

DIN EN 14509-5



ICS 91.100.60

Einsprüche bis 2021-08-18

Entwurf

**Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen
Metalldeckschichten –
Teil 5: Berechnungsmethoden –
Bestimmungskriterien für die Kombination von Einwirkungen und
Spannweiten;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14509-5:2021**

Factory-made double skin metal faced insulating sandwich panels –
Part 5: Design methods –
Determination criteria for combining actions and spans;
German and English version prEN 14509-5:2021

Panneaux sandwichés isolants à deux parements métalliques manufactures –
Partie 5: Méthodes de conception –
Critères de détermination pour les combinaisons des actions et des portées;
Version allemande et anglaise prEN 14509-5:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-06-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 64 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14509-5:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 128 „Dachdeckungsprodukte für überdeckende Verlegung und Produkte für Außenwandbekleidung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NBN (Belgien) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-02-18 AA „Sandwich-Elemente mit metallischer Oberfläche (SpA zu CEN/TC 128/SC 11)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

<i>Titel de:</i>	Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten — Teil 5: Berechnungsmethoden — Bestimmungskriterien für die Kombination von Einwirkungen und Spannweiten
<i>Titel en:</i>	Factory-made double skin metal faced insulating sandwich panels — Part 5: Design methods — Determination criteria for combining actions and spans
<i>Titel fr:</i>	Panneaux sandwichs isolants à deux parements métalliques manufactures — Partie 5: Méthodes de conception — Critères de détermination pour les combinaisons des actions et des portées

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole und Indizes	7
3.2.1 Symbole	7
3.2.2 Indizes	8
4 Bestimmungskriterien für die Kombination von Einwirkungen und Spannweiten	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Definitionen	10
4.2.1 Eigenschaften eines Sandwich-Elements	10
4.2.2 In Abschnitt 4 angewendete Vorzeichenregelung	11
4.3 Kurzbeschreibungen zum Bemessungsverfahren	11
4.4 Beanspruchungen	12
4.4.1 Allgemeines	12
4.4.2 Langzeitige Beanspruchungen	12
4.4.3 Veränderliche Beanspruchungen	12
4.4.4 Beanspruchungen aufgrund von Langzeit-Einwirkungen	13
4.5 Tragfähigkeit	14
4.5.1 Allgemeines	14
4.5.2 Rest-Biegetragfähigkeit an einem Zwischenauflager	15
4.5.3 Aufnehmbare Auflagerkraft am Endauflager	16
4.6 Verifizierung durch das Verfahren für Teilsicherheitsbeiwerte	17
4.6.1 Bemessungswerte der Beanspruchungen	17
4.6.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit	17
4.6.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	18
4.6.4 Beanspruchungskombinationen	18
4.7 Werkstoffbezogene Sicherheitsbeiwerte	19
4.8 Berechnung der Beanspruchungseinwirkungen	19
4.8.1 Allgemeines	19
4.8.2 Berechnungsverfahren	19
4.8.3 Statisches System, Geometrie und Dicke	23
4.8.4 Sandwich-Elemente mit ebenen oder leicht profilierten Deckschichten	24
4.8.5 Sandwich-Elemente mit stark profilierten Deckschichten	25
4.8.6 Einfluss der Zeit auf Schubverformungen des Kerns	25
4.9 Elemente mit Sonderprofilen	26
4.9.1 Allgemeines	26
4.9.2 Bestimmung der effektiven Eigenschaften der Deckschichten und des Kerns	26
4.9.3 Bemessung von Elementen mit Sonderprofilen	27
4.10 Bemessung von Befestigungen	31
Literaturhinweise	32

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14509-5:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 128 „Dachdeckungsprodukte für überdeckende Verlegung und Produkte für Außenwandbekleidung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NBN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Dieses Dokument deckt Anhang E in EN 14509:2013 ab und wird für Sandwich-Elemente mit Stahldeckschichten durch EN 1993-7 ersetzt, wenn dieser Eurocode für die Bemessung von Sandwich-Elementen mit Stahldeckschichten veröffentlicht wird. Für Sandwich-Elemente mit anderen Metalldeckschichten wird dieses Dokument verwendet.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Berechnungsmethoden für die Kombination von Einwirkungen und Spannweiten für werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten (nachstehend Sandwich-Elemente) fest. Die Sandwich-Elemente sind für den Einsatz in Elementen sowohl für selbsttragende als auch für tragende Anwendungen in Dächern, in Außen- und Innenwänden (einschließlich Trennwänden) und in (Unter-)Decken in Gebäuden sowie in solchen für Kühlhausanwendungen vorgesehen.

ANMERKUNG Die Beschreibung für selbsttragende Sandwich-Elemente ist in prEN 14509-1:2021, Abschnitt 1 und für tragende Sandwich-Elemente in prEN 14509-2:2020, Abschnitt 1 angegeben.

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).

EN 1990:2002¹, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1993-1-3:2006,² *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche*

EN 1999-1-4:2007,³ *Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln*

EN 10143:2006, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

prEN 14509-1:2021, *Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten — Teil 1: Selbsttragende Anwendungen*

prEN 14509-2:2020, *Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten — Werkmäßig hergestellte Produkte — Spezifikationen — Teil 2: Tragende Anwendungen — Befestigungen und mögliche Nutzung zur Stabilisierung von einzelnen tragenden Bauteilen*

prEN 14509-3:2020, *Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten — Teil 3: Prüfverfahren zur Bestimmung der mechanischen Festigkeit, des bauphysikalischen Verhaltens und der Dauerhaftigkeit*

prEN 14509-4:2020, *Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten — Teil 4: Prüfverfahren zur Befestigung von Paneelen an der Unterkonstruktion und zur Bestimmung der Rückhaltewirkung auf die Unterkonstruktion*

1 Wie durch EN 1990:2002/A1:2005 und EN 1990:2002/AC:2010 beeinflusst.

2 Wie durch EN 1993-1-3:2006/AC:2009 beeinflusst.

3 Wie durch EN 1999-1-4:2007/AC:2009 und EN 1999-1-4 beeinflusst.

3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

aufnehmbares Biegemoment

höchstes, während der Prüfung an einem einzelnen Element aufgezeichnetes Biegemoment

3.1.2

Biegetragfähigkeit

charakteristischer Wert des aufnehmbaren Biegemoments, bestimmt auf der Grundlage einer Versuchsreihe

3.1.3

Verbund

Haftung zwischen der/den Deckschicht(en) und dem Kern, die gewöhnlich durch Verkleben entsteht

3.1.4

(Unter-)Decke

Eindeckung über einem Innenbereich

3.1.5

Kern

Schicht aus einem Werkstoff mit wärmedämmenden Eigenschaften, die beidseitig mit Metalldeckschichten verklebt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Dämmelementen mit speziellen Kantenausführungen in den Längsfugen können andere Kernwerkstoffe als der Hauptdämmkern verwendet werden (z. B. verbessertes Verhalten bei Brandeinwirkung), wenn diese Kantenausführungen keinen Einfluss auf die mechanische Leistung des Dämmelements haben.

3.1.6

Kante, Längsrand

Seite des Elements, an der benachbarte Elemente in derselben Ebene angrenzen

3.1.7

Deckschicht

ebenes, leicht profiliertes oder profiliertes dünnes Metallprofil, das kraftschlüssig mit dem Kern verbunden ist

3.1.8

ebene Deckschicht

Deckschicht ohne gewalzte oder gepresste Profilierung sowie ohne hervorstehende Verstärkungsrippen

3.1.9

Fuge

Berührungsfläche zwischen zwei Elementen, bei denen die aufeinander treffenden Kanten so ausgeführt sind, dass die Elemente in derselben Ebene aneinander grenzend verlegt werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fuge kann ineinander greifende Teile umfassen, die die mechanischen Eigenschaften des Systems sowie dessen wärmetechnische und akustische Eigenschaften und das Brandverhalten verbessern sowie die Luftbewegung begrenzen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Fuge“ bezieht sich nicht auf eine Stoßstelle zwischen geschnittenen Elementen oder auf eine Stoßstelle, bei der die Elemente nicht in derselben Ebene eingebaut sind.

3.1.10

leicht profilierte Deckschicht

Deckschicht mit einem gewalzten oder gepressten Profil von höchstens 5 mm Tiefe

3.1.11

Sandwich-Element

Bauprodukt, das aus zwei beiderseits eines Kerns angeordneten Metalldeckschichten besteht, wobei der Kern aus einem wärmedämmenden Werkstoff besteht und so kraftschlüssig mit den beiden Deckschichten verbunden ist, dass die drei Bestandteile bei Belastung gemeinsam wirken

3.1.12

Knitterfestigkeit

charakteristischer Wert der Knitterspannung

3.1.13

Knitterspannung

Spannung in der druckbeanspruchten Deckschicht eines Elements, das unter Biegebeanspruchung versagt, wobei die Versagensart die Form von „Knittern“ über die gesamte Breite des Elements nahe dem Querschnitt mit dem höchsten Biegemoment annimmt

3.2 Symbole und Indizes

Für die Zwecke dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Indizes.

3.2.1 Symbole

Die folgenden Symbole gelten für dieses Dokument

A Querschnittsfläche

B Gesamtbreite des Elements, Biegesteifigkeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Querschnittsfläche A und Biegesteifigkeit B gelten entweder für die volle Breite eines Elements (z. B. nach EN 14509-3:2021 bei der Auswertung von Prüfergebnissen) oder für eine Breitereinheit (Meter) des Elements bei der Durchführung von Bemessungsberechnungen oder der Erstellung von Lasttabellen.

C Bemessungswert eines Kriteriums für die Gebrauchstauglichkeit

D Gesamthöhe des Elements

E Elastizitätsmodul, Bemessungswert der Auswirkung einer Beanspruchung

F Kraft, Last

G Schubmodul, langzeitige Beanspruchung

I Trägheitsmoment

L Stützweite, Abstand

M Biegemoment

N axiale Druckkraft

Q veränderliche Beanspruchungen

R	Widerstand, Reflexionsvermögen (R_G)
S	Schubsteifigkeit, charakteristischer Wert einer Beanspruchung
T	Temperatur
V	Schubkraft
d	Höhe eines Deckschichtprofils oder Sickentiefe, Kernschichtdicke (d_c)
e	Abstand zwischen den Schwerpunkten der Deckschichten, Basis der natürlichen Logarithmen ($e = 2,718\ 282$)
f	Festigkeit, Streckgrenze
h	Profilhöhe
k	Parameter (prEN 14509-3:2020, 4.11, 4.5.3 in diesem Dokument: aufnehmbare Auflagerkraft), Korrekturfaktor
n	Anzahl der Stege
q	Verkehrslast
s	Steglänge (s_{w1})
t	Dicke des Deckschichtprofils
v	Variationskoeffizient
α	Wärmeausdehnungskoeffizient
β	Parameter (Tabelle 10.2, Bemessungsgleichungen)
Φ	Winkel
γ	Teil-Sicherheitsbeiwert, Lastfaktor (γ_F)
φ	Kriechfaktor
θ	Parameter (Tabelle 9, Bemessungsgleichungen)
σ	Biegespannung, Druckfestigkeit m , Standardabweichung
τ	Schubspannung
ψ	Kombinationskoeffizient

3.2.2 Indizes

Die folgenden Indizes gelten für dieses Dokument.

C	Kern
---	------

F	Deckschicht, Beanspruchung (γ_F)
G	langzeitige Beanspruchung, Grad
M	Werkstoff (γ_M)
Q	veränderliche Beanspruchung
S	Sandwichanteil des Querschnitts
c	Druck, Kern
d	Bemessung
i, j	Index
k	charakteristischer Wert
nom	Nennmaße
s	Auflager (L_s = Auflagerbreite), Oberfläche (R_{s1})
t	Zeit
tol	Grenzabmaß (normal oder eingeschränkt)
0	Anfangswert
1	äußere Deckschicht, Oberseite
2	innere Deckschicht, Unterseite

4 Bestimmungskriterien für die Kombination von Einwirkungen und Spannweiten

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt nur gleichmäßig verteilte Lasten und Temperaturgradienten, er gibt keine Informationen über Einzellasten auf Elemente an.

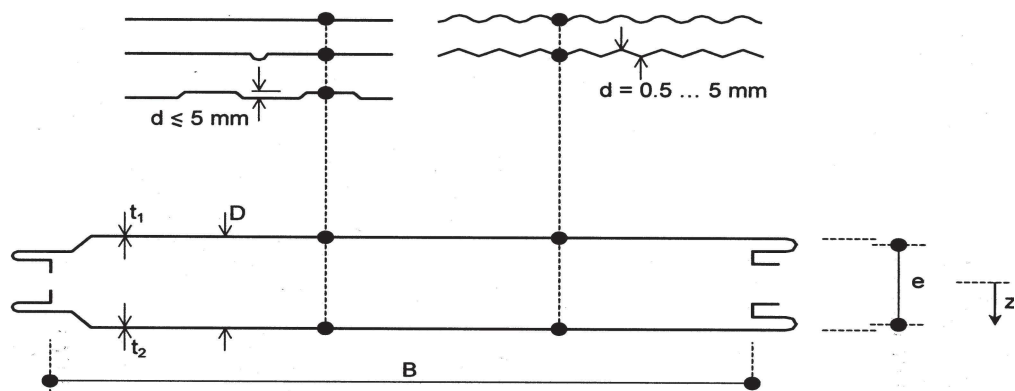
Dieser Abschnitt betrifft Bestimmungen, die der Konstrukteur zu berücksichtigen hat, wenn nicht anders angegeben, und die noch nicht in den entsprechenden Eurocodes enthalten sind.

Die Auflagerkonstruktion muss ausreichend steif sein, um unbeabsichtigte Schubfeld- oder Verbundwirkungen zu vermeiden.

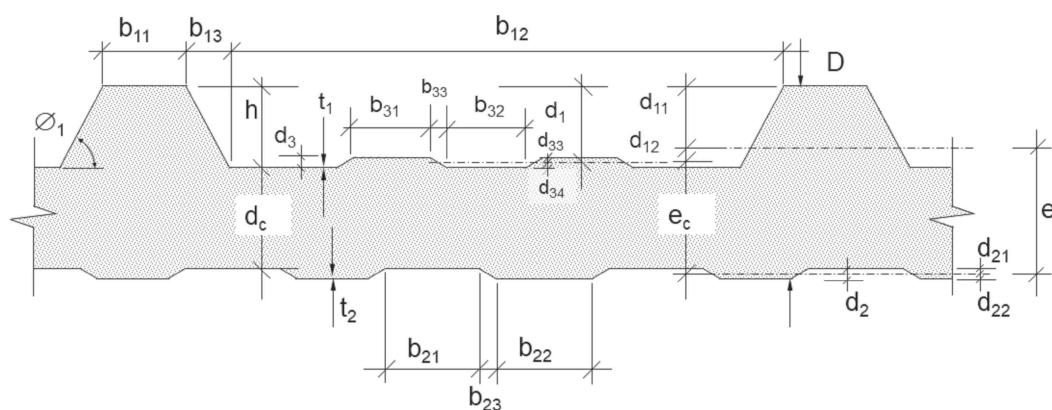
4.2 Definitionen

4.2.1 Eigenschaften eines Sandwich-Elements

Der Querschnitt und die Werkstoffeigenschaften eines Sandwich-Elements müssen Bild 1 a) und Bild 1 b) sowie Tabelle 1 entsprechen.



a) eben, leicht profiliert oder mikroprofilerte Deckschicht



b) Elementquerschnitt, profilierte Deckschicht

Bild 1 — Elementquerschnitte

Tabelle 1 — Elementeigenschaften

Schicht	Geometrie	Werkstoff-eigenschaften	Tragwerks-eigenschaften
Deck-schicht 1	$t_1, d_1, d_{11}, d_{12}, A_{F1}, I_{F1}$	E_{F1}, α_{F1}	B_{F1}
Kern	d_c	E_C, G_C	S
Deck-schicht 2	$t_2, d_2, d_{21}, d_{22}, A_{F2}, I_{F2}$	E_{F2}, α_{F2}	B_{F2}

4.2.2 In Abschnitt 4 angewendete Vorzeichenregelung

Sofern zutreffend, wird für die Gleichungen in diesem Dokument die folgende Vorzeichenregelung angenommen: Biegemomente sind negativ, wenn Deckschicht 1 zugbeansprucht ist.

Druckkräfte und -spannungen sind positiv. Abwärts gerichtete Lasten sind positiv.

Abwärts gerichtete Durchbiegungen sind positiv.

4.3 Kurzbeschreibungen zum Bemessungsverfahren

Die Bemessungswerte für die Auswirkungen der Beanspruchungen E_d müssen berechnet und mit den Bemessungswerten des zugehörigen Widerstands R_d oder den maßgebenden Kriterien für die Gebrauchstauglichkeit C_d verglichen werden, wobei die jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerte für die Werkstoffe γ_M zu berücksichtigen sind.

Durch Berechnung nach den in 4.5 bis 4.7 angegebenen Verfahren muss der Nachweis erbracht werden, dass die Gleichungen (1) bis (4) erfüllt sind.

Grenzzustand der Tragfähigkeit:	$EU_{LS;d} \leq R_d$	(1)
---------------------------------	----------------------	-----

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:	$EU_{SLS;d} \leq C_d$	(2)
---	-----------------------	-----

Dabei ist/sind

$E_{ULS;d}$ und $E_{SLS;d}$ Bemessungswerte für die Auswirkungen der Beanspruchungen, d. h.

E_d	die Auswirkung von $\Sigma \gamma_f \psi S_{ki}$	(3)
-------	--	-----

$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$	der Bemessungswert des Widerstands beim Grenzzustand der Tragfähigkeit	(4)
------------------------------	--	-----

C_d	der Grenz-Bemessungswert des zutreffenden Kriteriums der Gebrauchstauglichkeit, angegeben als höchste Bemessungsspannung beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit oder Grenzdurchbiegung unter Berücksichtigung des werkstoffbezogenen Teilsicherheitsbeiwertes für die Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit γ_M ;
-------	---

S_{ki}	der charakteristische Wert einer Beanspruchung;
----------	---

γ_F	der entsprechende Lastbeiwert;
------------	--------------------------------

ψ	der entsprechende Kombinationsbeiwert;
--------	--

γ_M	der zugehörige werkstoffbezogene Sicherheitsbeiwert;
------------	--

R_k	der berechnete oder experimentell bestimmte Wert des charakteristischen Widerstands.
-------	--

ANMERKUNG Die folgenden Verfahren entsprechen den „Europäischen Empfehlungen für Sandwichelemente: Teil 1: Bemessung“ [2] und sind ein Teil der in diesen Empfehlungen angegebenen ausführlicheren Verfahren.

Diese Produktnorm betrifft vor allem die Werte R_d und C_d . Die Größe der Beanspruchung und die Sicherheitsstufen können in jedem Mitgliedstaat speziell festgelegt sein.

4.4 Beanspruchungen

4.4.1 Allgemeines

Die in 4.4.2 bis 4.4.4 angegebenen Beanspruchungen müssen bei den Berechnungen berücksichtigt werden. Sie müssen entweder einzeln oder in Kombination unter Verwendung der Kombinationskoeffizienten nach 4.6 und 4.7 betrachtet werden. Wenn Elemente zur Rückhaltung von Unterkonstruktionen verwendet werden, muss das Moment m (siehe EN 1993-1-3:2006, 10.1.5.2) berücksichtigt werden.

4.4.2 Langzeitige Beanspruchungen

Die bei der Bemessung zu berücksichtigenden langzeitigen Beanspruchungen müssen Folgendes einschließen:

- Eigenlast des Elements (berechnet aus den Nennmaßen und den mittleren Dichten);
- Masse vorhandener ständiger Einbauteile von Tragwerken und Einbauten, die das Element belasten;
- langfristig einwirkende Verformungen, z. B. aufgrund der Temperaturen in Kühllhäusern (berechnet anhand der für die jeweilige Anwendung entsprechenden Normwerte).

4.4.3 Veränderliche Beanspruchungen

Sofern zutreffend, müssen die veränderlichen Beanspruchungen Folgendes beinhalten:

- Schnee (quasi-ständige Beanspruchung);
- Verkehrslasten (z. B. durch Begehen von Dach oder (Unter-)Decke);
- Windlasten;
- Montagelasten;
- klimatische Einflüsse (z. B. aufgrund einer Temperaturdifferenz zwischen den Deckschichten eines Elements);
- Erdbebeneinwirkung (berechnet als statisch äquivalente Belastung).

Die sich aus der Differenz zwischen der Temperatur an der äußeren Deckschicht T_1 und der Temperatur an der inneren Deckschicht T_2 ergebenden Temperaturgradienten stellen veränderliche Beanspruchungen dar.

Enthalten die nationalen Spezifikationen keine Werte für die Außentemperaturen, dürfen für die Temperatur der äußeren Deckschicht die folgenden Werte angesetzt werden:

In Abhängigkeit von der geografischen Breite, der Höhe über dem Meeresspiegel und der Entfernung vom Meer werden auf dem gesamten europäischen Kontinent die folgenden vier Stufen der Winter-Tiefsttemperaturen (T_1) verwendet: 0, -10 °C , -20 °C und -30 °C . Die Temperatur der von einer Schneeschicht bedeckten Dachelement-Außendeckschicht beträgt 0 °C .

Die Temperatur T_1 der äußeren Deckschicht hat einen Sommer-Höchstwert, der von der Farbe und dem Reflexionsvermögen der Oberfläche abhängt. Als Mindestwerte für die Berechnungen der Grenzzustände der Tragfähigkeit und als geeignete Werte für die Berechnungen der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit können für T_1 die folgenden Werte angesetzt werden:

(i)	sehr helle Farben	$R_G = 75-90$	$T_1 = +55\text{ °C}$
(ii)	helle Farben	$R_G = 40-74$	$T_1 = +65\text{ °C}$
(iii)	dunkle Farben	$R_G = 8-39$	$T_1 = +80\text{ °C}$

Dabei ist

R_G der Reflexionsgrad bezogen auf Magnesiumoxid = 100 %.

ANMERKUNG Diese Werte für die Temperatur an der äußeren Deckschicht können sowohl für den Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit genommen werden.

Das optionale Verfahren zur Bestimmung der farb- und beschichtungsspezifischen Oberflächentemperaturen (auch unbeschichteter Oberflächen) ist die Prüfung, die nach folgendem Verfahren durchgeführt werden kann:

Der Gesamtsonnenreflexionsgrad (TSR, en: total solar reflectance) und der thermische Emissionsgrad (TE, en: thermal emittance) einer Farbe werden nach Laborverfahren auf der Grundlage von ASTM E903-20 (aktualisiert 2020) nach dem in Abschnitt 8 beschriebenen Verfahren bzw. ASTM C1371-15 (aktualisiert 2015) nach dem in Abschnitt 7 beschriebenen Verfahren gemessen. Jede Beschichtungsart und Farbe muss separat gemessen werden. Anschließend wird der Sonnenreflexionsindex (SRI, en: solar reflective index) nach ASTM E1980-11(2019) (Reapproved 2016) Abschnitt 4.3 berechnet. Schließlich wird die geschätzte Steady-State-Oberflächentemperatur (außen) nach ASTM E1980-11(2019) (Reapproved 2016) Abschnitt 4.3 berechnet. Die empfohlene Windgeschwindigkeit in den Berechnungen beträgt 2 bis 6 m/s (mittlere Windgeschwindigkeit), was einen Konvektionskoeffizienten von $12\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergibt, der in den Berechnungen in den Abschnitten 4.2 und 4.3 berücksichtigt wird. Im Bedarfsfall können auch 0 bis 2 m/s (geringe Windgeschwindigkeit), die einen Konvektionskoeffizienten von $5\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergeben, zur Berechnung verwendet werden.

Sind in nationalen Bestimmungen keine Werte für Innen-(Umgebungs-)Temperaturen angegeben, müssen die folgenden Werte für die Temperatur der inneren Deckschicht angewendet werden. Bei anwendungsspezifischen Innentemperaturen des Gebäudes (z. B. Kühlhäuser, Bäckereien) muss die Temperatur vom Konstrukteur oder Gebäudeanwender vorgegeben werden.

$$\text{Sommer: } T_2 = +25\text{ °C} \quad \text{Winter: } T_2 = +20\text{ °C}$$

Die größte Differenz zwischen Innen- und Außentemperaturen kann während des Einbaus auftreten.

4.4.4 Beanspruchungen aufgrund von Langzeit-Einwirkungen

Bei Elementen, die als Dach oder Decke verwendet werden, und bei Sonderfällen mit Wänden mit permanenter Temperaturdifferenz muss das Kriechen des Kernwerkstoffs bei der Bemessung berücksichtigt werden.

Das Kriechen des Kerns kann mit der Zeit zu einer Änderung sowohl der Spannungen als auch der Verformungen führen.

4.5 Tragfähigkeit

4.5.1 Allgemeines

Die für die Bemessung erforderlichen Widerstandswerte müssen nach prEN 14509-3:2020, Abschnitt 4 bestimmt werden. Zusätzlich können in Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung die Verfahren nach 4.5.1 und 4.5.2 erforderlich sein.

ANMERKUNG 1 Die folgenden charakteristischen Werte für den Widerstand sind erforderlich, um die Bemessung durch Berechnung nach diesem Dokument durchzuführen – siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 — Charakteristische Widerstandswerte

Charakteristische Widerstandswerte	Abschnitt in prEN 14509-1:2020	Prüfverfahren nach prEN 14509-3:2020
Streckgrenze der Deckschichten	4.1.2.1	
Schubfestigkeit	4.1.4	4.3 oder 4.4
Druckfestigkeit und Spannungsverteilung über Auflager	4.1.7 und 4.1.16	4.2 und 4.11
Schubfestigkeit nach Langzeit-Belastung (nur Dach- und Deckenelemente)	4.1.9	4.5
Knitterspannung (positive und negative Biegung) bei normalen und bei höheren Temperaturen	4.1.12 und 4.1.13	4.6
Knitterspannung über einem Mittelaufleger (positive und negative Biegung, bei normalen und bei höheren Temperaturen), bestimmt aus der Biegetragfähigkeit (nur bei über zwei oder mehr Stützweiten durchgehenden Elementen)	4.1.14 und 4.1.15	4.8 und 4.9

ANMERKUNG 2 In Tabelle 2 schließt der Begriff Knitterspannung die örtliche Beulspannung einer druckbeanspruchten profilierten Deckschicht ein.

Zusätzlich ist bei der Durchführung der erforderlichen Berechnungen Folgendes zu beachten – siehe Tabelle 3.

Tabelle 3 — Zusätzliche Berechnungsregeln

Charakteristische Werte	Abschnitt	Prüfverfahren nach prEN 14509-3:2020
Schubmodul	4.1.5 in prEN 14509-1:2020	4.3 oder 4.4
Kriechfaktor (nur bei Dach- und (Unter-)Deckenelementen)	4.1.6 in prEN 14509-1:2020	4.7
Bemessungsdicke der Deckschichten	4.8.3 dieses Dokuments	

Der Vergleich der Bemessungswerte der Einwirkung der Beanspruchungen und der Bemessungswerte des Widerstands nach 4.3 wird gewöhnlich hinsichtlich der Spannungen durchgeführt, die aus den Schnittgrößen nach 4.8.2.5 und 4.8.2.6 bestimmt werden. Die Bestimmung der Druckfestigkeit (Knitterspannung) einer profilierten Deckschicht anhand der Biegetragfähigkeit eines Elements erfordert eine Berechnung mit den Gleichungen nach 4.8.5.2.

Für die seismische Bemessung des Sandwich-Elements gilt das in 4.3.5 der EN 1998-1:2005 definierte vereinfachte Verfahren.

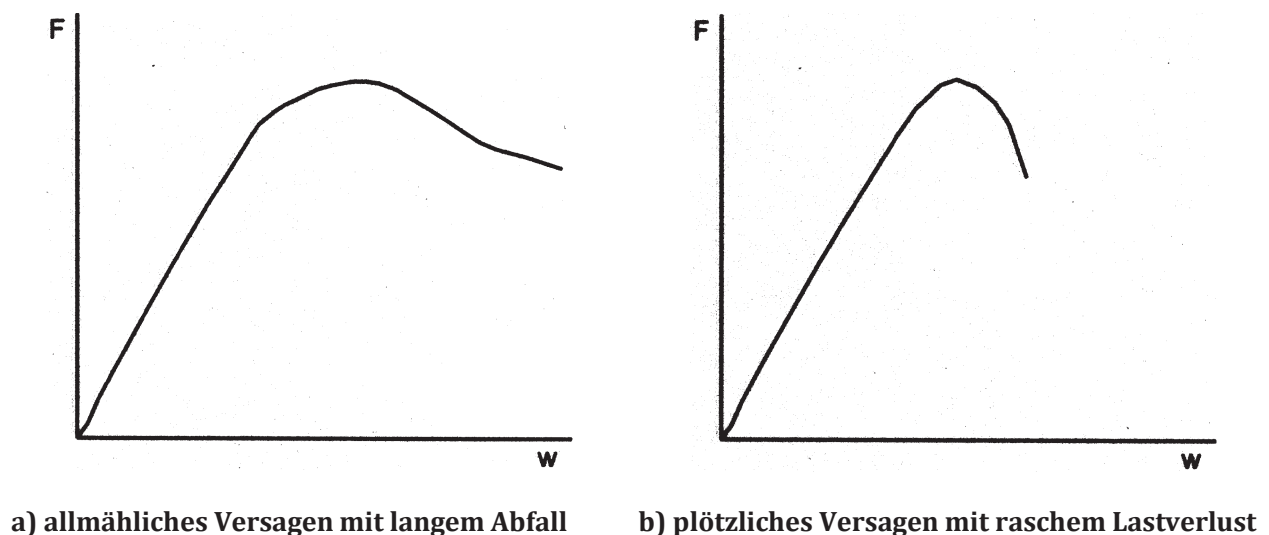
ANMERKUNG 3 Wenn die Länge des Elements kleiner oder gleich 3,50 m und das Gewicht des Elements kleiner oder gleich 25 kg/m² ist, ist die seismische Bemessung ohne Berechnungen erfüllt.

4.5.2 Rest-Biegetragfähigkeit an einem Zwischenaufleger

Entspricht die nach dem in prEN 14509-3:2020, 4.8 angegebenen Verfahren bestimmte Last-Durchbiegungs-Kurve der in Bild 2 a) dargestellten Kurve, so entspricht das Erreichen des maximalen Biegemoments an einem Zwischenaufleger einem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Darüber hinaus darf ein von null verschiedenes Restmoment bestimmt und in die Berechnungen beim Grenzzustand der Tragfähigkeit einbezogen werden. Fällt die Last-Durchbiegungs-Kurve plötzlich ab, wie in Bild 2 b) dargestellt, muss das Erreichen des maximalen Biegemoments an einem Zwischenaufleger als Grenzzustand der Tragfähigkeit angesehen werden.

Ein geeigneter Wert für das von null verschiedene Restmoment M_{rest} muss mit Hilfe einer Last-Durchbiegungs-Kurve bestimmt werden.

(a) indem die elastische Komponente der Durchbiegung subtrahiert und M_{rest} als das Moment auf dem einer „Fließgelenk“-Drehung um 3° entsprechenden abfallenden Teil der Kurve gewählt wird.



Legende

F Last
 w Durchbiegung

Bild 2 — Last-Durchbiegungs-Kurven

Die Rest-Biegetragfähigkeit darf durch Berücksichtigung der Verminderung des Grenz-Auflagermoments bei einer „Fließgelenk“-Drehung um 3° bewertet werden. Beträgt diese Verminderung mehr als 40 % des größten erreichten Moments, darf dies als „plötzliches Versagen“ betrachtet werden, wobei das Restmoment mit null angenommen werden sollte.

Mit einem Bemessungskonzept für den Grenzzustand der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung eines von null verschiedenen Restmoments müssen die Auswirkungen aus den Temperaturlastfällen aufgrund einer Reststeifigkeit auf die Zwischenaufleger berücksichtigt werden.

4.5.3 Aufnehmbare Auflagerkraft am Endauflager

4.5.3.1 Allgemeines

Die aufnehmbare Auflagerkraft am Ende eines Elements mit ebener oder leicht profilierter Deckschicht im Bereich der Auflagerfläche muss entweder durch Berechnung nach 4.5.3.2 oder mit Versuchen an Elementen der vollen Breite nach prEN 14509-3:2020, 4.11 bestimmt werden.

Die aufnehmbare Auflagerkraft an einem Zwischenaufleger im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss durch Berechnung nach 4.5.3.2 bestimmt werden. Diese Berechnung kann verbessert werden, indem ein Wert für k eingesetzt wird, der durch Prüfung nach prEN 14509-3:2020, 4.11 bestimmt wurde.

4.5.3.2 Berechnung der aufnehmbaren Auflagerkraft

Die aufnehmbare Auflagerkraft unter Druckbeanspruchung an einem Endauflager ohne Überstand oder mit einem Überstand kleiner als $0,6e$ (siehe prEN 14509-3:2020, Bild 18) muss nach Gleichung (5) berechnet werden:

$$F_{R1} = B(L_s + 0,5ke)f_{cc} \quad (5)$$

Ein Endauflager mit einem Überstand größer als $0,6e$ muss als Zwischenaufleger betrachtet werden. Die aufnehmbare Auflagerkraft an einem Endauflager unter Schubbeanspruchung ist prEN 14509-3:2020, 4.11 zu entnehmen.

Die aufnehmbare Auflagerkraft an einem Zwischenaufleger für den Grenzzustand der Tragfähigkeit muss nach Gleichung (6) berechnet werden:

$$F_{R2} = B(L_s + ke)f_{cc} \quad (6)$$

Dabei ist

- B die Elementbreite;
- L_s die Auflagerbreite;
- e der Abstand zwischen den Schwerpunkten der Deckschichten;
- f_{cc} der nach Bewertung der Leistungsprüfung angegebene Wert der Druckfestigkeit;
- k der Lastverteilungsparameter.

Zur Berechnung der aufnehmbaren Auflagerkraft an einem Zwischenaufleger für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, $k = 0$.

ANMERKUNG Für die Berechnung der aufnehmbaren Auflagerkraft an einem Zwischenaufleger im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist $k = 0$, um dem Verfahren zur Bestimmung der Knitterfestigkeit über dem Mittelaufleger nach prEN 14509-3:2020, 4.8.4 zu entsprechen.

k muss entweder durch Prüfung nach prEN 14509-3:2020, 4.11 bestimmt werden, oder die folgenden Werte müssen verwendet werden:

- für Kunststoff-Hartschäume und Schaumglas-Kerne mit $e < 100$ mm, $k = 0,5$;
- für Kunststoff-Hartschäume und Schaumglas-Kerne mit $e \geq 100$ mm, $k = 0,5$ mit $e = 100$ mm in Gleichungen (4.5) und (4.6);
- in allen sonstigen Fällen, $k = 0$.

4.6 Verifizierung durch das Verfahren für Teilsicherheitsbeiwerte

4.6.1 Bemessungswerte der Beanspruchungen

Die Grundsätze, nach denen die relevanten Beanspruchungskombinationen mit den entsprechenden Widerständen zu vergleichen sind, um eine angemessene Sicherheitsstufe sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu erzielen, müssen 4.6.2 bis 4.6.4 entsprechen.

Die Kurzbeschreibungen und Verfahren in diesem Anhang entsprechen EN 1990:2002 und EN 1990:2002/A1:2005, Abschnitt 6. Die empfohlenen Werte der Kombinationskoeffizienten und Teilsicherheitsbeiwerte für die Werkstoffe sind jedoch speziell für Sandwich-Elemente vorgesehen und spiegeln die besonderen Merkmale dieses Produkts wider. Die Temperaturdifferenz zwischen den Deckschichten und die variable Natur der durch die Eigenschaften des Kernwerkstoffs einschließlich des Kriechens beeinflussten Merkmale haben große Auswirkungen auf Spannungen und Durchbiegungen.

ANMERKUNG In diesem Dokument werden Werte für die Berücksichtigung von thermischen Beanspruchungen angegeben, sofern diese nicht in nationalen Vorschriften formell als für Sandwich-Elemente geeignet angegeben sind.

Häufig stellt die Temperatur den vorherrschenden Lastfall dar und kann stärkere Spannungen und/oder Durchbiegungen verursachen als Wind, Schnee oder aufgebrachte Lasten.

4.6.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Der Grenzzustand der Tragfähigkeit, der der maximalen Tragfähigkeit des Elements entspricht, muss durch die kritischsten der nachfolgend aufgeführten – einzeln oder in Kombination vorliegenden – Versagensarten bestimmt werden:

- Fließen einer Deckschicht des Elements mit daraus resultierendem Versagen;
- Knittern (örtliches Beulen) einer Deckschicht des Elements mit daraus resultierendem Versagen;
- Schubversagen des Kerns;
- Versagen des Verbundes zwischen Deckschicht und Kern;
- Schubversagen einer profilierten Deckschicht;
- Druckversagen des Kerns an einem Auflager;
- Versagen der Elemente an den Punkten, an denen sie an der Auflagerkonstruktion befestigt sind.

4.6.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit muss die ordnungsgemäße Funktion der Elemente bei Beanspruchung durch die Gebrauchslasten sicherstellen. Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss durch einen der folgenden Zustände charakterisiert werden:

- Fließen einer Deckschicht des Elements ohne daraus resultierendes Versagen;
- Knittern (örtliches Beulen) einer Deckschicht des Elements ohne daraus resultierendes Versagen;
- Schubversagen des Kerns;
- Versagen des Verbundes zwischen Deckschicht und Kern;
- Erreichen einer festgelegten Durchbiegungsgrenze;

Liegen keine sonstigen Angaben aus nationalen Normen vor, dürfen die folgenden Richtwerte für die Durchbiegungsgrenzen verwendet werden:

Dächer und (Unter-)Decken	Kurzzeit-Belastung	Stützweite/200
	Langzeit-Belastung (einschließlich Kriechen)	Stützweite/100
Wände	Stützweite/100	

ANMERKUNG Thermisches Ausdehnen führt zu thermischer Längs- und Querverwölbung. Die axiale Bewegung bei langen Elementen, z. B. 20 m mit Aluminiumdeckschichten, insbesondere an Querstößen, muss bei der Detaillierung der Endverbindungen zwischen den Elementen berücksichtigt werden.

4.6.4 Beanspruchungskombinationen

Die Kombinationen für den Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind wie folgt angegeben.

Kombination für den Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit, nach EN 1990:

$$E_{d,ULS} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (7)$$

Charakteristische Kombination für den Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, nach EN 1990:

$$E_{d,SLS} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (8)$$

Für den Nachweis des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit müssen sowohl die Spannungen als auch die Durchbiegungen berücksichtigt werden. Die charakteristische Kombination muss angewendet werden, um sicherzustellen, dass im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit keine sichtbaren Schäden am Element auftreten, und um die Durchbiegungen zu begrenzen.

Der Kombinationskoeffizient ψ_0 für Schnee, Wind und Temperatur nach EN 1990 muss den Angaben in Tabelle 4 entsprechen.

Es ist nicht zulässig, den Kombinationsbeiwert der Temperatur unberücksichtigt zu lassen, wenn in den nationalen gesetzlichen Anforderungen kein entsprechender Wert angegeben ist.