

DIN EN 19100-2



ICS 81.040.20; 91.080.99

Einsprüche bis 2024-10-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN CEN/TS 19100-2:2024-01

Entwurf

**Eurocode 10 –
Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas –
Teil 2: Querbelaastete Elemente;
Deutsche und Englische Fassung prEN 19100-2:2024**

Eurocode 10 –
Design of glass structures –
Part 2: Out-of-plane loaded glass components;
German and English version prEN 19100-2:2024

Eurocode 10 –
Calcul des structures en verre –
Partie 2: Composants en verre chargés perpendiculairement;
Version allemande et anglaise prEN 19100-2:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-08-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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 Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 140 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 19100-2:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-09-25 AA „Bemessungs- und Konstruktionsregeln für Bauprodukte aus Glas (SpA zu CEN/TC 129/WG 8, CEN/TC 250/SC 11 und CEN/TC 250/SC 11/WG 1)“ 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.

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 19100-2:2024-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel und Anwendungsbereich geändert;
- b) Verweisungen aktualisiert;
- c) Erweiterung des Anhangs A um Koeffizienten für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen und um Beispiele für die Spannungsverteilung;
- d) Hinzufügung eines neuen informativen Anhangs C mit Leitlinien für die Bestimmung des resultierenden Scheibenzwischenraumdrucks für Mehrscheiben-Isolierglas;
- e) Hinzufügung eines neuen informativen Anhangs D mit Leitlinien für die Bemessung von dauerhaft kalt gebogenen Glasbauteilen.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 2: Querbelaastete Elemente; Deutsche und Englische Fassung prEN 19100-2:2024
<i>Titel en:</i>	Eurocode 10 — Design of glass structures — Part 2: Out-of-plane loaded glass components; German and English version prEN 19100-2:2024
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 10 — Calcul des structures en verre — Partie 2: Composants en verre chargés perpendiculairement; Version allemande et anglaise prEN 19100-2:2024

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
0 Einleitung	5
0.1 Einleitung zu den Eurocodes	5
0.2 Einleitung zu EN 19100 (alle Teile)	5
0.3 Einleitung zu EN 19100-2	6
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	6
0.5 Nationaler Anhang zu EN 19100-2	6
1 Anwendungsbereich	7
1.1 Anwendungsbereich von prEN 19100-2	7
1.2 Annahmen	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	9
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben	9
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben	10
3.2.3 Griechische Großbuchstaben	11
3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben	11
4 Grundlagen der Tragwerksplanung	12
4.1 Anforderungen	12
4.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs (FLS, en: fracture limit state)	12
4.2.1 Allgemeines	12
4.2.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch Prüfung	13
4.2.3 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch theoretische Bewertung	13
4.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch (PFLS, en: post fracture limit state)	14
4.3.1 Allgemeines	14
4.3.2 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch Prüfung	14
4.3.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch theoretische Bewertung	15
5 Baustoffe	15
6 Dauerhaftigkeit	15
7 Statische Berechnung	16
8 Grenzzustände der Tragfähigkeit	16
9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	16
10 Anschlüsse, Verbindungen und Auflager	19
10.1 Allgemeines	19
10.2 Glaskomponenten mit durchgehender Kantenauflagerung	19
10.3 Punktuell gelagerte Glaskomponenten	20
10.3.1 Allgemeines	20
10.3.2 Punktuell gelagerte Glaskomponenten mit Befestigungen in Löchern	20
10.3.3 Punktuell gelagerte Glaskomponenten mit Klemmen an Kanten oder an den Ecken	22
10.4 Kragsysteme	22

Anhang A (informativ) Bestimmung der wirksamen Dicke nach dem Verfahren der verbesserten wirksamen Dicke (EET, en: enhanced effective thickness)	23
A.1 Anwendung dieses Anhangs.....	23
A.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	23
A.3 Allgemeines	23
A.4 Querschnitt der Verbundglasscheibe	23
A.5 Verbundparameter	24
A.5.1 Allgemeines	24
A.5.2 Verbundparameter für Platten	24
A.5.3 Verbundparameter für Träger	37
A.6 Wirksame Dicke für die Spannung an der Kontaktfläche Glasschicht/Zwischenschicht	38
A.7 Zusammenhang zwischen diesem Anhang und EN 16612:2019, Anhang D	45
Anhang B (informativ) Nachweis der Eigenfrequenz Glaskomponente unter Windeinwirkung	46
B.1 Anwendung dieses Anhangs.....	46
B.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	46
B.3 Allgemeines	46
B.4 Eigenfrequenz einer einzelnen Glasscheibe.....	46
B.5 Eigenfrequenz von Mehrscheiben-Isolierglas	47
B.6 Ω_i und Ω_j für monolithische Glasscheiben und Mehrscheiben-Isolierglas.....	48
B.7 Empfohlene Grenzkriterien.....	48
Anhang C (informativ) Mehrscheiben-Isolierglas — Berechnung des resultierenden Drucks	49
C.1 Anwendung dieses Anhangs.....	49
C.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	49
C.3 BAM-Ansatz – Allgemeines Verfahren	49
C.4 BAM-Ansatz für die Berechnung von DGU.....	49
C.5 BAM-Ansatz für die Berechnung von TGU	52
C.6 Dimensionslose Koeffizienten für rechteckiges DGU und TGU	55
C.7 Dimensionslose Koeffizienten für DGU und TGU in Form gleichseitiger Dreiecke.....	58
C.8 Dimensionslose Koeffizienten für DGU und TGU in Form gleichschenkliger Dreiecke	60
C.9 Dimensionslose Koeffizienten für andere Formen von DGU und TGU	61
Anhang D (informativ) Kaltgebogenes Glas.....	62
D.1 Anwendung dieses Anhangs.....	62
D.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	62
D.3 Baustoffe.....	62
D.3.1 Allgemeines	62
D.3.2 Glas	62
D.3.3 Zwischenschicht.....	62
D.3.4 Randverbund	63
D.4 Bemessungsverfahren für dauerhaft kaltgebogenes Glas.....	63
D.4.1 Allgemeine Bemessungsgrundsätze.....	63
D.4.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	63
D.4.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	64
D.4.4 Grenzzustand des Bruchs	65
D.4.5 Grenzzustand nach Bruch	65
D.5 Bemessungsverfahren für Unterkonstruktionen von kaltgebogenem Glas	65
D.5.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	65
D.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	66
D.6 Empfehlungen für Modelle von kaltgebogenen Glaskomponenten.....	66
D.6.1 Analytische Berechnungsmodelle	66
D.6.2 Finite-Elemente-Berechnung.....	66
Literaturhinweise.....	67

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 19100-2:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird CEN/TS 19100-2:2021 ersetzen.

Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Titel und Anwendungsbereich geändert;
- Verweise aktualisiert;
- Erweiterung des Anhangs A um Koeffizienten für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen und um Beispiele für die Spannungsverteilung;
- Hinzufügung eines neuen informativen Anhangs C mit Leitlinien für die Bestimmung des resultierenden Scheibenzwischenraumdrucks für Mehrscheiben-Isolierglas;
- Hinzufügung eines neuen informativen Anhangs D mit Leitlinien für die Bemessung von dauerhaft kalt gebogenen Glasbauteilen.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

0 Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken*
- EN 1991, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1992, *Eurocode 2 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- EN 1993, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- EN 1994, *Eurocode 4 — Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- EN 1995, *Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- EN 1996, *Eurocode 6 — Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- EN 1997, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- EN 1998, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- EN 1999, *Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- EN 19100, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas*

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

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

0.2 Einleitung zu EN 19100 (alle Teile)

EN 19100 (alle Teile) gilt für die Tragwerksplanung von mechanisch gelagerten Glaskomponenten und Baugruppen von Glaskomponenten. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen bezüglich der Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, der Bemessungsgrundlage und dem Nachweis nach EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken*.

EN 19100 ist in drei Teile unterteilt:

- EN 19100-1, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 1: Grundlagen*
- EN 19100-2, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 2: Querbelaastete Elemente*
- EN 19100-3, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 3: In Scheibenebene belastete Elemente*

0.3 Einleitung zu EN 19100-2

EN 19100-2 gilt für die Bemessung von querbelasteten Glasbauteilen in Zusammenhang mit EN 19100-1.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

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

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

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

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

0.5 Nationaler Anhang zu EN 19100-2

Nationale Festlegungen sind in diesem Dokument zulässig, wo dies in Anmerkungen ausdrücklich angegeben ist. Nationale Festlegungen umfassen die Auswahl von Werten für national festgelegte Parameter (NDP, engl.: nationally determined parameters).

Die nationale Ausgabe von EN 19100-2 kann durch einen Nationalen Anhang ergänzt werden, der alle nationalen Festlegungen enthält, die für die Bemessung und Konstruktion von Hochbauten und Ingenieurbauten im jeweiligen Land erforderlich sind.

Wird keine nationale Festlegung angegeben, so ist die in diesem Dokument angegebene Standardfestlegung anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung getroffen wird und keine Standardfestlegung in diesem Dokument angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

Nationale Festlegungen sind in EN 19100-2 durch Anmerkungen zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.1(1)	4.2.1(2)	4.2.1(3)	4.2.2(1)
4.2.3(1) – 2 Festlegungen	4.3.1(2)	4.3.1(3)	4.3.2(6)– 2 Festlegungen
4.3.2(7)	4.3.3(2)	9(3)	9(5)
10.3.2(12)	10.3.3(3)	10.4(2)	

Nationale Festlegungen sind in EN 19100-2 zur Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang A	Anhang B	Anhang C	Anhang D
----------	----------	----------	----------

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

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von prEN 19100-2

(1) prEN 19100-2 enthält grundlegende Bemessungsregeln für hauptsächlich querbelastete Glaskomponenten und Baugruppen.

ANMERKUNG Querlasten sind Lasten mit Einwirkung senkrecht zur Scheibenebene (z. B. Wind) oder mit Einwirkungen mit einer Komponente senkrecht zur Scheibenebene (z. B. Eigengewicht, Schnee) auf die Glasscheibe.

1.2 Annahmen

(1) Es gelten die in EN 1990 genannten Annahmen.

2 Normative Verweisungen

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

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

EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken*

EN 13830:2015+A1:2020, *Vorhangfassaden — Produktnorm*

prEN 19100-1:2024, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 1: Grundlagen*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 19100-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp/>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1.1

Sehnenverkürzung

Differenz zwischen der Länge der Sehne einer gebogenen Glaskomponente im Vergleich zur ursprünglichen Länge der Glaskomponente

3.1.2

Klemme

Vorrichtung zum beidseitigen Halten des Kantenbereichs einer Glasscheibe mit oder ohne Anpressdruck

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Klemme umfasst auch Gelenke und Steckverbindungen.

3.1.3

Punkthalterung

Halterung, welche lokal Kräfte die auf das Glas aufgebracht werden aufnehmen und übertragen kann

3.1.4

Punkthalterungssystem

Baugruppe von Komponenten zur Herstellung einer Punkthalterung

Anmerkung 1 zum Begriff: Einige Komponenten des Punkthalterungssystems können fester Bestandteil der Verglasung sein.

3.1.5

Kragssystem

Baugruppe von Komponenten zur Befestigung einer Glasscheibe entlang nur einer Kante

3.1.6

Hinterschnittbohrung

Sackloch mit Hinterschnitt innerhalb einer Glasschicht

3.1.7

kaltgebogenes Glas

Glaskomponenten, die bei Raum-/ oder Außentemperatur elastisch gebogen werden, um eine gewünschte Form dauerhaft zu erreichen

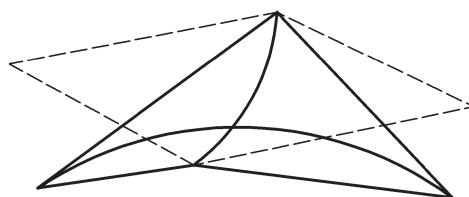


Bild 3.1 — Beispiel für doppelt gekrümmte Geometrie

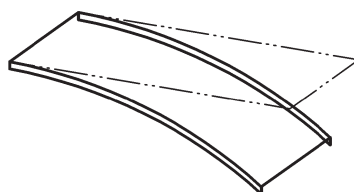


Bild 3.2 — Beispiel für einfach gekrümmte Geometrie

3.1.8

Rückhaltekräfte

elastische Kräfte, die durch das Biegen der Glaskomponente verursacht werden

3.1.9

Unterkonstruktion

Baugruppen zur ständigen Auflagerung der Glaskomponente (Klemmen, Punkthalterung, Linienlagerung) zur Sicherstellung der gewünschten Form mittels mechanischer Einspannungen (punkt- und/oder liniengelagert), welche den Einspannkräften der kaltgebogenen Glaskomponente widerstehen müssen

3.1.10

intrinsische Spannungen

Spannungen innerhalb der Glaskomponente, der Glasscheibe oder in den Teilen der Glaskomponente infolge Kaltbiegen

Anmerkung zum Begriff: Nicht zu verwechseln mit dem Scheibenzwischenraumdruck in MIG infolge Änderungen des Luftdrucks.

3.1.11

extrinsische Spannungen

Spannungen innerhalb der Glaskomponente, der Glasscheibe oder in den Teilen der Glaskomponente infolge anderer Lasten und Durchbiegungen als Kaltbiegung

3.1.12

Lastfall der Kaltbiegung

Moment, in dem das Glas durch elastischen Biegeprozess und mechanische Einspannungen an der Unterkonstruktion in die gewünschte Form gebracht wird

Anmerkung zum Begriff: Dies kann entweder vor Ort oder ab Werk erfolgen.

3.1.13

Randverbund

Kombination von Dichtstoffen und Abstandhaltern aus verschiedenen Baustoffen zur Versiegelung des Scheibenzwischenraums von MIG entlang der Kanten und zur Einhaltung des Abstands zwischen den einzelnen Glasscheiben

3.1.14

Warmbiegung

Krümmen von Glas durch Erwärmen auf die Transformationstemperatur und anschließendes Biegen in die Form entweder durch Eigengewicht oder äußere Krafteinwirkung

3.1.15

Laminationsbiegung

Krümmen von Glas durch Kaltbiegen gefolgt von einem Laminierungsprozess zur Beibehaltung der gewünschten Krümmung

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Lateinische Großbuchstaben

A	Fläche der MIG-Scheibe [mm ²]
A_i	Querschnittsfläche der i -ten Glasschicht [mm ²]
D_{ef}	wirksame Biegesteifigkeit [Nmm]
D_i	Biegesteifigkeit der i -ten Glasplatte [Nmm]
D_{abs}	Biegesteifigkeit der gestapelten Einzelquerschnitte (ohne Verbundwirkung) [Nmm]
D_{full}	Biegesteifigkeit des monolithischen Ersatzquerschnitts (volle Verbundwirkung) [Nmm]
E	Elastizitätsmodul von Glas [MPa]
$\bar{F}$	konzentrierte äußere Last [N]
G_{int}	Schubmodul der Zwischenschicht [MPa]
$\bar{H}$	äußere Linienlast je Längeneinheit [N/mm]

L	Variable für eine beliebige Art von Abstand [mm]
M	Biegemoment [Nm]
N	Anzahl der Glasscheiben im MIG
T_0	Bezugswert der absoluten Temperatur in den Scheibenzwischenräumen zum Zeitpunkt der Versiegelung [K]
U	(numerisch ermittelte) Verformungsenergie der verformten Platte
V_{0j}	Bezugswert des Gasvolumens im Scheibenzwischenraum j zum Zeitpunkt der Versiegelung [mm ³]

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

a	kleinere Verglasungsabmessung [mm]
b	größere Verglasungsabmessung [mm]
c_i	Platzhalterwert
d_i	(vorzeichenbehafteter) Abstand zwischen der Mittelebene von Glasschicht i und der Mittelebene des Verbundglases [mm]
h	Glasdicke einer monolithischen Glasscheibe oder wirksame Dicke $h_{ef,w}$ bei der Berechnung der Durchbiegung von Verbundglas [mm]
h_{IG}	äquivalente Dicke des MIG [mm]
$h_{ef,w}$	wirksame Dicke von Verbundglas für die Berechnung der Durchbiegung bei Querbiegung [mm]
$h_{ef,\sigma,i}$	wirksame Dicke von Verbundglas für die Berechnung der Querbiegespannung von Glasschicht i [mm]
h_i	Nenn Dicke der Scheibe i von Mehrscheiben-Isolierglas oder der Glasschicht i von Verbundglas [mm]
h_{int}	Zwischenschichtdicke [mm]
$h_{int,i,\sigma}$	wirksame Dicken für die Berechnung der maximalen Spannungen an der Kontaktfläche der i -ten Glasschicht [mm]
l_H	Länge der Linienlast [mm]
n	Anzahl der Glasschichten
n_i	Eigenfrequenz
n_1	Eigenfrequenz der ersten Eigenmode
$p_{res,i}$	resultierender Druck auf Glasschicht i [MPa]
p_0	Bezugswert des Gasdrucks in den Scheibenzwischenräumen zum Zeitpunkt der Versiegelung [MPa]
$\bar{p}$	gleichmäßig verteilte äußere Last [MPa]
q	beliebiger konstanter Druck [MPa]
s	kleinster Nennwert der mechanischen Kantenüberdeckungs- oder Kantenauflagerungsbreite (siehe EN 12488) [mm]
s_i	Breite des Scheibenzwischenraums i [mm]
t_p	verbleibende Zeit bis zum Eintritt des vollständigen Versagens der Glaskomponente

$w(x, y)$	Querverschiebung einer einzelnen Scheibe mit derselben Form des vorliegenden MIG, gelenkig gelagerten Kanten und Beanspruchung durch einen beliebigen konstanten Druck q [mm]
w_A	Mittelwert von $w(x, y)$ auf der Scheibenfläche am Punkt der gleichmäßig verteilten Lasteinleitung
w_L	Mittelwert von $w(x, y)$ auf der Linie der Linienlasteinleitung
w_P	Wert von $w(x, y)$ am Punkt der konzentrierten Lasteinleitung

3.2.3 Griechische Großbuchstaben

Δp_j	Änderung des Gasdrucks im j -ten Scheibenzwischenraum infolge äußerer Lasten und/oder ständiger und veränderlicher Beanspruchung des Scheibenzwischenraums [MPa]
$\overline{\Delta p}$	Änderung des barometrischen Drucks in Bezug auf p_0 (als positiver Wert angenommen, wenn der tatsächliche Druck größer ist als p_0) [MPa]
$\overline{\Delta T_j}$	Änderung der Gastemperatur im j -ten Scheibenzwischenraum in Bezug auf T_0 (als positiver Wert angenommen bei einer tatsächlichen Temperatur größer als T_0) [K]
Ω_i	Anzahl der Sinushalbwellen entsprechend der kleineren Verglasungsabmessung
Ω_j	Anzahl der Sinushalbwellen entsprechend der größeren Verglasungsabmessung

3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben

η	Koeffizient des Schubverbundparameters
η_b	Schubverbundparameter für Träger
η_p	Schubverbundparameter für Platten
μ_j^-, μ_j^+	dimensionslose Koeffizienten ($j = 1, \dots, N-1$)
ρ	Dichte [kg/m ³]
ρ_{IG}	äquivalente Dichte von Isolierglas [kg/m ³]
ρ_{int}	Dichte der Zwischenschicht [kg/m ³]
ρ_{LG}	äquivalente Dichte von Verbundglas [kg/m ³]
σ_i	Spannung der Glasschicht i [MPa]
$\sigma_{int,i}$	Spannung an der Kontaktfläche von Zwischenschicht i und Glasschicht i [MPa]
ν	Poissonzahl von Glas
$\varphi(x, y)$	dimensionslose Formfunktion für die Durchbiegung einer gelenkig gelagerten Platte mit einer Fläche A und einer Biegesteifigkeit D unter beliebigem konstantem Druck q
φ_A	Wert der dimensionslosen Formfunktion über der Plattenfläche
φ_L	Wert der dimensionslosen Formfunktion auf der Linie der Linienlasteinleitung
φ_P	Wert der dimensionslosen Formfunktion am Punkt der konzentrierten Lasteinleitung
Ψ	Koeffizient zur Berücksichtigung verschiedener Beanspruchungs- und Randbedingungen
Ψ_b	Koeffizient der Randbedingungen für Träger, siehe Tabelle A.2
Ψ_p	Koeffizient der Randbedingungen für Platten, siehe Tabelle A.1
ω	Schubübertragungskoeffizient (siehe EN 16612)

4 Grundlagen der Tragwerksplanung

4.1 Anforderungen

(1) Das Grenzzustandsszenario (LSS, en: Limit State Scenario) für eine querbelastete Glaskomponente sollte nach prEN 19100-1:2024, 4.2.4, gewählt werden.

ANMERKUNG Das LSS für eine Glaskomponente kann im Nationalen Anhang festgelegt sein, siehe prEN 19100-1:2024, 4.2.4.

(2) Besondere Aufmerksamkeit muss der Robustheit des Tragwerks gewidmet werden prEN 19100-1 und EN 1990.

(3) Für den Fall des Bruchs einer Glasschicht oder Komponente müssen die Folgen für die Sicherheit und Unversehrtheit des angrenzenden Tragwerks, der Komponenten sowie von Personen bewertet und nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Länder werden aufgefordert, Tabellen mit typischen Systemen von Glaskomponenten in Abhängigkeit von der Anwendung und der Auflagerung zu erstellen.

(4) Bei der Sicherstellung ausreichender Robustheit in Abhängigkeit von Funktion, Bedeutung und Einbaulage (z. B. Höhe über Boden bzw. Geschossdecke, vertikal oder nicht vertikal) müssen die folgenden Gesichtspunkte beachtet werden:

- Verletzungsrisiko bei Glasversagen, siehe z. B. CEN/TS 19100-4;
- Risiko der Beschädigung anderer Komponenten bei Glasversagen;
- geeignete Wahl von Glastype und Zwischenschicht, welche in Kombination oder einzeln die erforderliche Robustheit der Glaskomponente während der Nutzungsdauer und nach dem Bruch bieten;
- Vorsehen angemessener querschnittsbezogener Redundanz durch eine ausreichende Anzahl von Glasschichten in der Glaskomponente;
- Schutzmaßnahmen;
- realistische Bemessung, Berechnung und bauliche Durchbildung.

(5) Bei Verbundglas sollten die in prEN 19100-1:2024, 7.2.2, angegebenen Bestimmungen zum Schubverbund angewendet werden.

ANMERKUNG Hilfestellungen können Anhang A oder EN 16612 entnommen werden.

4.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs (FLS, en: fracture limit state)

4.2.1 Allgemeines

(1) Im FLS muss ausreichende Sicherheit während einer Stoßeinwirkung nachgewiesen werden (Nachweis der Ausfallsicherheit), siehe prEN 19100-1:2024, 4.2.3(2).

(2) Im FLS sollte eine geeignete Lastkombination für die statische Beanspruchung während des Stoßereignisses angewendet werden.

ANMERKUNG Die Lastkombination im FLS ist die außergewöhnliche Lastkombination nach EN 1990, sofern im Nationalen Anhang keine abweichende Lastkombination angegeben ist.

(3) Im FLS darf die aufgelagerte Glaskomponente durch experimentelle Prüfung (4.2.2) oder alternativ durch theoretische Bewertung (4.2.3) nachgewiesen werden, sofern die Äquivalenz gegeben ist.

ANMERKUNG 1 Der Nachweis kann die Inbezugnahme auf zuvor durchgeführte Prüfungen oder Berechnungen einschließen.

ANMERKUNG 2 Im Nationalen Anhang können Stoßkörpertyp, Stoßenergie, Umgebungstemperatur und Annahmekriterien festgelegt sein.

4.2.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch Prüfung

(1) Wenn der Nachweis im FLS durch experimentelle Prüfung erfolgt, darf diese entweder vor Ort Original-Tragwerk (im Herstellungszustand) oder an einem geeigneten Prüfstück bzw. einer geeigneten äquivalenten Laborprobe durchgeführt werden. Weitere Bestimmungen dürfen den Festlegungen der zuständigen Behörde entsprechen oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

ANMERKUNG Bestimmungen zur experimentellen Prüfung können im Nationalen Anhang angegeben sein.

(2) Wird die Prüfung nicht unter Verwendung der eingebauten Komponente am Original-Tragwerk vor Ort durchgeführt, muss sichergestellt werden, dass das verwendete äquivalente Prüfstück bzw. die Laborprobe mit allen maßgebenden Einzelheiten dem Original-Tragwerk entspricht, einschließlich Auflagern, Lasteinleitung usw.

(3) Die Prüfungen müssen so geplant und ausgewertet werden, dass eindeutige Schlussfolgerungen im Hinblick auf Sicherheit und Zuverlässigkeit gezogen werden können. Die erforderliche Anzahl der Prüfungen sollte beachtet werden.

ANMERKUNG 1 Je geringer die Anzahl der Prüfungen, desto höher ist die Spanne zwischen dem Mittelwert der Prüfergebnisse und dem Bemessungswert des Widerstands.

ANMERKUNG 2 Die aktuelle Ausgabe von EN 1990 enthält keine vollständigen Hilfestellungen zu spezifischen Prüfungen von Glas.

(4) Nach experimenteller Prüfung am Original-Tragwerk im Herstellungszustand vor Ort sollte überprüft werden, ob das Tragwerk weiterhin seinen ursprünglichen Widerstand aufweist.

(5) Die Prüfergebnisse müssen in einem nachvollziehbaren Verfahren unter Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit entsprechend den Anforderungen nach EN 1990 ermittelt werden.

4.2.3 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch theoretische Bewertung

(1) Wenn der Nachweis im FLS durch theoretische Bewertung erfolgt, müssen alle statischen und dynamischen Auswirkungen infolge Stoßeinwirkung und/oder Beschädigung/Bruch der vollständigen Glaskomponente oder von Teilen davon angemessen für die kurzzeitige Stoßeinwirkung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen erfolgt eine theoretische Bewertung im FLS anhand einer transienten numerischen Simulation.

ANMERKUNG 2 Ein Verfahren für den numerischen Nachweis der Stoßauswirkungen kann im Nationalen Anhang angegeben sein.

ANMERKUNG 3 Weitere Bestimmungen für die theoretische Bewertung im FLS können im Nationalen Anhang angegeben sein.

(2) Die Anwendbarkeit des theoretischen Modells muss validiert werden.

ANMERKUNG Gewöhnlich wird die Anwendbarkeit eines theoretischen Modells mittels experimenteller Benchmark-Tests validiert.

4.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch (PFLS, en: post fracture limit state)

4.3.1 Allgemeines

(1) Im PFLS muss die ausreichende Sicherheit nach Bruch für eine begrenzte Dauer t_p nachgewiesen werden (Nachweis der Resttragfähigkeit der Glaskomponente oder Nachweis eines alternativen Lastpfades). Der Bruch kann eine oder mehrere Glasschichten oder die gesamte Komponente betreffen.

ANMERKUNG Der Widerstand der Glaskomponente im Grenzzustand nach Bruch (PFLS) wird durch den Glastyp (z. B. Bruchmuster, Typ der Zwischenschicht, Anzahl der Glasschichten), die Maße der Glaskomponente und deren Auflagerung beeinflusst.

(2) Im PFLS sollte eine geeignete Lastkombination verwendet werden.

ANMERKUNG Die Lastkombination im PFLS ist die außergewöhnliche Lastkombination nach EN 1990 und prEN 19100-1, sofern nicht der Nationale Anhang eine abweichende Lastkombination enthält.

(3) Gesichtspunkte, die bei der Bestimmung der Zeitspanne t_p berücksichtigt werden sollten, können folgenden Ursprung haben: Zeit für die Sicherung der Umgebung, vorübergehende Auflagerung, Zeit für den Austausch, Zeit für Entlastung usw. Die zeitlich begrenzten charakteristischen veränderlichen Einwirkungen dürfen nach EN 1991-1-6 abgemindert werden.

ANMERKUNG Zeitspannen nach dem Bruch im PFLS können im Nationalen Anhang festgelegt sein.

(4) Im PFLS kann die Glaskomponente durch experimentelle Prüfung (4.3.2) oder alternativ durch theoretische Bewertung (4.3.3) nachgewiesen werden, sofern die Äquivalenz gegeben ist.

ANMERKUNG 1 Aufgrund der viskoelastischen Eigenschaften der Zwischenschichten und des komplexen mechanischen Verhaltens des gebrochenen Glaslaminats kann der Nachweis mitunter nur durch Prüfung der ursprünglichen Glaskomponente mit deren Auflagerungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Der Nachweis kann die Inbezugnahme auf zuvor durchgeführte Prüfungen oder Berechnungen einschließen.

4.3.2 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch Prüfung

(1) Wenn der Nachweis im PFLS durch experimentelle Prüfung erfolgt, darf diese entweder vor Ort am Original-Tragwerk (im Herstellungszustand) oder an einem geeigneten Prüfstück bzw. einer geeigneten äquivalenten Laborprobe durchgeführt werden.

(2) Zusätzliche Anforderungen zu 4.3.2(1) dürfen den Festlegungen der zuständigen Behörde entsprechen oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

(3) Wird der PFLS durch experimentelle Prüfung am Original-Tragwerk (im Herstellungszustand) vor Ort nachgewiesen, sollte im Anschluss an die experimentelle Prüfung der intakte ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden.

(4) Wird die Prüfung nicht unter Verwendung der Komponente am Original-Tragwerk vor Ort durchgeführt, muss sichergestellt werden, dass das verwendete äquivalente Prüfstück bzw. die Laborprobe mit allen maßgebenden Einzelheiten dem Original-Tragwerk, einschließlich Auflagern, Lasteinleitung usw., entspricht.

(5) Die experimentellen Prüfungen sollten so geplant und ausgewertet werden, dass eindeutige Schlussfolgerungen im Hinblick auf Sicherheit und Zuverlässigkeit gezogen werden können. Die erforderliche Anzahl der Prüfungen sollte besonders beachtet werden.

ANMERKUNG Je geringer die Anzahl der Prüfungen, desto höher ist die Spanne zwischen dem Mittelwert der Prüfergebnisse und dem Bemessungswert des Widerstands.

(6) Zur Bestimmung der Resttragfähigkeitsdauer sollte die Glaskomponente mit einer geeigneten Lastverteilung angemessener Größe beansprucht werden.

ANMERKUNG 1 Ist die Lastanordnung eine verteilte Last p , gilt $p = 0,5 \text{ kPa}$, sofern im Nationalen Anhang keine abweichenden Werte angegeben sind.

ANMERKUNG 2 Im Nationalen Anhang können Anforderungen bezüglich des Bruchs weiterer Glasschichten festgelegt sein.

(7) Die verbleibende Zeit t_p bis zum Eintreten des vollständigen Versagens der Glaskomponente muss den Anforderungen entsprechen, siehe 4.3.1.

ANMERKUNG 1 Der Wert für t_p kann im Nationalen Anhang festgelegt sein.

ANMERKUNG 2 Abgesehen vom Bruch des Glasquerschnitts kann vollständiges Versagen auch aufgrund unterschiedlicher Versagensmechanismen auftreten, z. B. Lösen von Auflagern, Reißen der Zwischenschicht, übermäßige Verformung.

(8) Nach experimenteller Prüfung am Original-Tragwerk im Herstellungszustand vor Ort sollte überprüft werden, ob das Tragwerk weiterhin seinen ursprünglichen Widerstand aufweist.

4.3.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch theoretische Bewertung

(1) Alternativ zu 4.3.2 darf eine theoretische Bewertung des PFLS durchgeführt werden. Hierbei müssen alle maßgebenden Einwirkungen, Zeit- und Umgebungseinflüsse nach dem Bruchereignis für die festgelegte Restdauer berücksichtigt werden.

(2) Im Allgemeinen sollte die direkt den Einwirkungen ausgesetzte Glasschicht, falls zugänglich, als gebrochen angenommen werden (z. B. die obere Schicht eines Glasdaches oder eines Glasbodens).

ANMERKUNG 1 Die Anzahl der als gebrochen anzunehmenden Glasschichten ist abhängig von der Wahrscheinlichkeit ihres Bruchs während der Nutzungsdauer der Glaskomponente.

ANMERKUNG 2 Das mechanische Verhalten, einschließlich der Resttragfähigkeit, der Glaskomponente im Grenzzustand nach Bruch (PFLS) wird durch den Typ der Glaskomponente (z. B. Bruchverhalten, Art der Zwischenschicht, Anzahl der Glasschichten), die Größe der Glaskomponente und deren Lagerungssystem beeinflusst.

ANMERKUNG 3 Weitere Bestimmungen für die theoretische Bewertung im PFLS können im Nationalen Anhang angegeben sein.

5 Baustoffe

(1) Für die Baustoffeigenschaften muss prEN 19100-1:2024, Abschnitt 5, angewendet werden.

6 Dauerhaftigkeit

(1) Die Regeln für die Dauerhaftigkeit nach EN 1990 und prEN 19100-1:2024, Abschnitt 6, müssen angewendet werden.

7 Statische Berechnung

(1) Die Regeln für die statische Berechnung nach prEN 19100-1:2024, Abschnitt 7, müssen angewendet werden.

(2) Für die Berechnung von Verbundglas müssen die Regeln nach prEN 19100-1:2024, 7.2.2, befolgt werden.

ANMERKUNG Für die Berechnung nach Stufe 2 entsprechend prEN 19100-1:2024, 7.2.2, enthält Anhang A dieses Dokuments Angaben zur rechnerischen Bestimmung der wirksamen Dicken für die Verformung und Spannungen von Verbundglas. Andere Vorgehensweisen können, sofern geeignet, angewendet werden.

(3) Je nach Anwendbarkeit enthält EN 16612 weitere Angaben hinsichtlich Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Spannungen und Durchbiegungen für Glaskomponenten unter gleichmäßig verteilten Lasten.

(4) Für die Berechnung des resultierenden Scheibenzwischenraumdrucks und der Lastverteilung auf die jeweiligen Scheiben des MIG darf das Verfahren nach Anhang C dieses Dokuments oder nach EN 16612 angewendet werden.

ANMERKUNG Das Verfahren nach EN 16612 ist ausschließlich auf gleichmäßig verteilte Flächenlasten begrenzt.

(5) Lastkombinationen für die Berechnung von MIG sollten nach prEN 19100-1 gewählt werden.

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit

(1) Für Grenzzustände der Tragfähigkeit müssen die Regeln nach prEN 19100-1 angewendet werden.

9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(1) Für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit müssen die Regeln nach prEN 19100-1 angewendet werden.

(2) Die Durchbiegungsgrenzen für Verformungsklasse 1-SLS (siehe prEN 19100-1:2024, Tabelle 9.1) sind nicht Gegenstand dieses Dokuments.

(3) Die typischen Durchbiegungsgrenzen für Verformungsklasse 2-SLS (siehe prEN 19100-1:2024, Tabelle 9.1) sind in diesem Dokument in Abhängigkeit von Anwendung und Randbedingungen angegeben. Die Grenzen können sich aufgrund technischer Umstände, wie Dichtungs- oder Kantenbemessung, ändern. Differenzen können auch durch unterschiedliche Verfahrensweisen in den einzelnen Ländern verursacht werden.

ANMERKUNG Zusammen mit der charakteristischen Lastkombination zu verwendende typische Werte der Durchbiegungsgrenzen für Verformungsklasse 2-SLS sind in Tabelle 9.1 (NDP) angegeben, sofern der Nationale Anhang keine abweichenden Werte bzw. keine anderen Herangehensweisen zur Durchbiegungsbegrenzung enthält.

(4) Ist die Durchbiegung nicht kritisch, dürfen höhere Bemessungswerte in Betracht gezogen werden.

Tabelle 9.1 (NDP) — Typische Durchbiegungsgrenzen für Glaskomponenten der Verformungsklasse 2-SLS

	Auflagerung	Durchbiegungsgrenze der Linienauflager	Durchbiegungsgrenze an einer freien Kante	Durchbiegungsgrenze am Mittelpunkt
Glas- komponente	Durchgehende Auflagerung entlang aller Kanten	nach EN 13830:2015+A1:2020, 5.7		$L/50^a$
	Durchgehende Auflagerung entlang 2 oder 3 Kanten	nach EN 13830:2015+A1:2020, 5.7	$L/100^c$	
	nicht durchgehende Auflagerung entlang 2 oder 3 Kanten	$L/150^b$	$L/100^c$	$L/50^a$
	punktgehalten		$L/100^{c,d}$	$L/50^{a,d}$
Geschoss- decke	Durchgehende Auflagerung entlang aller Kanten			$L/200^a$
Geschoss- decke oder Treppenstufe	Durchgehende Auflagerung entlang 2 Kanten			$L/200^c$
Balustrade	Mit Kragsystem an der Unterkante gehalten		Infolge der Durchbiegung sollte sich kein Spalt von mehr als 50 mm Breite zwischen zwei benachbarten Elementen in 1 m Höhe über dem Fertigfußboden bilden	
MIG	Durchgehende Auflagerung entlang aller Kanten	nach EN 13830:2015+A1:2020, 5.7		$L/50^a$
	Durchgehende Auflagerung entlang 2 oder 3 Kanten	nach EN 13830:2015+A1:2020, 5.7	$L/150^c$	
	punktgehalten		$L/150^c$	
^a L ist die Länge der kurzen Kante. ^b L ist der Abstand zwischen zwei Punkthalterungen. ^c L ist die Länge der freien Kante. ^d Als Durchbiegungsgrenze sollte entweder $L/100$ an der Kante oder $L/50$ im Mittelpunkt angewendet werden, nicht jedoch beide gemeinsam. Die Entscheidung über die Anwendung der einen oder der anderen Grenze ist vom Einzelfall abhängig.				

ANMERKUNG In einigen Fällen ist die Bewertung kritischer Frequenzen besser geeignet, siehe Anhang B dieses Dokuments.

(5) Für Verformungsklasse 3-ULS muss die tatsächliche beibehaltene mechanische Kantenüberdeckungsbreite der verformten Glasscheibe unter Berücksichtigung der Sehnenverkürzung des Glases aufgrund seiner Durchbiegung und der Toleranzen nachgewiesen werden.

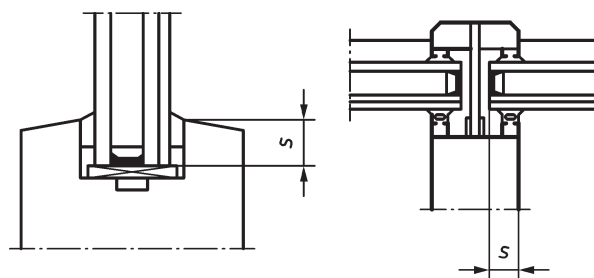
ANMERKUNG 1 Die empfohlenen kleinsten Nennwerte der mechanischen Kantenüberdeckungsbreite sind in Tabelle 9.2 (NDP) angegeben, sofern der Nationale Anhang keine abweichenden Werte enthält.

Tabelle 9.2 (NDP) — Empfohlener kleinster Nennwert der mechanischen Kantenüberdeckungsbreite s für Glaskomponenten der Verformungsklasse 3-ULS^a

Anwendung	Weitere Spezifikation	Kleinsten Nennwert der mechanischen Kantenüberdeckungs- oder Linienlagerbreite^b s [mm]
Einzelne Glaskomponente	Vertikal	12
	Nicht vertikal	12
Böden		30
Balustraden	Durchgehende Auflagerung an 4 Kanten	12
	Durchgehende Auflagerung an 1 Kante (eingeklemmt)	70
MIG	Vertikal	12
	Nicht vertikal ^c	12
^a Diese Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. ^b Siehe Bild 9.1. ^c Zugänglich nur für Instandhaltung; sonst siehe Böden.		

ANMERKUNG 2 Die Grenze für die Kantenüberdeckungsbreite kann von der Anwendung und der erwarteten Nutzungsdauer der Glaskomponente und Dichtmittel abhängig sein.

ANMERKUNG 3 Es können Situationen vorliegen, in denen die in Tabelle 9.2 angegebenen Werte unzureichend sind. Diese Fälle können weitere Betrachtungen erfordern, die zu Ergebnissen führen, welche die ULS-Anforderungen unter Berücksichtigung der Toleranzen erfüllen.



Legende

s mechanische Kantenüberdeckungsbreite

Bild 9.1— Nennwerte der mechanischen Kantenüberdeckung

10 Anschlüsse, Verbindungen und Auflager

10.1 Allgemeines

(1) Die folgenden Verfahren zur Auflagerung von Glaskomponenten werden in diesem Abschnitt betrachtet:

- durchgehend entlang ihrer Kanten aufgelagerte Verglasung;
- punktuell aufgelagerte Verglasung;
- an einer Kante gehaltene Verglasung (Kragssystem).

(2) Alle geschraubten Anschlüsse, Auflager und Verbindungen müssen gegen unbeabsichtigtes Lösen oder Trennen gesichert werden. Das kann die Betrachtung des unbeabsichtigten Bruchs von Glaskomponenten einschließen.

(3) Die Risiken infolge herabfallender Glasbruchstücke bei unvorhergesehenem Bruch müssen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das umfasst das Verletzungsrisiko für Personen, aber auch die Stabilität möglicher angrenzender Verglasung sowie des Tragwerks.

(4) Die Befestigungen müssen freie Bewegung und Rotation des Glaselements zulassen, so dass durch die Wärmeausdehnung und die Bewegungen der Auflager keine zusätzlichen Spannungen im Glaselement verursacht werden.

10.2 Glaskomponenten mit durchgehender Kantenauflagerung

(1) Die mechanische Kantenüberdeckung (siehe Bild 9.1) muss so gewählt werden, dass die mechanische Langzeitstabilität der Glaskomponente sichergestellt ist. Geeignete Mindestwerte der Kantenüberdeckung müssen überprüft und sichergestellt werden unter Berücksichtigung von Wärmeausdehnung, Lastauswirkungen, Toleranzen sowie Bewegungen des Gebäudes.

(2) Die Kantenauflagerung sollte die Kriterien nach EN 12488 erfüllen. In diesem Fall dürfen die Randbedingungen an den Kanten für ULS- und SLS-Nachweise als gelenkig gelagert angenommen werden.

(3) Der Wert für die Sehnenverkürzung muss durch geeignete Berechnung abgesichert sein, um zu überprüfen, dass die Kanten jederzeit ausreichend gehalten werden oder dass zulässige Schubspannung auf den Dichtungsanschluss aufgebracht wird, Tabelle 9.2 und 9(5), ANMERKUNG 3.

ANMERKUNG Querbeltete Glaskomponenten können möglicherweise bei Absinken eine erhebliche Sehnenverkürzung aufweisen. Das kann zum Lösen der Glaskomponente aus der mechanischen Kantenhalterung oder zu hoher Querschubeinwirkung oder anderer Spannungseinwirkung auf Kantendichtungsanschlüsse führen.

(4) Bei der Beurteilung der tragenden Glaskomponente für den FLS und den PFLS sollte die Eignung des Auflagers betrachtet werden, sofern erforderlich.

(5) Im Fall von verklebter Verglasung sollten die Bestimmungen nach EN 16759, EN 15434, EN 13022-1 und EN 13022-2 ebenfalls berücksichtigt werden.

(6) Im Fall von MIG mit einem U-Profil, welches mit dem Dichtmittel verklebt ist, so dass das innenliegende Glas punktuell mit Gelenken am Sekundärtragwerk befestigt ist. Beträgt der Abstand der Gelenke mehr als 300 mm, sollte auch 10.3 herangezogen werden.

(7) Durchgehende Linienlagerung besteht auch bei Verwendung von Klemmleisten, ob mit Abdeckungen oder ohne, die einen Abstand von weniger als 300 mm aufweisen und die Verglasung über die gesamte Dicke des MIG halten. Beträgt der Abstand dieser Klemmleisten mehr als 300 mm, sollte 10.3 herangezogen werden.

10.3 Punktuell gelagerte Glaskomponenten

10.3.1 Allgemeines

(1) Der Nachweis einer Glaskomponente mit Punkthalterung muss unter Berücksichtigung sowohl des Glases als auch der Befestigung geführt werden sowie unter Einbeziehung der Steifigkeit der Befestigung, ihrer Kontaktfläche mit dem Glas und der Aufbringung von Kräften auf sowohl das Glas als auch die Befestigung.

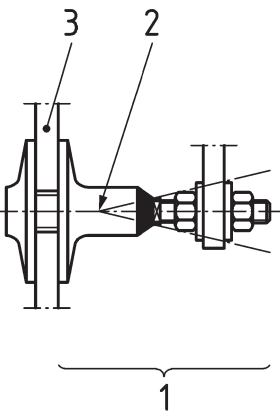
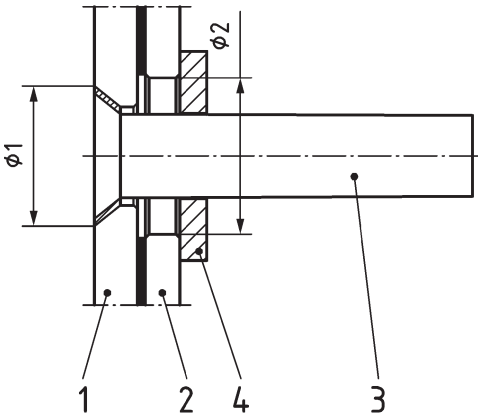
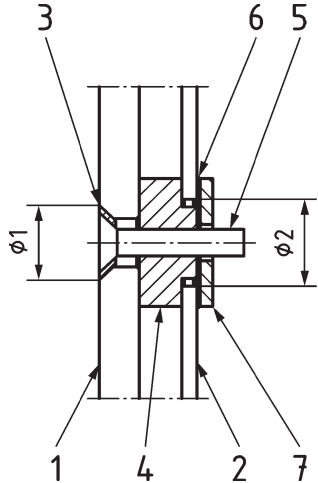
ANMERKUNG 1 Eine Glaskomponente mit Punkthalterung kann nicht unter Vernachlässigung des Punkthalterungssystems nachgewiesen werden.

ANMERKUNG 2 Es bestehen verschiedene Optionen für das Momentenrotationsverhalten von Befestigungssystemen: gelenkig (Rotationen ohne Momente), verformbar (Momente verursachende Rotationen) oder starr (keine Rotationen, aber Momente). Gelenkige Auflager können größere Rotationsbewegungen des Glases gegenüber der Befestigung der Verglasungsaufleger aufnehmen. Dies kann die Verwendung von Glasscheiben auf flexibleren Auflagersystemen, wie z. B. Kabelkonstruktionen, zulassen. Liegt der Gelenkmittelpunkt nicht in der Scheibenebene, treten Exzentrizitätsmomente auf.

10.3.2 Punktuell gelagerte Glaskomponenten mit Befestigungen in Löchern

(1) Beispiele für punktuell aufgelagerte Glaskomponenten mit Befestigungen in Löchern sind in Tabelle 10.1 angegeben.

Tabelle 10.1 — Beispiele für punktuell aufgelagerte Glaskomponenten mit Befestigungen in Löchern

a	b	c
Punkthalterung an einer monolithischen Glasscheibe mit zylindrischem Loch	Gesenkte Punkthalterung an einer Verbundglasscheibe	Punkthalterung an MIG
		
Legende 1 Punkthalterung 2 Rotationspunkt 3 Glasscheibe	Legende 1 Glasschicht mit Senkloch 2 Glasschicht mit zylindrischem Loch 3 Punkthalterung mit Senkung 4 Flansch	Legende 1 Glasschicht mit Senkloch 2 Glasschicht mit zylindrischem Loch 3 Isolation mit Senkung 4 Stützen 5 Punkthalterung mit Senkung 6 Dichtung 7 Flansch

(2) Dieser Abschnitt behandelt Glaskomponenten mit Bohrungen durch die gesamte Dicke der Glasscheibe. Löcher für Verbundglas oder MIG, die nicht durch alle Glasschichten oder -scheiben der Konstruktion verlaufen, dürfen verwendet werden. Die Eigengewichtübertragung der nicht gelagerten Glasscheibe sollte berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Systeme mit hinterschnittenen Befestigungselementen werden hier nicht behandelt.

(3) Für hinterschnittene Löcher ist der Systementwickler heranzuziehen.

(4) Sind Löcher oder Rücksprünge erforderlich, um die Lastübertragung zu ermöglichen, muss das Glas anschließend vorgespannt werden, siehe prEN 19100-1:2024, 7.3.2(1).

(5) Die Löcher dürfen zylindrisch oder gesenkt sein. Die Bohrungswandungen in Kontakt mit der Schraube müssen mindestens geschliffen oder, wenn möglich, glattgeschliffen oder poliert sein. Die Bohrungswandungen müssen bei zylindrischen Löchern an beiden Seiten der Glaskomponente bzw. an der Seite gegenüber der Senkungsfläche angefast sein.

(6) Bei Verwendung von Verbundglas dürfen die jeweiligen Durchmesser der Löcher in den verschiedenen Glasschichten so angepasst werden, dass durch die Punkthalterung keine Spannung auf die Zwischenschicht aufgebracht wird.

ANMERKUNG In dieser Situation wird nur eine Glasschicht des Verbundglases durch die Schraube gehalten, da die Löcher in den anderen Glasschichten zu groß sind.

(7) Bei Verbundglas sollte der kegelstumpfförmige Teil des Lochs in nur einer Glasschicht liegen, während in den anderen Glasschichten ausschließlich zylindrische Löcher liegen sollten.

(8) Ein Beispiel für Verbundglas mit Senkloch ist in Tabelle 10.1, Spalte b, angegeben.

ANMERKUNG Andere Systeme sind verfügbar, werden aber nicht durch dieses Dokument abgedeckt.

(9) Punkthalterungen müssen aus geeignetem Baustoff (Metall, Keramik, Polymer ...) mit angemessenen mechanischen und physikalischen Eigenschaften sowie ausreichender Dauerhaftigkeit bestehen. In Abhängigkeit vom Grad der Einwirkung möglicher Korrosion sollten entweder geeignete, gegenüber Korrosion unempfindliche Baustoffe oder Korrosionsschutzsysteme gewählt werden. Alle Baustoffe von Punkthalterungen müssen mit dem Glas und den Zwischenschichten verträglich sein.

(10) Direkter Kontakt zwischen Hartmetallbaustoff und Glas muss mittels Zwischenmaterial vermieden werden.

ANMERKUNG 1 Beispiele für Zwischenmaterialien sind:

- Aluminiumlegierungen (Reihe 1000), ausgenommen Legierungen mit hohem Kupfer- oder Zinkanteil (wie die Reihen 2000 oder 7000);
- synthetische Baustoffe: PTFE, Polyamid, Polychloropren, Silikon usw. unter Überprüfung ihrer vollen chemischen Verträglichkeit mit anderen berührenden Werkstoffen (z. B. Glaszwischenichten);
- geeignete Harze und Mörtel.

ANMERKUNG 2 Bei zylindrischen Löchern wird das Glas beidseitig gelagert, siehe Tabelle 10.1, Spalte a.

(11) Das System muss die relative Bewegung von Glas und Tragwerk, z. B. infolge veränderlicher Beanspruchungen, thermischer Auswirkungen usw., zulassen.

(12) Ein Punkthalterungssystem sollte im Hinblick auf sowohl das Glas als auch die montierte Befestigung unter Berücksichtigung des wirksamen Tragsystems, der Steifigkeit der Befestigung, ihrer Kontaktfläche mit dem Glas, der Glaskombination und der Aufbringung von Kräften auf sowohl das Glas als auch die Befestigung berechnet werden. Alle Schnittgrößen sollten einschließlich der inneren Momente nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Im Nationalen Anhang können weitere Regeln zu Werkstoffen von Punkthalterungen angegeben sein.

(13) Bemessung und Sicherheitsnachweis von Punkthalterungen selbst sollten entsprechend der Bemessungsvorschrift für den jeweiligen Werkstoff erfolgen.

(14) Punktuell aufgelagerte Glaskomponenten können während der Querbelastrung erhebliche Sehnenverkürzung aufweisen. Das kann zum Einrasten der Befestigungen und dadurch möglicherweise zu hohen Spannungskonzentrationen in den Glaskomponenten führen. Der Wert der Sehnenverkürzung sollte durch angemessene Berechnung abgesichert werden, um die ausreichende Verträglichkeit des Systems (Glas und Befestigung) für diese Einwirkungen zu überprüfen.

10.3.3 Punktuell gelagerte Glaskomponenten mit Klemmen an Kanten oder an den Ecken

(1) In diesem System wird Glas durch Klemmen an seinen Ecken oder Kanten gehalten. Das System kann gelenkig sein oder nicht, siehe 10.3.1(1).

(2) Die Bestimmungen nach 10.3.2(9) bis 10.3.2(14) sollten für punktuell aufgelagerte Glaskomponenten mit Klemmen an Kanten oder an den Ecken gelten.

(3) Die mechanische Kantenüberdeckung (siehe Bild 9.1) muss unter Berücksichtigung der Herstellungs- und Montagetoleranzen sowie der Verformungsbedingung im ULS berechnet werden. Die Summe der beidseitig auftretenden Sehnenkontraktion (Sehnenverkürzung) sollte nur einer einzelnen Seite zugeschrieben werden.

ANMERKUNG Im Nationalen Anhang können weitere Spezifikationen zu punktuell gelagerten Glaskomponenten mit Klemmen an Kanten oder an den Ecken angegeben sein.

10.4 Kragssysteme

(1) Kragssysteme müssen für die Aufnahme des Biegemoments und der Schubkräfte sowie deren Übertragung auf das Haupttragwerk bemessen sein. Beruht das Kragssystem auf dem Einsatz von Klemmen, muss eine geeignete Klemmfläche vorgesehen werden, um die Momentenübertragung sicherzustellen.

ANMERKUNG Ein Kragssystem kann für vertikale oder nicht vertikale Verglasung verwendet werden.

(2) Die Bestimmungen nach 10.3.2(9) bis 10.3.2(13) sollten für Kragssysteme gelten.

ANMERKUNG 1 Innerhalb eines Klemmbefestigungssystems auftretende Rotation kann die Spannungsverteilung und die Durchbiegung des Glaselements beeinflussen.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang kann weitere Festlegungen für Kragssysteme mit Glaskomponenten enthalten.

ANMERKUNG 3 Bei Aufbringung zusätzlicher Normalkräfte siehe auch EN 19100-3.

Anhang A (informativ)

Bestimmung der wirksamen Dicke nach dem Verfahren der verbesserten wirksamen Dicke (EET, en: enhanced effective thickness)

A.1 Anwendung dieses Anhangs

(1) Dieser informative Anhang enthält Hinweise zu 4.1(4) und Abschnitt 7 für die Bestimmung der wirksamen Dicke nach dem Verfahren der verbesserten wirksamen Dicke (EET).

ANMERKUNG Nationale Festlegungen zur Anwendung dieses informativen Anhangs sind im Nationalen Anhang angegeben. Enthält der Nationale Anhang keine Angaben zur Anwendung dieses informativen Anhangs, kann er angewendet werden.

A.2 Anwendungs- und Gültigkeitsbereich

(1) Dieser Anhang enthält Angaben zur Bestimmung der wirksamen Dicke von Verbundglasscheiben.

A.3 Allgemeines

(1) In Abhängigkeit vom Grad der Schubkopplung der Glasschichten durch die Zwischenschicht liegt das Querbiegeverhalten eines Verbundglaselements zwischen dem von frei gleitenden Glasschichten (keine Schubkopplung, Grenze für gestapeltes Verhalten) und dem einer Einzelschicht (volle Schubkopplung, Grenze für monolithisches Verhalten).

A.4 Querschnitt der Verbundglasscheibe

(1) Die wirksame Dicke für die Durchbiegungsberechnung sollte nach Gleichung (A.1) berechnet werden.

$$h_{\text{ef,w}} = \sqrt[3]{\frac{1}{\frac{\eta}{\sum_{i=1}^n h_i^3 + 12 \cdot \sum_{i=1}^n (h_i \cdot d_i^2)} + \frac{1-\eta}{\sum_{i=1}^n h_i^3}}} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

$h_{\text{ef,w}}$ die wirksame Dicke von Verbundglas für die Berechnung der Durchbiegung bei Querbiegung;

d_i der (vorzeichenbehaftete) Abstand zwischen der Mittelebene von Glasschicht i und der Mittelebene des Verbundglases;

h_i der Nennwert der Dicke von Glasschicht i eines Verbundglases;

n die Anzahl der Glasschichten;

η der Schubverbundparameter.

(2) Die wirksame Dicke der Glasschicht i der Verbundglasscheibe für die Spannungsberechnung sollte nach Gleichung (A.2) berechnet werden.

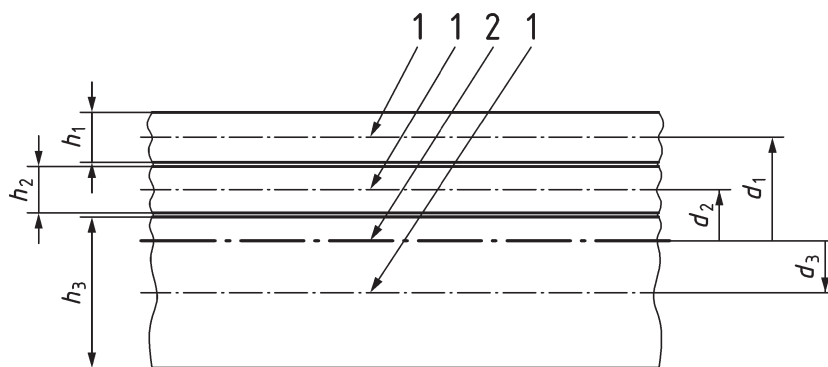
$$h_{\text{ef},\sigma,i} = \sqrt{\frac{1}{\frac{2 \cdot \eta \cdot |d_i|}{\sum_{i=1}^n h_i^3 + 12 \cdot \sum_{i=1}^n (h_i \cdot d_i^2)} + \frac{h_i}{h_{\text{ef},w}^3}}} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$h_{\text{ef},\sigma,i}$ die wirksame Dicke von Verbundglas für die Berechnung der Querbiegespannung von Glasschicht i .

ANMERKUNG 1 Der Verbundparameter η ist in A.6 angegeben.

ANMERKUNG 2 Die geometrischen Eigenschaften des Querschnitts der Verbundglasscheibe sind in Bild A.1 dargestellt.



Legende

- 1 Mittelebene der Glasschicht
- 2 Mittelebene der Verbundglasscheibe

Bild A.1 — Geometrie eines Verbundglaselements (Querschnittsansicht)

A.5 Verbundparameter

A.5.1 Allgemeines

(1) Es muss unterschieden werden zwischen den Verbundparametern für Platten η_p und für Balken η_b .

A.5.2 Verbundparameter für Platten

(1) Im Fall einer Verbundglasscheibe aus 2 Glasschichten sollte der Verbundparameter für Platten η_p nach Gleichung (A.3) berechnet werden.

$$\eta_{p,2} = \frac{1}{1 + \frac{h_{\text{int}} \cdot E}{G_{\text{int}} \cdot (1-\nu^2)} \cdot \frac{D_{\text{abs}}}{D_{\text{full}}} \cdot \frac{h_1 \cdot h_2}{(h_1+h_2)} \cdot \psi_p} \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

D_i die Biegesteifigkeit der Glasschicht i ;

D_{abs} Summe der Biegesteifigkeiten der Einzelquerschnitte (ohne Verbundwirkung) nach Gleichung (A.4);

D_{full} Biegesteifigkeit des monolithischen Ersatzquerschnitts (volle Verbundwirkung) nach Gleichung (A.5);

E der Elastizitätsmodul von Glas;

G_{int} der Schubmodul der Zwischenschicht;

h_{int} die Dicke der Zwischenschicht;

η_p der Schubverbundparameter für Platten;

ν die Poissonzahl von Glas

wobei gilt

$$D_{\text{abs}} = \sum_{i=1}^n D_i = \frac{E \cdot \sum_{i=1}^n h_i^3}{12(1-\nu^2)} \quad (\text{A.4})$$

$$D_{\text{full}} = D_{\text{abs}} + \frac{E \cdot \sum_{i=1}^n (h_i \cdot d_i^2)}{(1-\nu^2)} \quad (\text{A.5})$$

(2) Im Fall einer Verbundglasscheibe aus 3 Glasschichten mit gleichem Schubmodul aber unterschiedlichen Dicken, die durch 2 Zwischenschichten verbunden sind, sollte der Verbundparameter η_p nach Gleichung (A.6) berechnet werden.

$$\eta_{p,3} = \frac{1}{1 + \frac{E \cdot \sum_{i=1}^3 h_i^3 \cdot \sum_{i=1}^3 (h_i \cdot d_i^2) \cdot \psi_p}{(1-\nu^2)G_{\text{int}} \cdot \left(\sum_{i=1}^3 h_i^3 + 12 \cdot \sum_{i=1}^3 (h_i \cdot d_i^2) \right) \cdot \left(\frac{(d_1-d_2)^2}{h_{\text{int},1}} + \frac{(d_2-d_3)^2}{h_{\text{int},2}} \right)}} \quad (\text{A.6})$$

Dabei ist

ψ_p der Koeffizient für Randbedingungen von Platten;

$h_{\text{int},i}$ die Dicke der Zwischenschicht i .

ANMERKUNG 1 ψ_p -Werte für rechteckige Platten $a \times b$ für verschiedene Beanspruchungen und Randbedingungen sind in Tabelle A.1 angegeben. Zwischenwerte können mittels linearer Interpolation bestimmt werden.

ANMERKUNG 2 Die ψ_p -Werte für Punktlasten nach Tabelle A.1 und Tabelle A.2 werden für eine Lasteinwirkungsfläche von 100 mm $\times$ 100 mm angenommen.

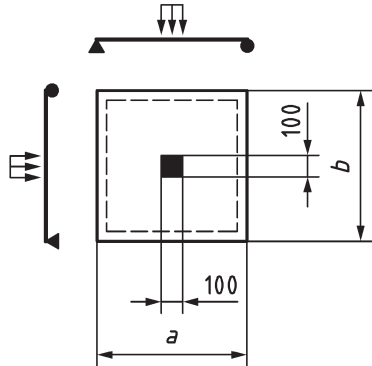
ANMERKUNG 3 Für ψ_p -Werte für größere Kantenlängen als in Tabelle A.1 und Tabelle A.2 angegeben siehe [17] und [18].

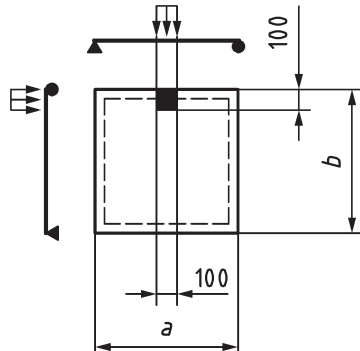
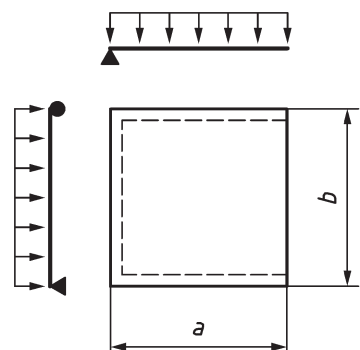
ANMERKUNG 4 Bei vierseitig gelenkig gelagerten Platten unter einer Punktlast oder Linienlast können die resultierenden Werte von $h_{\text{ef},i}$ aufgrund der Annahmen in den Modellen überschätzt werden.

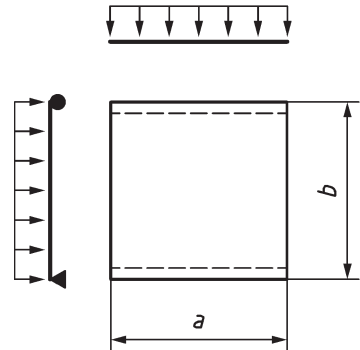
ANMERKUNG 5 In den Tabellen entsprechen eingespannte Kanten einer vollständigen Einspannung, einschließlich Schlupfbehinderung zwischen den Glasschichten. Allerdings kann in der Praxis eine vollständige Einspannung häufig nicht gänzlich erreicht werden.

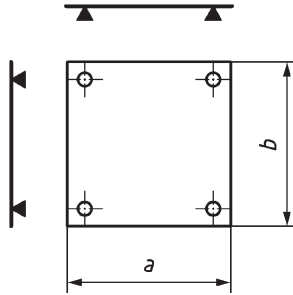
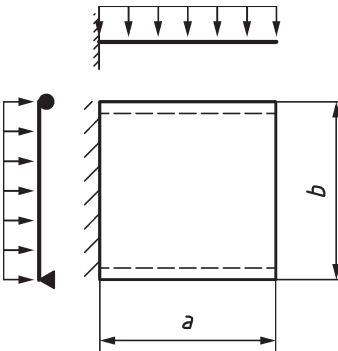
Tabelle A.1 — ψ_p -Koeffizienten für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen

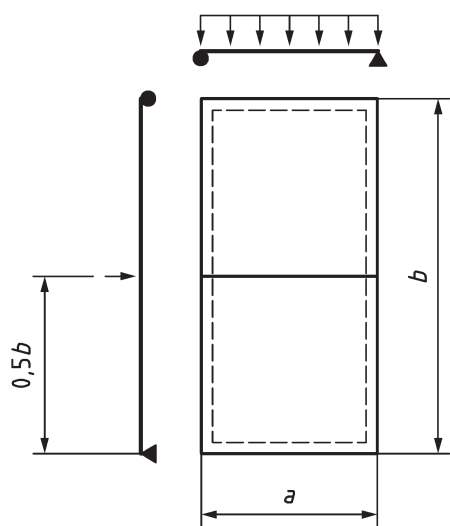
Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b [mm]	Alle λ -Werte	1 3 2 4 Legende 1 freie Kante 2 gelenkig gelagerte Kante 3 eingespannte Kante 4 gelagerte Ecke									
500	11,200 00										
600	7,777 78										
800	4,375 00										
1 000	2,800 00										
1 500	1,244 44										
2 000	0,700 00										
2 500	0,448 00										
3 000	0,311 11										
$\lambda=a/b$ b [mm]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
500	4 018,000 00	1 042,790 00	486,328 00	290,422 00	199,746 00	150,612 00	121,070 00	101,947 00	88,865 30	79,528 00	
600	2 790,280 00	724,160 00	337,728 00	201,682 00	138,713 00	104,592 00	84,076 60	70,796 20	61,712 00	55,227 80	
800	1 569,530 00	407,340 00	189,972 00	113,446 00	78,025 90	58,832 80	47,293 10	39,822 90	34,713 00	31,065 60	
1 000	1 004,500 00	260,698 00	121,582 00	72,605 50	49,936 60	37,653 00	30,267 60	25,486 60	22,216 30	19,882 00	
1 500	446,445 00	115,866 00	54,036 40	32,269 10	22,194 00	16,734 70	13,452 30	11,327 40	9,873 92	8,836 44	
2 000	251,125 00	65,174 40	30,395 50	18,151 40	12,484 10	9,413 25	7,566 90	6,371 66	5,554 08	4,970 50	
2 500	160,720 00	41,711 60	19,453 10	11,616 90	7,989 85	6,024 48	4,842 81	4,077 86	3,554 61	3,181 12	
3 000	111,611 00	28,966 40	13,509 10	8,067 28	5,548 51	4,183 67	3,363 07	2,831 85	2,468 48	2,209 11	
3 500	82,000 10	21,281 40	9,925 06	5,926 98	4,076 45	3,073 72	2,470 82	2,080 54	1,813 58	1,623 02	
4 000	62,781 30	16,293 60	7,598 87	4,537 85	3,121 04	2,353 31	1,891 72	1,592 91	1,388 52	1,242 62	
4 500	49,605 00	12,874 00	6,004 05	3,585 46	2,466 00	1,859 41	1,494 70	1,258 60	1,097 10	0,981 83	
5 000	40,180 00	10,427 90	4,863 28	2,904 22	1,997 46	1,506 12	1,210 70	1,019 47	0,888 65	0,795 28	

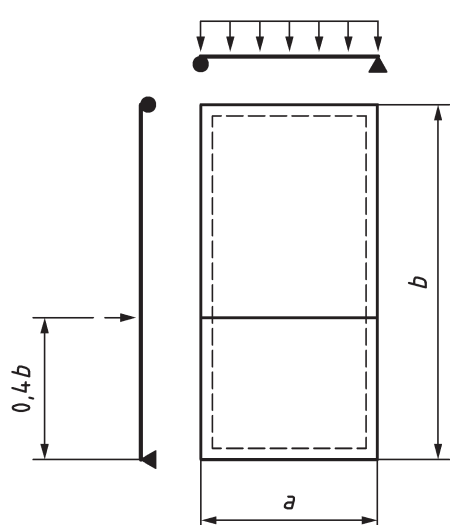
Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
5 500	33,206 60	8,618 10	4,019 24	2,400 18	1,650 80	1,244 73	1,000 58	0,842 53	0,734 42	0,657 26	
6 000	27,902 80	7,241 60	3,377 28	2,016 82	1,387 13	1,045 92	0,840 77	0,707 96	0,617 12	0,552 28	
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
500	4 918,340 00	1 232,690 00	567,067 00	334,994 00	230,168 00	177,772 00	153,440 00	148,958 00	162,509 00	193,633 00	
600	3 370,580 00	856,090 00	3 939,202 00	232,176 00	160,114 00	125,082 00	110,414 00	110,681 00	124,492 00	150,377 00	
800	1 887,990 00	481,156 00	220,499 00	130,284 00	90,486 40	71,980 40	65,593 70	68,375 00	79,165 60	96,005 40	
1 000	1 208,100 00	307,557 00	140,793 00	83,287 80	58,174 00	46,872 80	43,589 50	46,423 80	54,386 20	65,729 90	
1 500	536,820 00	136,349 00	62,364 30	36,988 30	26,073 30	21,410 70	20,462 50	22,343 00	26,417 40	31,626 20	
2 000	301,823 00	76,577 80	35,020 50	20,806 80	14,744 20	12,230 90	11,846 90	13,073 20	15,489 00	18,427 40	
2 500	193,088 00	48,961 30	22,390 90	13,318 80	9,469 75	7,904 79	7,716 96	8,560 00	10,152 10	12,028 90	
3 000	134,046 00	33,977 80	15,539 20	9,251 03	6,592 78	5,526 51	5,423 01	6,039 81	7,159 87	8,459 39	
3 500	98,458 10	24,951 10	11,411 40	6,797 89	4,852 75	4,080 25	4,018 37	4,486 08	5,317 51	6,269 62	
4 000	75,367 00	19,096 10	8,733 98	5,205 44	3,720 76	3,135 61	3,096 36	3,462 68	4,103 87	4,831 05	
4 500	59,539 80	15,083 90	6,899 18	4,113 49	2,943 24	2,484 79	2,458 77	2,753 20	3,262 54	3,835 89	
5 000	48,220 90	12,215 10	5,587 22	3,332 31	2,386 25	2,017 44	1,999 60	2,241 29	2,655 55	3,119 11	
5 500	38,847 70	10,093 20	4,616 79	2,754 25	1,973 63	1,670 55	1,657 99	1,859 89	2,203 35	2,585 87	
6 000	33,480 00	8,479 79	3,878 87	2,314 54	1,659 48	1,406 01	1,396 99	1,568 13	1,857 50	2,178 47	

Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,25	1,667	2,5	5		
500	1 242,090 00	355,153 00	234,435 00	274,020 00	354,166 00	402,080 00	404,202 00	387,899 00	371,011 00		
600	864,232 00	251,531 00	177,918 00	213,601 00	261,980 00	283,978 00	281,063 00	269,376 00	257,647 00		
800	487,212 00	145,743 00	111,758 00	134,304 00	155,248 00	161,826 00	158,254 00	151,525 00	144,926 00		
1 000	312,029 00	95,157 50	76,075 60	90,456 20	101,516 00	104,100 00	101,321 00	96,976 10	92,752 80		
1 500	138,661 00	43,503 00	36,399 30	42,393 60	46,071 10	46,492 00	45,048 00	43,100 60	41,223 50		
2 000	77,958 70	24,826 20	21,156 30	24,357 70	26,122 60	26,199 40	25,343 00	24,244 10	23,188 20		
2 500	49,873 40	16,027 00	13,790 00	15,765 90	16,788 20	16,783 50	16,220 60	15,516 20	14,840 50		
3 000	34,623 70	11,194 10	9,688 40	11,025 20	11,688 20	11,661 90	11,264 80	10,775 20	10,305 90		
3 500	25,431 90	8,258 03	7,175 41	8,138 63	8,601 94	8,571 22	8,276 42	7,916 45	7,571 66		
4 000	19,467 80	6,341 95	5,526 05	6,252 49	6,593 98	6,564 16	6,336 76	6,061 03	5,797 05		
4 500	15,379 80	5,022 83	4,385 88	4,953 02	5,214 89	5,187 57	5,006 90	4,788 96	4,580 39		
5 000	12,456 20	4,076 21	3,565 13	4,020 07	4,227 12	4,202 62	4,055 64	3,879 06	3,710 11		
5 500	10,293 40	3,373 98	2,954 81	3,327 77	3,495 51	3,473 69	3,351 80	3,205 83	3,066 21		
6 000	8,648 60	2,838 73	2,488 71	2,799 98	2,938 60	2,919 17	2,816 46	2,693 79	2,576 47		
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	59,817 60	55,777 00	51,676 20	48,551 80	46,397 20	44,646 20	42,999 60	41,564 40	41,655 90		
600	41,540 00	38,734 00	35,886 20	33,716 50	32,220 30	31,004 30	29,860 90	28,864 10	28,561 40		
800	23,366 30	21,787 90	20,186 00	18,965 50	18,123 90	17,439 90	16,796 70	16,236 10	15,602 10		
1 000	14,954 40	13,944 20	12,919 00	12,137 90	11,599 30	11,161 50	10,749 90	10,391 10	10,414 00		
1 500	6,646 40	6,197 44	5,741 80	5,394 64	5,155 25	4,960 69	4,777 74	4,618 26	4,412 35		
2 000	3,738 60	3,486 06	3,229 76	3,034 49	2,899 83	2,790 39	2,687 48	2,597 77	2,603 50		
2 500	2,392 70	2,231 08	2,067 05	1,942 07	1,855 89	1,785 85	1,719 99	1,662 57	1,708 53		
3 000	1,661 60	1,549 36	1,435 45	1,348 66	1,288 81	1,240 17	1,194 43	1,154 57	1,103 09		

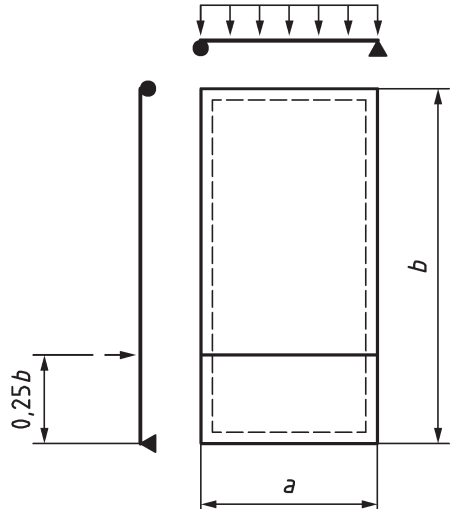
Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
3 500	1,220 77	1,138 31	1,054 62	0,990 85	0,946 88	0,911 15	0,877 54	0,848 25	0,838 78		
4 000	0,934 65	0,871 52	0,807 44	0,758 62	0,724 96	0,697 60	0,671 87	0,649 44	0,650 87		
4 500	0,738 49	0,688 60	0,637 98	0,599 40	0,572 81	0,551 19	0,530 86	0,513 14	0,476 13		
5 000	0,598 18	0,557 77	0,516 76	0,485 52	0,463 97	0,446 46	0,430 00	0,415 64	0,427 13		
5 500	0,494 36	0,460 97	0,427 08	0,401 25	0,383 45	0,368 68	0,355 37	0,343 51	0,333 29		
6 000	0,415 40	0,387 34	0,358 86	0,337 17	0,322 20	0,310 04	0,298 61	0,288 64	0,275 77		
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	37,606 80	37,726 80	37,908 30	38,108 60	38,294 30	38,486 80	38,715 30	38,963 90	39,218 60		
600	26,115 80	26,199 20	26,325 20	26,464 30	26,593 30	26,727 00	26,885 60	25,058 30	27,235 10		
800	14,690 20	14,737 00	14,807 90	14,886 20	14,958 70	15,033 90	15,123 10	15,220 30	15,319 70		
1 000	9,401 70	9,431 69	9,477 07	9,527 14	9,573 57	9,621 71	9,678 81	9,740 99	9,804 64		
1 500	4,178 53	4,191 86	4,212 03	4,234 29	4,254 92	4,276 32	4,301 69	4,329 33	4,357 62		
2 000	2,350 43	2,357 92	2,369 27	2,381 79	2,393 39	2,405 43	2,419 70	2,435 25	2,451 16		
2 500	1,504 27	1,509 07	1,516 33	1,524 34	1,531 77	1,539 47	1,548 61	1,558 56	1,568 74		
3 000	1,044 63	1,047 97	1,053 01	1,058 57	1,063 73	1,069 08	1,075 42	1,082 33	1,089 40		
3 500	0,767 49	0,769 93	0,773 64	0,777 73	0,781 52	0,785 45	0,790 11	0,795 18	0,800 38		
4 000	0,587 61	0,589 48	0,592 32	0,595 45	0,598 35	0,601 36	0,604 93	0,608 81	0,612 79		
4 500	0,464 28	0,465 76	0,468 00	0,470 48	0,472 77	0,475 15	0,477 97	0,481 04	0,484 18		
5 000	0,376 07	0,377 27	0,379 08	0,381 09	0,382 94	0,384 87	0,387 15	0,389 64	0,392 19		
5 500	0,310 80	0,311 79	0,313 29	0,314 95	0,316 48	0,318 07	0,319 96	0,322 02	0,324 12		
6 000	0,261 16	0,261 99	0,263 25	0,264 64	0,265 93	0,267 27	0,268 86	0,270 58	0,272 35		
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
500	30,287 80	30,474 50	31,083 00	32,392 30	34,686 10	38,147 10	42,534 00	46,629 80	48,186 80	45,601 00	
600	21,033 20	21,162 80	21,585 40	22,494 60	24,087 50	26,491 10	29,537 50	32,381 80	33,463 10	31,667 40	

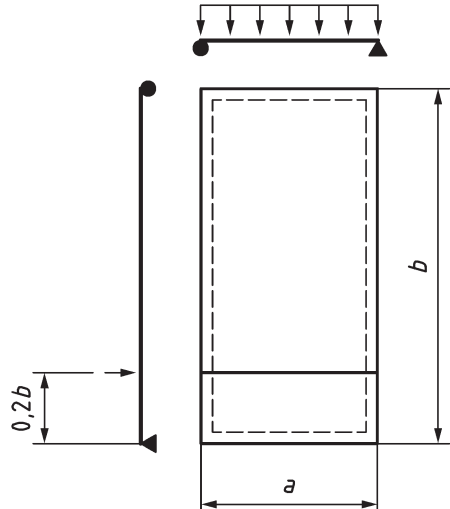
Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
800	11,831 20	11,904 10	12,141 80	12,653 20	13,549 20	14,901 20	16,614 80	18,214 80	18,823 00	17,812 90	
1 000	7,571 94	7,618 61	7,770 75	8,098 07	8,671 52	9,536 78	10,633 49	11,657 50	12,046 70	11,400 30	
1 500	3,365 31	3,386 05	3,453 67	3,599 14	3,854 01	4,238 57	4,726 00	5,181 09	5,354 09	5,066 78	
2 000	1,892 98	1,904 65	1,942 69	2,024 52	2,167 88	2,384 20	2,658 37	2,914 36	3,011 68	2,850 06	
2 500	1,211 510	1,218 98	1,243 32	1,295 69	1,387 44	1,525 88	1,701 36	1,865 19	1,927 47	1,824 04	
3 000	0,841 326	0,846 513	0,863 417	0,899 785	0,963 502	1,059 64	1,181 50	1,295 27	1,338 52	1,266 70	
3 500	0,618 117	0,621 928	0,634 347	0,661 067	0,707 879	0,778 513	0,868 040	0,951 629	0,983 404	0,930 633	
4 000	0,473 246	0,476 163	0,485 672	0,506 129	0,541 970	0,596 049	0,664 593	0,728 591	0,752 919	0,712 516	
4 500	0,373 923	0,376 228	0,383 741	0,399 904	0,428 223	0,470 952	0,525 111	0,575 677	0,594 899	0,562 976	
5 000	0,302 878	0,304 745	0,310 830	0,323 923	0,346 861	0,381 471	0,425 340	0,466 298	0,481 868	0,456 010	
5 500	0,250 312	0,251 855	0,256 884	0,267 705	0,286 662	0,315 265	0,351 520	0,385 371	0,398 238	0,376 868	
6 000	0,210 332	0,211 628	0,215 854	0,224 946	0,240 875	0,264 911	0,295 375	0,323 818	0,334 631	0,316 674	
$\lambda=a/b$ b [mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	325,393 00	114,750 00	74,937 70	60,455 00	53,505 10	48,952 60	45,358 50	42,699 00	37,906 80		
600	225,968 00	79,687 50	52,040 00	41,982 70	37,156 30	33,994 90	31,498 90	29,652 10	32,744 50		
800	127,107 00	44,824 20	29,272 50	23,615 30	20,900 40	19,122 10	17,718 20	16,679 30	19,952 00		
1 000	81,348 40	28,687 50	18,734 40	15,113 80	13,376 30	12,238 20	11,339 60	10,674 70	9,476 70		
1 500	36,154 80	12,750 00	8,326 41	6,717 23	5,945 01	5,439 18	5,039 83	4,744 33	4,020 73		
2 000	20,337 10	7,171 87	4,683 60	3,778 44	3,344 07	3,059 54	2,834 90	2,668 69	2,369 18		
2 500	13,015 70	4,590 00	2,997 51	2,418 20	2,140 20	1,958 11	1,814 34	1,707 96	1,907 81		
3 000	9,038 71	3,187 50	2,081 60	1,679 31	1,486 25	1,359 80	1,259 96	1,186 08	1,005 18		
3 500	6,640 68	2,341 84	1,529 34	1,233 78	1,091 94	0,999 03	0,925 68	0,871 41	0,634 10		
4 000	5,084 27	1,792 97	1,170 90	0,944 61	0,836 02	0,764 89	0,708 73	0,667 17	0,592 29		
4 500	4,017 20	1,416 67	0,925 16	0,746 36	0,660 56	0,604 35	0,559 98	0,527 15	0,446 43		
5 000	3,253 93	1,147 50	0,749 38	0,604 55	0,535 05	0,489 53	0,453 58	0,426 99	0,476 95		

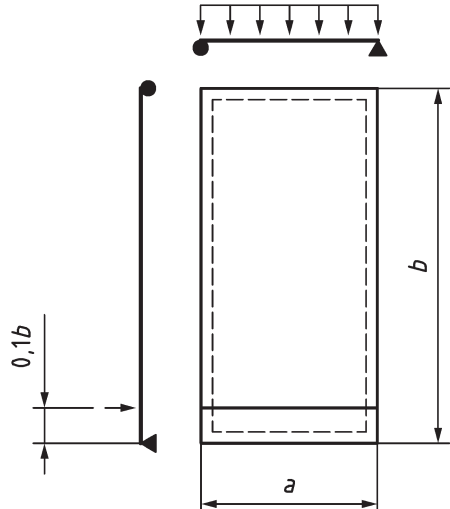
Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
5 500	2,689 20	0,948 35	0,619 32	0,499 63	0,442 19	0,404 57	0,374 86	0,352 88	0,279 07		
6 000	2,259 68	0,796 87	0,520 40	0,419 83	0,371 56	0,339 95	0,314 99	0,296 52	0,251 30		
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	1 313,538 7	335,227 0	163,403 4	107,358 1	82,550 5	67,122 5	55,419 5	47,342 6	42,592 5		
600	913,225 6	232,878 7	113,492 9	74,561 2	57,330 5	46,615 1	38,487 1	32,877 7	29,578 7		
800	514,284 6	131,040 7	63,850 1	41,944 6	32,250 5	26,222 2	21,649 7	18,494 2	16,638 4		
1 000	329,320 7	83,879 9	40,867 1	26,845 7	20,640 9	16,782 6	13,856 1	11,836 4	10,648 7		
1 500	146,443 7	37,286 1	18,164 5	11,932 0	9,174 0	7,459 1	6,158 3	5,260 7	4,732 8		
2 000	82,390 2	20,974 6	10,217 8	6,711 8	5,160 4	4,195 8	3,464 1	2,959 2	2,662 2		
2 500	52,734 4	13,424 1	6,539 5	4,295 6	3,302 7	2,685 3	2,217 0	1,893 9	1,703 8		
3 000	36,622 9	9,322 4	4,541 3	2,983 1	2,293 5	1,864 8	1,539 6	1,315 2	1,183 2		
3 500	26,907 4	6,849 2	3,336 5	2,191 6	1,685 1	1,370 1	1,131 1	0,966 3	0,869 3		
4 000	20,601 3	5,243 9	2,554 5	1,678 0	1,290 1	1,049 0	0,866 0	0,739 8	0,665 6		
4 500	16,277 8	4,143 4	2,018 4	1,325 8	1,019 4	0,828 8	0,684 3	0,584 5	0,525 9		
5 000	13,185 1	3,356 1	1,634 9	1,073 9	0,825 7	0,671 3	0,554 3	0,473 5	0,426 0		
5 500	10,896 9	2,773 7	1,351 2	0,887 5	0,682 4	0,554 8	0,458 1	0,391 3	0,352 0		
6 000	9,156 5	2,330 7	1,135 3	0,745 8	0,573 4	0,466 2	0,384 9	0,328 8	0,295 8		

Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	1 313,750 6	339,126 3	167,244 0	110,067 0	84,505 0	68,558 0	56,460 3	48,121 9	43,219 8		
600	913,372 6	235,587 0	116,160 8	76,443 0	58,688 1	47,612 2	39,210 1	33,419 0	30,014 5		
800	514,367 2	132,564 4	65,351 2	43,003 4	33,014 4	26,783 3	22,056 5	18,798 8	16,883 6		
1 000	329,373 5	84,855 2	41,828 0	27,523 5	21,129 9	17,141 7	14,116 4	12,031 4	10,805 6		
1 500	146,467 2	37,719 6	18,591 6	12,233 2	9,391 4	7,618 7	6,274 1	5,347 4	4,802 6		
2 000	82,403 5	21,218 5	10,458 1	6,881 3	5,282 7	4,285 6	3,529 2	3,007 9	2,701 4		
2 500	52,742 8	13,580 2	6,693 2	4,404 1	3,380 9	2,742 8	2,258 7	1,925 1	1,728 9		
3 000	36,628 7	9,430 8	4,648 1	3,058 4	2,347 9	1,904 7	1,568 5	1,336 9	1,200 6		
3 500	26,911 7	6,928 8	3,415 0	2,247 0	1,725 0	1,399 4	1,152 4	0,982 2	0,882 1		
4 000	20,604 6	5,304 9	2,614 6	1,720 3	1,320 7	1,071 4	0,882 3	0,752 0	0,675 4		
4 500	16,280 4	4,191 5	2,065 8	1,359 3	1,043 5	0,846 5	0,697 1	0,594 2	0,533 6		
5 000	13,187 3	3,395 2	1,673 3	1,101 0	0,845 2	0,685 7	0,564 7	0,481 3	0,432 2		
5 500	10,898 6	2,805 9	1,382 9	0,909 9	0,698 5	0,566 7	0,466 7	0,397 7	0,357 2		
6 000	9,157 9	2,357 8	1,162 0	0,764 6	0,587 0	0,476 2	0,392 1	0,334 2	0,300 2		

Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,250	1,667	2,500	5,000		
500	1 316,679 0	355,034 7	180,395 7	119,028 5	90,893 6	73,214 5	59,813 1	50,616 3	45,216 6		
600	915,404 8	246,637 8	125,297'2	82,668 6	63,126 3	50,847 1	41,539 3	35,151 9	31,401 7		
800	515,509 5	138,782 4	70,492 3	46,506 6	35,511 8	28,603 5	23,367 2	19,773 9	17,664 1		
1 000	330,104 4	88,835 2	45,118 9	29,765'9	22,728'5	18,306 9	14,955 4	12,655 5	11,305 3		
1 500	146,792 0	39,488 7	20,054 5	13,230 0	10,102 0	8,136 7	6,647 0	5,624 8	5,024 7		
2 000	82,586 1	22,213 7	11,281 0	7,442 0	5,682 4	4,576 9	3,739 0	3,164 0	2,826 4		
2 500	52,859 7	14,217 1	7,219 9	4,762 9	3,636 8	2,929 2	2,393 0	2,025 0	1,808 9		
3 000	36,709 9	9,873 1	5,013 9	3,307 6	2,525 6	2,034 2	1,661 8	1,406 2	1,256 2		
3 500	26,971 3	7,253 8	3,683'7	2,430 1	1,855 5	1,494 5	1,220 9	1,033 1	0,922 9		
4 000	20,650 3	5,553 7	2,820 3	1,860'5	1,420 6	1,144 2	0,934 8	0,791 0	0,706 6		
4 500	16,316 5	4,388 1	2,228 4	1,470 1	1,122 5	0,904 1	0,738 6	0,625 0	0,558 3		
5 000	13,216 5	3,554 4	1,805 0	1,190'7	0,909 2	0,732 3	0,598 2	0,506 2	0,452 2		
5 500	10,922 8	2,937 5	1,491 7	0,984 1	0,751 4	0,605 2	0,494 4	0,418 4	0,373 7		
6 000	9,178 2	2,468 3	1,253 5	0,826 9	0,631 4	0,508 6	0,415 4	0,351 6	0,314 0		

Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	1 324,346 2	371,801 8	192,130 5	126,707 6	96,281 0	77,099 1	62,582 8	52,658 4	46,838 5		
600	920,739 6	258,287 7	133,450 6	88,003 9	66,869 4	53,546 1	43,463 6	36,570 7	32,528 5		
800	518,516 7	145,338 9	75,081 0	49,509 3	37,618 3	30,122 5	24,450 1	20,572 3	18,298 3		
1 000	332,031 0	93,032 5	48,056 3	31,688'0	24,077'0	19,279 2	15,648 6	13,166 7	11,711 2		
1 500	147,649 2	41,354 6	21,360 3	14,084 5	10,701 4	8,568 9	6,955 2	5,852 0	5,205 1		
2 000	83,068 5	23,263 3	12,015 6	7,922 7	6,019 7	4,820 1	3,912 3	3,291 8	2,927 9		
2 500	53,168 5	14,888 9	7,690 1	5,070 6	3,852 6	3,084 9	2,503 9	2,106 8	1,873 9		
3 000	36,924 4	10,339 7	5,340 4	3,521 3	2,675 4	2,142 3	1,738 8	1,463 0	1,301 3		
3 500	27,128 9	7,596 6	3,923 6	2,587 1	1,965 6	1,573 9	1,277 5	1,074 9	0,956 1		
4 000	20,770 9	5,816 2	3,004 0	1,980 7	1,504 9	1,205 0	0,978 1	0,823 0	0,732 0		
4 500	16,411 8	4,595 5	2,373 5	1,565'0	1,189 1	0,952 1	0,772 8	0,650 2	0,578 4		
5 000	13,293 7	3,722 4	1,922 6	1,267 7	0,963 2	0,771 2	0,626 0	0,526 7	0,468 5		
5 500	10,986 6	3,076 3	1,588 9	1,047 7	0,796 0	0,637 4	0,517 3	0,435 3	0,387 2		
6 000	9,231 8	2,585 0	1,335 1	0,880 3	0,668 9	0,535 6	0,434 7	0,365 8	0,325 3		

Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b [mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	1 347,244 7	399,259 6	209,171 7	137,462 7	103,703 6	82,389 3	66,314 2	55,383 0	48,984 6		
600	936,629 2	277,368 5	145,292 9	95,477 8	72,027 4	57,222 2	46,056 5	38,463 9	34,019 8		
800	527,447 5	156,079 1	81,746 8	53,716 1	40,521 6	32,191 6	25,909 6	21,637 9	19,137 6		
1 000	337,744 5	99,908 3	52,323 8	34,381 3	25,935 6	20,603 9	16,583 0	13,848 9	12,248 5		
1 500	150,187 5	44,411 5	23,257 6	15,281 9	11,527 8	9,157 8	7,370 6	6,155 3	5,444 0		
2 000	84,496 1	24,983 0	13,082 9	8,596 3	6,484 5	5,151 4	4,146 0	3,462 4	3,062 3		
2 500	54,082 1	15,989 6	8,373 2	5,501 7	4,150 1	3,296 9	2,653 5	2,216 0	1,959 9		
3 000	37,558 8	11,104 1	5,814 8	3,820 7	2,882 1	2,289 5	1,842 7	1,538 9	1,361 0		
3 500	27,595 0	8,158 2	4,272 1	2,807 0	2,117 4	1,682 1	1,353 8	1,130 6	0,999 9		
4 000	21,127 8	6,246 1	3,270 8	2,149 1	1,621 2	1,287 9	1,036 5	0,865 6	0,765 6		
4 500	16,693 8	4,935 2	2,584 4	1,698 1	1,280 9	1,017 6	0,819 0	0,683 9	0,604 9		
5 000	13,522 1	3,997 6	2,093 4	1,375 5	1,037 6	0,824 2	0,663 4	0,554 0	0,490 0		
5 500	11,175 3	3,303 8	1,730 0	1,136 7	0,857 5	0,681 2	0,548 2	0,457 8	0,404 9		
6 000	9,390 4	2,776 1	1,453 7	0,955 2	0,720 5	0,572 4	0,460 7	0,384 7	0,340 3		

Verbundglasplatten: Werte des Koeffizienten ψ [mm ⁻²] $\cdot 10^6$ für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen											Beanspruchungen und Randbedingungen
$\lambda=a/b$ b[mm]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,25	1,667	2,50	5,00		
500	1 589,062 7	522,544 6	272,613 4	174,627 5	128,364 5	99,462 2	78,038 3	63,742 9	55,438 9		
600	1 104,805 9	363,126 7	189,418 3	121,324 9	89,177 5	69,094 8	54,209 2	44,277 0	38,507 6		
800	622,188 3	204,399 1	106,606 1	68,276 6	50,182 3	38,879 2	30,501 6	24,912 0	21,665 3		
1 000	398,421 2	130,857 3	68,245 3	43,706 4	32,122 6	24,886 7	19,523 7	15,945 6	13,867 2		
1 500	177,173 8	58,177 3	30,338 9	19,429 2	14,279 3	11,062 5	8,678 4	7,087 7	6,163 8		
2 000	99,679 6	32,728 4	17,067 1	10,929 7	8,032 6	6,223 0	4,881 8	3,987 0	3,467 3		
2 500	63,800 7	20,947 2	10,923 4	6,995 3	5,141 0	3,982 8	3,124 4	2,551 7	2,219 1		
3 000	44,308 2	14,547 1	7,585 9	4,857 9	3,570 2	2,765 9	2,169 8	1,772 1	1,541 0		
3 500	32,553 9	10,687 8	5,573 4	3,569 1	2,623 0	2,032 1	1,594 1	1,301 9	1,132 2		
4 000	24,924 6	8,183 0	4,267 1	2,732 6	2,008 3	1,555 8	1,220 5	0,996 8	0,866 8		
4 500	19,693 8	6,465 6	3,371 6	2,159 1	1,586 8	1,229 3	0,964 4	0,787 6	0,684 9		
5 000	15,952 1	5,237 2	2,731 0	1,748 9	1,285 3	0,995 7	0,781 1	0,637 9	0,554 8		
5 500	13,183 6	4,328 3	2,257 0	1,445 4	1,062 2	0,822 9	0,645 6	0,527 2	0,458 5		
6 000	11,078 0	3,636 9	1,896 5	1,214 5	0,892 6	0,691 5	0,542 5	0,443 0	0,385 3		

A.5.3 Verbundparameter für Träger

(1) Im Fall einer Verbundglasscheibe aus n Glasschichten mit gleicher Dicke h sollte der Verbundparameter für Balken nach Gleichung (A.7) berechnet werden.

$$\eta_{b,n} = \frac{1}{1 + \left(\frac{h_{\text{int}} \cdot E}{12 \cdot G_{\text{int}}} \right) \cdot \left(\frac{n \cdot h^3 \cdot (n+1)}{h^2 + (h + h_{\text{int}})^2 \cdot (n^2 - 1)} \right) \cdot \psi_b} \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist

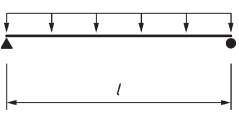
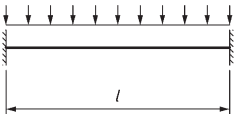
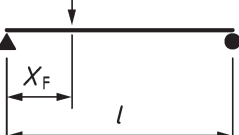
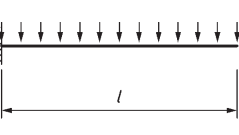
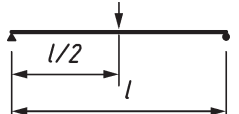
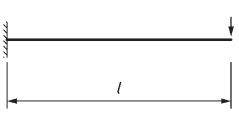
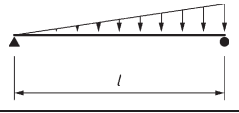
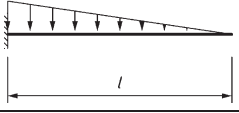
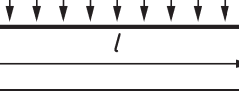
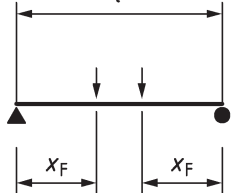
η_b der Verbundparameter für Balken;

ψ_b der Koeffizient der Randbedingungen für Träger, siehe Tabelle A.2.

(2) Im Fall einer Verbundglasscheibe aus 3 Glasschichten unterschiedlicher Dicken h_1, h_2, h_3 , sollte der Verbundparameter η_b nach Gleichung (A.8) berechnet werden.

$$\eta_{b,3} = \frac{1}{1 + \frac{E \cdot \sum_{i=1}^3 h_i^3 \cdot \sum_{i=1}^3 (h_i \cdot d_i^2) \cdot \psi_b}{G_{\text{int}} \cdot \left(\sum_{i=1}^3 h_i^3 + 12 \cdot \sum_{i=1}^3 (h_i \cdot d_i^2) \right) \cdot \left(\frac{(d_1 - d_2)^2}{h_{\text{int},1}} + \frac{(d_2 - d_3)^2}{h_{\text{int},2}} \right)}} \quad (\text{A.8})$$

Tabelle A.2 — ψ_b -Koeffizienten für verschiedene Beanspruchungs- und Randbedingungen

Beanspruchungen und Randbedingungen	Koeffizient ψ_b	Beanspruchungen und Randbedingungen	Koeffizient ψ_b
	$\psi_b = \frac{168}{17 \cdot l^2}$		$\psi_b = \frac{42}{l^2}$
	$\psi_b = \frac{15}{l^2 + 2 \cdot x_F \cdot (l - x_F)}$		$\psi_b = \frac{14}{5 \cdot l^2}$
	$\psi_b = \frac{10}{l^2}$		$\psi_b = \frac{5}{2 \cdot l^2}$
	$\psi_b = \frac{10}{l^2}$		$\psi_b = \frac{45}{14 \cdot l^2}$
	$\psi_b = \frac{21}{l^2}$		$\psi_b = \frac{21}{l^2}$
	$\psi_b = -\frac{20 \cdot (4 \cdot x_F - 3 \cdot l)}{16 \cdot x_F^3 - 20 \cdot x_F^2 \cdot l + 5 \cdot l^3}$		

A.6 Wirksame Dicke für die Spannung an der Kontaktfläche Glasschicht/Zwischenschicht

(1) In bestimmten Fällen kann die Berechnung der Spannungen an der Kontaktfläche zwischen einer der Glasschichten und der Polymer-Zwischenschicht erforderlich sein.

ANMERKUNG Dies kann der Fall sein, wenn die Glasschichten unterschiedliche mechanische Festigkeiten aufweisen, wodurch der Nachweis des Widerstands aller Platten mit der auf jeder einzelnen Platte einwirkenden größten Zugbeanspruchung erforderlich ist. Beispielsweise entspricht das Spannungsdiagramm bei Platten mit teilweisem Schubverbund der Darstellung in Bild A.2, wodurch Spannungen an der Kontaktfläche maßgebend werden können.

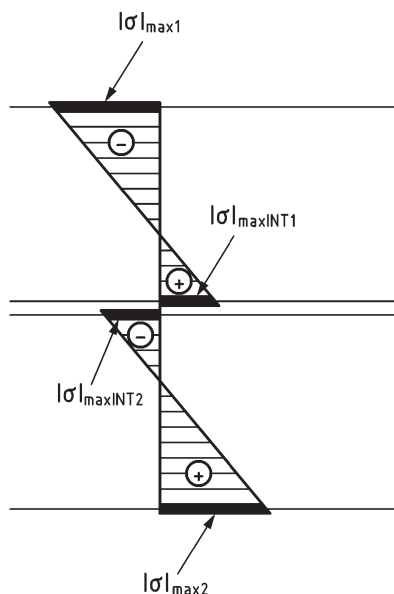


Bild A.2 — Typisches Spannungsdiagramm für teilweise verbundenes Verbundglas unter Querbiegebeanspruchung

(2) Für Verbundglaselemente aus zwei oder drei Glasschichten sollten die wirksamen Dicken für die Berechnung der maximalen Spannungen an der Kontaktfläche von Glasschicht 1 und Glasschicht 2 sowie von Glasschicht 2 und Glasschicht 3 nach Gleichung (A.9) und Gleichung (A.10) berechnet werden (siehe Bild A.3).

$$h_{\text{int},i,\sigma} = \sqrt{\frac{1}{\left| \frac{2 \cdot \eta \cdot |d_i|}{\sum_{i=1}^n h_i^3 + 12 \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot d_i^2} - \frac{h_i}{h_{\text{ef},w}^3} \right|}} \quad (\text{A.9})$$

und

$$\sigma_{\text{int},i} = c_i \cdot \frac{h_{\text{ef},\sigma,i}^2 \cdot \sigma_i}{h_{\text{int},i,\sigma}^2} \quad (\text{A.10})$$

Dabei ist

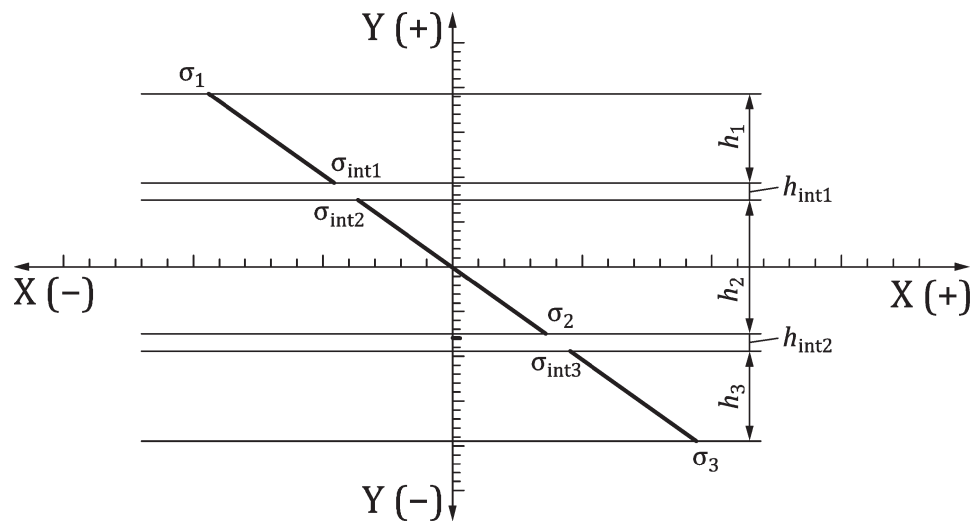
c_i ein Platzhalterwert;

$h_{\text{int},i,\sigma}$ die wirksame Dicke für die Berechnung der maximalen Spannungen an der Kontaktfläche der i -ten Glasschicht;

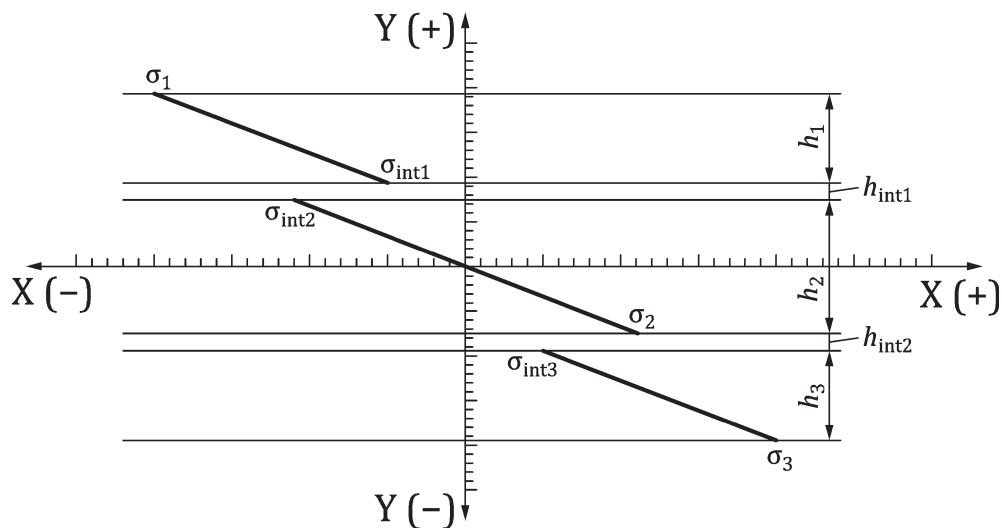
σ_i die Spannung von Glasschicht i ;

$\sigma_{\text{int},i}$ die Spannung an der Kontaktfläche von Zwischenschicht i und Glasschicht i .

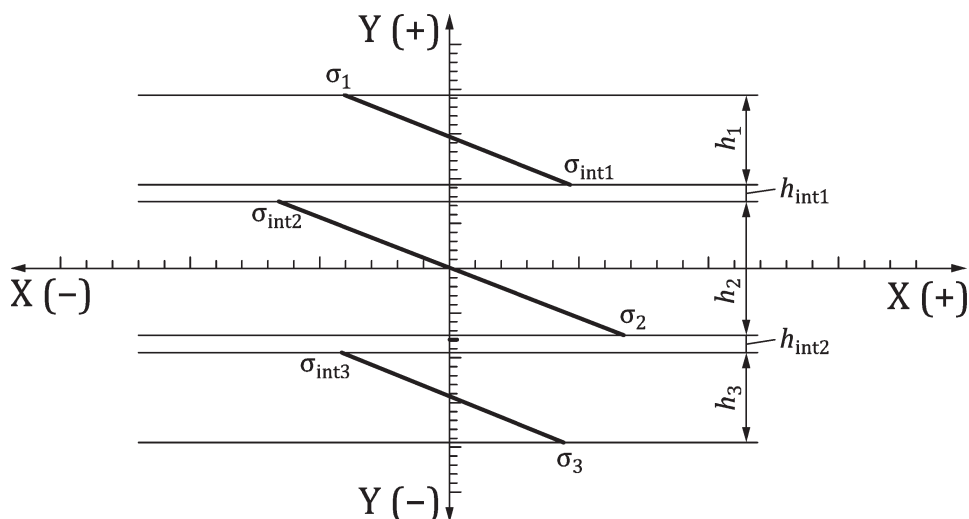
und dabei ist c_i in A.6(4) angegeben.



a) vollständiger Schubverbund



b) teilweiser Schubverbund



c) kein Schubverbund

Legende

X	[MPa]
Y	[mm]
h_1	Dicke der Glasschicht 1
h_2	Dicke der Glasschicht 2
h_3	Dicke der Glasschicht 3
h_{int1}	Dicke der Zwischenschicht 1
h_{int2}	Dicke der Zwischenschicht 2
σ_1	Spannung an der Oberseite von Glasschicht 1
σ_2	Spannung an der Unterseite von Glasschicht 2
σ_3	Spannung an der Unterseite von Glasschicht 3
σ_{int1}	Spannung an der Kontaktfläche von Zwischenschicht 1 und Glasschicht 1
σ_{int2}	Spannung an der Kontaktfläche von Zwischenschicht 1 und Glasschicht 2
σ_{int3}	Spannung an der Kontaktfläche von Zwischenschicht 2 und Glasschicht 3

Bild A.3 — Typisches Spannungsdiagramm von dreischichtigen Verbundglasscheiben für unterschiedlichen Schubverbund unter Querbiegebeanspruchung

(3) Die Anordnung von $\sigma_{int,i}$ und σ_i für die Spannungsverteilung im Querschnitt kann entsprechend folgenden Bestimmungen ermittelt werden:

- Bei $d_i < 0$ ist das Vorzeichen von σ_i entgegengesetzt dem Vorzeichen von σ_1 , wobei σ_i auf der Unterseite und $\sigma_{int,i}$ auf der Oberseite der Glasschicht i angeordnet ist.
- Bei $d_i > 0$ ist das Vorzeichen von σ_i gleich dem Vorzeichen von σ_1 , wobei σ_i auf der Oberseite und $\sigma_{int,i}$ auf der Unterseite der Glasschicht i angeordnet ist.