

DIN EN 19100-3



ICS 81.040.20; 91.080.99

Einsprüche bis 2024-10-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN CEN/TS 19100-3:2024-06

Entwurf

**Eurocode 10 –
Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas –
Teil 3: In Scheibenebene belastete Elemente;
Deutsche und Englische Fassung prEN 19100-3:2024**

Eurocode 10 –
Design of glass structures –
Part 3: In-plane loaded glass components;
German and English version prEN 19100-3:2024

Eurocode 10 –
Calcul des structures en verre –
Partie 3: Composants en verre chargés dans leur plan;
Version allemande et anglaise prEN 19100-3:2024

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 74 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 19100-3:2024 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 19100-3:2024-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel und Anwendungsbereich geändert;
- b) Verweisungen aktualisiert.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 3: In Scheibenebene belastete Elemente; Deutsche und Englische Fassung prEN 19100-3:2024
<i>Titel en:</i>	Eurocode 10 — Design of glass structures — Part 3: In-plane loaded glass components; German and English version prEN 19100-3:2024
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 10 — Calcul des structures en verre — Partie 3: Composants en verre chargés dans leur plan; Version allemande et anglaise prEN 19100-3:2024

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 19100-3	6
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	6
0.5 Nationaler Anhang zu EN 19100-3	6
1 Anwendungsbereich	7
1.1 Anwendungsbereich von prEN 19100-3	7
1.2 Voraussetzungen	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	10
3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben	11
4 Grundlagen der Tragwerksplanung	11
4.1 Anforderungen	11
4.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs (FLS)	12
4.2.1 Allgemeines	12
4.2.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch Prüfung	12
4.2.3 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch theoretische Bewertung	12
4.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch (PFLS)	13
4.3.1 Allgemeines	13
4.3.2 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch Experiment	14
4.3.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch theoretische Bewertung	15
5 Werkstoffe	15
6 Dauerhaftigkeit	15
7 Statische Berechnung und bauliche Durchbildung	15
7.1 Tragwerksmodellierung für die statische Berechnung	15
7.2 Auswirkungen der Tragwerksverformung	16
7.3 Betrachtung von Imperfektionen	16
7.3.1 Allgemeines	16
7.3.2 Basisimperfektion	17
7.3.3 Auswirkungen auf die Imperfektion infolge Exzentrizität der Lasteinleitung nach Bruch einer Schicht	18
7.3.4 Auswirkungen der Ausdehnung einer gebrochenen Glasschicht aus ESG auf die Imperfektion	19
7.4 Zwischenschichten von Verbundglas	20
7.5 Temperatur- und Langzeiteinwirkung	20
7.6 Bauliche Durchbildung	20
8 Grenzzustände einschließlich ULS, FLS und PFLS	21

8.1	Allgemeines	21
8.2	Dynamische Auswirkungen im FLS.....	22
9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	22
10	Verbindungen und Anschlüsse.....	22
10.1	Allgemeines	22
10.2	Gleitlager	23
10.3	Überlappungsstöße mit scherbeanspruchten Schrauben.....	23
10.3.1	Allgemeines	23
10.3.2	Bauliche Durchbildung.....	24
10.3.3	Anforderungen an die bauliche Durchbildung für eine vereinfachte Bemessung nach 10.3.4.3	24
10.3.4	Berechnung.....	25
10.4	Reibverbindungen	27
10.4.1	Allgemeines	27
10.4.2	Bauliche Durchbildung.....	28
10.4.3	Berechnung und Nachweis.....	29
Anhang A (informativ) Berechnung der kritischen Knicklast N_{cr} oder des kritischen Biegemoments $M_{cr,LT}$.....		30
A.1	Anwendung dieses Anhangs.....	30
A.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	30
A.3	Allgemeines	30
A.4	Ideale Knicklast N_{cr}	30
A.5	Ideales Biegemoment $M_{cr,LT}$	31
Anhang B (informativ) Berechnung von $I_{z,eff}$ und $I_{T,eff}$ von Verbundglas.....		33
B.1	Anwendung dieses Anhangs.....	33
B.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	33
B.3	Allgemeines	33
Anhang C (informativ) Bestimmung von K_m-Werten für vereinfachte Berechnung.....		36
C.1	Anwendung dieses Anhangs.....	36
C.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	36
C.3	Allgemeines	36
Literaturhinweise.....		38

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 19100-3:2024) 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 CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird CEN/TS 19100-3:2021 ersetzen.

Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Titel und Anwendungsbereich geändert;
- Verweisungen aktualisiert.

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 und Tragwerken 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 den Nachweis von mechanisch gelagerten Glaskomponenten und Baugruppen von Glaskomponenten. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen bezüglich der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, der Bemessungsgrundlage und dem Nachweis nach EN 1990, *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 und Tragwerken aus Glas — Teil 1: Grundlagen*
- EN 19100-2, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen und Tragwerken aus Glas — Teil 2: Querbeltete Glaskomponenten*
- EN 19100-3, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 3: In Scheibenebene belastete Glaskomponenten*

0.3 Einleitung zu EN 19100-3

EN 19100-3 gilt für die Tragwerksplanung von in Scheibenebene belasteten Glaskomponenten in Zusammenhang mit EN 19100-1 und EN 19100-2.

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 Erläuterungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang zu EN 19100-3

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 19100-1 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 19100-1 durch Anmerkungen zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.2.1(2)	4.2.1(5) – 2 Festlegungen	4.3.1(2)	4.3.1(3)
4.3.1(7)	7.3.2(1)	8.2(3)	10.3.1(4) – 2 Festlegungen
10.3.3(1)	10.3.4.3(2)	10.4.1(1)	

Nationale Festlegungen sind in EN 19100-3 zur Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

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

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 19100-3

(1) Dieses Dokument enthält Bemessungsregeln für Glaskomponenten und Baugruppen aus Glas, die in Scheibenebene belastet werden. Es umfasst außerdem Auswirkungen aus Lasten, die sowohl in Scheibenebene als auch parallel zur Ebene der neutralen Achse der Glaskomponente wirken einschließlich Konstruktionsregeln für Anschlüsse zur Verbindung von in Scheibenebene belasteten Glaskomponenten.

1.2 Voraussetzungen

(1) Es gelten die Voraussetzungen nach EN 1990, prEN 19100-1 und prEN 19100-2.

(2) Dieses Dokument ist für die Anwendung in Zusammenhang mit EN 1990, EN 1991 (alle Teile), EN 1993-1-1, EN 1995-1-1, EN 1998 (alle Teile), EN 1999-1-1, prEN 19100-1, prEN 19100-2 sowie mit EN 12488 vorgesehen.

2 Normative Verweisungen

Auf die folgenden Dokumente wird im Text so verwiesen, dass ihr Inhalt ganz oder teilweise Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellt. 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 mögliche Anwendungen (d. h. durch „darf“-Sätze) in Bezug genommen werden.

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

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

prEN 19100-2:2024, *Eurocode 10 — Bemessung und Konstruktion von Bauteilen aus Glas — Teil 2: Querbelaastete Bauteile aus Glas*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 19100-1 und prEN 19100-2 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Schubbeanspruchte Glaskomponente

Glaskomponente, die für die Aufnahme von planmäßigen Lasten oder Spannungen in der Scheibenebene vorgesehen ist (F_x , F_z , p_x , p_z)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Glaskomponente darf zusätzlich durch Lasten quer zur Scheibenebene beansprucht werden (q_y).

3.1.2

Knicklänge

Länge des an beiden Enden gelenkig gelagerten Druckstabes, der die gleiche ideale Knicklast hat wie der Druckstab mit seinen realen Lagerungsbedingungen im System

[QUELLE: EN 1993-1-1:2022, 3.1.7]

3.1.3

Berechnung nach Theorie 2. Ordnung

geometrisch nichtlineare Berechnung unter Berücksichtigung der Verformungen quer zur Scheibenebene bei der Berechnung der Spannungen oder Schnittgrößen einer Glasscheibe

3.1.4

Berechnung nach Theorie 3. Ordnung

geometrisch nichtlineare Berechnung unter Berücksichtigung der Verformungen sowohl quer zur als auch in der Scheibenebene bei der Berechnung des Gleichgewichts der Spannungen oder Schnittgrößen einer Glasscheibe

3.1.5

Membraneffekte

Einfluss auf Spannungen und Schnittgrößen infolge der Berücksichtigung von Verformungen in der Scheibenebene bei der Berechnung des statischen Gleichgewichtszustands

3.1.6

Achsen von Glasscheibe, Glaskomponente oder Glasbauteil und deren Richtung

x - x in Ebene der Glasscheibe, Glaskomponente oder Glasbauteil, vorzugsweise eine der Schwerachsen

y - y rechtwinklig zur Ebene der Glasscheibe, definiert durch die Achsen x und z

z - z in Ebene der Glasscheibe, Glaskomponente oder Glasbauteil rechtwinklig zu x - x

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Richtungen der Achsen x , y und z sollten denen von Daumen (x), Zeigefinger (y) und Mittelfinger (z) der rechten Hand in den festgelegten Ebenen entsprechen, siehe Bild 3.1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Biegung um die y -Achse wird diese auch als die starke Achse bezeichnet, während dementsprechend bei Biegung um die x -Achse oder die z -Achse diese als schwache Achsen bezeichnet werden.

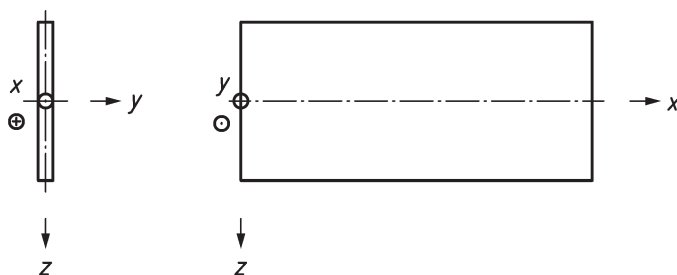


Bild 3.1 — Definition der Achsen von Glasscheibe, Glaskomponente oder Glasbauteil und deren Richtung

3.1.7

Tragwerksredundanz

Fähigkeit eines Tragwerks, die Lasten, welche nicht länger durch beschädigte Teile aufgenommen werden können, auf weitere Bauteile/Anschlüsse umzulagern

3.1.8

plötzlicher Bruch

Bruchereignis unvorhersehbaren Ursprungs

3.1.9

Schutzmaßnahme

Maßnahme, die das Risiko außergewöhnlicher Beschädigung eines Glasbauteils mit möglichem Einfluss auf dessen Tragfähigkeit verhindern oder verringern soll

3.1.10

polymer-modifizierter Mörtel

Mörtel zur Verfüllung von Spalten zwischen Glas und anderen Teilen für die Übertragung von Kraft und Spannung

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu Zwecken der Festigkeit und Duktilität werden dem Mörtel Polymerwerkstoffe zur Verhinderung von Spannungsspitzen zugesetzt.

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Lateinische Großbuchstaben

A_i	Querschnittsfläche von Glasschicht i
C_1, C_2	Faktoren zur Berücksichtigung verschiedener Biegemomentenverläufe
E	Elastizitätsmodul von Glas
F_{Ed}	Bemessungswert der Tragwerksbeanspruchung
F_{cr}	ideale Knicklast für die globale Instabilität des Gesamttragwerks auf Grundlage der anfänglichen elastischen Steifigkeit
G	Schubmodul von Glas
G_{int}	Schubmodul der Zwischenschicht
I_i	Flächenträgheitsmoment der Glasschicht i
$I_{T,eff}$	wirksames Torsionsträgheitsmoment
$I_{z,eff}$	wirksames Flächenträgheitsmoment um die schwache Achse (z-Achse)
K_m	Gleichgewichtsparameter
L_B	Knicklänge
L_{LT}	Knicklänge (Biegedrillknicken)
M_{Ed}	Bemessungswert des Moments
$M_{cr,LT}$	ideales Verzweigungsmoment (Biegedrillknicken)
N_{Ed}	Bemessungswert der Normalkräfte in der maßgebenden Richtung des/der betrachteten Anschlusses/Anschlüsse oder Verbindung
N_{cr}	ideale Verzweigungslast für den maßgebenden Knickfall
P	beliebige Last in Scheibenebene
$P_{fractured}$	Einwirkungen, die in den Glasschichten vorlagen, deren Bruch untersucht wird
$P_{unfractured}$	Einwirkungen, die im ungebrochenen Teil des Querschnitts vorlagen und weiterhin vorliegen
P_u	beliebige Grenzlaster in Scheibenebene
$P_{p,b}$	einwirkende Schraubenvorspannung
$P_{x,l} (P_{x,m})$	Kräfte nach Tabelle C.1
$S_{b,Ed}$	Bemessungswert der Schraubenkräfte

$S_{Fr,b,Rd}$	Reibungsschubwiderstand
V_{Ed}	Bemessungswert der Schubkraft

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

b	Breite
b_m	mittragende Breite
d_0	Lochdurchmesser
e_0	grundlegende Imperfektion
$e_{0,length}$	Berücksichtigung aller längsbezogenen Imperfektionen der Komponente
$e_{0,installation}$	Berücksichtigungen von Abweichungen aus unplanmäßiger exzentrischer Lasteinleitung
e_z	Abstand zwischen den Mittelebenen von zwei benachbarten Glasscheiben
$f_{g,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit nach prEN 19100-1:2024, Anhang A
h	Dicke der Glasschicht
h_e	Dicke der Komponente für die Berechnung der Exzentrizität bei Einbau
h_i	Dicke von Glasschicht i
h_{int}	Dicke der Zwischenschicht
h_{tot}	Gesamtdicke des Verbundglases
k_j	Beiwerte zur Berücksichtigung baulicher Einflüsse bei der Bemessung von geschraubten Schubverbindungen $\{j = 1, \dots, 10\}$ ANMERKUNG Die Beiwerte k_1 bis k_{10} sind nicht identisch mit dem in prEN 19100-1:2024, Anhang A, angegebenen Beiwert k_i .
l	Länge der kürzeren Kante der Glasscheibe
l_0	Länge der Komponente
n	Anzahl der Schichten
p_i	Lochabstand
t_{sleeve}	Dicke der Hülse
$v_{0,m}$	Anfangswert der horizontalen Durchbiegung am Mittelpunkt der Ebene
w	Durchbiegung in z-Richtung
w_{mortar}	Breite des Polymers oder polymer-modifizierten Mörtels
z_i	Achsabstand zwischen der Glasschicht i und der benachbarten Zwischenschicht
z_p	Abstand zwischen der Bauteilachse und dem Lasteinleitungspunkt

3.2.3 Griechische Großbuchstaben

Δe_{shift}	Verschiebung der Exzentrizität infolge des Bruchs einer Glasschicht
Δe_{exp}	Zwangsverformung
$\theta_{0,m}$	Torsionsdurchbiegung

3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben

α_{cr}	Faktor, um den der Bemessungswert der Beanspruchung erhöht werden müsste, um die kritische elastische Instabilität im Sinne eines indifferenten Gleichgewichtes zu verursachen
λ_T	bezogener Schlankheitsgrad für Drillknicken
μ_{Fr}	Reibungszahl
$\mu_{Fr,d}$	Bemessungswert der Reibungszahl
$\sigma_{p,Ed}$	maximale Hauptspannung
$\sigma_{\phi,max,E}$	maximale Spannung für Überlappungsschläge
Φ	dynamischer Erhöhungsfaktor für die Einwirkungen infolge Massenträgheit
Φ_{mg}	dynamischer Erhöhungsfaktor

4 Grundlagen der Tragwerksplanung

4.1 Anforderungen

(1) Das Grenzzustandsszenario (LSS, en: limit state scenario) für eine in Scheibenebene belastete Glaskomponente sollte nach prEN 19100-1:2024, 4.2.4, gewählt werden.

(2) Der Bruch beliebiger Glasschichten darf weder Stabilität oder Widerstand benachbarter Bauteile beeinträchtigen noch progressiven Kollaps verursachen.

(3) Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS, en: ultimate limit state), im Grenzzustand des Bruchs (FLS, en: fracture limit state) und im Grenzzustand nach Bruch (PFLS, en: post fracture limit state) werden als Nachweis dafür angesehen, dass progressiver Kollaps durch den Bruch einer Glasschicht verhindert wird.

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

(5) Bei der Sicherstellung ausreichender Robustheit in Abhängigkeit von Funktion, Bedeutung und Einbaulage (z. B. Höhe über Erd- bzw. Geschossboden, vertikal oder nicht vertikal) müssen die in prEN 19100-2:2024, 4.1(3), angegebenen Gesichtspunkte beachtet werden. Darüber hinaus muss ausreichende Redundanz durch Vorsehen eines zweiten Lastpfades (Hintergrundsicherheit) auf der Baugruppen- und/oder Tragwerksebene sichergestellt werden.

(6) Bei Verbundglas sollten die in prEN 19100-1:2024, 7.2.2, angegebenen Bestimmungen zum Schubverbund angewendet werden. Hilfestellungen können prEN 19100-2:2024, Anhang A, oder EN 16612 entnommen werden.

(7) Bei Bruch einer Glasschicht oder einer Komponente müssen die Versagensfolgen für die Tragsicherheit und Unversehrtheit von angrenzendem Tragwerk, Komponenten und Personen analysiert und nachgewiesen werden.

(8) Eine zur Sicherstellung der Robustheit ausreichende Anzahl von Glasschichten sollte vorgesehen werden.

ANMERKUNG Redundanz und Robustheit können durch ein grobes Bruchbild und/oder weitere einschränkende Randbedingungen der Glaskomponente erhöht werden.

(9) Ein Konzept für Reparatur oder Austausch von in Scheibenebene belasteten Glaskomponenten sollte bereitgestellt werden.

4.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs (FLS)

4.2.1 Allgemeines

(1) Im FLS muss ausreichende Sicherheit während eines plötzlichen Bruchs nachgewiesen werden (Nachweis der Ausfallsicherheit).

ANMERKUNG 1 Für Stoßereignisse im FLS siehe 4.2.1(5).

ANMERKUNG 2 Der plötzliche Bruch kann eine oder mehrere der Glasschichten oder Glaskomponenten betreffen.

ANMERKUNG 3 Wird der Bruch von Glaskomponenten berücksichtigt, ist die Anzahl der plötzlich gebrochenen Glaskomponenten gewöhnlich gleich 1.

(2) Im FLS sollte eine geeignete Lastkombination für die während des plötzlichen Bruchs und, sofern erforderlich, für die während des Stoßereignisses auftretende statische Beanspruchung verwendet werden, siehe 4.2.1(5).

ANMERKUNG Die Lastkombination im FLS ist die außergewöhnliche Lastkombination nach EN 1990, sofern der Nationale Anhang keine abweichende Bestimmungen enthält. Zur Lastkombination im Fall dynamischer Effekte im FLS siehe 8.2.

(3) In Abhängigkeit von der projektspezifischen Situation sollten bei Verbundglaskomponenten auch erhöhte Temperaturen, z. B. infolge der Absorption von Sonneneinstrahlung, berücksichtigt werden, siehe prEN 19100-1:2024, 4.3.1.

(4) Der Nachweis im FLS für die Glaskomponenten kann durch experimentelle Prüfung oder alternativ durch theoretische Bewertung geführt werden.

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

(5) Je nach Projekt darf ein zusätzlicher Nachweis von energiereichem seitlichen Stoß rechtwinklig zur Oberfläche an der ungünstigsten Stelle geführt werden. Die Art des Stoßkörpers und die Stoßenergie sollten von der zuständigen Behörde festgelegt werden oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann ebenfalls den Stoßkörpertyp und die Stoßenergie festlegen.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen können weitere Bestimmungen zum Nachweis im FLS im Nationalen Anhang angegeben sein.

4.2.2 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch Prüfung

(1) Für den Nachweis im FLS durch experimentelle Prüfung sollte prEN 19100-2:2024, 4.2.2, angewendet werden.

4.2.3 Nachweis im Grenzzustand des Bruchs durch theoretische Bewertung

(1) Alternativ zu 4.2.2 darf eine theoretische Bewertung im FLS erfolgen. Alle statischen und dynamischen Auswirkungen infolge Stoß und/oder Beschädigung/Bruch der vollständigen Glaskomponente oder von Teilen davon müssen in angemessener Weise für die kurze Zeit des Stoßes berücksichtigt werden, einschließlich Folgendem:

— dynamische Erhöhung;

- auftretende Exzentrizität infolge des Bruchs einer Glasschicht bei Verwendung von Verbundglas, siehe Bild 7.1;
- Zwangsbiegung des verbleibenden Querschnitts nach dem Bruch einer Glasschicht bei Verwendung von Verbundglas, siehe Bild 7.2;
- Verringerung der Steifigkeit und des Widerstands des Querschnitts.

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

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

ANMERKUNG Gewöhnlich wird die Anwendbarkeit eines theoretischen Modells mittels experimenteller Vergleichstests validiert.

(3) Zu diesem Zweck sollten die Auswirkungen dynamischer Erhöhung infolge Bruch

- einer oder mehrerer Glasschichten der Verbundglaskomponente (d. h. plötzlicher Bruch aus der statischen Ruhelage infolge eines harten Stoßes mit geringer Energie oder spontanem Glasbruch) und
- falls erforderlich, einer oder mehrerer Glasschichten des Verbundglases infolge hartem seitlichen Stoß mit Energie und
- falls erforderlich, einer oder mehrerer Glaskomponenten

berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Zur Höhe der dynamischen Verstärkung aus der statischen Ruhelage siehe 8.2.

(4) Falls ein zusätzlicher seitlicher Stoß berücksichtigt werden muss (seitlicher Stoß mit Energie), sollte eine weitere Untersuchung erfolgen, um die Größenordnung der Stoßenergie und den resultierenden wirksamen dynamischen Erhöhungsfaktor Φ infolge Massenträgheit zu bestimmen.

(5) Ob ein seitlicher Stoß berücksichtigt werden muss, sollte durch die zuständige Behörde festgelegt werden oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

4.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch (PFLS)

4.3.1 Allgemeines

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

ANMERKUNG 1 Das mechanische Verhalten, einschließlich Resttragfähigkeit, der Glaskomponente im Grenzzustand nach Bruch (PFLS) wird durch den Typ der Glaskomponente (z. B. Bruchbild, Typ der Zwischenschicht, Anzahl der Glasschichten), die Größe der Glaskomponente und deren Lagerungssystem beeinflusst.

ANMERKUNG 2 Wird der Bruch einer Glaskomponente berücksichtigt, beträgt die Anzahl der gebrochenen Glaskomponenten üblicherweise 1.

(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 der Nationale Anhang keine abweichende Festlegung enthält.

(3) Gesichtspunkte, die bei der Bestimmung der Restdauer berücksichtigt werden sollten, können folgenden Ursprung haben: Zeit für die Sicherung der Umgebung, vorübergehende Lagerung, Zeit für den Austausch, Zeit um Lasten zu entfernen usw. Die zeitlich begrenzten veränderlichen Einwirkungen dürfen nach EN 1991-1-6 abgemindert werden.

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

(4) In Abhängigkeit von der projektspezifischen Situation sollten im Vergleich zur Umgebungstemperatur erhöhte Temperaturen, z. B. infolge Absorption von Sonneneinstrahlung, bei der Bewertung von Verbundglaskomponenten im PFLS berücksichtigt werden.

(5) Der Nachweis im PFLS für die Glaskomponente kann durch Prüfung oder alternativ durch theoretische Bewertung geführt werden.

(6) Der Nachweis der Resttragfähigkeit von in Scheibenebene belasteten Glaskomponenten im PFLS sollte ausschließlich experimentell geführt werden. Ist ein alternativer Lastpfad sichergestellt, darf der Nachweis der Resttragfähigkeit im PFLS vernachlässigt werden.

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

(7) Die Tragfähigkeit des Gesamtragwerks muss im PFLS unter Berücksichtigung gebrochener Glaskomponenten nachgewiesen werden. Die Anzahl gebrochener Glaskomponenten im Gesamtragwerk sollte auf der Grundlage der jeweiligen Bemessungssituation bewertet werden, siehe 4.3.1(1), es sei denn dies wird projektbezogen zwischen den beteiligten Parteien abweichend vereinbart.

ANMERKUNG Im Allgemeinen können weitere Bestimmungen zum Nachweis im PFLS im Nationalen Anhang angegeben sein.

4.3.2 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch Experiment

(1) Wenn der Nachweis des PFLS durch experimentelle Prüfung erfolgt, darf diese entweder am Originaltragwerk (im Herstellungszustand) vor Ort oder an einem geeigneten Mock-up bzw. einem geeigneten äquivalenten Probekörper durchgeführt werden.

(2) Wird die Prüfung nicht unter Verwendung der Originalkomponente am Originaltragwerk vor Ort durchgeführt, muss sichergestellt werden, dass das verwendete äquivalente Mock-up bzw. der verwendete äquivalente Probekörper mit allen maßgebenden Einzelheiten dem ursprünglichen Tragwerk, einschließlich Lagerungen, Lasteinleitung, Lastszenario usw., entspricht.

(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 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.

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

4.3.3 Nachweis im Grenzzustand nach Bruch durch theoretische Bewertung

(1) Alternativ zu 4.3.2 darf eine theoretische Bewertung im PFLS erfolgen. Hierbei müssen alle maßgebenden Einwirkungen, Zeit- und Umgebungsauswirkungen nach dem Bruchereignis für die festgelegte Resttragfähigkeitsdauer berücksichtigt werden, einschließlich Folgendem:

- Auftretende Exzentrizität infolge des Bruchs einer Glasschicht bei Verwendung von Verbundglas, siehe Bild 7.1;
- Zwangsbiegung des verbleibenden Querschnitts nach dem Bruch einer Glasschicht bei Verwendung von Verbundglas, siehe Bild 7.2;
- Verringerung der Steifigkeit und des Widerstands des Querschnitts.

(2) Erfolgt die Bewertung einer in Scheibenebene belasteten Glaskomponente nicht experimentell, sollte mindestens eine Glasschicht der Glaskomponente als ungebrochen angenommen werden, siehe auch 4.3.1(6). Diese Annahme sollte begründet werden.

(3) Die theoretische Bewertung sollte am reduzierten Querschnitt unter Berücksichtigung aller ungebrochenen Glasschichten erfolgen. Wirken gebrochene Glasschichten günstig, sollten sie vernachlässigt werden. Wirken gebrochene Glasschichten ungünstig, sollten sie berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das mechanische Verhalten von Glas im PFLS wird bestimmt durch die Größe der Glaskomponente und das Auflagerungssystem, die Größe und Form der Glasbruchstücke, den Polymertyp und die Dicke der Zwischenschicht, den Verbund zwischen Zwischenschicht und Glas, der Delaminationstiefe der in Kontakt mit den einzelnen Glasbruchstücken stehenden Zwischenschicht.

5 Werkstoffe

(1) Für die Werkstoffeigenschaften 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.

(2) Die Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit der Zwischenschicht in Bezug auf Schubmodul und Verbundfestigkeit werden als erfüllt angesehen, wenn der maßgebende charakteristische mechanische Parameter der Zwischenschicht nach prEN 19100-1:2024, 5.2, ermittelt wird.

ANMERKUNG Für die geplante Nutzungsdauer siehe prEN 19100-1.

7 Statische Berechnung und bauliche Durchbildung

7.1 Tragwerksmodellierung für die statische Berechnung

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

(2) Die Berechnung sollte unter Verwendung der Nenndicken des Glases erfolgen.

(3) Einzelne Glaskomponenten sollten im Allgemeinen statisch bestimmt gelagert werden. Bei statisch unbestimmter Lagerung von Komponenten sollten realistische Randbedingungen für das Modell berücksichtigt werden, z. B. beruhend auf Toleranzen des Stütztragwerks. Diese sollten auch die Herstellung und Montage einschließen.

(4) Günstige Auswirkungen infolge Endschlupfbehinderung bei Verbundglas, siehe Bild 7.1, oder Rotationsbehinderungen der Kanten der Glaskomponente sollten vernachlässigt werden, sofern sie nicht durch experimentellen Nachweis quantifiziert werden können. Dies gilt auch, obwohl bei der Bauausführung die Kanten im Allgemeinen umschlossen sein sollten.

(5) Glaskomponenten unter Druckspannungen in Scheibenebene sollten unter Ansatz geometrisch nichtlinearer Theorie nachgewiesen werden, sofern maßgebend.

ANMERKUNG Zur Relevanz siehe 7.2.

7.2 Auswirkungen der Tragwerksverformung

(1) Die Auswirkungen der Tragwerksverformung (Auswirkungen nach Theorie 2. Ordnung) sollten berücksichtigt werden, wenn sie die Auswirkungen von Einwirkungen signifikant erhöhen oder das Tragverhalten signifikant verändern.

(2) Berechnungen nach Theorie 1. Ordnung dürfen für das Tragwerk durchgeführt werden, wenn die Erhöhung der maßgebenden Schnittgrößen oder jegliche andere Änderung des Tragverhaltens infolge Verformungen vernachlässigt werden kann. Diese Bedingung darf als erfüllt angesehen werden, wenn das folgende Kriterium erfüllt ist:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} > 10 \quad (7.1)$$

Dabei ist

α_{cr} der Faktor, um den der Bemessungswert der Beanspruchung erhöht werden müsste, um elastische Instabilität in einer globalen Eigenform zu verursachen;

F_{Ed} der Bemessungswert der Tragwerksbeanspruchung;

F_{cr} die ideale Knicklast für eine globale Eigenform der Instabilität auf Grundlage der elastischen Anfangssteifigkeiten.

(3) Die Berechnung nach Theorie 2. Ordnung darf analytisch oder numerische erfolgen.

(4) In Fällen, in denen Membranwirkungen maßgebend für die Sicherheit sind, sollte eine Berechnung nach Theorie 3. Ordnung durchgeführt werden. In anderen Fällen darf sie durchgeführt werden.

ANMERKUNG In Fällen von plattenartigem Verhalten kann eine nichtlineare geometrische Berechnung, die nur Effekte nach Theorie 2. Ordnung berücksichtigt, möglicherweise unzureichend sein, da Membranwirkungen die Stabilität beeinflussen können.

7.3 Betrachtung von Imperfektionen

7.3.1 Allgemeines

(1) Für in Scheibenebene belastete Glaskomponenten müssen bei der statischen Berechnung die Auswirkungen von Imperfektionen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Knickwiderstand von Glaskomponenten wird durch geometrische und werkstoffbezogene Imperfektionen beeinflusst.

(2) Geometrische und werkstoffbezogene Imperfektionen dürfen zusammengefasst werden zu einem äquivalenten geometrischen Imperfektionswert.

(3) Die äquivalente geometrische Imperfektion darf im SLS berücksichtigt werden. Sie sollte im ULS, FLS und PFLS berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die im SLS und im ULS zu berücksichtigende äquivalente geometrische Imperfektion ist die Basisimperfektion nach 7.3.2.

(4) Bei Verbundglas im FLS und im PFLS sollte zur Berücksichtigung von Auswirkungen infolge Lastexzentrizität nach Bruch einer Glasschicht die Basisimperfektion nach 7.3.2 entsprechend 7.3.3 angepasst werden.

(5) Bei Verbundglas im FLS und im PFLS sollte zur Berücksichtigung von Auswirkungen infolge Ausdehnung einer gebrochenen Glasschicht von thermisch vorgespanntem Glas die Basisimperfektion nach 7.3.2 entsprechend 7.3.4 angepasst werden.

(6) Im Fall von in Scheibenebene belasteten Glaskomponenten in Kombination mit zusätzlicher Querbeanspruchung sollte neben der äquivalenten geometrischen Imperfektion die Querdurchbiegung infolge der zusätzlichen Querbeanspruchung, einschließlich der nichtlinearen Vergrößerung der Durchbiegung, berücksichtigt werden.

7.3.2 Basisimperfektion

(1) Das allgemeine Format der Basisimperfektion e_0 sollte Gleichung (7.2) entsprechen:

$$e_0 = \sqrt{e_{0,\text{length}}^2 + e_{0,\text{installation}}^2} \quad (7.2)$$

ANMERKUNG 1 Die Grundimperfektion e_0 besteht aus einem Teil $e_{0,\text{length}}$ zur Berücksichtigung aller längenbezogenen Imperfektionen der Komponente und einem Teil $e_{0,\text{installation}}$ zur Berücksichtigung von Abweichungen infolge ungeplanter exzentrischer Lasteinleitung.

ANMERKUNG 2 Die für verschiedene Knickphänomene zu berücksichtigenden Imperfektionen sind in Tabelle 7.1 (NDP) angegeben, sofern der Nationale Anhang keine abweichenden Werte enthält.

Tabelle 7.1 (NDP) — Imperfektionsanteile für Stabilitätsfälle

Art	l_0	Sowohl für monolithische Glasscheiben als auch Verbundglasscheiben	
		$e_{0,length}^a$	$e_{0,installation}^{b,c,d}$
Biegeknicken und Plattenbeulen	Abstand der Wendepunkte im maßgebenden kritischen Knickfall in Richtung der Lasteinleitung	$l_0/333$	$h_e/2$
Biegedrillknicken	Abstand der Wendepunkte an der druckbeanspruchten Kante im maßgebenden kritischen Knickfall	$l_0/450$	$h_e/2$
Schubbeulen	Längste Diagonale	$l_0/1\ 000$	$h_e/5$
^a $e_{0,length}$ sollte an dem Punkt angewendet werden, an dem die Krümmung des maßgebenden Knickfalls ihren Höchstwert erreicht. ^b $e_{0,installation}$ darf an dem Punkt angewendet werden, an dem die Exzentrizität infolge des Einbaus auftritt. Alternativ darf die Anwendung zur Vereinfachung an der gleichen Stelle wie $e_{0,length}$ erfolgen. ^c Bei versatzlosen Kanten, falls diese rechtwinklig zur Glasscheibe sind, ist der Wert von h_e über die Verbunddicke gleich: $h_e = h_{tot}$. Bei gestuften Kanten oder anderen Kantengeometrien kann der Wert von h_e individuell bestimmt werden. ^d Wird der Wert von $e_{0,installation}$ vor Ort aufgezeichnet, darf er auf den gemessenen Wert abgemindert werden, jedoch nicht unter 3 mm. Dies erfordert Aufmerksamkeit bei Ausführung und Überprüfung.			

ANMERKUNG 3 Die in Tabelle 7.1 angegebenen Werte sind für die Verwendung in „gewöhnlichen Fällen“ vorgesehen. Es können Sonderfälle eintreten, in denen andere Imperfektionen oder andere Bezugslängen gelten.

ANMERKUNG 4 Üblicherweise ist die maßgebende Eigenform die kleinste Eigenform. Diese hat beispielsweise bei einem gelenkig gelagerten druckbeanspruchten Träger die Form der Sinushalbwellen (siehe Anhang A).

ANMERKUNG 5 Für $e_{0,length}$ siehe auch EN 12150-1:2015+A1:2019, Tabelle 4, oder EN 1863-1. Es wird angenommen, dass $e_{0,length}$ zusätzlich zu den geometrischen auch die konstruktiven Imperfektionen abdeckt, siehe prEN 19100-1:2024, 4.4.4(3).

7.3.3 Auswirkungen auf die Imperfektion infolge Exzentrizität der Lasteinleitung nach Bruch einer Schicht

(1) Bei Verwendung von Verbundglas im FLS und/oder im PFLS während oder nach Bruch einer Glasschicht sollte die Exzentrizität infolge der Querverschiebung der wirksamen Schwerachse des verbleibenden Querschnitts zur Grundimperfektion nach 7.3.2 addiert werden, wenn sie eine ungünstige Auswirkung hat. Wenn sie eine günstige Auswirkung hat, darf sie berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 In Abhängigkeit von der Lage der gebrochenen Glasschicht kann Δe_{shift} einen positiven oder negativen Wert annehmen.

ANMERKUNG 2 Ob die Wirkung der Exzentrizität günstig oder ungünstig ist, hängt auch davon ab, ob die Last (am Lasteinleitungspunkt) quer zu ihrer Richtung verschoben wird oder nicht.

ANMERKUNG 3 Ein Beispiel für eine günstige Wirkung der Exzentrizität Δe_{shift} ist in Bild 7.1 angegeben.

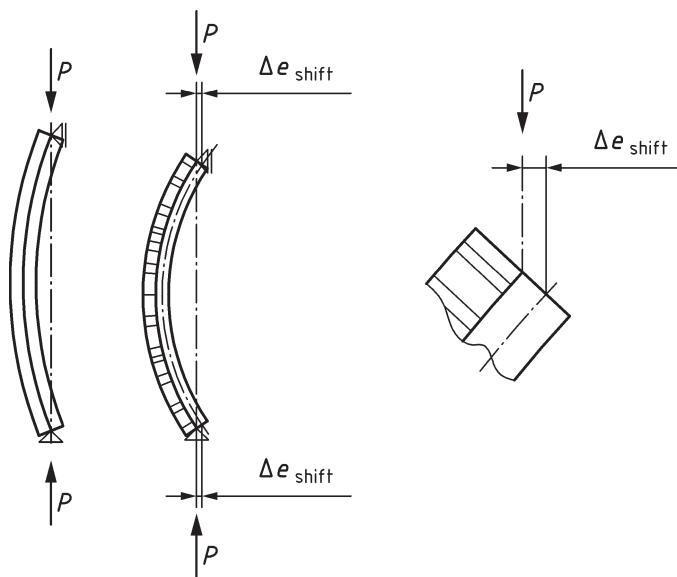


Bild 7.1 — Beispiel für eine günstig wirkende der Exzentrizität Δe_{shift} infolge des Bruchs einer Glasschicht bei einer positionstreuen Last

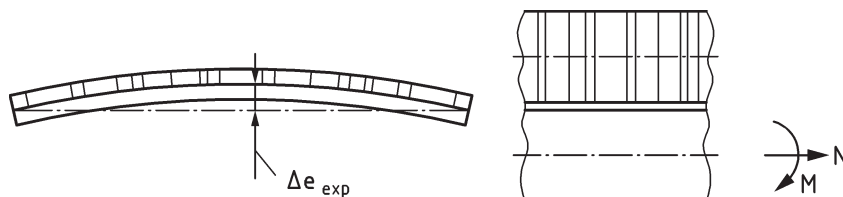
7.3.4 Auswirkungen der Ausdehnung einer gebrochenen Glasschicht aus ESG auf die Imperfektion

(1) Bei Verwendung von Verbundglas im FLS und/oder im PFLS kann der Bruch einer Glasschicht aus ESG zu Längsdehnungen und Krümmungen führen, siehe Bild 7.2, was die Erhöhung der Basisimperfektion nach 7.3.2 um einen zusätzlichen Wert Δe_{exp} verursachen und Zwangsschnittgrößen im verbleibenden intakten Querschnitt erzeugen kann. Auf der sicheren Seite darf für den Wert von Δe_{exp} die Verformung verwendet werden, die der Verformung der unbelasteten Komponente mit Bruch der gleichen Glasschicht entspricht.

(2) Hat Δe_{exp} eine ungünstige Auswirkung, sollte sie berücksichtigt werden. Ist sie Auswirkung günstig, darf sie berücksichtigt werden.

(3) Beim Nachweis des verbleibenden intakten Querschnitts im FLS oder PFLS sollten die Effekte auftretender Krümmungen oder Moment infolge des Bruchs einer Schicht berücksichtigt werden, während die entsprechenden Effekte hinsichtlich Längsdehnung oder Normalkraft vernachlässigt werden können.

ANMERKUNG 1 Die geometrischen Auswirkungen (Krümmung und Längsdehnung) werden durch das Moment und die Normalkraft im verbleibenden intakten Querschnitt verursacht, siehe Bild 7.2.



Legende

- gebrochenes Glas
- ungebrochenes Glas

Bild 7.2 — Zwangsverformung Δe_{exp} und einwirkende Schnittgrößen auf dem verbleibenden Querschnitt während oder nach Bruch einer Glasschicht von thermisch vorgespanntem Glas in einer Verbundglaskomponente

ANMERKUNG 2 Entsprechend Literaturhinweis [13] kann Δe_{exp} für ein Verbundglas mit n Glasschichten der gleichen Dicke $h_i = h$ und einer PVB-Zwischenschicht mit $h_{\text{int}} = 1,52\text{mm}$ durch $\Delta e_{\text{exp}} = \frac{l}{33,3 h} \times \frac{1}{n-1}$ berechnet werden. Bei einer zweiseitig gelagerten Glasscheibe ist somit l der Abstand zwischen den Lagerungen. Bei einer vierseitig gelagerten Glasscheibe ist l die Länge der kürzeren Kante der Glasscheibe.

(4) Der Wert von Δe_{exp} sollte den Festlegungen der zuständigen Behörde entsprechen oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

7.4 Zwischenschichten von Verbundglas

(1) In Abhängigkeit von der Komplexität und der erforderlichen Genauigkeit sollte eine der Stufen nach prEN 19100-1:2024, 7.2.2, verwendet werden.

(2) Bei kombinierter Langzeit- und Kurzzeit-Beanspruchung oder/und unterschiedlichen Temperaturen sollten die zugehörigen Steifigkeiten von Verbundglas unter besonderer Berücksichtigung des nichtlinearen Verhaltens in Bezug auf den Zeit- und Temperaturverlauf der Komponente betrachtet werden.

ANMERKUNG Es gelten die Kombinationsbeiwerte nach EN 1990.

(3) Falls die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Zwischenschichten nach Abschnitt 6(2) nicht erfüllt werden können, sollte das Berechnungsverfahren der Stufe 1 nach prEN 19100-1:2024, Tabelle 7.1, entsprechen.

7.5 Temperatur- und Langzeiteinwirkung

(1) Im Hinblick auf den Knicknachweis sollte die Erhöhung der Querverformung infolge Temperatur- und Langzeit-Beanspruchungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Aufgrund der verringerten Steifigkeit des Querschnitts wird bei Verwendung von Verbundglas die lastbedingte Verformung durch Temperatur und Kriechen infolge Langzeit-Beanspruchung der Polymerzwischenschicht erhöht. Das gilt auch für solche die Querverformungen, die durch Belastung in der Scheibenebene in Kombination mit Exzentrizität hervorgerufen werden.

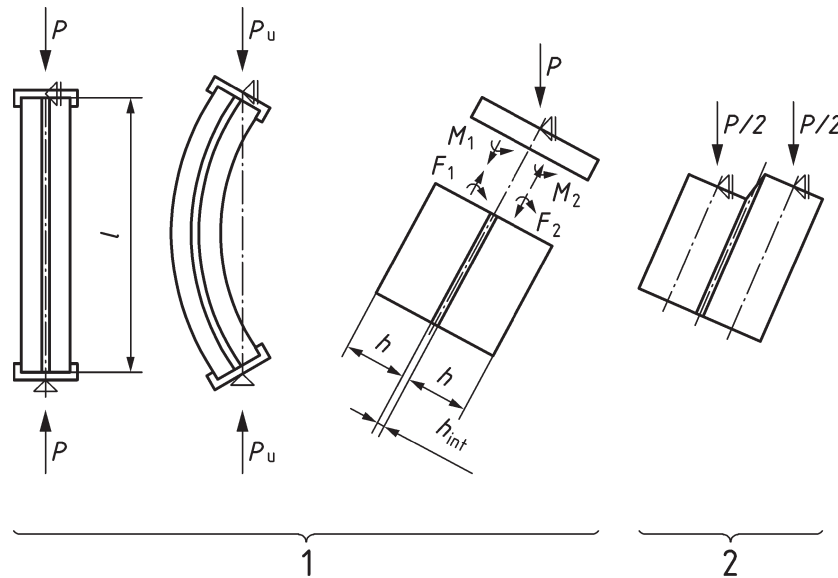
7.6 Bauliche Durchbildung

(1) Die Lasteinleitung darf durchgehend durch linienförmige Auflager oder konzentriert erfolgen. Die bauliche Durchbildung muss dauerhaft sein und unvorhergesehene Spannungsspitzen im Glas vermeiden.

(2) Besondere Aufmerksamkeit sollte der Vermeidung von hartem Kontakt infolge von Verformungen sowie Herstellungs- und Einbautoleranzen gewidmet werden.

(3) Besondere Aufmerksamkeit sollte einer angemessenen horizontalen Lagerung des Verbundglases am Lasteinleitungspunkt oder an den Auflagern gewidmet werden.

(4) Ist die Glaskomponente anfällig für Stabilitätsversagen infolge Biegeknicken, sollten die Enden der Glasscheibe an der Kante unter Lasteinleitung konstruktiv umschlossen werden, siehe Bild 7.3.



Legende

- 1 mit Schlupfendbehinderung
- 2 ohne Schlupfendbehinderung

Bild 7.3 — Auswirkung der Schlupfendbehinderung an den Auflagern einer durch Druckkraft in Scheibenebene belasteten Verbundglasscheibe

ANMERKUNG Für Bestimmungen für die bauliche Durchbildung von Anschlüssen siehe Abschnitt 10.

8 Grenzzustände einschließlich ULS, FLS und PFLS

8.1 Allgemeines

(1) Der Nachweis im ULS für in Scheibenebene belastete Glaskomponenten muss mittels statischer Berechnung geführt werden. Belastung und Lastkombination sollten entsprechend den Angaben nach EN 1990 oder prEN 19100-1:2024, 4.3.1, betrachtet werden.

(2) Im ULS sollten alle Glaskomponenten als intakt angenommen werden. Im FLS und im PFLS sollten einige der Glasschichten als gebrochen angenommen werden, siehe 4.2 und 4.3. Darüber hinaus sollte im FLS und im PFLS eine günstige Auswirkung der gebrochenen Glasschichten auf Steifigkeit und Festigkeit vernachlässigt werden. Ist die Auswirkung ungünstig, sollte sie berücksichtigt werden.

(3) Abgesehen von der Bemessung nach ULS darf Folgendes beim Nachweis im FLS und/oder PFLS durch theoretische Bewertung angewendet werden, siehe 4.2.3 und 4.3.3.

(4) Die Bemessung von in Scheibenebene belasteten tragenden Komponenten sollte Folgendes umfassen:

- Nachweis der Glasspannungen unter Berücksichtigung lokaler Spannungskonzentrationen; und
- Nachweis des Knickwiderstands.

ANMERKUNG Weitere Einzelheiten des Nachweisverfahrens sind in prEN 19100-1:2024, Abschnitt 8, angegeben.

(5) Beim Nachweis von Glaskomponenten unter Normaldruckbeanspruchung darf auf der sicheren Seite liegend der Wert der Druckfestigkeit gleich dem Wert der Biegezugfestigkeit angesetzt werden.