in der Ebene und z bezeichnet die Richtung aus der Ebene des Steglaminats.



Legende

- 1 Decklagen
- 2 Kern
- 3 Schaumstoffkern
- 4 Steg

Bild 3.4 — Aufbau von Sandwichelementen

4 Grundlagen der Tragwerksplanung

4.1 Allgemeine Regeln

4.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Die Bemessung von Verbundtragwerken muss den allgemeinen Regeln nach EN 1990 sowie den in diesem Dokument angegebenen spezifischen Festlegungen für die Bemessung von Verbundtragwerken entsprechen.

(2) Die Bemessung von Verbundtragwerken für den Brandfall muss den Grundsätzen und Anwendungsregeln nach Anhang D entsprechen.

4.1.2 Zuverlässigkeit des Tragwerks und Qualitätsmanagement

(1) Die Regeln für die Zuverlässigkeit des Tragwerks und Qualitätsmanagement nach EN 1990 müssen eingehalten werden wie auch die anwendbaren Europäischen Normen zu Produkten und Herstellungsprozessen von Faserverbund-Kunststoffen.

4.1.3 Geplante Nutzungsdauer

(1) Für die Festlegung der vorgesehenen geplanten Nutzungsdauer müssen die Regeln nach EN 1990 befolgt werden.

4.1.4 Dauerhaftigkeit

(1) Für die Betrachtung der Dauerhaftigkeit müssen die allgemeinen Regeln nach EN 1990 und Abschnitt 6 befolgt werden.

ANMERKUNG Abschnitt 6 gilt für die Dauerhaftigkeit von Verbundtragwerken und gibt Hinweise für die Auswahl und Verarbeitung der enthaltenen Werkstoffe mit einer Beschreibung der maßgebendsten Umgebungsbedingungen und ihrer Hauptauswirkungen auf Werkstoffe über die Zeit sowie Empfehlungen für Schutzmaßnahmen.

4.2 Grundsätze der Bemessung nach Grenzzuständen

(1) Die Bemessung von Verbundtragwerken muss den Regeln für die Bemessung nach Grenzzuständen nach EN 1990 entsprechen.

4.3 Basisvariablen

4.3.1 Einwirkungen, temperatur- und zeitabhängige Auswirkungen

4.3.1.1 Allgemeines

(1) Die charakteristischen Werte von Einwirkungen für die Bemessung von Verbundtragwerken müssen den maßgebenden Teilen von EN 1991, EN 1997 und EN 1998 entnommen werden.

ANMERKUNG 1 Ständige Einwirkungen können jene einschließen, die ständige Dehnungen oder Spannungen verursachen, wie z. B. unterschiedliche Setzungen von Auflagern und eingeschlossene thermische Spannungen (wenn Verbundtragwerke bei hoher oder tiefer Temperatur errichtet werden).

ANMERKUNG 2 Zu Ermüdungseinwirkungen siehe Abschnitt 10, der Ermüdungsnachweise abdeckt.

ANMERKUNG 3 Zu Einwirkungen im Brandfall siehe Anhang D, der Regeln für die Bemessung von Verbundtragwerken für den Brandfall enthält.

(2) In Sandwichelementen darf das zusätzliche Eigengewicht infolge der Absorption von Harz durch Schaumstoff- oder Balsaholzkerne während der Herstellung durch Wägen der Sandwichelemente nach der Herstellung quantifiziert werden.

ANMERKUNG Die Absorption von Harz durch Schaumstoff- oder Balsaholzkerne während der Herstellung (insbesondere bei Harz-Infusionsverfahren) kann das Eigengewicht von Sandwichelementen signifikant erhöhen.

(3) Verbundtragwerke, -bauteile und -komponenten sollten so bemessen werden, dass Einwirkungen durch Anprall nicht zu einem Einsturz des Tragwerks, unzulässigem Funktionsverlust oder verringerter Dauerhaftigkeit führen.

(4) Wenn die Wechselwirkung zwischen Boden und Tragwerk signifikanten Einfluss auf die Auswirkungen von Einwirkungen in Verbundtragwerken hat, sollten die Eigenschaften des Bodens und die Auswirkungen der Wechselwirkung entsprechend EN 1997-1 und EN 1998, sofern zutreffend, berücksichtigt werden.

(5) Einwirkungen, die nicht durch EN 1991, EN 1997 und EN 1998 abgedeckt sind, müssen nach EN 1990 und entsprechend den Festlegungen der zuständigen Behörde oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, entsprechend den projektspezifischen Vereinbarungen zwischen den beteiligten Parteien ermittelt werden.

4.3.1.2 Temperaturabhängige Auswirkungen

(1) Die Werte thermischer Einwirkungen sollten verwendet werden, um sowohl (i) Auswirkungen thermischer Einwirkungen in Verbundbauteilen, -anschlüssen und -komponenten als auch (ii) temperaturabhängige Auswirkungen auf Werkstoffeigenschaften festzulegen.

(2) Zur Festlegung von Auswirkungen thermischer Einwirkungen sollten die Mindest- und Höchstwerte der Werkstofftemperatur in Verbundbauteilen, -anschlüssen und -komponenten unter Betriebsbedingungen auf der Grundlage der nach EN 1991-1-5 festgelegten Mindest- und Höchstwerte der Betriebstemperatur anhand eines geeigneten thermischen Modells bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 EN 1991-1-5 enthält jährliche Mindest- und Höchstwerte der Lufttemperatur im Schatten mit einer jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeit von 0,02. Dies entspricht einer mittleren Wiederkehrperiode von 50 Jahren.

ANMERKUNG 2 Jährliche Mindest- oder Höchstwerte der Lufttemperatur im Schatten auf der Grundlage einer von 0,02 abweichenden jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeit können berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck kann die Methodologie nach EN 1991-1-5:2003, Abschnitt A.2, angewendet werden.

ANMERKUNG 3 Angaben zu den jährlichen Mindest- und Höchstwerten für die Lufttemperatur im Schatten, die zur Festlegung von Auswirkungen thermischer Einwirkungen verwendet werden, können im Nationalen Anhang zu EN 1991-1-5 enthalten sein.

(3) In Abwesenheit spezifischer Angaben zu Verbundtragwerken in EN 1991-1-5 dürfen Temperaturdifferenzen in Brücken aus Verbundwerkstoffen anhand eines geeigneten thermischen Modells unter Berücksichtigung der Zusammensetzung des Verbundtragwerks und des Fahrbelags bestimmt werden.

(4) Zur Festlegung von Temperatúrauswirkungen auf Werkstoffeigenschaften sollten die Mindest- und Höchstwerte der Werkstofftemperatur in Verbundbauteilen, -anschlüssen und -komponenten unter Betriebsbedingungen auf der Grundlage der nach EN 1991-1-5 festgelegten Mindest- und Höchstwerte der Betriebstemperatur unter Berücksichtigung geeigneter Wahrscheinlichkeiten der Nichtüberschreitung und von Bezugszeiträumen sowie unter Anwendung eines geeigneten thermischen Modells bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 EN 1990:—, 6.1.2.3(3) gibt Wahrscheinlichkeiten der Nichtüberschreitung und Bezugszeiträume an, die für die Festlegung der häufigen und der quasi-ständigen Werte der Mindest- und Höchst-Betriebstemperaturen berücksichtigt werden können.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Hinweise zur Festlegung der Mindest- und Höchstwerte der Betriebstemperatur für die Festlegung der Temperatúrauswirkungen auf Werkstoffeigenschaften können im Nationalen Anhang angegeben sein.

4.3.1.3 Zeitabhängige Auswirkungen

(1) Zeitabhängige Auswirkungen müssen berücksichtigt werden, einschließlich Kriechen, Relaxation und Abnutzung.

(2) Zeitabhängige Auswirkungen aufgrund von Kriechen sollten unter der quasi-ständigen Kombination von Einwirkungen beurteilt und in allen maßgebenden Kombinationen von Einwirkungen angewendet werden.

4.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften

(1) Die charakteristischen Werte X_k oder die Nennwerte X_n von Werkstoff- und Produkteigenschaften müssen durch Prüfung nach EN 1990 und Abschnitt 5 bestimmt werden.

ANMERKUNG Für eine vorläufige Bemessung können die Werkstoffeigenschaften der Lage oder des Laminats der Literatur entnommen oder anhand eines Verfahrens mit analytischer Modellierung unter Berücksichtigung der Eigenschaften der enthaltenen Werkstoffe bestimmt werden. Anhang B gibt ausgewählte (mittlere) Werte für die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Fasern, Harzen, Lagen, Laminaten und Kernwerkstoffen an, die für die vorläufige Bemessung von Verbundtragwerken verwendet werden können.

(2) Die Mittelwerte der geeigneten Elastizitätsmoduln, modifiziert durch die maßgebenden Umrechnungsfaktoren (4.4.7), sollten bei der statischen Berechnung zur Bestimmung von Durchbiegungen, Schwingungen und Dehnungen für die Bemessung von Verbundtragwerken oder -teiltragwerken nach Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (SLS) verwendet werden (Abschnitt 7 und Abschnitt 9).

(3) Die Mittelwerte der geeigneten Elastizitätsmoduln, modifiziert durch die maßgebenden Umrechnungsfaktoren (4.4.7), sollten bei der statischen Berechnung zur Bestimmung der Verteilung von Schnittgrößen oder Spannungen für die Bemessung von Verbundtragwerken oder -teiltragwerken nach Grenzzuständen der Tragfähigkeit (ULS) verwendet werden (Abschnitt 7, Abschnitt 8 und Anhang C).

(4) Die charakteristischen Werte (5 %-Fraktile) der geeigneten Elastizitätsmoduln, modifiziert durch die maßgebenden Umrechnungsfaktoren (4.4.7), sollten bei der Stabilitätsberechnung für die Bemessung von Verbundtragwerken oder -teiltragwerken nach Grenzzuständen der Tragfähigkeit (ULS) verwendet werden (Abschnitt 7, Abschnitt 8 und Anhang C).

(5) Die Auswirkungen von Umgebungsbedingungen auf Werkstoff- und Produkteigenschaften müssen nach 4.4.7 und Abschnitt 6 berücksichtigt werden.

4.3.3 Geometrische Eigenschaften

(1) Die für Bemessung und geometrische Toleranzen heranzuziehenden geometrischen Eigenschaften von Verbundbauteilen und -komponenten sollten den maßgebenden Produktnormen sowie Hersteller- und Ausführungsspezifikationen entsprechen.

(2) Geeignete Zuschläge müssen bei der Bemessung für geometrische Toleranzen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Geometrische Toleranzen für pultrudierte Profile sind in EN 13706 festgelegt.

(3) Für die statische Berechnung und Tragwerksplanung dürfen die Nennwerte von Maßen verwendet werden.

4.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

4.4.1 Bemessungswerte von Einwirkungen

(1) Für die Kombination von Einwirkungen und Teilsicherheitsbeiwerten von Einwirkungen, die für die Bemessung von Verbundtragwerken maßgebend sind, muss EN 1990:—, Anhang A, angewendet werden.

4.4.2 Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften

(1) Der Bemessungswert für eine Werkstoffeigenschaft wird bestimmt, indem ihr charakteristischer Wert durch den maßgebenden Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoffe nach 4.4.5 dividiert wird.

4.4.3 Bemessungswerte von geometrischen Eigenschaften

(1) Bemessungswerte von geometrischen Imperfektionen in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieses Dokuments entsprechen geometrischen Imperfektionen, welche die Auswirkungen von Folgendem berücksichtigen:

- geometrische Imperfektionen wie in maßgebenden Produktnormen sowie Hersteller- und Ausführungsspezifikationen festgelegt;
- Imperfektionen infolge Herstellung und Errichtung;
- Restspannungen.

4.4.4 Bemessungswerte des Widerstands

(1) Der Bemessungswert des Widerstands R_d für eine bestimmte Bemessungssituation sollte nach Gleichung (4.1) berechnet werden, sofern in diesem Abschnitt nicht anders festgelegt, siehe (2) und (3):