

DIN EN 14272

ICS 79.060.10

Ersatz für
DIN V ENV 14272:2002-12

**Sperrholz –
Rechenverfahren für einige mechanische Eigenschaften;
Deutsche Fassung EN 14272:2011**

Plywood –
Calculation method for some mechanical properties;
German version EN 14272:2011

Contreplaqué –
Méthode de calcul pour certaines caractéristiques mécaniques;
Version allemande EN 14272:2011

Gesamtumfang 47 Seiten

Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14272:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 112 „Holzwerkstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 042-02-15 AA „Spiegelausschuss zu CEN/TC 112 und ISO/TC 89 Holzwerkstoffe“ im Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM).

Änderungen

Gegenüber DIN ENV 14272:2002-12 wurden folgenden Änderungen vorgenommen:

- a) das Rechenverfahren gilt für Platten mit beliebiger Zusammensetzung und symmetrischem oder nicht symmetrischem Aufbau;
- b) die sich für die Platten ergebenden Werte können für die Berechnung als charakteristische Werte entsprechend den Anforderungen von EN 1995-1-1 verwendet werden;
- c) der neue Anhang A (normativ) enthält die Ableitung der Werte für Furniere (der Basiswerte);
- d) der neue Anhang B (normativ) enthält praktische Kalkulationstabellen für das Ableiten der Eigenschaften;
- e) im neuen Anhang C (informativ) ist ein Beispiel für die Biegefestigkeit angegeben.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 14272: 2002-12

Deutsche Fassung

Sperrholz - Rechenverfahren für einige mechanische Eigenschaften

Plywood - Calculation method for some mechanical properties

Contreplaqué - Méthode de calcul pour certaines caractéristiques mécaniques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. Oktober 2011 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Kurzbeschreibung	6
4 Begriffe	6
5 Symbole	7
5.1 Hauptsymbole	7
5.2 Indizes	7
6 Rechenverfahren.....	8
6.1 Allgemeines	8
6.2 Für die Rechenverfahren maßgebliche Eigenschaften.....	8
6.3 Holzarten.....	8
6.4 Faktoren für die Zusammensetzung von Sperrholz.....	8
7 Charakteristische Werte für Festigkeit und Steifigkeit bei Biegung, Zug und Druck.....	10
7.1 Allgemeines	10
7.2 Biegung.....	10
7.2.1 Allgemeines	10
7.2.2 Elastizitätsmodul	11
7.2.3 Festigkeit	11
7.3 Zug und Druck.....	12
7.3.1 Steifigkeit und Tragfähigkeit der Lagen im Querschnitt.....	12
7.3.2 Steifigkeit und Tragfähigkeit der Platten.....	12
7.3.3 Eigenschaften der Platte (angenommen homogene Struktur)	12
7.4 Eigenschaftswerte für Lagen.....	13
7.4.1 Allgemeines	13
7.4.2 Elastizitätsmodul (E_M, E_t, E_C)	13
7.4.3 Beständigkeit	13
8 Schub-/Schereigenschaften	15
8.1 Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene.....	15
8.1.1 Schubmodul rechtwinklig zur Plattenebene (G_V)	15
8.1.2 Scherfestigkeit rechtwinklig zur Plattenebene (f_V).....	15
8.2 Schub/Scheren in Plattenebene	16
8.2.1 Allgemeines	16
8.2.2 Schubmodul in Plattenebene (G_R)	16
8.2.3 Scherfestigkeit in Plattenebene (f_R).....	16
9 Verhältnis von Festigkeit zu Elastizitätsmodul	17
10 Rohdichte	17
11 Umrechnung von Festigkeit und Elastizitätsmodul in Tragfähigkeit und Steifigkeit	17
Anhang A (normativ) Ableitung der Werte für Furniere (bzw. der Basiswerte)	19
A.1 Anwendungsbereich	19
A.2 Kurzbeschreibung	19
A.2.1 Option 1: Unter Anwendung der Prüfergebnisse von Sperrholz.....	19
A.2.2 Option 2: Unter Anwendung der Eigenschaften von Vollholz	19
A.3 Verfahren zum Ableiten von Eigenschaften aus der Prüfung von Sperrholz.....	19

A.3.1	Allgemeines	19
A.3.2	Probenahme	20
A.3.3	Prüfkörper	20
A.3.4	Prüfung	20
A.3.5	Auswertung der Ergebnisse	21
A.4	Ableitung von Schätzwerten für Furniere	25
A.4.1	Allgemeines	25
A.4.2	Durch Prüfung erhaltene Werte	25
A.4.3	Festgelegte Werte.....	25
A.5	Prüfbericht	26
Anhang B (normativ) Praktische Kalkulationstabellen für die Ableitung der Eigenschaften.....		27
B.1	Allgemeines	27
B.2	Biegung	28
B.2.1	Allgemeines	28
B.2.2	Haupttabellen	28
B.2.3	Tabellen für Festigkeitswerte	29
B.3	Zug und Druck	31
B.4	Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene	37
B.5	Schub/Scheren in Plattenebene.....	37
B.5.1	Allgemeines	37
B.5.2	Verfügbare Werte für Furniere	38
B.5.3	Keine verfügbaren Werte für Furniere.....	40
Anhang C (informativ) Beispiel für die Biegefestigkeit.....		41
C.1	Bestimmung der Spannung in den Lagen	41
C.2	Bestimmung der Festigkeit der Platte	43
Literaturhinweise		45

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14272:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 112 „Holzwerkstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt ENV 14272:2002.

Die Anhänge A und B sind normativ.

Im Vergleich zu ENV 14272:2002 wurden die folgenden Änderungen vorgenommen:

- a) das Rechenverfahren gilt für Platten mit beliebiger Zusammensetzung und symmetrischem oder nicht symmetrischem Aufbau;
- b) die sich für die Platten ergebenden Werte können für die Berechnung als charakteristische Werte entsprechend den Anforderungen von EN 1995-1-1 verwendet werden;
- c) der neue Anhang A (normativ) enthält die Ableitung der Werte für Furniere (der Basiswerte);
- d) der neue Anhang B (normativ) enthält praktische Kalkulationstabellen für das Ableiten der Eigenschaften;
- e) im neuen Anhang C (informativ) ist ein Beispiel für die Biegefestigkeit angegeben.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Rechenverfahren fest für Sperrholzplatten mit beliebiger Zusammensetzung und mit symmetrischem oder nicht symmetrischem Aufbau zur Ableitung von sowohl einigen mechanischen Eigenschaften (Festigkeit und Steifigkeit bei Biegung, Zug, Druck, Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene und Schub/Scheren in Plattenebene) als auch der Rohdichte aus dem Holz, aus dem sich die Lagen zusammensetzen.

ANMERKUNG Üblicherweise haben die Platten einen symmetrischen Aufbau; jedoch sind das Aussehen der Oberfläche der Vorderseite und das Aussehen der Oberfläche der Rückseite sehr oft unterschiedlich, daher bestehen Unterschiede bei den mechanischen Eigenschaften der jeweiligen Furniere. Deshalb ist in diesem Fall die Zusammensetzung nicht mechanisch symmetrisch, und es ist ein von der Symmetrie unabhängiges Rechenverfahren erforderlich.

Unter der Voraussetzung, dass für die Lagen konstruktive charakteristische Werte angesetzt werden, können die sich für die Platten ergebenden Werte als charakteristische Werte entsprechend den Anforderungen von EN 1995-1-1 verwendet werden.

Demgegenüber sind in Anhang A die Verfahren zur Ableitung der Eigenschaften von Furnieren bei Biegung, Zug und Druck festgelegt, entweder durch Prüfen von Platten nach EN 789 und EN 1058 oder Prüfen von Bauholz nach EN 408 oder durch die Ableitung aus in EN 338 festgelegten Werten.

Anhang B enthält praktische Kalkulationstabellen, die Anwendungen der im Hauptteil dieser Norm angegebenen Gleichungen darstellen.

Im Anhang C ist ein Beispiel für die Berechnung der Biegefestigkeit nach Anhang B angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

EN 325, *Holzwerkstoffe — Bestimmung der Maße der Prüfkörper*

EN 338:2009, *Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen*

EN 384, *Bauholz für tragende Zwecke — Bestimmung charakteristischer Werte für mechanische Eigenschaften und Rohdichte*

EN 408, *Holzbauwerke — Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz — Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften*

EN 789, *Holzbauwerke — Prüfverfahren — Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Holzwerkstoffen*

EN 1058, *Holzwerkstoffe — Bestimmung der charakteristischen 5%-Quantilwerte und der charakteristischen Mittelwerte*

EN 12369-2, *Holzwerkstoffe — Charakteristische Werte für die Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken — Teil 2: Sperrholz*

EN 14358, *Holzbauwerke — Berechnung der 5%-Quantile für charakteristische Werte und Annahmekriterien für Proben*

3 Kurzbeschreibung

Die mechanischen Eigenschaften einer Platte werden aus den mechanischen Eigenschaften der Holzarten, die die Lagen bilden (in dieser Norm als Werte für Furniere oder Basiswerte bezeichnet) berechnet.

Hinsichtlich Biegung, Zug und Druck wird jeder Eigenschaftswert der Lage in Längsrichtung der Platte und quer zu dieser auf der Grundlage eines geometrischen Faktors gewichtet, der sich aus ihrem Anteil am gesamten Plattenquerschnitt ergibt.

Die in dieser Norm festgelegten Rechenmodelle basieren auf einem Wert für die jeweilige Eigenschaft der Furniere, der nach einem festgelegten Prüfverfahren (einschließlich der Auswertung der Ergebnisse) bestimmt worden ist und ergeben einen Wert der Platte für diese Eigenschaft wie nach diesem festgelegten Prüfverfahren.

BEISPIEL Wenn in einem Plattenaufbau ein bestimmter Quantilwert einer Biegeeigenschaft der Furniere nach EN 789 und EN 1058 bestimmt worden ist, gilt der berechnete Wert dieser Biegeeigenschaft als der nach EN 789 und EN 1058 für die Platte bestimmte Quantilwert.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

4.1

charakteristische Festigkeit

5-%-Quantilwert bei einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte von 65 %

4.2

charakteristische Steifigkeit

entweder der 5-%-Quantilwert oder der Mittelwert bei einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte von 65 %

4.3

charakteristische Rohdichte

5-%-Quantilwert des Quotienten aus Masse und Volumen im Gleichgewichtszustand bei einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte von 65 %, entweder bezogen auf die Holzart oder bezogen auf die Platte, die ihrerseits aus einer Holzart oder aus verschiedenen Holzarten bestehen kann

ANMERKUNG Die durch Berechnung bestimmten Rohdichte-Werte beziehen sich auf die mindestens annehmbare Rohdichte der im Sperrholz verwendeten Furniere. Bei Sperrholz, das aus einer einzigen Holzart besteht, gelten diese Werte als charakteristische Werte für das Sperrholz. Bei Sperrholz, das aus verschiedenen Holzarten besteht, wird die charakteristische Rohdichte der Platte aus den charakteristischen Rohdichten der einzelnen Furniere unter Berücksichtigung des Anteils jeder Holzart berechnet.

4.4

Wert für Furniere

Basiswert

charakteristischer Wert einer Eigenschaft, der in den Gleichungen des Rechenverfahrens für jede Lage verwendet wird

ANMERKUNG In Faserrichtung und quer zu dieser erhaltene charakteristische Werte der Holzarten sind in Bezug auf die Festigkeit 5-%-Quantilwerte, in Bezug auf die Steifigkeit (Elastizitätsmodul) jedoch entweder Mittelwerte oder 5-%-Quantilwerte.

4.5

Platten-Referenzwert

Wert einer bestimmten mechanischen Eigenschaft eines Plattenaufbaus

ANMERKUNG Er dient zur Ableitung des Wertes für Furniere (oder des Basiswertes) der Eigenschaft.

5 Symbole

5.1 Hauptsymbole

A	Fläche ($b \cdot t_{\text{nom}}$), in Quadratmillimeter
f	Festigkeit, in Newton je Quadratmillimeter
E	Elastizitätsmodul, in Newton je Quadratmillimeter
F_s	Schub-/Scherkräfte in einer für den Biegeversuch verwendeten Platte, in Newton
G	Schubmodul, in Newton je Quadratmillimeter
b	Plattenbreite (entspricht dem Wert 1 in den Gleichungen), in Millimeter
t	Lagendicke, in Millimeter
T	Plattendicke, in Millimeter
W	Widerstandsmoment, entspricht ($b \cdot t_{\text{nom}}^2/6$), in Kubikmillimeter
I	Trägheitsmoment, entspricht ($b \cdot t_{\text{nom}}^3/12$), in Millimeter hoch vier
ρ	Rohdichte, in Kilogramm je Kubikmeter
k_a	Korrekturfaktor für die Erscheinungsklasse
z	Abstand zwischen der Längsachse einer Lage und der Nullachse der Platte, in Millimeter
Z	Abstand der Nullachse von den beiden Seiten der Platte, in Millimeter
E_{cc}	Exzentrizitätszahl, dimensionslos
$\Delta L/L$	relative Längenänderung der Lagen (durch Biegung, Zug und Druck)
P	Eigenschaft
V	Festigkeit oder Elastizitätsmodul, in Newton je Quadratmillimeter
R_w	im Verbund der Lagen das geringere Verhältnis von Festigkeit zu Elastizitätsmodul für die Eigenschaften der Holzarten, aus denen eine Platte zusammengesetzt ist
U_p	Steifigkeit der Platte
s	Standardabweichung

5.2 Indizes

m	Biegung
t	Zug
c	Druck
v	Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene
r	Schub/Scheren in Plattenebene
w	gilt für das geringere Verhältnis von Festigkeit zu Elastizitätsmodul (f/E) für eine bestimmte Eigenschaft einer Lage bei einer Platte, die aus verschiedenen Holzarten besteht

nom, mean	Nenn- bzw. Mittelwert
n	Anzahl der Lagen der Platte (von der Oberseite zur Unterseite)
i	Position der Lagen in Bezug auf die Oberseite
ax	Nullachse bei Biegung
ρ	Rohdichte
0	parallel zur Länge der Sperrholzplatte (in Richtung des Faserverlaufs der Decklagen)
90	rechtwinklig zur Länge
05	charakteristischer 5%-Quantilwert

6 Rechenverfahren

6.1 Allgemeines

Die mechanischen Eigenschaften von Sperrholz bei Biegung, Zug, Druck, Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene und Schub/Scheren in Plattenebene können durch Berechnung abgeleitet werden.

Das in dieser Norm beschriebene Rechenverfahren kann auf Sperrholzplatten mit beliebiger Zusammensetzung und mit symmetrischem oder nicht symmetrischem Aufbau angewendet werden.

Bezüglich der Klassifizierung nach den Erscheinungsklassen von Sperrholz siehe EN 635-2 und EN 635-3.

6.2 Für die Rechenverfahren maßgebliche Eigenschaften

Zur Berechnung der charakteristischen Werte der mechanischen Eigenschaften für die unterschiedlichen Zusammensetzungen von Sperrholz sind die Eigenschaftswerte für die Furniere, die die Lagen bilden, nach Anhang A abzuleiten.

Bei den entsprechenden Eigenschaften handelt es sich um die in Tabelle 1 angegebenen.

6.3 Holzarten

Zur Berechnung der charakteristischen Werte der mechanischen Eigenschaften von Platten müssen, sofern vorliegend, die Prüfwerte für jede Holzart verwendet werden, aus denen sich die Sperrholzplatten zusammensetzen; liegen keine Prüfwerte vor, müssen die in EN 338 vorgegebenen Werte verwendet werden.

ANMERKUNG Die Werte aus EN 338, die sich auf die Rohdichte der Holzarten beziehen, sind relativ konservativ (vorsichtige Schätzwerte) und sollten deshalb nur als letzte Möglichkeit verwendet werden.

6.4 Faktoren für die Zusammensetzung von Sperrholz

Die Charakterisierung der Zusammensetzung von Sperrholz ist in Tabelle 2 dargestellt.

Falls zwei oder mehr Schichten mit dem gleichen Faserverlauf miteinander verklebt sind, können sie unter der Voraussetzung, dass sie zur gleichen Holzart gehören, für Berechnungszwecke als eine einzelne Lage angesehen werden; anderenfalls sind sie als voneinander unabhängige Lagen anzusehen.

Die Berechnungen beruhen auf den folgenden Gleichungen:

$$V_i = E_i \quad (\text{Elastizitätsmodul der } i\text{-ten Lage in Tabelle 2)} \quad (1)$$

oder

$$V_i = f_i \quad (\text{Festigkeit der } i\text{-ten Lage in Tabelle 2)} \quad (2)$$

Tabelle 1 — Für das Rechenverfahren verwendete Eigenschaftswerte

Eigenschaft
Charakteristische Festigkeit, N/mm ²
$f_{m,05}$: Biegung
$f_{t,05}$: Zug
$f_{c,05}$: Druck
$f_{v,05}$: Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene
$f_{r,05}$: Schub/Scheren in Plattenebene
Mittlere Steifigkeit, N/mm ²
E_m : Biegung
E_t : Zug
E_c : Druck
G_v : Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene
Charakteristische Steifigkeit, N/mm ²
$E_{m,05}$: Biegung
$E_{t,05}$: Zug
$E_{c,05}$: Druck
$G_{v,05}$: Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene
$\rho_{,05}$: Rohdichte, kg/m ³

Tabelle 2 — Faktoren bezüglich der Zusammensetzung von Sperrholz

Position der Lagen	Holzart	t_i (mm)	V_i (N/mm ²)	k_{ai}	Faserverlauf
1					=====
2					
3					=====
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$					=====
i					
$i+1$					=====
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-2$					=====
$n-1$					
n					=====

t_i : Lagendicke
 V_i : mechanische Eigenschaft der i -ten Lage
 k_a : Faktor für die Erscheinungsklasse
 ===== : Faserverlauf in Längsrichtung
 |||||||||| : Faserverlauf quer zur Längsrichtung

7 Charakteristische Werte für Festigkeit und Steifigkeit bei Biegung, Zug und Druck

7.1 Allgemeines

Die Eigenschaften der Platten werden aus den Eigenschaften ihrer Lagen abgeleitet, dabei wird von einer homogenen Struktur der Platten ausgegangen. Die Gleichungen beruhen auf der Festigkeit der Werkstoffe.

7.2 Biegung

7.2.1 Allgemeines

Die zur Ableitung des Trägheitsmoments eines Querschnitts angewendete allgemeine Gleichung beruht auf der Fläche A_i der elementaren Rechtecke, die den Querschnitt der Platte bilden:

$$I = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{A_i \times t_i^2}{12} \tag{3}$$

ANMERKUNG Diese Gleichung kann bei jeder Zusammensetzung und bei symmetrischem oder nicht symmetrischem Aufbau angewendet werden.

Wenn die Berechnung auf einer Breitereinheit beruht, ergibt sich Gleichung (3) wie folgt:

$$I = \sum_{i=1}^{i=n} t_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{t_i^3}{12} \tag{4}$$

7.2.2 Elastizitätsmodul

Die Steifigkeit der Platte (mit angenommen homogener Struktur) ist gleich der Summe der Steifigkeiten der Lagen, aus denen die Platte besteht, wie in der folgenden Gleichung festgelegt:

$$E p_m \times I = E p_m \times \frac{T^3}{12} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{V_{mi} \times t_i^3}{12} \quad (5)$$

$$E p_m = \frac{12 \times \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i^3}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} t_i \right)^3} \quad (6)$$

Es wird angenommen, dass die Breite 1 Einheit entspricht.

Eigenschaften von quer angeordneten Lagen können berücksichtigt werden, wenn die Werte von Bauholz abgeleitet wurden.

Für E_{mi} muss immer dann ein Wert von 0 eingesetzt werden, wenn die quer angeordneten Lagen bei der Bestimmung der in Anhang A festgelegten Basiswerte nicht berücksichtigt werden.

Anhang B enthält praktische Kalkulationstabellen für diese Berechnung (siehe Tabellen B.1 und B.2).

7.2.3 Festigkeit

Die Tragfähigkeit der Platte (mit angenommen homogener Struktur) ist gleich der Summe der Tragfähigkeiten der Lagen, aus denen die Platte besteht, wie durch die folgenden Gleichungen festgelegt:

$$f p_m \times \frac{I}{T/2} = f p_m \times \frac{T^3}{12} \times \frac{2}{T} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{V_{mi} \times t_i^3}{12}}{Z} \quad (7)$$

$$f p_m = \frac{12 \times \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i^3}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} t_i \right)^3} \times \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}{2 \times Z} \quad (8)$$

Dies kann wie folgt vereinfacht werden:

$$f p_m = \frac{12 \times \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i \times z_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} V_{mi} \times t_i^3}{2 \times Z \times \left(\sum_{i=1}^{i=n} t_i \right)^2} \quad (9)$$

Es wird angenommen, dass die Breite 1 Einheit entspricht.

ANMERKUNG 1 Gleichung (8) sollte jedoch bevorzugt genutzt werden, da sie die Anwendung des gleichen Rechenverfahrens wie Gleichung (6) zulässt, wobei der Unterschied zwischen Gleichung (6) und Gleichung (8) in der Exzentrizitätszahl der Nullachse $E_{cc} = T/2Z$ liegt, der auf das Ergebnis von Gleichung (5) anzuwenden ist.

$$E_{cc} = T/2Z = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}{2 \times Z} \quad (10)$$

Z ist der Abstand (oder die Exzentrizität) der Nullachse gegenüber der Vorderseite bzw. Rückseite. Wenn die Zusammensetzung nicht symmetrisch ist, muss sicherheitshalber der höhere Wert ausgewählt werden; dieser wird wie folgt angegeben:

$$Z = \max \left\{ Z_{ax}; \left(\sum_{i=1}^{i=n} t_i - Z_{ax} \right) \right\} \quad (11)$$

ANMERKUNG 2 Bei einer symmetrischen Zusammensetzung gilt $Z = T/2$; die Berechnung kann unter Anwendung der Gleichung (6) erfolgen, wobei der E_{p_m} -Wert durch den f_{m_p} -Wert ersetzt wird.

Aus Gründen der Sicherheit dürfen bei der Bestimmung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit die Eigenschaften der quer angeordneten Lagen nicht berücksichtigt werden.

Anhang B enthält praktische Kalkulationstabellen für diese Berechnung (siehe Tabellen B.1 bis B.4).

7.3 Zug und Druck

7.3.1 Steifigkeit und Tragfähigkeit der Lagen im Querschnitt

Die Steifigkeit oder Tragfähigkeit der Platte wird durch folgende Gleichung angegeben:

$$U_p = \sum_{i=1}^{i=n} t_i \times V_i \quad (12)$$

7.3.2 Steifigkeit und Tragfähigkeit der Platten

$$U_p = V_{p_{t,c}} \times T = V_{p_{t,c}} \times \sum_{i=1}^{i=n} t_i \quad (13)$$

7.3.3 Eigenschaften der Platte (angenommen homogene Struktur)

Anwendung der Gleichungen (12) und (13):

$$V_{p_{t,c}} = \frac{U_p}{T} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_i \times V_{it,c}}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \quad (14)$$

Es wird angenommen, dass die Breite 1 Einheit entspricht; für V_i wird ein Wert von 0 angesetzt, wenn die quer angeordneten Lagen bei der Ableitung der Basiswerte nicht berücksichtigt werden.

Die Eigenschaften von quer angeordneten Lagen können bezüglich der Ermittlung der Steifigkeit unter den gleichen Bedingungen wie bei der Biegung (siehe 7.2.2) berücksichtigt werden.

Anhang B enthält praktische Kalkulationstabellen für diese Berechnung (siehe Tabellen B.5 bis B.10).

7.4 Eigenschaftswerte für Lagen

7.4.1 Allgemeines

Diese Werte werden entsprechend den in Anhang A festgelegten Verfahren abgeleitet.

Auf den charakteristischen Wert von Elastizitätsmodul und Festigkeit nach Tabelle 3 muss ein auf das Aussehen der Oberfläche der Furniere an der Vorderseite bezogener Korrekturfaktor k_a angewendet werden.

Tabelle 3 — Korrekturfaktoren für die Eigenschaften der Furniere

Erscheinungsklasse	<i>E</i>	I	II	III	IV
k_a	1,0	1,0	1,0	0,85	0,75

Wenn die inneren Lagen nicht nach ihrem Aussehen klassifiziert sind, muss Klasse 4 ($k_a = 0,75$) angenommen werden.

ANMERKUNG Diese Tabelle ist maßgeblich, wenn die Basiswerte von Platten aus Furnieren mit einer Erscheinungsklasse *E*, I oder II abgeleitet werden. Wenn diese Werte von Platten mit Vorderseiten der Erscheinungsklasse III abgeleitet werden, erfolgt die Ableitung von k_a für den Fall, dass die Vorderseiten Klasse IV zugeordnet werden, nach folgender Gleichung:

$$k_a = \frac{k_{a,layer}}{k_{a,basic}} = 0,88 \quad (15)$$

Dabei ist:

$k_{a,basic}$ k_a der Furniere der Plattenstichprobe für die Ableitung der Basiswerte;

$k_{a,layer}$ k_a des Furniers der Lage der zu berechnenden Platte.

7.4.2 Elastizitätsmodul (E_m, E_t, E_c)

Sowohl bei Biegung als auch bei Zug und Druck wird der Basiswert des Elastizitätsmoduls des Furniers der Schichten für jede Lage auf der Grundlage der Erscheinungsklasse gewichtet und zusammen mit der Lagedicke eingesetzt.

$$V_i = k_{ai} \times E_i \quad (16)$$

Für die Zwecke der Ableitung eines Mittelwertes oder eines 5%-Quantilwertes für die Platte wird der Wert für den mittleren Elastizitätsmodul bzw. der 5%-Quantilwert des Elastizitätsmoduls eingetragen.

7.4.3 Beständigkeit

7.4.3.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der Festigkeitseigenschaften hängt der Wert des Furniers einer festgelegten Lage ab von:

- den entsprechenden Eigenschaften ihrer Holzarten;
- ihrem Spannungsniveau.

7.4.3.2 Übliches Verfahren für Biegung, Zug und Druck

Im ersten Schritt wird der 5%-Quantilwert der Festigkeit der Holzarten jeder Lage (in Übereinstimmung mit Anhang A) ausgewählt.

Im zweiten Schritt muss das Spannungsniveau in der Lage vor dem Einsetzen des Spannungswertes abgeleitet werden; obwohl sie grundsätzlich ähnlich sind, weichen die Verfahren für Zug - Druck einerseits und Biegung andererseits leicht voneinander ab.

Im dritten Schritt muss das Rechenverfahren bei Platten, die aus unterschiedlichen Holzarten bestehen oder bei Platten, die aus einer Holzart mit unterschiedlichen Erscheinungsklassen bestehen, fortgesetzt werden, da die schwächere(n) Lage(n) versagen kann (können), bevor die maximale Belastung erreicht wird.

Im Anschluss an die erste Berechnung nach Aufzeichnung schwächeren Lage(n) und der zutreffenden Festigkeit der Platte im entsprechenden Faserverlauf muss eine weitere Berechnung durchgeführt werden, wobei für die Festigkeit und den Elastizitätsmodul Werte, die gegen Null gehen, eingetragen werden müssen (die Eingabe muss jedoch so sein, dass der Wert des Verhältnisses f_{mi}/E_{mi} nicht der geringere für die Zusammensetzung ist).

ANMERKUNG 1 Beispielsweise kann für E_{mi} und f_{mi} der gleiche Wert von 1/1 000 N/mm² eingesetzt werden. Tatsächlich können für die schwächere Lage(n) keine Nullwerte in die Gleichungen (oder in die Kalkulationstabellen von Anhang B) eingetragen werden, weil die Berechnung des Verhältnisses f_{mi}/E_{mi} der Lage(n) nicht bestimmt werden kann.

Dieses Rechenergebnis wird nun aufgezeichnet. Dieses Verfahren muss so lange wiederholt werden, wie das Festigkeitsergebnis höher ist als das zuvor erhaltene. Sobald der Festigkeitswert geringer ist als der zuvor erhaltene, gilt der höhere Wert aus dem durch Wiederholung des Verfahrens erhaltenen Ergebnissatz als Festigkeit der Platte.

ANMERKUNG 2 Die Wiederholung dieses Verfahrens wird damit begründet, dass EN 789 darauf abzielt, die höchste Kraft bis zum Versagen zu bestimmen.

7.4.3.3 Zug- und Druckfestigkeit (f_t, f_c)

Die Festigkeit V_i der i -ten Lage wird wie folgt angegeben:

$$V_i = k_{ai} \times R_{w_{tc}} \times E_{tci} \quad (17)$$

Dabei ist:

$$R_{w_{tc}} = \min_{1 \rightarrow n} \left\{ \frac{f_{tci}}{E_{tci}} \right\} \quad (18)$$

$R_{w_{tc}}$ ist der kleinste Wert, den dieses Verhältnis innerhalb des gesamten Verbundes der Lagen annimmt, die die Platte in der zu untersuchenden Richtung bilden.

ANMERKUNG Die Lage (Lagenpaar, wenn ein symmetrischer Aufbau vorliegt), die aus der Holzart gefertigt ist, die die geringste Tragfähigkeit gegenüber einer Längenänderung im Verbund der Lagen aufweist, wird zuerst versagen. Dies entspricht dem geringeren Verhältniswert $\Delta L/L$ ($R_{w_{tc}}$) der Holzarten, aus denen die Platte besteht: in den anderen Lagen bedeutet dies ein Spannungsniveau, das geringer ist als das Versagensniveau.

In Abhängigkeit von den Holzarten liegt f_m/E_m in einem Bereich von [2,5/1 000 (Red Balau) bis 10/1 000 (Kotibé)].

7.4.3.4 Biegefestigkeit (f_m)

Zuerst wird das folgende Verhältnis der schwächeren Lage in der Zusammensetzung nach Gleichung (19) bestimmt:

$$R_{w_b} = \text{Min}_{1 \rightarrow n} \left\{ \frac{f_{mi}}{z_i \times E_{mi}} \right. \quad (19)$$

R_{w_b} ist der kleinste Wert, den dieses Verhältnis innerhalb des gesamten Verbunds der Lagen in der zu untersuchenden Richtung annimmt.

Wenn diese schwächere Lage versagt und nicht die Decklage ist (oder bei Biegung in Querrichtung näher zur Decklage liegt), wird dadurch ein bestimmtes Spannungsniveau in der Referenzdecklage verursacht. Dies wird durch Gleichung (20) angegeben:

$$S_1 = \frac{E_{m1} \times z_1 \times R_{w_b}}{f_{m1}} \quad (20)$$

In diesem Fall ist der Spannungswert der i -ten Lage V_i proportional zum Spannungsniveau der ersten Lage und nimmt folgenden Wert an:

$$V_i = S_1 \times k_{ai} \times f_{mi} \quad (21)$$

8 Schub-/Schereigenschaften

8.1 Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene

8.1.1 Schubmodul rechtwinklig zur Plattenebene (G_v)

Der Schubmodul rechtwinklig zur Plattenebene G_v (nach EN 789) ist ein Mittelwert aus den Werten für die Schubsteifigkeit sämtlicher einzelner Lagen in der Platte und ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$G_v = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} k_{ai} \times G_{vi} \times t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \quad (22)$$

8.1.2 Scherfestigkeit rechtwinklig zur Plattenebene (f_v)

Die Scherfestigkeit rechtwinklig zur Plattenebene f_v ist aus der folgenden Gleichung abzuleiten:

$$f_v = G_v \times R_{w_v} \quad (23)$$

Dabei ist R_{w_v} :

$$R_{w_v} = \text{Min}_{1 \rightarrow n} \left(\frac{f_{vi}}{G_{vi}} \right) \quad (24)$$

Tabelle B.11 enthält eine Vorlage zur Berechnung.

8.2 Schub/Scheren in Plattenebene

8.2.1 Allgemeines

Die Schub-/Schereigenschaften in Plattenebene sind aus Gleichungen abgeleitet, die wiederum aus Gleichungen nach EN 789 abgeleitet sind, in der ein Prüfverfahren festgelegt ist, bei dem ein über die Dicke der Platte gleichmäßiges Spannungsniveau aufgebracht wird.

ANMERKUNG Bei den meisten in der Praxis vorliegenden Bedingungen, beispielsweise bei Biegung, ist das Spannungsniveau nicht gleichmäßig. Deshalb muss der Konstrukteur die Verteilung des Spannungsniveaus über die Plattendicke bestimmen und mit der Tragfähigkeit der einzelnen Lagen vergleichen.

8.2.2 Schubmodul in Plattenebene (G_r)

8.2.2.1 Allgemeines

Es bestehen zwei Möglichkeiten: die vorliegenden Zahlenwerte bezüglich der Steifigkeit gelten für die Platte mit homogener Struktur (abgeleitet aus den Gleichungen der derzeitigen Fassung der EN 789) oder für die quer zur Schubrichtung angeordneten Furniere.

8.2.2.2 Vereinheitlichter Schubwiderstand

Die Steifigkeit bei Schub in Plattenebene wird durch alle Lagen in jeder Richtung der Schubkräfte bestimmt. Sie ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$G_r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{t_i}{k_{ai} \times G_{ri}}} \quad (25)$$

8.2.2.3 Schubsteifigkeit des Furniers

Es gilt Gleichung (25), jedoch ist die Dicke der Schichten, deren Fasern parallel zur Richtung der Schubkräfte verlaufen, nicht maßgeblich. Deshalb werden nur die t_i -Werte der Lagen quer zur Richtung der Schubkräfte in Gleichung (25) eingetragen.

ANMERKUNG Aus mechanischer Sicht ist ein Vermischen von in Längsrichtung und in Querrichtung verlaufenden Lagen für die Ableitung eines vereinheitlichten Wertes weitgehend angemessen. Tatsächlich weisen die Lagen, deren Fasern parallel zur Richtung der Schubkräfte verlaufen, eine wesentlich höhere Steifigkeit auf als die, die quer dazu verlaufen (im Vergleich zu den Lagen, deren Fasern rechtwinklig zur Schubkraft verlaufen, wird sogar angenommen, dass die Steifigkeit unendlich ist). In EN 789 wird diese Tatsache jedoch nicht berücksichtigt, und es wird nur ein einheitlicher Wert für den Schubmodul in Plattenebene angegeben. Anhang A enthält Einzelheiten zur Ableitung des quer über das Furnier vorliegenden Steifigkeitsmoduls.

8.2.3 Scherfestigkeit in Plattenebene (f_r)

Da auf alle Lagen über die gesamte Dicke die gleiche Kraft aufgebracht wird, tritt das Versagen der Platte in der Lage auf, die die geringere Festigkeit im Plattenaufbau aufweist.

$$f_r = \text{Min}_{i \rightarrow n} (k_{ai} \times f_{ri}) \quad (26)$$

Es sind nur die Lagen maßgeblich, deren Fasern rechtwinklig zu den Scherkräften verlaufen.

Die Tabellen B.12 bis B.14 enthalten Vorlagen zur Berechnung.

ANMERKUNG Bei den meisten Anwendungen ist die Scherbeanspruchung in Plattenebene nicht gleichmäßig. Beispielsweise folgt sie bei Biegung einer Kurve, deren Höchstwert sich auf der Nullachse befindet. Deshalb kann der Konstrukteur die tatsächliche Scherbeanspruchung innerhalb der Platte über deren Dicke bei jeglicher Art von Belastung bestimmen; anschließend kann er in Bezug auf die Position jeder Lage z_i zur Nullachse der Platte deren Beanspruchungswert mit der Scherfestigkeit in Plattenebene für die Holzarten dieser Lage überprüfen.

Zu Informationszwecken: die Scherbeanspruchung in Plattenebene in einer für den Biegeversuch verwendeten Platte steht im Zusammenhang mit den Scherkräften F_S und wird wie folgt angegeben:

$$f_{ri} = \frac{6 \times F_S}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \times \left[\frac{1}{4} - \left(\frac{z_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \right)^2 \right] \quad (27)$$

Der Wert f_{ri} darf unter Berücksichtigung seiner Erscheinungsklasse der Vorderseite (siehe Tabelle 2) nicht die Scherfestigkeit in Plattenebene für die Holzarten der jeweiligen Platte überschreiten. Bei einer derartigen Verteilung kann eine Platte, deren schwächere Lagen sich in der Nähe der Nullachse befinden, möglicherweise unter bestimmten Belastungen versagen, jedoch die Prüfung bestehen, wenn sich diese Lagen in der Nähe der Außenseiten befinden.

In der Praxis werden durch die kurze Spannweite (in Bezug auf die Plattendicke) hohe Scherkräfte F_S und damit eine höhere Scherbeanspruchung in Plattenebene möglich.

9 Verhältnis von Festigkeit zu Elastizitätsmodul

Dieses Verhältnis ist erforderlich, um die Festigkeit der Platte für alle in EN 789 behandelten Eigenschaften abzuleiten. Es gibt zwei Optionen, um dieses Verhältnis abzuleiten: entweder mit Hilfe der in diesem Teil der Norm festgelegten Gleichungen oder mit Hilfe der in Anhang A festgelegten Ableitung durch Prüfung.

Die erste Option ist das Verhältnis des 5%-Quantilwertes der Festigkeit zum Mittelwert des Elastizitätsmoduls (wie in diesem Teil angegeben); die zweite Option ist der 5%-Quantilwert dieses Verhältnisses nach Anhang A.

10 Rohdichte

Die charakteristische Rohdichte der Platte ($\rho_{p,05}$) wird wie folgt berechnet:

$$\rho_{p,05} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \rho_{i,05} \times t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \quad (28)$$

Die charakteristische Rohdichte jeder Holzart der i -ten Lage der Platte wird wie folgt aus dem Mittelwert abgeleitet:

$$\rho_{i,05} = 1,92 + 0,829 \times \rho_{i,\text{mean}} \quad (29)$$

ANMERKUNG Der aus der Korrelation zwischen dem 5%-Quantilwert und dem 50%-Quantilwert der Rohdichte nach Tabelle 1 in EN 338:2009 abgeleitete 5%-Quantilwert.

11 Umrechnung von Festigkeit und Elastizitätsmodul in Tragfähigkeit und Steifigkeit

Die Umrechnung von Festigkeit in Tragfähigkeit bzw. von Elastizitätsmodul in Steifigkeit kann nach Tabelle 4 durchgeführt werden.

Tabelle 4 — Umrechnung von Festigkeit und Elastizitätsmodul in Tragfähigkeit und Steifigkeit

Eigenschaft	Festigkeit		Tragfähigkeit ^a	
	Biegung	f_m	MPa oder N/mm ²	$f_m \cdot W/b$
Zug	f_t	MPa oder N/mm ²	$f_t \cdot A/b$	N/mm
Druck	f_c	MPa oder N/mm ²	$f_c \cdot A/b$	N/mm
	Elastizitätsmodul		Steifigkeit ^a	
Biegung	E_m	MPa oder N/mm ²	$E_m \cdot I/b$	kN/mm
Zug	E_t	MPa oder N/mm ²	$E_t \cdot A/b$	kN/mm
Druck	E_c	MPa oder N/mm ²	$E_c \cdot A/b$	kN/mm

^a Die Werte für Tragfähigkeit und Steifigkeit sind bezogen auf eine Einheit der Plattenbreite b .

Anhang A (normativ)

Ableitung der Werte für Furniere (bzw. der Basiswerte)

A.1 Anwendungsbereich

Das Rechenverfahren beruht auf der Tatsache, dass Sperrholz ein technisches Produkt ist, das daher aus verschiedenen Holzarten in unterschiedlicher Zusammensetzung hergestellt werden kann.

Wenn eine Holzart, die in Sperrholzplatten verwendet wird, über keine bewährten Eigenschaftswerte verfügt (Festigkeit und Elastizitätsmodul für sowohl den Mittel- als auch den charakteristischen Wert), werden in diesem Anhang geeignete Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaftswerte angegeben, die auf diese Holzarten anzuwenden sind, sofern sie in Sperrholz verwendet werden.

A.2 Kurzbeschreibung

A.2.1 Option 1: Unter Anwendung der Prüfergebnisse von Sperrholz

Die Eigenschaftswerte für die Furniere, die für die Lagen einer bestimmten Holzart zu verwenden sind, werden aus den entsprechenden Eigenschaften abgeleitet, die durch Prüfung an symmetrisch aufgebauten Sperrholzplatten aus dieser einen Holzart ermittelt wurden. Zum Ableiten des Eigenschaftswertes der Furniere werden die Eigenschaften in Längsrichtung der Platte und möglicherweise auch quer zu dieser angesetzt:

- entlang ihres Faserverlaufs (Längsrichtung);
- quer dazu nur für den Biege-, den Zug- und den Druckmodul, wenn beide Richtungen geprüft werden.

A.2.2 Option 2: Unter Anwendung der Eigenschaften von Vollholz

Es bestehen zwei Unteroptionen:

- Prüfung von Vollholz nach EN 408 und EN 384;
- Anwendung von vorgegebenen Werten, die in EN 338 festgelegt sind.

In beiden Fällen können der Biege-, der Zug- und der Druckmodul, die jeweils quer zur Längsrichtung vorliegen, durch Bezugnahme auf die Werte nach EN 338 berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die mit diesen Optionen erhaltenen Werte sind eng bemessen, insbesondere die nach EN 338.

A.3 Verfahren zum Ableiten von Eigenschaften aus der Prüfung von Sperrholz

A.3.1 Allgemeines

Alle Sperrholzplatten, die geprüft werden sollen, um Basiswerte einer gegebenen Holzart zu liefern, müssen vollständig aus dieser Holzart gefertigt sein.

Es gelten die folgenden sonstigen Bedingungen:

- die Mindestanzahl der Lagen beträgt 5;
- die Mindestanzahl der Aufbauten beträgt 3;

— die Lagendicke der Platten des Loses muss den für die Produktion vorgesehenen Bereich abdecken.

ANMERKUNG Die Ergebnisse können jedoch auch auf Platten angewendet werden, deren Lagen dünner als bei der Erstprüfung sind.

Sämtliche Lagen der Plattenstichproben müssen entweder zur gleichen Erscheinungsklasse gehören (empfohlene Option), oder die Erscheinungsklasse jeder Lage muss vom Hersteller angegeben werden.

Für die Plattenstichproben ist es empfehlenswert, dass die geprüften Schichten die gleiche Lagendicke aufweisen; wenn eine einzelne Lagendicke für die Prüfung vorgesehen ist, sollte die in der Produktion hergestellte dickere Lage geprüft werden. Wenn mehrere Lagendicken vorgesehen sind, sollte jede Platte mit einer einzelnen Lagendicke gefertigt sein; anderenfalls muss die Dicke jeder Lage aufgezeichnet werden.

A.3.2 Probenahme

Für die Erstprüfung werden mindestens 32 Platten nach EN 1058 und EN 789 beprobt.

A.3.3 Prüfkörper

A.3.3.1 Zuschnitt

Es sind zwei Optionen zulässig:

- Zuschneiden von Prüfkörpern nur in Längsrichtung der Platte;
- Zuschneiden von Prüfkörpern in Längsrichtung der Platte und quer zu dieser.

In beiden Fällen müssen die jeder zu prüfenden Richtung entsprechenden 32 Prüfkörper in Übereinstimmung mit den in EN 789 festgelegten Schnittplänen zugeschnitten werden.

A.3.3.2 Klimatisierung

Die Prüfkörper werden, wie in EN 789 angegeben, bei $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ und $(65 \pm 5)\%$ relativer Luftfeuchte klimatisiert.

A.3.4 Prüfung

A.3.4.1 Werte für mittelgroße Prüfkörper

A.3.4.1.1 Allgemeines

Hinsichtlich Biegung, Zug, Druck und Schub/Scheren (rechtwinklig zur Plattenebene und in Plattenebene) gilt das in EN 789 festgelegte Verfahren zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Festigkeit.

Hinsichtlich des Schubmoduls liefern sowohl die Prüfung als auch die Auswertung der Ergebnisse nach EN 789 einen vereinheitlichten Wert, jedoch keinen Furnierwert.

A.3.4.1.2 Elastizitätsmodul bei Schub in Plattenebene

In EN 789 wird für diese Eigenschaft ein einheitlicher G_r -Wert abgeleitet, der für alle Platten außer für Sperrholz geeignet ist. Tatsächlich liegt die Steifigkeit der Lagen parallel zur Schubrichtung nicht in der gleichen Größenordnung wie die Steifigkeit der Lagen quer dazu, und ihre Verformung (u in der nachstehend angegebenen Gleichung) kann im Vergleich zu dem der quer angeordneten Lagen vernachlässigt werden. Deshalb wird der tatsächliche Elastizitätsmodul der Furniere quer zur Richtung der Schubkräfte durch eine Gleichung angegeben, die aus der entsprechenden Gleichung nach EN 789 abgeleitet wurde:

$$G_{rv} = \frac{(F_2 - F_1) \times \sum_{i=1}^{i=n} t_{i \perp \perp}}{(u_2 - u_1) \times l \times b} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- t_{i_j} die Dicke der i -ten Lage, deren Fasern quer zur Richtung der Schubkräfte verlaufen (anstelle der Dicke aller Lagen unabhängig von deren Faserverlauf in Bezug auf die Schubkräfte), in Millimeter;
- G_{rv} der Elastizitätsmodul der Furniere für Schub in Plattenebene (anstelle des in EN 789 angegebenen einheitlichen Schubs in Plattenebene), in Newton je Quadratmillimeter.

ANMERKUNG Verglichen mit dem einheitlichen Wert für G_r wird der G_{rv} -Wert für Furniere um das Verhältnis der Gesamtdicke zur kumulierten Dicke der Lagen quer zur Richtung der Schubkräfte erhöht.

A.3.4.2 Werte für kleine Prüfkörper

Das in EN 310 festgelegte Verfahren kann zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Festigkeit angewendet werden.

ANMERKUNG Bei Fertigungsläufen, die ausschließlich von kurzer Zeitdauer sind, kann dieses Verfahren für die Bestimmung von internen Kontrollwerten nützlich sein. Es kann keine Relevanz für lasttragende Anwendungen beansprucht werden.

A.3.4.3 Rohdichte

Die Rohdichte wird an mindestens einem Prüfkörper aus jeder Platte der Stichprobe bestimmt.

A.3.4.4 Dicke

Die Dicke jeder Platte wird nach EN 325 gemessen.

Die Dicke der Lagen wird entweder durch den Hersteller angegeben oder mit einer geeigneten Vorrichtung gemessen.

ANMERKUNG Optische Messgeräte, die auf 1/10 mm messen, sind geeignet.

A.3.5 Auswertung der Ergebnisse

A.3.5.1 Allgemeines

Der Zweck des Rechenverfahrens besteht in der Ermittlung charakteristischer Werte, d. h. von 5%-Quantilwerten oder Mittelwerten (entsprechend der Eigenschaft), für die Furniere aus den in der Prüfung verwendeten Holzarten.

Die charakteristischen Werte der jeweiligen Eigenschaft der Lagen werden aus einem Platten-Referenzwert ermittelt, der entlang der Prüfrichtung bestimmt wurde.

Die Dicke jeder Lage und das Aussehen ihrer Oberfläche werden aufgezeichnet.

Anschließend werden entsprechend den Anforderungen der Probenahme die Referenzwerte jedes Prüfkörpers bearbeitet, um einen Wert für Furniere zu ermitteln, der spezifisch ist für die Holzarten in Längsrichtung der Platte und, falls maßgeblich, quer zu dieser.

A.3.5.2 Verfahren zur Ableitung eines Furnierwertes für eine Holzart

A.3.5.2.1 Allgemeines

Das Verfahren gilt zunächst für jeden Prüfkörper; anschließend muss die gesamte Stichprobe bearbeitet werden, wobei die Prüfrichtungen zu beachten sind.

A.3.5.2.2 Prüfkörper, die in Längsrichtung und quer zu dieser entnommen wurden

A.3.5.2.2.1 Biegung, Zug und Druck

Für jede Platte werden die Ergebnisse der Eigenschaften in Längsrichtung und quer zu dieser zusammengefasst und aufgezeichnet. Dies ist das Referenzverfahren.

ANMERKUNG Da die Platten aus einer einzigen Holzart gefertigt sind, ergibt die Summe den Wert für die Holzart, aus der die Platte besteht; durch diese Probenahme in Längsrichtung und quer zu dieser wird das Rechenverfahren vereinfacht.

A.3.5.2.2.2 Schub-/Schereigenschaften

Jede für den Prüfkörper ermittelte Eigenschaft wird aufgezeichnet.

A.3.5.2.3 Nur in Längsrichtung entnommene Prüfkörper

Das Verfahren besteht in der Umkehr des im Hauptteil der Norm angegebenen Verfahrens; Anhang B ist anzuwenden.

Die Änderungen gegenüber Tabelle 2 im Hauptteil dieser Norm hinsichtlich der Dicke und der Erscheinungsklasse der Oberfläche werden für jede Lage in Längsrichtung der Platte in die entsprechenden Zellen (in die Spalte t_i bzw. k_{ai}) eingetragen. In Querrichtung sind die V_i -Werte gleich 0.

Anschließend wird für jede Lage ein Wert für das Furnier (oder den Basiswert) hinsichtlich der zu bestimmenden Eigenschaft angenommen und in die entsprechenden Zellen für die Eigenschaften eingetragen (V_i in den Kalkulationstabellen von Anhang B).

Anschließend erfolgt die Berechnung; dadurch wird ein Eigenschaftswert für die Platte ermittelt.

Schließlich wird dieser Plattenwert mit dem Prüfwert der Eigenschaft der Platte verglichen (dem Referenzwert für die Eigenschaft).

Ist der für die Platte abgeleitete Wert gleich dem Prüfwert der Platte, wird der Annahmewert der Furniere zum Wert für Furniere bzw. zum Basiswert dieser Platte. Falls dies nicht der Fall ist, wird das vorstehend angegebene Verfahren wiederholt, bis der abgeleitete Wert der Platte dem Referenzwert entspricht.

Dieser Vorgang wird für jeden Prüfkörper der Stichprobe wiederholt.

ANMERKUNG Dieses Verfahren gilt möglicherweise auch, wenn die beiden Richtungen der Platte geprüft werden; ist dies der Fall, sollten die Ergebnisse in Längsrichtung und Querrichtung gemittelt werden; hierbei handelt es sich um ein komplizierteres Verfahren als bei dem additiven Referenzverfahren.

A.3.5.2.4 Verfahren für eine Plattenstichprobe

Nachdem die Furnierwerte für die Stichprobe der Prüfstücke ermittelt wurden, ist das nachfolgend angegebene statistische Verfahren anzuwenden.

Da in EN 14358 eine Lognormalverteilung angenommen wird, sind die charakteristischen Eigenschaften (5%-Quantilwerte) und die Mittelwerte in Punkt a) bzw. Punkt b) festgelegt.

a) Charakteristische Eigenschaften

Die folgenden Gleichungen sind anzuwenden:

$$f_{p,k} = \exp\left(\bar{y} - k_s \times s_F\right) \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist \bar{y} :

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} LN(V_{p,i})}{n} \quad (\text{A.3})$$

und S_F :

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} [LN(V_{p,i}) - \bar{y}]^2}{n-1}} \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist: $S_F \geq 0,05$

und schließlich k_s in Bezug auf den Stichprobenumfang n und nach Tabelle A.1:

Tabelle A.1 — Werte für den Faktor k_s

n	3	5	10	12	15	20	32	40	50
k_s	3,15	2,46	2,10	2,06	1,99	1,93	1,86	1,83	1,81

Bei Zwischenwerten für n muss k_s linear interpoliert werden (der Wert für 12 Prüfkörper ist bereits ein interpolierter Wert).

V_i ist entweder die Festigkeit oder der Elastizitätsmodul (wobei möglicherweise ein Verbiegen enthalten ist) jeder Platte (entweder die Summe der entsprechenden Eigenschaft jeder Platte in Längsrichtung und quer zu dieser oder die durch Umkehr der Berechnung unter Anwendung der Tabelle in Anhang B abgeleitete Eigenschaft).

ANMERKUNG Die Tabellenwerte entsprechen den Prüfergebnissen von EN 14358.

b) Mittelwerte

Der Mittelwert für den Elastizitätsmodul V_{mean} wird wie folgt angegeben:

$$V_{\text{mean}} = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^{i=n} LN(V_i)}{n} \right] \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

V_i der Elastizitätsmodul der i -ten Prüfplatte;

V der Elastizitätsmodul E oder G .

A.3.5.3 Berechnung des Verhältnisses Festigkeit/Elastizitätsmodul

Die Ableitung jeglicher Eigenschaften bezüglich der Festigkeit einer Platte umfasst das Verhältnis Festigkeit zu Elastizitätsmodul. Wenn die einzelnen Werte für die Platte nicht verfügbar sind, ist dieses Verhältnis R_w im Hauptteil dieser Norm als Verhältnis des 5%-Quantilwertes der Festigkeit f_{05} zum 50%-Quantilwert des Elastizitätsmoduls M_{50} festgelegt.

$$R_w = \frac{f_{05}}{M_{50}} \quad (\text{A.6})$$

Wenn die einzelnen Werte für die Platte verfügbar sind, ist das folgende Verfahren anzuwenden:

Für jede Platte i wird das Verhältnis $R_{i,d} = \frac{f_i}{M_i}$ berechnet.

Schließlich wird der 5%-Quantilwert von R_i berechnet, um R_w zu erhalten:

$$R_w = \bar{R} - 1,73 \times S_R \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist:

\bar{R} der Mittelwert des Verhältnisses Festigkeit/Elastizitätsmodul f/M ;

S_R die Standardabweichung zwischen den 32 R_i .

A.3.5.4 Eigenschaften von quer angeordneten Lagen

Der Elastizitätsmodul von quer angeordneten Lagen (in Bezug auf die Belastungsrichtung) bei Biegung, Zug und Druck kann nur berücksichtigt werden, wenn er wie folgt abgeleitet wird:

— entweder von Bauholz (entweder durch Prüfung nach EN 408 oder durch Auswahl eines in EN 338 festgelegten Wertes);

oder

— nur von Platten, wenn die Stichprobe sowohl in Längsrichtung als auch quer zu dieser entnommene Prüfkörper umfasst.

Die Eigenschaften von quer angeordneten Lagen müssen aus EN 338 abgeleitet werden, in der die folgenden Angaben zur Verfügung gestellt werden:

— für Nadelholzarten:

$$E_{90,m,t,c} = \frac{E_{0,m}}{30} \quad (\text{A.8})$$

— für Laubholzarten:

$$E_{90,m,t,c} = \frac{E_{0,m}}{15} \quad (\text{A.9})$$

ANMERKUNG Bei Prüfung der Platten sind die Eigenschaften quer zur Längsrichtung bereits in den Ergebnissen für die Längsrichtung enthalten.

A.3.5.5 Berechnung der charakteristischen Rohdichte der Furniere

Diese wird wie folgt berechnet:

$$\rho_{v,05} = \overline{\rho_v} - 1,73 \times S_p \quad (\text{A.10})$$

Dabei ist:

$\overline{\rho_v}$ die mittlere Rohdichte der Stichprobe, die 32 Platten aus einzelnen Holzarten umfasst;

S_p die Standardabweichung der Stichprobe;

$\rho_{v,05}$ die charakteristische Rohdichte.

ANMERKUNG Die in dieser Gleichung angewendete übliche Maßeinheit ist kg/m^3 .

A.4 Ableitung von Schätzwerten für Furniere

A.4.1 Allgemeines

Wenn keine Daten verfügbar sind, dürfen Schätzwerte für Bauholzeigenschaften verwendet werden. Die auf dieser Grundlage abgeleiteten Platteneigenschaften weisen den gleichen Unsicherheitsgrad auf wie die Schätzwerte für Furniere.

Zur Ableitung von Schätzwerten für Furniere in Faserrichtung sind die folgenden Optionen möglich: entweder durch Prüfung oder durch Anwendung von festgelegten Werten; Werte quer zum Faserverlauf sind festgelegte Werte.

ANMERKUNG Derartige Werte sind möglicherweise zu einem gewissen Grade konservativ und somit für Sperrholzplatten zu eng bemessen, insbesondere die festgelegten Werte für Bauholz.

A.4.2 Durch Prüfung erhaltene Werte

Bei Vollholz werden die Werte in Faserrichtung direkt aus den folgenden Normen abgeleitet:

- EN 408 bezüglich des Prüfverfahrens;
- EN 384 bezüglich der Probenahme und der Ableitung des charakteristischen Wertes in Bezug auf die Anzahl der Stichproben;
- EN 14358 bezüglich der Ableitung des charakteristischen Wertes innerhalb einer Stichprobe.

A.4.3 Festgelegte Werte

Die Werte in Bezug auf die Rohdichte werden aus EN 338 abgeleitet:

- die Klassen C14 bis C50 für Nadelhölzer und Laubhölzer mit einer mittleren Rohdichte von weniger als 640 kg/m^3 und
- die Klassen D30 bis D70 für Laubhölzer mit einer mittleren Rohdichte von 640 kg/m^3 und höher;
- da dieses Verfahren keine Zahlen für die Schubsteifigkeit in Plattenebene liefert, sind die Werte nach EN 12369-2 anzusetzen.

ANMERKUNG In diesem Anhang werden Laubholzarten mit einer Rohdichte von weniger als 640 kg/m^3 den Nadelholzarten zugeordnet.

A.5 Prüfbericht

Der Prüfbericht enthält Folgendes:

- die Zusammensetzung der Platten, einschließlich der Holzarten, der Dicke der Lagen und der Erscheinungsklasse der Oberflächen der Furniere, einschließlich der Innenfurniere;
- das angewendete Verfahren zur Erzeugung der Furniere in den Platten (Schälen oder Messern);
- die nach EN 789 ermittelten einzelnen Prüfergebnisse oder, falls zutreffend (Biegung), Werte der Qualitätskontrolle;
- die Werte für die Platte (als Durchschnittswert der beiden Prüfrichtungen);
- die nach diesem Anhang ermittelten charakteristischen Werte für jede Eigenschaft;
- das Verhältnis Festigkeit/Elastizitätsmodul R_W ;
- den 5-%-Quantilwert der Rohdichte.

Anhang B (normativ)

Praktische Kalkulationstabellen für die Ableitung der Eigenschaften

B.1 Allgemeines

Der Zweck dieser Kalkulationstabellen besteht in der Bereitstellung einer Vorlage zur Durchführung aller (Rechen-)Schritte, die erforderlich sind, um auf der Grundlage einer Eigenschaft der Lagen, aus denen sich eine Platte zusammensetzt, den Wert dieser Eigenschaft für diese Platte zu erhalten.

Dieser Anhang enthält für Platten ein Rechenverfahren, das auf Kalkulationstabellen beruht, die aus Spalten und Zeilen bestehen, die sich in Zellen unterteilen.

Das Prinzip beruht auf Folgendem: da Sperrholz ein Verbund übereinander angeordneter Lagen ist, von denen jede festgelegte Eigenschaftswerte aufweist, sind im ersten Teil der Kalkulationstabelle in den ersten Spalten Daten zum Aufbau und den Eigenschaften angegeben; der übrige Teil enthält die Rechenschritte, die zur Bestimmung der Eigenschaft ausgeführt werden müssen.

Die erste Zeile enthält einen Buchstaben, der die jeweilige Spalte bezeichnet.

Die zweite Zeile enthält Festlegungen zu den darunter folgenden Zelleninhalten. Die (ersten) Zellen enthalten die Eigenschaften der Platten und von deren Lagen und (die übrigen) die jeweils auszuführenden Schritte.

Die folgenden Eigenschaften der Platte werden in die Zellen eingetragen:

- die Position der Lagen;
- die Dicke der Lagen;
- der Korrekturfaktor in Bezug auf die Erscheinungsklasse der Oberfläche der Lagen;
- der Wert der Eigenschaft (entweder direkt oder nach einer bestimmten Bearbeitung bei Festigkeits-eigenschaften).

ANMERKUNG Die Holzarten können hinzugefügt werden.

In allen Zellen der übrigen Spalten sind die Zwischenschritte für die Berechnung der Eigenschaften der Platten festgelegt. Beispielsweise wird in Spalte „A“ von Tabelle B.1 der folgende Schritt festgelegt: aus jeder Zeile, von 1 bis n (Anzahl der Lagen), sind der t -, der V - und der k_a -Wert zu multiplizieren, das Ergebnis ist in die Zelle einzutragen (ein Ergebnis für jede Lage). Für jede Spalte gilt das gleiche Verfahren.

Die unterste Zeile fasst die Ergebnisse der entsprechenden Spalten zusammen und liefert die Ergebnisse für die Platteneigenschaft.

In den folgenden Tabellen sind die Eigenschaften sowohl in der 0°-Richtung als auch in der 90°-Richtung abgedeckt.

B.2 Biegung

B.2.1 Allgemeines

Tabelle B.1 ist eine Kalkulationstabelle zur Ableitung des Elastizitätsmoduls und der Festigkeit der Platte (angenommen homogene Struktur) entsprechend der Gleichung (7) im Hauptteil dieser Norm.

B.2.2 Haupttabellen

Die Werte für den Elastizitätsmodul der Lagen werden direkt in die Zellen der Spalte „V“ eingegeben, vor Eingabe der Werte für die Festigkeit ist jedoch eine zusätzliche Tabelle erforderlich, um die sich aus dem Spannungsniveau ergebende Festigkeit abzuleiten.

Für jede der beiden Plattenrichtungen wird eine gesonderte Tabelle vorgeschlagen.

Tabelle B.1 — Biege-Elastizitätsmodul und Biegefestigkeit parallel zur Länge der Platte

Lagen		<i>t</i>	<i>V</i>	<i>K</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>Z</i>	<i>C</i>	<i>J</i>	<i>I</i>
		<i>t_i</i>	<i>V_i</i>	<i>k_{ai}</i>	$A_i = t_i \cdot V_i \cdot k_{ai}$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = A_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i $	$C_i = z_i^2$	$K_i = A_i \cdot C_i$	$I_i = t_i^2 \cdot A_i/12$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²	-	N	mm	mm	N × mm	mm	mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1	=====					0						
2												
---	-----	---	-----			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>i</i> -1	=====											
<i>i</i>												
<i>i</i> +1	=====											
---	-----	---	-----			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>n</i> -1												
<i>n</i>	=====											
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$												
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$						$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$				$Jc = \sum_{i=1}^{i=n} J_i =$		
		$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$						mm		$Ic = \sum_{i=1}^{i=n} I_i =$		
$\sum (E \times I) = Jc + Ic =$												
$Pp_m = 12 \times \frac{Jc + Ic}{T^3} =$										N/mm ²		
für <i>f_m</i> bei nicht symmetrischem Aufbau		$Z = \max \{ Z_{ax}; T - Z_{ax} \}$					$Ecc = \frac{T}{2 \times Z}$			$f_p_m = Ecc \times Pp_m$		

Tabelle B.2 — Biege-Elastizitätsmodul und Biegefestigkeit quer zur Länge der Platte

Lagen		t	V	K	A	T	X	B	Z	C	J	I
		t_i	V_i	k_{ai}	$A_i = t_i \cdot V_i \cdot k_{ai}$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = A_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i $	$C_i = z_i^2$	$K_i = A_i \cdot C_i$	$I_i = t_i^2 \cdot A_i/12$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²	-	N	mm	mm	N × mm	mm	mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1						0						
2	=====											
---	-----	---	-----			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$												
i	=====											
$i+1$												
---	-----	---	-----			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$	=====											
n												
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$												
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$						$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$			$J_c = \sum_{i=1}^{i=n} J_i =$			
$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$							mm	$I_c = \sum_{i=1}^{i=n} I_i =$				
$\sum = (E \times I) = J_c + I_c$												
$Pp_m = 12 \times \frac{J_c + I_c}{T^3} =$									N/mm ²			
für f_m bei nicht symmetrischem Aufbau					$Z = \max\{Z_{ax}; T - Z_{ax}\}$			$Ecc = \frac{T}{2 \times Z}$		$f_{p_m} = Ecc \times Pp_m$		

In den Kalkulationstabellen B.1 und B.2 und entsprechend den Anforderungen von Anhang A kann der Biege-Elastizitätsmodul der mit „|||||||“ markierten Lagen in die entsprechenden Zellen von Spalte „V“ eingetragen werden; wenn dies nicht möglich ist, muss ein Wert von 0 eingetragen werden.

Für die Festigkeit muss stets ein Wert von 0 eingetragen werden.

B.2.3 Tabellen für Festigkeitswerte

Für jede Plattenrichtung wird eine Tabelle angegeben. Durch den Bezug zur Dicke der Lagen ist der Inhalt der Zellen der Spalten „t“, „T“ und „X“ identisch mit dem der entsprechenden Spalten in den Tabellen B.1 und B.2; der Inhalt der Zellen der Spalten „B“ und „Z“ unterscheidet sich jedoch aufgrund der Änderung der Lage der Nullachse im Zusammenhang mit der Differenz zwischen Nennfestigkeit und Spannungsniveau.

Tabelle B.3 — Biegefestigkeit der Lagen parallel zur Plattenlänge

Lagen		t	F	E	A	T	X	B	Z	R	V
		t_i	f_i	E_i	$A_i = t_i \cdot E_i$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = S_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i$	$r_i = \frac{f_i}{z_i \times E_i}$	$V_i = S_i \times f_{mi}$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²		N	mm	mm	N × mm	mm	mm ⁻¹	N/mm ²
1	=====					0					
2			0								0
---	-----	---	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$	=====										
i			0								0
$i+1$	=====										
---	-----	---	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$			0								0
n	=====										
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		Spannungsniveau Sl $Sl = \frac{E_{m1} \times z_1 \times Rw_m}{f_{m1}} =$				kleinster Wert [R_1 bis R_n] = $Rw_m =$					
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$		$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$				

Tabelle B.4 — Biegefestigkeit der Lagen quer zur Plattenlänge

Lagen		t	F	E	A	T	X	B	Z	R	V
		t_i	f_i	E_i	$A_i = t_i \cdot E_i$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = S_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i$	$r_i = \frac{f_i}{z_i \times E_i}$	$V_i = SI \times f_{mi}$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²		N	mm	mm	N × mm	mm	mm ⁻¹	N/mm ²
1			0			0					0
2	=====										
----	-----	----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$			0								0
i	=====										
$i+1$			0								0
----	-----	----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$	=====										
n			0								0
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		Spannungsniveau SI $SI = \frac{E_{m1} \times z_1 \times R_{wm}}{f_{m1}} =$					kleinster Wert [R_1 bis R_n] = $R_{wm} =$				
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$		$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$				

k_{ai} muss entsprechend der Erscheinungsklasse der Vorderseite aus Tabelle 3 des Hauptteils dieser Norm ausgewählt werden.

Die Werte in den Zellen der Spalte „ V “ können in die Zellen der Spalte „ V “ der Tabellen B.1 bzw. B.2 übertragen werden, um die Festigkeit der Platte zu ermitteln.

B.3 Zug und Druck

Mit den Tabellen B.5 bis B.8 werden geeignete Kalkulationstabellen zum Ableiten des Elastizitätsmoduls und der Festigkeit der Platte (angenommen homogene Struktur) nach Gleichung (14) des Hauptteils dieser Norm zur Verfügung gestellt.

Tabelle B.5 — Zug- und Druck-Elastizitätsmodul von Platten mit parallel zum Faserverlauf der Decklage erfolgter Belastung

Lagen		t	K	V	A
		t_i	k_{ai}	V_i	$A_i = t_i \cdot k_{ai} \cdot V_i$
Nr.	Faserverlauf	mm	-	N/mm ²	N
1	=====				
2					
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$	=====				
i					
$i+1$	=====				
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$					
n	=====				
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$					
$A = \sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					
$V_{p,t,c} = \frac{A}{T} =$					

Tabelle B.6 — Zug- und Druck-Elastizitätsmodul von Platten mit rechtwinklig zum Faserverlauf der Decklage erfolgnder Belastung

Lagen		t	K	V	A
		t_i	k_{ai}	V_i	$A_i = t_i \cdot k_{ai} \cdot V_i$
Nr.	Faserverlauf		-	N/mm ²	N
1					
2	=====				
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$					
i	=====				
$i+1$					
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$	=====				
n					
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$					
$A = \sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					
$V_{p_{t,c}} = \frac{A}{T} =$					

In die Zellen von Spalte V muss der 5%-Quantilwert bzw. der 50%-Quantilwert des Elastizitätsmoduls eingetragen werden. Wenn die rechtwinklig zur Belastungsrichtung angeordneten parallelen Lagen nicht berücksichtigt werden, ist der Wert der entsprechenden Zelle V_i gleich 0.

Tabelle B.7 — Zug- und Druckfestigkeit von Platten mit parallel zur Faserverlauf der Decklage
 erfolgender Belastung

Lagen		t	K	V	A
		t_i	k_{ai}	V_i	$A_i = t_i \cdot k_{ai} \cdot V_i$
Nr.	Faserverlauf	mm	-	N/mm ²	N
1	=====				
2				0	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$	=====			0	
i					
$i+1$	=====				
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$				0	
n	=====				
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$					
$A = \sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					
$V_{p,t,c} = \frac{A}{T} =$					

Tabelle B.8 — Zug- und Druckfestigkeit von Platten mit rechtwinklig zum Faserverlauf der Decklage erfolgnder Belastung

Lagen		t	K	V	A
		t_i	k_{ai}	V_i	$A_i = t_i \cdot k_{ai} \cdot V_i$
Nr.	Faserverlauf	mm	-	N/mm ²	N
1					
2	=====				
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$				0	0
i	=====				
$i+1$				0	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$	=====				
n				0	0
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$					
$A = \sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					
$V_{p,t,c} = \frac{A}{T} =$					

In die Zellen der Spalte V müssen die 5%-Quantilwerte eingetragen werden, die nach 7.4.3.3 zu bearbeiten sind. Die rechtwinklig zur Belastungsrichtung angeordneten Lagen werden nicht berücksichtigt; der Wert der entsprechenden Zelle V_i ist gleich 0.

Da die Werte der Zug- und der Druckfestigkeit unterschiedlich sind, müssen die Tabellen B.7 und B.8 für beide Eigenschaften berechnet werden.

ANMERKUNG Festigkeit: Die Tabellen B.9 und B.10 können verwendet werden, um die Werte für die Zug- und die Druckfestigkeit abzuleiten, die in die Spalte V der Tabellen B.7 bzw. B.8 eingetragen werden.

Tabelle B.9 — Zug- und Druckfestigkeit von Lagen mit parallel zum Faserverlauf der Decklage erfolgender Belastung

Lagen		E	F	R	V
		E_i	f_i	$R_i = f_i/E_i$	$V_i = E_i \cdot R_{w_{tc}}$
Nr.	Faserverlauf	N/mm ²	N/mm ²	-	N/mm ²
1					
2	=====		0		0
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$					
i	=====		0		0
$i+1$					
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$	=====		0		0
n					
$R_{w_{tc}} = \text{kleinster Wert } [R_{tc1} \text{ bis } R_{tcn}] =$					

Die V_i -Werte können in Spalte V von Tabelle B.5 übertragen werden, um die Festigkeit der Platte zu bestimmen.

ANMERKUNG Tabelle B.9 kann in Tabelle B.5 integriert werden.

Tabelle B.10 — Zug- und Druckfestigkeit der Lagen mit rechtwinklig zum Faserverlauf der Decklage erfolgender Belastung

Lagen		E	F	R	V
		E_i	f_i	$R_i = f_i/E_i$	$V_i = E_i \cdot R_{w_{tc}}$
Nr.	Faserverlauf	N/mm ²	N/mm ²	-	N/mm ²
1			0		0
2	=====				
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$i-1$			0		0
i	=====				
$i+1$					
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$n-1$	=====				
n			0		0
$R_{w_{tc}} = \text{kleinster Wert } [R_{tc1} \text{ bis } R_{tcn}] =$					

Die V_i -Werte können in Spalte V von Tabelle B.5 übertragen werden, um die Festigkeit der Platte zu bestimmen.

ANMERKUNG Tabelle B.10 kann in Tabelle B.5 integriert werden.

B.4 Schub/Scheren rechtwinklig zur Plattenebene

Der Elastizitätsmodul G_v und die Festigkeit f_v der Platte können mit Hilfe der Tabelle B.11 abgeleitet werden.

Tabelle B.11 — Elastizitätsmodul bei Schub rechtwinklig zur Plattenebene und Festigkeit von Platten bei in beide Richtungen erfolgnder Scherbeanspruchung

Nr.	Faserverlauf	<i>T</i>	<i>K</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>N</i>
		t_i	k_{ai}	G_{ri}	f_{ri}	$R_i = f_{ri}/G_{ri}$	$N_i = t_i \cdot k_{ai} \cdot G_{vi}$
1							
2	=====						
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>i</i>							
<i>i+1</i>	=====						
-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>n-1</i>	-----						
<i>n</i>	=====						
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		kleinster Wert [R_1 bis R_n] = $R_w =$					
$G_v = \frac{N}{T} =$		$G_r = G_v \times R_w =$			$N = \sum_{i=1}^{i=n} N_i =$		

Wie in den vorhergehenden Tabellen sind die Schritte für jede Zelle in der zweiten Zelle jeder Spalte festgelegt.

Die in der zweiten Spalte angegebenen Faserverläufe müssen an die Plattenrichtung angepasst werden.

B.5 Schub/Scheren in Plattenebene

B.5.1 Allgemeines

Der Elastizitätsmodul G_r und die Festigkeit f_r der Platte können mit Hilfe der Tabellen B.12 und B.13 bzw. B.14 abgeleitet werden.

B.5.2 Verfügbare Werte für Furniere

Tabelle B.12 — Elastizitätsmodul und Festigkeit von Platten mit parallel zum Faserverlauf der Decklage erfolgreicher Schub-/Scherbeanspruchung

Nr.	Faserverlauf	<i>T</i>	<i>K</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>N</i>
		t_i	k_{ai}	G_{ri}	f_{ri}	$P_i = k_{ai} \cdot f_{ri}$	$N_i = t_i / (k_{ai} \cdot G_{ri})$
1	=====	0	-	-	-	-	0
2							
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>i</i>	=====	0	-	-	-	-	0
<i>i</i> +1							
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>n</i> -1							
<i>n</i>	=====	0	-	-	-	-	0
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		kleinster Wert [P_1 bis P_n] = P_w					
$N = \sum_{i=1}^{i=n} N_i =$							
$G_r = \frac{T}{N} =$			$f_r = P_w =$				

Tabelle B.13 — Elastizitätsmodul und Festigkeit von Platten mit rechtwinklig zum Faserverlauf der Decklage erfolgreicher Schub-/Scherbeanspruchung

Nr.	Faserverlauf	<i>T</i>	<i>K</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>N</i>
		t_i	k_{ai}	G_{ri}	f_{ri}	$P_i = k_{ai} \cdot f_{ri}$	$N_i = t_i / (k_{ai} \cdot G_{ri})$
1							
2	=====	0	-	-	-	-	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>i</i>							
<i>i</i> +1	=====	0	-	-	-	-	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>n</i> -1	=====	0	-	-	-	-	0
<i>n</i>							
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		kleinster Wert [P_1 bis P_n] = $P_w =$					
$N = \sum_{i=1}^{i=n} N_i =$							
$G_r = \frac{T}{N} =$				$f_r = P_w =$			

In den Tabellen B.12 und B.13 sind nur die rechtwinklig zur Schub-/Scherrichtung angeordneten Lagen maßgeblich (da sie viel schwächer sind).

B.5.3 Keine verfügbaren Werte für Furniere

Tabelle B.14 — Elastizitätsmodul und Festigkeit von Platten für beide Schub-/Scherrichtungen

Nr.	Faserverlauf	<i>T</i>	<i>K</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>N</i>
		t_i	k_{ai}	G_{ri}	f_{ri}	$k_{ai} \cdot f_{ri}$	$N_i = t_i / (k_{ai} \cdot G_{ri})$
1	=====						
2							
-----	-----	-----	-----	-----	-----		
<i>i</i>	=====						
<i>i+1</i>							
-----	-----	-----	-----	-----	-----		
<i>n-1</i>							
<i>n</i>	=====						
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		kleinster Wert [$k_{a1} \cdot f_{r1}$ bis $k_{an} \cdot f_{rn}$]				$N = \sum_{i=1}^{i=n} N_i =$	
		$P_w =$					
$G_r = \frac{T}{N} =$					$f_t = P_w =$		

Alle Zellen müssen dokumentiert sein.

Wie in den vorhergehenden Tabellen sind die Schritte für jede Zelle in der zweiten Zelle jeder Spalte festgelegt.

Die in der zweiten Spalte angegebenen Faserverläufe müssen an die Plattenrichtung angepasst werden.

Anhang C (informativ)

Beispiel für die Biegefestigkeit

ANMERKUNG Da Anhang B vollständig erarbeitet ist, wird ein Einzelbeispiel als Gebrauchsanleitung für die Kalkulationstabellen von Anhang B vorgeschlagen. Die Zusammensetzung der Platte ist dabei fiktiv.

C.1 Bestimmung der Spannung in den Lagen

Tabelle C.1 — Biegefestigkeit von Lagen, die parallel zur Plattenlänge angeordnet sind

Lagen		<i>T</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>K</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>Z</i>	<i>R</i>	<i>V</i>
		t_i	f_i	E_i	k_{ai}	$A_i = k_{ai} \cdot t_i \cdot f_i$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = S_i \cdot X_i$	$z_i = IZ_{ax} - X_i I$	$R_i = f_i / (z_i \cdot E_i)$	$V_i = S_i \times f_{mi}$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²		-	N	mm	mm	N × mm	mm	mm ⁻¹	N/mm ²
1	=====	2,0	70,0	12 000	1,0	140	0	1,0	140	9,6	$6,10 \cdot 10^{-4}$	64,2
2		3,0					2,0					
3	=====	2,0	40,0	10 000	0,85	68	5,0	6,0	408	4,6	$8,76 \cdot 10^{-4}$	36,7
4		2,0					7,0					
5	=====	4,0	30,0	8 000	0,75	90	9,0	11,0	990	0,4	$8,66 \cdot 10^{-4}$	27,5
6		2,0					13,0					
7	=====	2,0	40,0	10 000	0,85	68	15,0	16,0	1 088	5,4	$7,36 \cdot 10^{-4}$	36,7
8		3,0					17,0					
9	=====	2,0	70,0	12 000	0,85	119	20,0	21,0	2 499	10,4	$5,59 \cdot 10^{-4}$	64,2
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		22	Spannungsniveau <i>SI</i> $SI = \frac{E_{m1} \times z_1 \times R_{w_m}}{f_{m1}} =$			0,917			kleinster Wert [<i>R</i> ₁ bis <i>R</i> _{<i>n</i>}] = <i>R</i> _{<i>w</i>_m} =		$5,59 \cdot 10^{-4}$	
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					485	$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$			5 125	$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$		10,6

Tabelle C.2 — Biegefestigkeit von Lagen, die rechtwinklig zur Plattenlänge angeordnet sind

Lagen		T	F	E	K	A	T	X	B	Z	R	V
		t_i	f_i	E_i	k_{ai}	$A_i = k_{ai} \cdot t_i \cdot f_i$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = S_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i $	$R_i = f_i / (z_i \cdot E_i)$	$V_i = S_i \times f_{mi}$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²		-	N	mm	mm	N × mm	mm	mm ⁻¹	N/mm ²
1		2,0	0				0					0
2	=====	3,0	60	11 000	1,0	180	2,0	3,5	630	7,1	$7,72 \cdot 10^{-4}$	53,5
3		2,0	0									0
4	=====	2,0	40	10 000	0,85	68	7,0	8,0	544	2,6	$1,56 \cdot 10^{-3}$	35,6
5		4,0	0									0
6	=====	2,0	40	10 000	0,85	68	13,0	14,0	952	3,4	$1,17 \cdot 10^{-3}$	35,6
7		2,0	0									0
8	=====	3,0	60	11 000	0,85	153	17,0	18,5	2 831	7,9	$6,88 \cdot 10^{-4}$	53,5
9		2,0	0									
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		22	Spannungsniveau S_l $S_l = \frac{E_{m1} \times z_1 \times R_{w_m}}{f_{m1}} =$			0,891			kleinster Wert [R_1 bis R_n] = $R_{w_m} =$		$6,88 \cdot 10^{-4}$	
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					469	$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$			4 957	$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$		10,6

Die Werte von Spalte V können in die Spalte V von Tabelle B.1 bzw. B.2 übertragen werden, um die Festigkeit der Platte zu bestimmen.

k_{ai} wird aus Tabelle 3 im Hauptteil dieser Norm ausgewählt.

C.2 Bestimmung der Festigkeit der Platte

Tabelle C.3 — Parallel zur Länge der Platte ermittelte Biegefestigkeit

Lagen		t	V	K	A	T	X	B	Z	C	J	I
		t_i	V_i	k_{ai}	$A_i = t_i \cdot V_i \cdot k_{ai}$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = A_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i $	$C_i = z_i^2$	$K_i = A_i \cdot C_i$	$I_i = t_i^2 \cdot A_i/12$
Nr.	Faser- verlauf	mm	N/mm ²	-	N	mm	mm	N × mm	mm	mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1	=====	2,0	64,2	1,0	128	0	1,0	128,4	9,6	91,5	11 750	43
2		3,0				2,0						
3	=====	2,0	35,7	0,85	62	5,0	6,0	62,4	4,6	20,9	1 301	21
4		2,0				7,0						
5	=====	4,0	27,5	0,75	83	9,0	11,0	82,5	0,4	0,2	15	110
6		2,0				13,0						
7	=====	2,0	36,7	0,85	62	15,0	16,0	62,4	5,4	29,5	1 841	21
8		3,0				17,0						
9	=====	2,0	64,2	0,85	109	20,0	21,0	109,1	10,4	108,8	11 878	40
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		22										
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					485	$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$		5 125	$J_c = \sum_{i=1}^{i=n} J_i =$		26 785	
$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$							10,6	mm	$I_c = \sum_{i=1}^{i=n} I_i =$		231	
$\sum (E \times I) = J_c + I_c =$									27 015			
$Pp_m = 12 \times \frac{Rc + Lc}{T^3} =$								29,3		N/mm ²		
für f_m bei nicht symmetrischem Aufbau					$Z = \max\{Z_{ax}; T - Z_{ax}\}$			$Ecc = \frac{T}{2 \times Z}$		$f_p_m = Ecc \times Pp_m$		

Die Werte für V_i und C_i wurden aus Tabelle B.3 entnommen.

Tabelle C.4 — Rechtwinklig zur Länge der Platte ermittelte Biegefestigkeit

Lagen		t	V	K	A	T	X	B	Z	C	J	I
		t_i	f_i/V_i	k_{ai}	$A_i = t_i \cdot V_i \cdot k_{ai}$	$T_i = t_{i-1} + T_{i-1}$	$X_i = T_i + t_i/2$	$B_i = A_i \cdot X_i$	$z_i = Z_{ax} - X_i $	$C_i = z_i^2$	$K_i = A_i \cdot C_i$	$I_i = t_i^2 \cdot A_i/12$
Nr.	Faser-verlauf	mm	N/mm ²	-	N	mm	mm	N × mm	mm	mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1		2,0				0						
2	=====	3,0	53,5	1,0	160	2,0	3,5	561	7,1	50,0	8 014	120
3		2,0				5,0						
4	=====	2,0	35,6	0,85	61	7,0	8,0	485	2,6	6,6	400	20
5		4,0				9,0						
6	=====	2,0	35,6	0,85	36	13,0	14,0	848	3,4	11,8	714	20
7		2,0				15,0						
8	=====	3,0	53,5	0,85	136	17,0	18,5	2 522	7,9	62,9	8 578	102
9		2,0				20,0						
$T = \sum_{i=1}^{i=n} t_i =$		22										
$\sum_{i=1}^{i=n} A_i =$					418	$\sum_{i=1}^{i=n} B_i =$		4 417	$J_c = \sum_{i=1}^{i=n} J_i =$		17 705	
$Z_{ax} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} B_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} =$						10,6	mm	$I_c = \sum_{i=1}^{i=n} I_i =$			263	
$\sum (E \times I) = J_c + I_c =$										17 968		
$Pp_m = 12 \times \frac{Rc + Lc}{T^3} =$								19,5		N/mm ²		
für f_m bei nicht symmetrischem Aufbau					$Z = \max\{Z_{ax}; T - Z_{ax}\}$			$Ecc = \frac{T}{2 \times Z}$		$f_{p_m} = Ecc \times Pp_m$		

Literaturhinweise

- [1] EN 310, *Holzwerkstoffe — Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls und der Biegefestigkeit*
- [2] EN 635-2, *Sperrholz — Klassifizierung nach dem Aussehen der Oberfläche — Teil 2: Laubholz*
- [3] EN 635-3, *Sperrholz — Klassifizierung nach dem Aussehen der Oberfläche — Teil 3: Nadelholz*
- [4] EN 1995-1-1, *Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*