

DIN EN 14509-4

ICS 91.100.60

Einsprüche bis 2021-10-13

Entwurf

**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;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14509-4:2021**

Factory-made double skin metal faced insulating sandwich panels –
Part 4: Test methods for fixing of panels to substructure and for determining restraining effect
on substructure;
German and English version prEN 14509-4:2021

Panneaux sandwichés isolants à deux parements métalliques manufactures –
Partie 4: Méthodes d'essai pour les assemblages des panneaux à la sous-structure et pour la
détermination de l'effet de retenue sur la sous-structure;
Version allemande et anglaise prEN 14509-4:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-08-13 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 81 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14509-4:2021) 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 Metaldeckschichten — Teil 4: Prüfverfahren zur Befestigung von Paneelen an der Unterkonstruktion und zur Bestimmung der Rückhaltewirkung auf die Unterkonstruktion
<i>Titel en:</i>	Factory-made double skin metal faced insulating sandwich panels — Part 4: Test methods for fixing of panels to substructure and for determining restraining effect on substructure
<i>Titel fr:</i>	Panneaux sandwichés isolants à deux parements métalliques manufactures — Partie 4: Méthodes d'essai pour les assemblages des panneaux à la sous-structure et pour la détermination de l'effet de retenue sur la sous-structure

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole, Indizes und Abkürzungen	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole, Indizes und Abkürzungen	6
3.2.1 Symbole	6
3.2.2 Indizes	7
3.2.3 Abkürzungen	8
4 Prüfung des Widerstands der Befestigungen von Sandwich-Elementen an Auflagerkonstruktionen	9
4.1 Allgemeines	9
4.1.1 Befestigungsarten und Elementefamilien	9
4.1.2 Prüfberichte	11
4.2 Zugfestigkeit	11
4.2.1 Allgemeines	11
4.2.2 Sichtbare Befestigung	12
4.2.3 Verborgene Befestigung	17
4.3 Schubfestigkeit	20
4.3.1 Sichtbare Befestigung	20
4.3.2 Verborgene Befestigung	22
4.4 Prüfungen im Realmaßstab, alternatives Prüfverfahren für die Zugfestigkeit verborgener Befestigungen	22
4.4.1 Allgemeines	22
4.4.2 Kurzbeschreibung	23
4.4.3 Gerät – Prüfeinrichtung	24
4.4.4 Probekörper	24
4.4.5 Prüfverfahren und Anzahl der Prüfungen	26
4.4.6 Statistische Analyse der Ergebnisse und charakteristische Werte	27
4.4.7 Berechnungen und Ergebnisse	27
4.5 Verkürztes Prüfverfahren	28
4.6 Bestimmung von γ_M	29
5 Erforderliche Parameter zur Bestimmung der Rückhaltewirkung von Sandwich- Elementen, wenn sie mit Auflagerkonstruktionen verbunden sind	29
5.1 Kurzbeschreibung	29
5.2 Rotationsfedersteifigkeit	29
5.2.1 Rotationssteifigkeit ($C_{D,A}$)	29
5.2.2 Bestimmung der Drehfedersteifigkeit $C_{D,A}$ durch Prüfung	30
5.2.3 Bestimmung der Drehfedersteifigkeit $C_{D,A}$ durch Berechnung	36
5.2.4 Rotationssteifigkeit ($C_{D,C}$)	39
5.3 Schubsteifigkeit S für eine seitliche Halterung eines einzelnen Profils	39
Literaturhinweise	41

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14509-4:2021) 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

Die Grundlagen für die Bestimmung von deklarierten Werten der anzugebenden Merkmale werden für selbsttragende Anwendungen in prEN 14509-1 und für tragende Anwendungen in FprEN 14509-2 angegeben.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Prüfverfahren für die Bestimmung von Merkmalen für die Befestigung von werkmäßig hergestellten Sandwich-Elementen mit beidseitigen Metalldeckschichten (im Folgenden: Sandwich-Elemente) an der Unterkonstruktion und für die Stabilisierung der Unterkonstruktion 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 und für tragende Sandwich-Elemente in prEN 14509-2 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, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

EN 13165, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PU) — Spezifikation*

prEN 14509-2:2021, *Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten - Werkmäßig hergestellte Produkte - Spezifikationen - Teil 2: Tragende Anwendungen - Befestigungen und mögliche Nutzung zur Stabilisierung von einzelnen tragenden Bauteilen*

prEN 14509-3:2021, *Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten – Teil 3: Prüfverfahren zur Bestimmung der mechanischen Festigkeit, des bauphysikalischen Verhaltens und der Dauerhaftigkeit*

prEN 14509-5:2021, *Werkmäßig hergestellte Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten — Teil 5: Berechnungsmethoden — Bestimmungskriterien für Bestimmungskriterien für die Kombination von Einwirkungen und Spannweiten*

3 Begriffe, Symbole, Indizes und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Verbund, Verklebung

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

3.1.2

(Unter-)Decke

Eindeckung über einem Innenbereich

3.1.3

Kern

Schicht aus einem Werkstoff mit wärmedämmenden Eigenschaften, die beidseitig mit Metalldeckschichten verklebt ist, Dicke der Metalldeckschicht minus Dicke des metallenen und organischen Überzugs

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.

3.1.4

Kante

Längsrand

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

3.1.5

Deckschicht

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

3.1.6

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.

3.1.7

Lamelle

Kernwerkstoff aus Mineralwolle, die vor dem Verkleben geschnitten und mit den Fasern senkrecht zu den Deckschichten ausgerichtet wurde

3.1.8

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

3.2 Symbole, Indizes und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole, Indizes und Abkürzungen.

3.2.1 Symbole

- B* Gesamtbreite des Elements/Probekörpers
- C* Verhältnis
- D* Gesamtdicke des Elements
- E* Elastizitätsmodul
- F* Kraft, Last/Belastung, Auflagerreaktion

G	Schubmodul
L	Stützweite, Abstand, Auflagerbreite (L_s)
M	Biegemoment
Q	Last
R	Festigkeit (en: resistance)
S	Schubsteifigkeit
V	Schubkraft
b	Breite der Probekörper
d	Höhe eines Deckschichtprofils oder Sickenhöhe, Kernschichtdicke (d_c)
e	Abstand zwischen den Schwerpunkten der Deckschichten, Basis des natürlichen Logarithmus ($e = 2,718\ 282$)
f	Festigkeit, Streckgrenze
h	Profilhöhe
k	Parameter, Korrekturfaktor
l	Länge
m	Masse
n	Anzahl der Prüfungen, Anzahl der Schrauben, Anzahl der Stege
t	Dicke des Deckschichtprofils
w	Durchbiegung, Verschiebung
δ	Abweichung
ϕ	Winkel
γ	Schubdehnung
φ	Kriechfaktor

3.2.2 Indizes

A	Rotationssteifigkeit ($C_{D,A}$)
C	Kern
D	angegebener Wert, Rotationssteifigkeit (C_D)
F	Deckschicht (en: face)
adj	angepasst (en: adjusted)
$\arcsin$	trigonometrische Funktion (Umkehrfunktion der Sinusfunktion, $\sin^{-1}$)
$\arctan$	trigonometrische Funktion (Umkehrfunktion der Tangensfunktion, $\tan^{-1}$)
c	Kompression, Druck, Stauchung (en: compression)
d	Bemessung, Berechnung, Design (en: design)
e	extern, zusätzliche Dicke der Hauptprofile (Δe)

<i>eff</i>	effektiv
<i>end</i>	Endauflager
<i>i</i>	intern
<i>i, j</i>	Index
<i>int</i>	Innenaufleger
<i>m</i>	Werkstoff (en: material)
<i>nom</i>	Nenn
<i>o</i>	Oberseite
<i>obs</i>	beobachtet (z. B. Ergebnis) (en: observed)
<i>rep</i>	wiederholt ($F_{Rtk,rep}$) (en: repeated)
<i>Rtk</i>	charakteristischer Wert (5-%-Fraktilwert) (F_{Rtk})
<i>s</i>	Auflager (L_s = Auflagerbreite), Sicken, Oberfläche (R_{s1})
<i>t</i>	Zug, Zeit
<i>tol</i>	Grenzabmaß (normal oder eingeschränkt) (en: tolerance)
<i>tr</i>	Verkehr (C_{tr}) (en: traffic)
<i>u</i>	u Grenz-, Höchst- (F_u) (en: ultimate)
<i>l</i>	Unterseite (en: lower face)
<i>v</i>	Schub
<i>0</i>	Anfangswert, Breitereinheit, Zeit (z. B. $t = 0$)
<i>1</i>	Oberseite Träger
<i>2</i>	Unterseite
$\varphi_{\theta,t}$	Auswirkung des Kriechens auf den Kernmodul ($E \varphi_{\theta,t}$)

3.2.3 Abkürzungen

EPS	expandiertes Polystyrol (en: expanded polystyrene)
MW	Mineralwolle
PU	Polyurethan-Hartschaum (en: rigid polyurethane foam) [die Abkürzung PUR umfasst auch Polyisocyanurat-Schaum (PIR)]
PF	Phenolharzschaum (en: phenolic foam)
ULS	Grenzzustand der Tragfähigkeit (en: ultimate limit state)
XPS	extrudierter Polystyrol-Hartschaum (en: extruded polystyrene foam)

4 Prüfung des Widerstands der Befestigungen von Sandwich-Elementen an Auflagerkonstruktionen

4.1 Allgemeines

4.1.1 Befestigungsarten und Elementefamilien

Dieses Dokument deckt den Widerstand der Befestigungen von Elementen an Auflagerkonstruktionen und Versagensarten von Sandwich-Elementen ab. Es erstreckt sich nicht auf das Versagen des Befestigungselements selbst oder das Versagen der Befestigung in der Auflagerkonstruktion. Daher ist die Versagensart für die Zugspannung im Allgemeinen ein Versagen durch Durchziehen der sichtbaren Befestigung und die Versagensart der verborgenen Befestigung ein Versagen der Verbindung oder der Lastverteilungsplatte (falls zutreffend). Unter der Bezeichnung „Versagen durch Durchziehen“ sind diese Versagensarten zusammengefasst. Zusätzlich ist die Versagensart Schubversagen der Befestigung Gegenstand dieses Dokuments.

Die in diesem Dokument behandelten Arten der Befestigung von Elementen an Auflagerkonstruktionen sind:

- sichtbare Befestigungen;
- verborgene Befestigungen.

ANMERKUNG 1 Auch Kombinationen dieser Befestigungsarten sind möglich.

Für die Befestigung von Elementen an der Auflagerkonstruktion müssen Versagensarten an der Auflagerkonstruktion und am Befestigungselement getrennt bestimmt werden. Diese Versagensarten liegen jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.

Die Prüfserie einer Befestigung darf sich auf eine Familie der tragenden Sandwich-Element-Produkte und eine Art von Befestigungselementen erstrecken, die in der Erklärung der Widerstandswerte festzulegen ist.

Elemente, bei denen die unten angeführten Eigenschaften abweichen, können in dieselbe Familie eingeteilt werden, solange das Element mit der schwächsten Eigenschaftenkombination geprüft wird.

Eine Elementefamilie ist definiert durch:

- Profilierung:
 - der Deckschichten im Falle sichtbarer Befestigungen;
 - der Längsfuge im Falle verborgener Befestigungen;
- Werkstoff und Werkstoffklasse der Deckschicht;
- Art der Längsfuge;
- dasselbe Kernmaterial;
- Elementdicke;
- (innere und äußere) Dicke der Platten;
- Art und Menge des Klebstoffs.

Eine Art oder eine Gruppe von Befestigungselementen muss in Verbindung mit den anzugebenden Merkmalen aufgelistet werden und ist definiert durch:

- Werkstoff des Befestigungselements;
- ein Befestigungselement mit variierender Länge;
- gleiche Anzahl und Position (Kantenabstand und Abstand zwischen Befestigungselementen, wenn mehr als ein Befestigungselement verwendet wird) der Befestigungselemente;
- Art und Werkstoff der Unterlegscheibe;
- Dichtungsscheibe;
- Kopfdurchmesser und Kopftyp des Befestigungselements:
 - Gewinde des Befestigungselements;
 - Durchmesser des Schafts des Befestigungselements;
- Geometrie und Werkstoffart bzw. -klasse der Lastverteilungsplatte, wenn zutreffend.

Der Endabstand und der Abstand zwischen den Befestigungen darf in der Versuchsreihe verändert werden; dies muss falls zutreffend bei der Analyse der Prüfergebnisse berücksichtigt werden. In allen Fällen muss der geringste geplante Kantenabstand zwischen Befestigung und Elementkante geprüft werden. Die Auswirkung des Abstands von Mitte zu Mitte der Befestigung muss geprüft werden, wenn entscheidend.

Prüfungen auf Zugfestigkeit müssen für statische und zyklische Belastungen durchgeführt werden.

Die Reihe der Prüfungen der Befestigungen ergibt eine Reihe Prüfergebnisse für die Bestimmung des charakteristischen Widerstands. Die Prüfergebnisse müssen angepasst werden, um den Nennfestigkeiten der im Sandwich-Element verwendeten Werkstoffkomponenten zu entsprechen.

Erstprüfergebnisse aus früheren Prüfungen können für die Deklaration genutzt werden, sofern die in diesem Abschnitt enthaltenen Grundsätze eingehalten werden.

Werte für die Angabe der Befestigung basieren ausschließlich auf Widerstandswerten im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS).

ANMERKUNG 2 Um den Prüfbereich für sichtbare Befestigungen zu verringern, ist es möglich, sämtliche Prüfungen an ebenen oder leicht profilierten deckbeschichteten Sandwich-Elementen einer Elementfamilie durchzuführen. Ebenso ist es bei sichtbaren Befestigungen möglich, Prüfungen im Kleinmaßstab lediglich am Plattenwerkstoff vorzunehmen, ohne den möglichen Einfluss des Kernbetts.

ANMERKUNG 3 Der End- oder Kantenabstand in einer Prüfreihe entspricht üblicherweise entweder dem in der Praxis verwendeten Mindestendabstand oder dem Ort der Befestigung an einem Zwischenaufleger. Die nebeneinander angeordneten Befestigungselemente können Interaktionen der Zugfestigkeit aufweisen. Daher ist eine Untersuchung der Auswirkung des Abstands von Mitte zu Mitte der Befestigungselemente erforderlich.

ANMERKUNG 4 Wenn alle Werte in der EAD-Spezifikation einer Befestigung für ein Befestigungsmittel (z. B. sichtbare Befestigung mit Schrauben) innerhalb des Durchzieh- und Herausziehwiderstands, der Schubfestigkeit und des höchsten relativen Schubwegs zwischen innerer und äußerer Deckschicht am Kopfteil des Befestigungselements einschließlich eines Sicherheitsbeiwerts liegen, sind keine weiteren Prüfungen erforderlich.

ANMERKUNG 5 Aufgrund der Komplexität von Prüfungen und der Berechnung der Prüfergebnisse wird empfohlen, mit der Prüfung eine erfahrene Prüfstelle und mit der Interpretation der Ergebnisse einen erfahrenen Auswerter zu beauftragen.

Wenn für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht anders angegeben, ist keine merkliche plastische Verformung zulässig.

4.1.2 Prüfberichte

Der Prüfbericht muss Folgendes enthalten:

- die Beschreibung des Probekörpers:
 - Dicken und Werkstoffklassen der Deckschicht;
 - die Art des Kernwerkstoffs und seine Referenz;
 - Dicke und Stützweite des Elements und der Prüfanordnungen (2 oder 3 Auflager);
 - die Beschreibung der Befestigung einschließlich der Werkstoffeigenschaften und Geometrie des Teils der Befestigung (d. h. Lasteinleitungsplatte usw.), die Position und Anzahl der Befestigungselemente;
 - den Abstand zwischen Elementende und Befestigungselement;
 - die genaue Geometrie der Längsfuge des Elements;
- die Beschreibung der Prüfung:
 - die in den Prüfungen angewendeten Zyklen mit Höchst- und Mindestlasten;
 - die Bruchlast;
 - die Art des Bruchs (Versagensart);
 - alle weiteren während der Prüfung beobachteten bedeutsamen Merkmale;
 - die in der Prüfung gemessenen Last-Durchbiegungs-Kurven;
- die Bezeichnung des Probekörpers;
- die mechanischen Eigenschaften des Metallblechs (gemessene Dicke, Zugfestigkeit, Streckgrenze oder 0,2-%-Dehngrenze, Bruchdehnung) für die äußere und innere Deckschicht;
- die Ergebnisse der mechanischen Prüfung des Elements (gemessene Schub- und Druckfestigkeit).

Das Ergebnis der Prüfung ist die Festigkeit $F_{Rtk, rep}$.

4.2 Zugfestigkeit

4.2.1 Allgemeines

Die grundsätzliche Bestimmung der Zugfestigkeit eines Befestigungspunkts ist in 4.2.2 für sichtbare Befestigungen, in 4.2.3 für verborgene Befestigungen mit kleinmaßstäblichen Probekörpern und in 4.4 für verborgene Befestigungen mit Probekörpern im Realmaßstab wie folgt beschrieben:

- 1) Die statische Zugfestigkeit im Grenzzustand wird bestimmt und ein Einzel-Prüfergebnis mit F_{obs} bezeichnet (4.2.2.4.2, 4.2.3.4 und 4.4.6).
- 2) Das Einzel-Prüfergebnis wird durch Bestimmung der Werkstoffeigenschaften an Proben, die in den Befestigungsprüfungen verwendet werden, angepasst, um den Ergebnissen der angegebenen Werkstoffeigenschaften zu entsprechen. Die angepassten Ergebnisse werden als F_{adj} bezeichnet (siehe 4.2.2.5, 4.2.3.5 und 4.4.6).
- 3) Der 5-%-Fraktilwert wird anhand der angepassten Einzel-Prüfergebnisse F_{adj} bestimmt und als F_{Rtk} bezeichnet.

- 4) Die zyklische Belastung muss durchgeführt werden. Die Höchstlast nach 4.2.2 und 4.2.3 in einem Zyklus hat den Wert $k \cdot F_{Rt}$. Zur Bestimmung des Wertes k siehe 4.2.2.4.3. Bei Prüfungen im Großmaßstab ist F die der Referenzlast Q entsprechende Kraft am Befestigungspunkt, mit der die Höchstlast in einem Zyklus bestimmt wird (siehe Tabelle 1). Q steht für die Bruchlast geteilt durch 2. Es wird die statische Grenz-Bruchlast nach zyklischer Belastung geprüft.
- 5) Die Zugfestigkeit der Befestigung für die statische und zyklische Belastung ist $F_{Rtk,rep}$ und wird auf der Grundlage von k und F_{Rtk} bestimmt (siehe 4.2.2.5 und 4.4.6).

ANMERKUNG Die beeinträchtigende Wirkung von Windstößen auf den Widerstand der Befestigung wird durch zyklische Prüfungen erfasst, die in 4.2.2.4.3 und 4.4.5.1 beschrieben sind, oder durch den Minderungsfaktor 2/3 in 4.2.2.6.

4.2.2 Sichtbare Befestigung

4.2.2.1 Kurzbeschreibung

Die Zugfestigkeit sichtbarer Befestigungen ist als Versagensart durch Durchziehen an der Deckschicht des Elements definiert.

Für die geringsten und höchsten Elementdicken müssen in allen Fällen mindestens 3 Zugversuche durchgeführt werden.

Für zuverlässigere Ergebnisse sollten vorzugsweise 5 Zugversuche mit statischer Belastung für jede zutreffende Dicke der äußeren Deckschicht t_N und Werkstoffklasse oder für die schwächste Kombination in jeder Familie, sofern diese aus früheren Versuchen bekannt ist, durchgeführt werden.

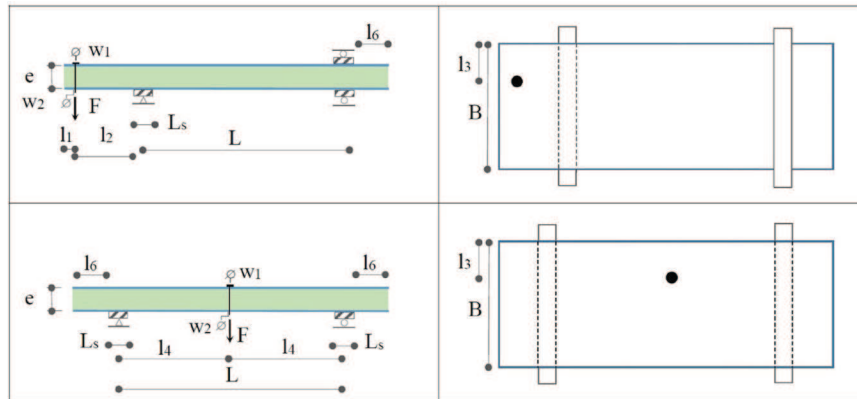
Die entsprechenden Versagensarten sowie die Werkstoffeigenschaften von Deckschicht und Kern der geprüften Elemente müssen ermittelt und im Prüfbericht dokumentiert werden. Es ist wichtig, dass die Probekörper zur Prüfung der Werkstoffeigenschaften von derselben Charge stammen wie die Probekörper für die Befestigung.

Versagenslast und -art müssen im Prüfbericht dokumentiert werden.

Die Prüfergebnisse müssen nach den Regeln in 4.2.2.5 angepasst werden.

4.2.2.2 Prüfeinrichtungen

Die grundsätzliche Prüfanordnung für sichtbare Befestigungen ist in Bild 1 dargestellt.



Legende

- e entspricht dem Abstand zwischen den Schwerpunkten der Deckschichten
- l_1 entspricht dem vom Hersteller festgelegten Mindest-Kantenabstand
- $l_2 \geq \max\{1,25e, 100 \text{ mm}\}$, gemessen von der Außenkante des Auflagers
- $l_3 \geq$ Mindestabstand, vom Hersteller festzulegen
- $l_4 \geq \max\{0,5L, 400 \text{ mm}\}$
- l_6 Länge des Überhangs am Auflager, z. B. max. 100 mm
- L Stützweite des Probekörpers
- L_s Auflagerbreite
- F Last
- w_1 und w_2 Verschiebung des Sandwich-Elements und entsprechend des Endes des Befestigungselements
- B Gesamtbreite des Probekörpers

Bild 1 — Grundsätzliche Prüfanordnung für sichtbare Befestigungen

L und L_s müssen ausreichend groß sein, um ein Versagen durch Zusammendrücken am Auflager zu vermeiden.

4.2.2.3 Probekörper

Der Probekörper besteht aus der gesamten Elementbreite. Die Mindestlänge für Probekörper ist in Bild 1 angegeben.

Proben für Befestigungsprüfungen müssen gemeinsam mit den Proben zur Bestimmung der Druckfestigkeit des Kerns sowie der Dicke und der Zugfestigkeit der äußeren Deckschicht genommen werden.

4.2.2.4 Durchführung

4.2.2.4.1 Allgemeines

Es wird die Bruchlast nach statischer und zyklischer Belastung geprüft. Die Belastung ist bis zum Versagen fortzusetzen, und eine Last-Durchbiegungs-Kurve ist zu zeichnen.

Die Prüfungen sind unter üblichen Laborbedingungen bezüglich Temperatur und relativer Luftfeuchte durchzuführen.

4.2.2.4.2 Statische Belastung

Die Last oder die Verschiebung muss monoton bis zur Bruchlast erhöht werden. Die Verwendung einer weggeregelten Prüfmaschine wird bevorzugt. Die Belastungsgeschwindigkeit muss nach 3 min bis 5 min nach Beginn der Prüfung zum Versagen führen. Die örtliche Verschiebung an der Befestigung muss im Verlauf der Prüfung bis zu einem Punkt nahe der Bruchlast gemessen werden.

ANMERKUNG Die örtliche Zugverschiebung an der Befestigung ist festgelegt als $w = w_1 - w_2$ (siehe Bild 1 und Bild 3). Da w_1 die Verschiebung des Kopfs des Befestigungselements und die Durchbiegung der Probe einschließt, ergibt eine Vermittlung mit der Durchbiegung der Probe die Netto-Gesamtverschiebung des Kopfteils des Befestigungselements.

Die Bruchlast, die Verschiebung und die Versagensart müssen aufgezeichnet werden.

Wenigstens eine statische Probelastung muss mit wiederholter Be- und Entlastung durchgeführt werden (mindestens 3 Be- und Entlastungen auf bis zu 50 % der Bruchlast), bevor bis zum Versagen belastet wird. Verschiebungen müssen gemessen und dokumentiert werden und müssen ein stabiles Verhalten zeigen (z. B. nicht relevante Zunahme der Verschiebung), das mit den anderen statischen Probelastungen vergleichbar ist.

Die Interaktion am Zwischenaufleger zwischen Biegemoment und Auflagerreaktion muss wie in prEN 14509-3:2021, 4.8 beschrieben bestimmt werden.

4.2.2.4.3 Zyklische Belastung

Zyklische Belastungen müssen zur Bestimmung des Widerstands der Befestigung nach wiederkehrender zyklischer Belastung durchgeführt werden. Es müssen mindestens drei, vorzugsweise jedoch fünf zyklische Belastungsprüfungen mit je 5 000 Zyklen durchlaufen werden. In jedem Zyklus betragen die Mindest- und Höchstlasten $0,1 \cdot F_{Rt}$ bzw. $k \cdot F_{Rt}$, wobei F_{Rt} die in den statischen Belastungsprüfungen bestimmte mittlere Zugfestigkeit ist. Zu Beginn der Prüfungen wird ein Wert von $k = 0,5$ empfohlen, der jedoch bei Auftreten von Lokalversagen oder signifikantem Anstieg von Verformung in einer frühen Phase angepasst werden darf. Die zyklische Belastungsfrequenz während der Prüfung darf 5 Hz nicht übersteigen. Die statische Bruchlast wird nach den Zyklen gemessen.

Das Mittel der statischen Bruchlast nach zyklischer Belastung, $F_{Rt, residual}$, muss gleich oder größer als $1,3 \cdot k \cdot F_{Rt}$ sein. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, muss k reduziert und die zyklischen Prüfungen müssen wiederholt werden, bis die Bedingung erfüllt wird.

4.2.2.5 Berechnungen und Ergebnisse

Aufzeichnung und Interpretation der angepassten Prüfergebnisse müssen den Regeln in prEN 14509-3:2021, 4.12 folgen. Anhand der Prüfergebnisse muss der charakteristische 5-%-Fraktilwert nach prEN 14509-3:2021, 4.12.2 bestimmt werden.

Wenn die Prüfungen für die Befestigungen mit Proben aus derselben Charge wie bei der vorherigen Druckfestigkeitsprüfung durchgeführt werden, müssen die Prüfergebnisse der Befestigungen anhand des folgenden Ausdrucks angepasst werden:

$$F_{adj} = k_1 F_{obs} \quad (1)$$

Wenn sich die Prüfungen nicht auf dieselbe Charge beziehen oder der angegebene Wert der Druckfestigkeit geringer als ein zuvor angegebener Wert ist, müssen die Prüfergebnisse der Befestigungen anhand des folgenden Ausdrucks angepasst werden:

$$F_{adj} = \min(k_1, k_2) F_{obs} \quad (2)$$

Dabei ist

$$k_1 = \left(\frac{f_u}{f_{u,obs}} \right) \left(\frac{t}{t_{obs}} \right) \leq 1 \text{ mit } \left(\frac{f_u}{f_{u,obs}} \right) \leq 1 \text{ und } \left(\frac{t}{t_{obs}} \right) \leq 1 \quad (3)$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{f_{Cck}}{f_{Cc,obs}}} \leq 1 \quad (4)$$

Dabei ist

F_{adj} das angepasste Prüfergebnis für die auf das Befestigungselement wirkende Zugkraft;

F_{obs} das gemessene Einzel-Prüfergebnis;

k_1 der Korrekturfaktor für die Werkstoffeigenschaften des Deckschichtwerkstoffs;

k_2 der Korrekturfaktor für die Kerndruckfestigkeit;

f_u der Nennwert für die angegebene Zugfestigkeit der Deckschichtplatte;

$f_{u,obs}$ der Messwert für die Zugfestigkeit der Deckschichtplatte (Mittelwert aus 3 Prüfungen aus derselben Charge des Coilwerkstoffs. Bei Metallen ohne definierte Streckgrenze müssen 10 Prüfungen durchgeführt werden);

f_{Cck} der angegebene Wert für die Druckfestigkeit des Elements;

$f_{Cc,obs}$ der 5%-Fraktilwert für die Kernstauchung anhand der Prüfergebnisse der Charge für die Befestigungsprüfungen;

t die Kerndicke der nominellen Metalldeckschicht, die in Kontakt mit dem Schraubenkopf steht (Nennstärke der Metalldeckschicht minus Nennstärke des Metallüberzugs);

t_{obs} die gemessene Kerndicke der geprüften Metalldeckschicht ohne Metallüberzug in Kontakt mit dem Schraubenkopf (Mittelwert aus 3 Prüfungen derselben Charge des Coilwerkstoffs).

Die Zugfestigkeit der Befestigung bei zyklischer Belastung $F_{Rtk,rep}$ ergibt den Mindestwert von $(2 k F_{Rtk})$ und F_{Rtk} .

$$F_{Rtk,rep} = \min(2 \cdot k \cdot F_{Rtk}, F_{Rtk}) \quad (5)$$

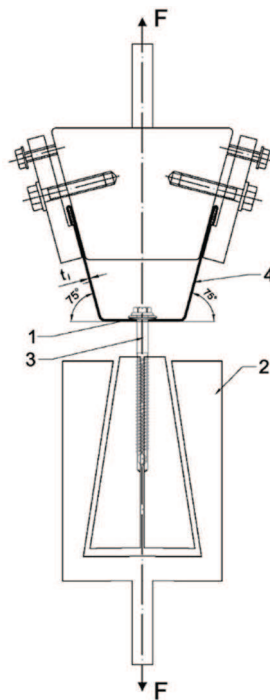
Dabei ist

F_{Rtk} der charakteristische Wert der angepassten Ergebnisse der statischen Prüfungen, die der zyklischen Belastung vorangingen, und k ist der in 4.2.2.4.3 bestimmte Wert.

Dieser Wert $F_{Rtk,rep}$ muss zusammen mit den Randbedingungen bestimmt werden.

4.2.2.6 Alternatives Prüfverfahren für die Zugfestigkeit sichtbarer Befestigungen

Eine Alternative zu dem oben beschriebenen Prüfverfahren (4.2.2.1 bis 4.2.2.5) ist die Prüfung der Zugfestigkeit einer sichtbaren Befestigung mit einem Probekörper ohne Kern. Dieses Prüfverfahren kann nur angewendet werden, wenn es den geringsten Zugfestigkeitswert für sichtbare Befestigungen ergibt. Der Probekörper besteht aus dem betreffenden Befestigungselement und einem Streifen des Deckschichtwerkstoffs in Trapezform (siehe Bild 2). Die Prüfung erfolgt in einer Prüfeinrichtung für Zugprüfungen.



Legende

- 1 Dichtungsscheibe
- 2 Klemmen mit abgerundeten Einsätzen
- 3 Befestigungsschraube für Sandwich-Elemente
- 4 Probekörper des Typs 1: l = 100 mm, Dicke = t₁

Bild 2 — Grundsätzliche Prüfanordnung für sichtbare Befestigungen für das in Anhang 3 von EAD 330047-01-0602:2016 vorgestellte alternative Prüfverfahren

Wird das alternative Prüfverfahren mit Probekörper ohne Kern (siehe Bild 2) angewandt, so müssen die Prüfergebnisse nur anhand des in 4.2.2.5 angegebenen Minderungsfaktors k_1 angepasst werden.

Zusätzlich ist ein Minderungsfaktor von 2/3 anzuwenden, der die fehlende Durchführung einer zyklischen Belastung bei dem alternativen Prüfverfahren kompensiert.

Wenn das alternative Prüfverfahren angewendet wird und der Kantenabstand > 50 mm ist, ergibt sich die Zugfestigkeit für sichtbare Befestigungen wie folgt:

$$F_{Rtk,rep} = 2/3 \cdot F_{Rtk} \quad (6)$$

4.2.3 Verborgene Befestigung

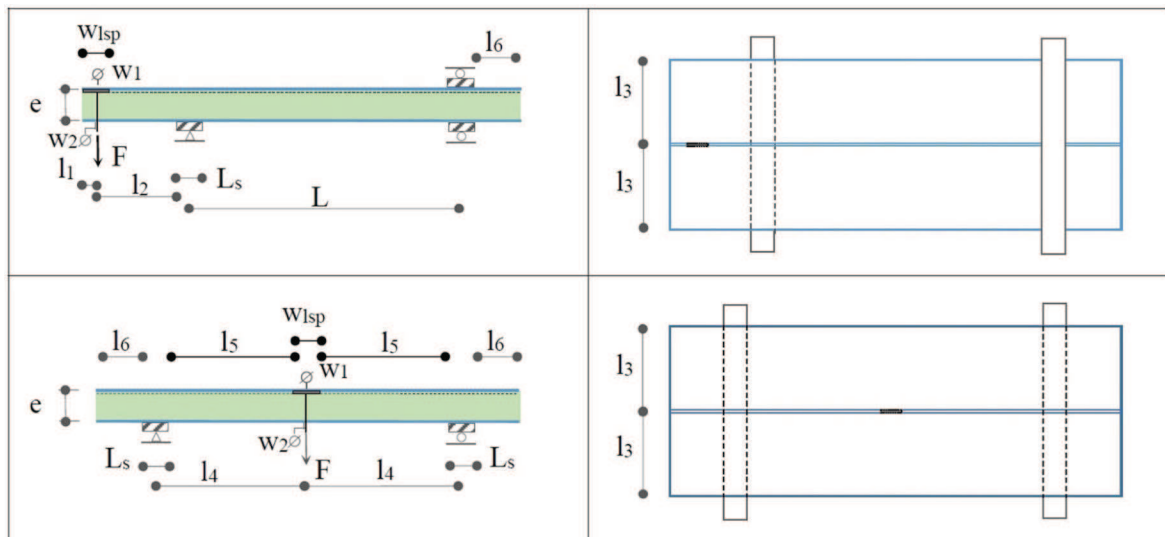
4.2.3.1 Kurzbeschreibung

Es gelten die Bestimmungen von 4.2.2.1.

Die Versagensart ist abhängig von Kopfteil und Unterlegscheibe der Befestigungselemente, dem Durchmesser der Schraube am Kopf des Befestigungselements und der lastverteilenden Komponente (falls vorhanden) durch die Fuge. Die Versagensart kann durch ihre Position entlang der Fuge beeinflusst werden. Auch ein Herausrutschen oder eine Sicherung der Platzierung des indirekt befestigten Elements (an der Längsfuge) sind mögliche Versagensarten bei Zugbeanspruchung. Es ist ebenso möglich, dass die verborgene Befestigung aufgrund eines lokalen Druck- oder Schubversagens im Fugenbereich versagt. Alle Versagensarten können einzeln oder in Kombination auftreten. Unter der Bezeichnung „Versagen durch Durchziehen“ sind diese Versagensarten zusammengefasst.

4.2.3.2 Prüfeinrichtungen

Die grundsätzliche Prüfanordnung für verborgene Befestigungen ist in Bild 3 dargestellt.



Legende

e	entspricht dem Abstand zwischen den Schwerpunkten der Deckschichten
l_1	entspricht dem vom Hersteller festgelegten Mindest-Kantenabstand
l_2	$\geq \max\{1,25e; 0,5w_{lsp} + 100 \text{ mm}\}$
l_3	$= B/2$; dabei ist B die Gesamtbreite des Elements
l_4	$\geq \max\{0,5(L_s + w_{lsp}) + l_5; 400 \text{ mm}\}$
l_5	$\geq \max\{1,25e; 100 \text{ mm}\}$
l_6	Länge des Überhangs am Auflager, z. B. max. 100 mm
L	Stützweite des Probekörpers
L_s	Auflagerbreite
w_{lsp}	Breite der Lastverteilungsplatte
F	Last
w_1, w_2	Verschiebung des Sandwich-Elements und entsprechend des Endes des Befestigungselements
B	Gesamtbreite des Probekörpers

Bild 3 — Prüfanordnung für verborgene Befestigungen in der Längsfuge zwischen zwei Elementen

L und L_s müssen ausreichend groß sein, um ein Versagen durch Zusammendrücken am Auflager zu vermeiden. Die Last F muss in der Mitte der Befestigungselemente angewendet werden, wenn mehr als ein Befestigungselement je verborgene Befestigung vorhanden ist.

4.2.3.3 Probekörper

Das Element wird in Längsrichtung in zwei Hälften zerteilt, die anschließend so miteinander verbunden werden, dass sich die Verbindungsstelle und die verborgene Befestigung in der Mitte der Mittellinie des Elements befinden. Die Länge des Probekörpers ist in Bild 3 angegeben.

Proben für Befestigungsprüfungen müssen gemeinsam mit den Proben zur Bestimmung der Druck- und Schubfestigkeit des Kerns und der Werkstoffeigenschaften der Deckschichten und ggf. der Lastverteilungsplatten genommen werden.

4.2.3.4 Durchführung

Das in 4.2.2.4 beschriebene Prüfverfahren gilt entsprechend. Zusätzlich zur Messung der Verschiebungen, wie in 4.2.2.4 beschrieben, müssen auch die Verschiebungen links und rechts der Elementfuge (nahe der verborgenen Befestigung) gemessen und im Prüfbericht dokumentiert werden. Prüfungen nach prEN 14509-3:2021, 4.8 sind nicht erforderlich, sofern für sichtbare Befestigungen durchgeführt.

Die Prüfungen sind unter üblichen Laborbedingungen bezüglich Temperatur und relativer Luftfeuchte durchzuführen.

4.2.3.5 Berechnungen und Ergebnisse

Aufzeichnung und Interpretation der angepassten Prüfergebnisse müssen den Regeln in prEN 14509-3:2021, 4.12 folgen. Anhand der Prüfergebnisse müssen die charakteristischen 5%-Fraktilwerte nach prEN 14509-3:2021, 4.12.2 bestimmt werden.

Die Ergebnisse der Zugprüfung für verborgene Befestigungen müssen anhand der folgenden Ausdrücke angepasst werden:

Wenn die Prüfungen für die Befestigungen mit Probekörpern aus derselben Charge wie bei der vorherigen Druckfestigkeitsprüfung durchgeführt werden, müssen die Prüfergebnisse der Befestigungen anhand von Gleichung (7) angepasst werden:

$$F_{\text{adj}} = \min(k_1, k_4) \cdot F_{\text{obs}} \quad (7)$$

Wenn sich die Prüfungen nicht auf dieselbe Charge beziehen oder der angegebene Wert der Druckfestigkeit geringer als ein zuvor angegebener Wert ist, müssen die Prüfergebnisse anhand von Gleichung (8) angepasst werden:

$$F_{\text{adj}} = \min(k_1, k_2, k_3, k_4) \cdot F_{\text{obs}} \quad (8)$$

Dabei ist

$$k_1 = \left(\frac{f_u}{f_{u,obs}} \right) \left(\frac{t}{t_{obs}} \right) \leq 1 \text{ mit } \left(\frac{f_u}{f_{u,obs}} \right) \leq 1 \text{ und } \left(\frac{t}{t_{obs}} \right) \leq 1 \quad (9)$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{f_{Cck}}{f_{Cc,obs}}} \leq 1 \quad (10)$$

$$k_3 = \sqrt{\frac{f_{Cvk}}{f_{Cv,obs}}} \leq 1 \quad (11)$$

Wenn Lastverteilungsplatten verwendet werden:

$$k_4 = \frac{R_{e\ lsp}}{R_{e\ obs\ lsp}} \leq 1,0 \quad (12)$$

ist k_4 nur zu beachten, wenn festgestellt wird, dass die Lastverteilungsplatten für die Prüfergebnisse kritisch sind.

In den oben angeführten Gleichungen ist

- F_{adj} das angepasste Prüfergebnis für die auf die Befestigung wirkende Zugkraft;
- F_{obs} das gemessene Einzel-Prüfergebnis;
- k_1 der Korrekturfaktor für die Werkstoffeigenschaften des Deckschichtwerkstoffs;
- k_2 der Korrekturfaktor für die Kerndruckfestigkeit;
- k_3 der Korrekturfaktor für die Kernschubfestigkeit;
- k_4 der Korrekturfaktor für die Lastverteilungsplatte;
- f_u der Wert der Zugfestigkeit der entscheidenden Deckschichtplatte(n);
- $f_{u,obs}$ der Messwert der Zugfestigkeit der entscheidenden Deckschichtplatte (Mittelwert aus 3 Prüfungen aus derselben Charge des Coilwerkstoffs. Bei Metallen ohne definierte Streckgrenze müssen 10 Prüfungen durchgeführt werden);
- f_{Cck} der angegebene Wert für die Druckfestigkeit des Elements;
- $f_{Cc,obs}$ der 5%-Fraktilwert für die Kernstauchung (charakteristischer Wert der Charge für die Befestigungsprüfungen);
- f_{Cvk} der angegebene Wert für die Schubfestigkeit des Elements;
- $f_{Cv,obs}$ der 5%-Fraktilwert für die Schubfestigkeit des Elements (charakteristischer Wert der Charge für die Befestigungsprüfungen);
- t die Kerndicke der nominellen entscheidenden Metalldeckschicht, die in Kontakt mit dem Schraubenkopf steht (Nenndicke der Metalldeckschicht minus Nenndicke des Metallüberzugs);
- t_{obs} die gemessene Kerndicke der geprüften entscheidenden Metalldeckschicht ohne Metallüberzug in Kontakt mit dem Schraubenkopf (Mittelwert aus 3 Prüfungen derselben Charge des Coilwerkstoffs);
- R_{m_lsp} die Zugfestigkeit der Lastverteilungsplatten;
- $R_{m_obs\ lsp}$ die gemessene Zugfestigkeit der in den Prüfungen eingesetzten Lastverteilungsplatten (Durchschnittswert aus mindestens zwei Zugprüfungen oder nach Bescheinigung 3.1).

Wenn die Lasteinleitung vom indirekt befestigten Teil des Elements in den direkt befestigten Teil des benachbarten Elements durch eine Nut- und Federverbindung erfolgt, ist das Element mit der entsprechenden Nut- und Federverbindung entscheidend. Wenn die Lasteinleitung durch eine obere und eine untere Überlappung erfolgt, müssen beide Elemente berücksichtigt werden.

$R_{m_obs\ lsp}$ muss am Ausgangswerkstoff der in den Prüfungen eingesetzten Lastverteilungsplatten gemessen werden. Zusätzlich müssen die Abmessungen der Lastverteilungsplatten für die Prüfung gemessen und im Prüfbericht dokumentiert werden. Die wichtigsten Abmessungen (z. B. Nenndicke und Nennbreiten) der verwendeten Lastverteilungsplatten dürfen nicht geringer sein als die wichtigsten Abmessungen der in den Prüfungen eingesetzten Lastverteilungsplatten.

Die Zugfestigkeit der Befestigung bei zyklischer Belastung $F_{Rtk,rep}$ ergibt den Mindestwert von $(2 \cdot k \cdot F_{Rtk})$ und F_{Rtk} , wobei F_{Rtk} der charakteristische Wert der angepassten Ergebnisse der statischen Belastungsprüfungen, die der zyklischen Belastung vorangingen, und k der in 4.2.2.4.3 bestimmte Wert ist.

$$F_{Rtk,rep} = \min (2 \cdot k \cdot F_{Rtk}, F_{Rtk}) \quad (13)$$

Dabei ist

F_{Rtk} der charakteristische Wert der angepassten Ergebnisse der statischen Prüfungen, die der zyklischen Belastung vorangingen, und k der in 4.2.2.4.3 beschriebene Wert.

Dieser Wert $F_{Rtk,rep}$ muss zusammen mit den Randbedingungen bestimmt werden.

4.3 Schubfestigkeit

4.3.1 Sichtbare Befestigung

4.3.1.1 Kurzbeschreibung

Diese Prüfung bestimmt die Schubfestigkeit, die als Versagensart der mit der Auflagerkonstruktion verbundenen Element-Deckschicht definiert ist.

In allen Fällen müssen mindestens 3 Schubversuche durchgeführt werden.

Für zuverlässigere Ergebnisse sollten vorzugsweise 10 Schubversuche mit statischer Belastung für jede zutreffende Dicke der inneren Deckschicht t_N und Werkstoffklasse oder für die schwächste Kombination in jeder Familie durchgeführt werden.

Die Prüflast muss bis zum Schubversagen (lokale Lagerverformung/Lochausehnung) der Platten erhöht werden. Die Last-Durchbiegungs-Kurven und die entsprechenden Versagensarten sowie die Werkstoffeigenschaften der für die Prüfungen verwendeten Platten müssen im Prüfbericht dokumentiert werden. Des Weiteren müssen die Bruchlasten im Prüfbericht angegeben werden.

Die Bruchlast ist definiert als das Kleinste von:

- der während der Prüfung aufgezeichneten Höchstlast;
- der Last, bei der der erste signifikante Lastabfall in der Last-Durchbiegungs-Kurve beobachtet wird.

ANMERKUNG Je nach Konstruktionsfall könnte ein weiteres Bemessungskriterium die einer Verschiebung entsprechende Last sein.

4.3.1.2 Prüfeinrichtungen

Die grundsätzliche Prüfanordnung für sichtbare Befestigungen ist in Bild 4 dargestellt.

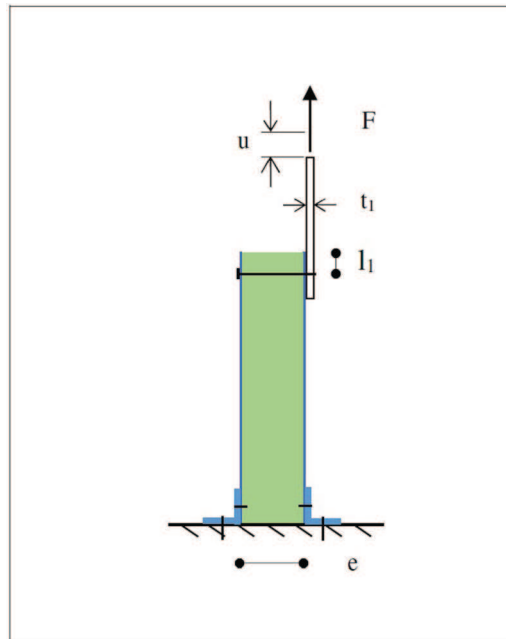


Bild 4 — Grundsätzliche Prüfanordnung für sichtbare Befestigungen

Für Schubbeanspruchungen an einer Querkante des Elements entspricht l_1 dem Mindestendabstand. Ein größerer Abstand simuliert das Verhalten an einem Zwischenauflager. t_{II} ist die Dicke des Trägers.

l_1 muss vom Hersteller festgelegt werden. Wenn der Einfluss des Endabstands untersucht werden soll, darf dieser Parameter verändert werden.

ANMERKUNG Wenn der Kantenabstand senkrecht zur Längsachse des Elements weniger als $1,5 \cdot d$ (Durchmesser des Befestigungselements) ist, wird eine Bestätigung der Schubfestigkeit durch Prüfung empfohlen, oder der Mindestkantenabstand ist der in den Prüfungen verwendete Abstand.

4.3.1.3 Probekörper

Ein Probekörper von mindestens 300 mm Länge und mindestens 100 mm Breite ist in Längsrichtung des Elements zu zerteilen. Alternativ kann ein Element vollständiger Breite (B) im Schubversuch verwendet werden, in welchem Fall die Abstände zwischen den einzelnen Befestigungen gleich oder größer 100 mm sein müssen.

Ein alternatives Prüfverfahren ist die Prüfung mit einem Probekörper ohne Kern.

ANMERKUNG Eine detailliertere Beschreibung des Prüfverfahrens ohne Kern ist im Dokument EAD 330047-01-0602 aufgeführt.

4.3.1.4 Durchführung

Die Grenz-Schubfestigkeit der Befestigung im Element wird üblicherweise durch die innere Deckschicht des Elements und das Befestigungselement bestimmt.

Die Belastungsgeschwindigkeit muss gleichmäßig sein und 1 min bis 5 min nach Beginn der Prüfung zum Versagen führen. Während der Prüfung ist die Verschiebung mit einer Messunsicherheit von 0,01 mm zu messen. Die Belastung ist bis zum Versagen fortzusetzen, und eine Last-Verschiebungs-Kurve ist zu zeichnen.

Die Prüfungen sind unter üblichen Laborbedingungen bezüglich Temperatur und relativer Luftfeuchte durchzuführen.

4.3.1.5 Berechnungen und Ergebnisse

Die Ergebnisse der Schubversuche an Befestigungen müssen anhand des folgenden Ausdrucks angepasst werden:

$$F_{\text{adj}} = k_1 \cdot F_{\text{obs}} \quad (14)$$

Dabei ist

$$k_1 = \left(\frac{f_u}{f_{u,obs}} \right) \left(\frac{t}{t_{obs}} \right) \leq 1 \text{ mit } \left(\frac{f_u}{f_{u,obs}} \right) \leq 1 \text{ und } \left(\frac{t}{t_{obs}} \right) \leq 1$$

Dabei ist

- t die Kerndicke der mit dem Träger verbundenen nominellen Metalldeckschicht (Nenndicke der Metalldeckschicht minus Nenndicke des Metallüberzugs);
- t_{obs} die gemessene Kerndicke der mit dem Träger verbundenen geprüften Metalldeckschicht ohne Metallüberzug (Mittelwert aus 3 Prüfungen derselben Charge des Coilwerkstoffs).

Die Schubfestigkeit der Befestigung F_{Rvk} ist der charakteristische 5%-Fraktilwert der angepassten Prüfergebnisse.

Aufzeichnung und Interpretation der angepassten Prüfergebnisse F_{adj} müssen den Regeln in prEN 14509-3:2021, 4.16 folgen. Anhand der Prüfergebnisse muss der charakteristische 5%-Fraktilwert F_{Rvk} nach prEN 14509-3:2021, 4.12.2 bestimmt werden.

4.3.2 Verborgene Befestigung

Schubfestigkeitseigenschaften sind anhand des in 4.3.1 beschriebenen Verfahrens zu bestimmen.

4.4 Prüfungen im Realmaßstab, alternatives Prüfverfahren für die Zugfestigkeit verborgener Befestigungen

4.4.1 Allgemeines

Prüfungen im Realmaßstab für statische und zyklische Belastungen stellen eine Alternative zu Prüfungen mit kleinmaßstäblichen Probekörpern dar. Das folgende Prüfverfahren bezieht sich auf über eine oder zwei Stützweiten erstreckende Elemente einer festgelegten Elementfamilie unter Verwendung eines Typs oder einer Gruppe von Befestigungselementen oder Befestigungen nach 4.1.1.

Vor Beginn der Prüfungen können Belastung und Stützweite so festgelegt werden, dass das im Folgenden beschriebene Prüfverfahren bestanden wird. Bestehen Element und Befestigungselement die Prüfung ohne Versagen und sichtbare Risse, so kann der Hersteller die Prüfung mit einer höheren Beanspruchung wiederholen, wenn die Leistung optimiert werden soll.

Die Definition der Familie ist in 4.1 angegeben.

ANMERKUNG Weitere Einzelheiten können dem Dokument UEATc-Richtlinie Nr. 59:1996 entnommen werden.

4.4.2 Kurzbeschreibung

Ziel dieser Prüfung ist die Bestimmung der Bruchfestigkeit eines Elements mit verborgener Befestigung anhand eines Versuchsaufbaus im Großmaßstab.

Die Grundsätze sind wie folgt:

- 1) Mindestens 3 statische Prüfungen zur Bestimmung der statischen Versagenslast am Befestigungspunkt werden durchgeführt. Die Gesamtversagenslast Q_{ult} wird in jeder Prüfung gemessen. Die Beanspruchung der einzelnen Befestigungspunkte muss mit einer Kraftmessdose gemessen werden (bei mindestens einer, vorzugsweise allen drei Prüfungen) oder durch Berechnungen anhand der Bruchlast Q_{obs} in zwei von drei Prüfungen ermittelt werden. Dies ist nur möglich, wenn die berechnete Kraft um weniger als 10 % von der gemessenen Kraft abweicht. Die Bruchlast eines Befestigungspunkts in einer Einzelprüfung wird als F_{obs} bezeichnet.
- 2) Die Last Q wird anhand der Spezifikationen des Sandwich-Element-Produkts als Referenzlast für die zyklische Belastung so festgelegt, dass die angegebene Anzahl zyklischer Belastungen bestanden wird, und als Q bezeichnet. Das Referenzlastniveau von Q ist der charakteristische Wert der Bruchlast geteilt durch den Faktor 2. Die entsprechende Kraft am Befestigungspunkt wird als F bezeichnet.
- 3) Unter Verwendung der Referenzlast Q wird mit dem zyklischen Belastungsverfahren eine zyklische Belastung durchgeführt. Wenn der Probekörper in dem aus 78 000 Zyklen bestehenden Prüfverfahren nicht versagt, wird die Last anschließend monoton und ohne weitere Zyklen bis zum endgültigen Versagen des Probekörpers erhöht. Die Bruchlast des Probekörpers wird als $Q_{Rt,residual}$ bezeichnet und die Bruchlast einer Befestigung als $F_{Rt,residual}$.
- 4) Die Bruchlast der Befestigungen F_{obs} wird so angepasst, dass $F_{Rt,adj}$ anhand der in 4.2.3.5 eingeführten Regeln erhalten wird.
- 5) Der charakteristische Wert F_{Rtk} der Befestigung wird anhand der drei angepassten Werte festgelegt.
- 6) Die Festigkeit der Befestigung $F_{Rtk,rep}$ wird als das Minimum von F_{Rtk} und $F_{Rt,residual}$ angegeben.

Es ist notwendig, die Auflagerreaktionen und die Kräfte der verborgenen Befestigungspunkte am Endauflager und am Mittelaflager zu messen.

Die Bruchkraft an einem Befestigungspunkt wird bezeichnet als $F_{obs,end}$ für die Befestigung am Endauflager und $F_{obs,int}$ für die Befestigung am Mittelaflager, falls vorhanden. Das Einzel-Prüfresultat ist der angepasste Wert F_{adj} , wie in 4.2.3.5 beschrieben, und der 5-%-Fraktilwert für drei Prüfresultate wird bestimmt und als F_{Rtk} bezeichnet.

Wenn das erste Prüfresultat F_{obs} basierend auf der am Befestigungspunkt gemessenen Last gut mit dem errechneten Ergebnis übereinstimmt (siehe 4.3), können die folgenden beiden Prüfungen ausschließlich anhand der Messung der Auflagerreaktion und unter Verwendung des Rechenwegs wie unten angegeben durchgeführt werden. Der Wert für F_{obs} ist dann die gemessene Auflagerkraft geteilt durch die Anzahl der Befestigungspunkte, wie nachstehend dargestellt.

Nach Durchführung der statischen Belastung bis zum Versagen wird eine zyklische Belastungsreihe wie in 4.4.5 beschrieben durchgeführt.