

DIN EN 13031-1

ICS 65.040.30

Einsprüche bis 2017-11-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13031-1:2003-09

Entwurf

**Gewächshäuser –
Bemessung und Konstruktion –
Teil 1: Kulturgewächshäuser;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13031-1:2017**

Greenhouses –
Design and Construction –
Part 1: Commercial production greenhouses;
German and English version prEN 13031-1:2017

Serres –
Calcul et construction –
Partie 1: Serres de production;
Version allemande et anglaise prEN 13031-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-09-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 190 Seiten

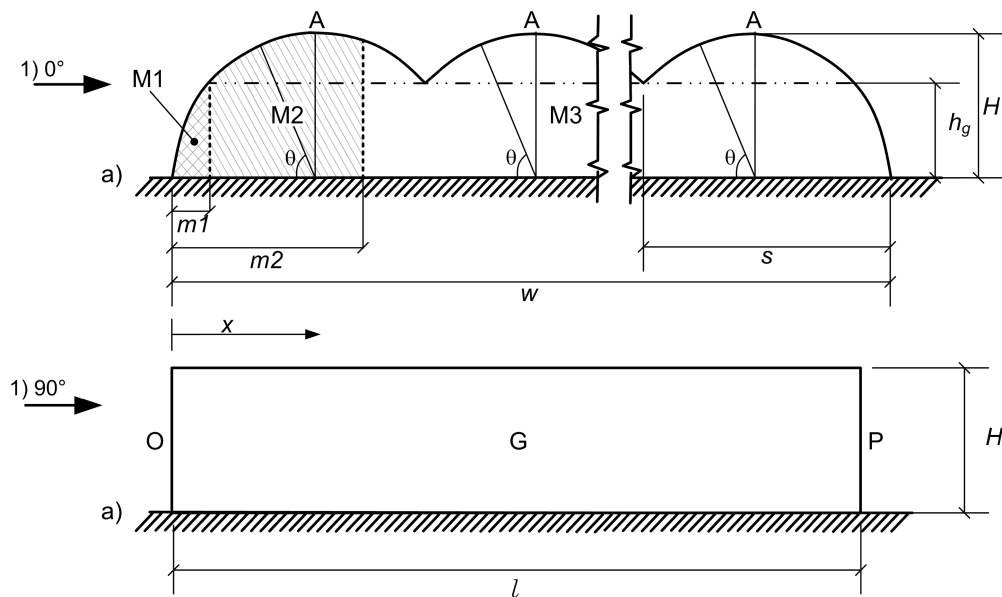
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13031-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 284 „Gewächshäuser“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN (Niederlande) gehalten wird.

Das zuständige deutsche/nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-25 AA „Gewächshausbau (SpA zu CEN/TC 284)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Bild B.14 in der Referenzfassung ist falsch. Nachstehend das korrekte Bild B.14:



Legende

- 1 Windrichtung: $m_1 = 0,4 h \leq 0,2 l$; $h = \max(h_e; 0,75 H)$
a) Höhen: $m_2 = 2,0 h \leq 1,0 l$

Bild B.14 — Zonen für globale Druckkoeffizienten für Wände für ein- und mehrschiffige Dächer von Gewächshäusern mit gewölbten Dächern ohne Traufkanten

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13031-1:2003-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen und Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- b) der Text wurde den aktuell geltenden Gestaltungsregeln angepasst;
- c) das Bemessungskonzept wurde an die aktuellen Eurocodes angepasst;
- d) die Norm wurde vollständig überarbeitet.

Gewächshäuser — Bemessung und Konstruktion — Teil 1: Kulturgewächshäuser

Serres — Calcul et construction — Partie 1 : Serres de production

Greenhouses — Design and Construction — Part 1: Commercial production greenhouses

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Grundlagen für die Konstruktion von Gewächshauskonstruktionen	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Klasseneinteilung von Gewächshauskonstruktionen	13
5.2.1 Allgemeines	13
5.2.2 Grenzabweichung von Rahmenverschiebungen der Eindeckung	13
5.2.3 Bemessungsnutzungsdauer der Konstruktion	13
5.3 Zuverlässigkeit von Kulturgewächshäusern	14
5.3.1 Allgemeine Klassifizierung, Empfehlungen	14
5.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und K_{FI} -Faktoren	14
5.3.3 Kombinationskoeffizienten	15
5.3.4 Grundlagen für Einwirkungen auf Gewächshäuser	16
6 Grenzzustände der Tragfähigkeit	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Berechnung und Bemessung	17
6.3 Prüfung	17
7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	17
7.1 Allgemeines	17
7.2 Berechnung und Bemessung	17
7.3 Prüfung	17
8 Grenzabweichungen	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Typische Grenzabweichungen für ein Gewächshaus vom Typ A	21
8.3 Spezifische Grenzabweichungen für ein Gewächshaus vom Typ B	24
9 Beständigkeit, Wartung und Reparatur	25
9.1 Allgemeines	25
9.2 Beständigkeit	25
9.3 Wartung und Reparatur	25
10 Einwirkungen auf Gewächshäuser	25
10.1 Allgemeines	25
10.2 Repräsentative Werte der Einwirkungen	26
10.2.1 Ständige Einwirkungen	26
10.2.2 Veränderliche Einwirkung	26
10.2.3 Außergewöhnliche Einwirkungen	30
11 Verschiebungen und Durchbiegungen (SLS)	31
11.1 Verschiebungen bei Gewächshäusern vom Typ A	31
11.1.1 Verschiebungen von Stützenfußpunkten	31

11.1.2	Verschiebungen auf der Rinnenebene.....	31
11.1.3	Verschiebungen von Bögen.....	36
11.2	Durchbiegungen bei Gewächshäusern vom Typ A.....	36
11.2.1	Allgemeines	36
11.2.2	Durchbiegungen von Gewächshausbauteilen.....	36
Anhang A (normativ) Tragfähigkeit von Glasscheiben.....		38
A.1	Allgemeines	38
A.2	Berechnungsverfahren für Glasscheiben	38
A.3	Werkstoffe.....	41
Anhang B (normativ) Windeinwirkungen.....		43
B.1	Allgemeines	43
B.2	Aerodynamische Koeffizienten	43
B.2.1	Allgemeines	43
B.2.2	Gewächshäuser von Typ A und Typ B mit Satteldächern	44
B.2.3	Gewächshäuser vom Typ B mit gewölbten Dächern	50
B.2.4	Innendrucke.....	62
B.2.5	Oberflächenreibung	62
B.2.6	Lüftungseinrichtungen.....	63
B.2.7	Durchlässige Eindeckungen	63
B.3	Dynamische Böen-Reaktionskoeffizienten.....	64
Anhang C (normativ) Schneeeinwirkungen.....		65
C.1	Allgemeines	65
C.2	Temperaturkoeffizient C_t	67
C.2.1	Anforderungen an beheizte Gewächshäuser mit geregelter Heizung und $C_t < 1$	67
C.2.2	Besonderer Wärmedurchgangskoeffizient (U_0 -Wert nach ISO 4355:2013, Anhang D)	67
C.2.3	Berechnung des Temperaturkoeffizienten C_t	69
C.3	Besondere Schneelastkoeffizienten für Gewächshäuser	71
C.3.1	Satteldächer von Gewächshäusern	71
C.3.2	Gewölbte Dächer von Gewächshäusern	74
Anhang D (informativ) Grenzzustände der Tragfähigkeit von Bögen		75
D.1	Allgemeines	75
D.2	Äquivalente Fehler.....	77
D.3	Elastische Analyse erster Ordnung und lineare Knickung (Eulersche Knickung)	77
D.4	Elastische Analyse zweiter Ordnung.....	77
D.5	Elastoplastische Analyse zweiter Ordnung.....	77
D.6	Äquivalentes Modell zur Ermittlung des Verhaltens dünnwandiger Rohrquerschnitte	78
Anhang E (normativ) Erdbeben		79
E.1	Klassifizierung.....	79
E.2	Bedeutungsfaktoren.....	79
E.3	Erdbebenwiederholungsperioden.....	80
E.4	Erdbebeneinwirkungen	80
Anhang F (normativ) Nutzerhandbuch und Typenschild		82
F.1	Allgemeines	82
F.2	Nutzerhandbuch	82
F.3	Typenschild	83
Anhang G (informativ) Anweisungen für Wartung und Reparatur.....		84
G.1	Allgemeines	84
G.2	Zugang zum Dach.....	84
G.3	Glasvorrat und Notfallreparatursätze	84
Anhang H (informativ) Bautechnische Details		85
H.1	Allgemeines	85

H.2	Kräfte infolge von Temperatureinflüssen	85
H.3	Kontaktkräfte zwischen den Glasscheiben und den Sprossen	85
H.4	Regenwasserkapazität von Rinnen, Rinnenauslässen und Fallrohren	86
H.5	Öffnungsverhältnis.....	86
Anhang I (informativ) Berechnungsverfahren für folienbespannte Gewächshäuser		89
I.1	Allgemeines	89
I.2	Einwirkungen auf Folien bei folienbespannten Gewächshäusern	89
I.3	Übertragung der Kräfte von der Folie in die Unterkonstruktion	89
I.4	Nachweis der Folie	92
Literaturhinweise.....		94

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13031-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 284 „Gewächshäuser“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13031-1:2001 ersetzen.

Teil 1 (EN 13031-1) bezieht sich auf Kulturgewächshäuser für die Nutzung in der kommerziellen Pflanzenproduktion, zu denen der Zutritt auf befugte Personen beschränkt ist. Diese Norm beschreibt Grundsätze, Anforderungen und Verfahren für die Konstruktion von Gewächshäusern und gibt Empfehlungen für Klassen und Kategorien, wobei CEN-Mitgliedsstaaten ihre eigene, qualifizierte Auswahl über einen Nationalen Anhang zu EN 13031-1 treffen können. Sie enthält auch landesspezifische klimatische oder andere örtliche Referenzwerte für Einwirkungen wie Wind, Schnee, Temperaturen, Erdbeben und Belastungskombinationen:

Nationale Wahlmöglichkeiten werden in EN 13031-1 ermöglicht durch:

- 5.2.3 bezüglich der Nutzungsdauer der Konstruktion;
- 5.3.1 bezüglich der Klassifizierung von Schutzklassen RC;
- 5.3.2 bezüglich der Differenzierung von Teilsicherheitsbeiwerten durch Kraftbedeutungsfaktoren K_{Ff} ;
- 5.3.3 bezüglich der Kombinationen von Einwirkungen und damit verbundene ψ -Koeffizienten;
- 5.3.4 bezüglich der Bezugszeiträume für damit verbundene Überschreitungswahrscheinlichkeiten;
- 6.3 und 7.3 bezüglich der Verwendung von Prüfergebnissen;
- 10.2.2 und 10.2.3 bezüglich der Anpassungsfaktoren für Bezugszeiträume nach 5.3.4;
- 10.2.2.6 bezüglich der Temperaturbereiche für Rinnen und andere Bauteile;
- Anhang A bezüglich der Berechnung der Glaskonstruktion;
- Anhang B für Wind: Größenfaktoren, Korrelationskoeffizienten, aerodynamische Koeffizienten;
- Anhang C für Schnee: Oberflächenwerkstoffkoeffizienten, Temperaturkoeffizienten, Formkoeffizienten;
- Anhang E für Erdbeben: Klassifizierung nach Bedeutungskategorien IC, Bedeutungsfaktoren γ_I , Wiederholungsperioden, Überschreitungswahrscheinlichkeiten und Anpassungsfaktoren;
- Anhänge G, H, I bezüglich der Änderung des informativen Status‘.

Zur Orientierung sind in den Tabellen 1, 2, 3, 8, A.4, C.3, E.1 und E.2 die empfohlenen Werte in grauen Feldern angegeben.

Einleitung

Teil 1 dieser Norm bezieht sich speziell auf Kulturgewächshäuser für die Nutzung in der kommerziellen Pflanzenproduktion, zu denen der Zutritt auf befugte Personen beschränkt ist. Es ist vorgesehen, weitere Teile dieser Europäischen Norm für Gewächshäuser für den allgemeinen Zugang durch die Öffentlichkeit (wie Gewächshäuser in Gartenzentren und Ausstellungen) zu erstellen.

Diese Europäische Norm gibt spezifische Regeln und Informationen für die Tragwerksplanung und den Bau von Gewächshäusern an, um eine angemessene Standsicherheit zu gewährleisten.

Die Tragwerksplanung basiert auf EN 1990 und den relevanten Teilen von EN 1991 bis EN 1999 (Eurocodes 1 bis 9) bezüglich der allgemeinen Grundlagen und Grundanforderungen. Für Einwirkungen, mechanischen Widerstand und Stabilität, Gebrauchstauglichkeit und Beständigkeit können Dokumente zur nationalen Umsetzung (NAD) berücksichtigt werden.

Es werden ergänzende, widerspruchsfreie Informationen gegeben, um den besonderen Anforderungen, Funktionen und Formen von Kulturgewächshäusern Rechnung zu tragen, welche diese von normalen Hochbauten unterscheiden. Eine kennzeichnende Anforderung an die Funktion ist die Optimierung der Durchlässigkeit von Sonnenstrahlung, um eine optimale Umgebung für das Pflanzenwachstum zu schaffen und aufrechtzuhalten. Dies hat einen Einfluss auf die Form und die Tragwerksplanung von Kulturgewächshäusern.

Wenn Regelungen und Anforderungen dieser Norm von anderen Europäischen Normen, wie z. B. den Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau oder Normen für Glas im Bauwesen — Bemessungs- und Konstruktionsregeln, übernommen werden, werden diese Regelungen hier durch Hinweise auf die übernehmenden Normen ersetzt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Grundlagen und Anforderungen an den mechanischen Widerstand und die Stabilität, die Gebrauchstauglichkeit und die Beständigkeit bei der Konstruktion und dem Bau von Kulturgewächshäusern zur kommerziellen Pflanzenproduktion und deren Fundamenten, unabhängig vom verwendeten Werkstoff fest.

Fragen der Feuerwiderstandsdauer werden in dieser Norm nicht berührt.

2 Normative Verweisungen

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

EN 572-1, *Glas im Bauwesen — Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas — Teil 1: Definitionen und allgemeine physikalische und mechanische Eigenschaften*

EN 572-6, *Glas im Bauwesen — Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas — Teil 6: Drahtornamentglas*

EN 673, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Berechnungsverfahren*

EN 674, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Verfahren mit dem Plattengerät*

EN 675, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Wärmestrommesser-Verfahren*

prEN 16612:2017, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Belastungswiderstandes von Glasscheiben durch Berechnung und Prüfung*

EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 6946)*

EN ISO 10077-1, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 1: Allgemeines (ISO 10077-1)*

EN ISO 10077-2, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen (ISO 10077-2)*

EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*

EN 1096-1, *Glas im Bauwesen — Beschichtetes Glas — Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung*

EN 1279-1, *Glas im Bauwesen — Mehrscheiben-Isolierglas — Teil 1: Allgemeines, Maßtoleranzen und Vorschriften für die Systembeschreibung*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1998-1, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebenwirkungen und Regeln für Hochbauten*

EN 12150-1, *Glas im Bauwesen — Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas — Teil 1: Definition und Beschreibung*

EN ISO 12543-5, *Glas im Bauwesen — Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas — Teil 5: Maße und Kantenbearbeitung (ISO 12543-5)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990, EN 1090-1 und die folgenden Begriffe.

3.1
Gewächshaus
Gebäudekonstruktion, die für die Durchlässigkeit von Sonnenstrahlung optimiert ist und die für Pflanzen verwendet wird, die kontrollierte klimatische Bedingungen erfordern

3.2
Kulturgewächshaus
Gewächshaus (3.1) zur kommerziellen Pflanzenproduktion und/oder zum Schutz von Pflanzen und Feldfrüchten, zu dem der Zutritt auf eine geringe Anzahl von befugten Personen beschränkt ist. Andere Personen müssen von befugtem Personal begleitet werden

3.3
Freimaß
Unterschied zwischen dem Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Sprossen in ihrer Solllage und dem entsprechenden Nennmaß, vergrößert um die Grenzabweichung eines Eindeckungselements

3.4
ständige Öffnung
Öffnung, die auch bei außergewöhnlichen Windverhältnissen nicht geschlossen werden kann, und die einen signifikanten Einfluss auf den Innendruck hat

3.5
Eindeckung
Außenhaut, bestehend aus Dach und Wand, die am Tragwerk des Gewächshauses angebracht ist. Sie besteht aus Glasscheiben, Kunststoffbahnen oder Kunststofffolie und darf weitere Metallbestandteile enthalten, wie Sprossen, Firststange und Rinne. Die Rinne kann auch Bestandteil des Tragwerks sein

4 Symbole und Abkürzungen

Abkürzungen:

NAD	Dokumente für die nationale Umsetzung, z. B. Nationaler Anhang zu Eurocode oder Euronorm, auch Nationaler Code oder Nationale Regelung durch die Behörde
SLS	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
ULS	Grenzzustände der Tragfähigkeit

NCR	Anforderungen zum Schutz gegen Zusammenbruch
DLS	Schadensbegrenzungszustände
CC	Auswirkungsklasse
RC	Zuverlässigkeitsklasse
IC	Erdbeben-Bedeutungskategorie
Luv	dem Wind zugewandte Seite der Konstruktion
Lee	dem Wind abgewandte Seite der Konstruktion
0°-Wind	Windrichtung rechtwinklig zu First und Rinne, Seitenwänden, geneigter windseitiger und windabgewandter Dachoberfläche
90°-Wind	Windrichtung parallel zu First und Rinne, rechtwinklig zu den Giebelwänden

Symbole:

ANMERKUNG Die folgenden Symbole in dieser Europäischen Norm basieren auf EN 1990, EN 1991 und EN 1998.

Lateinische Großbuchstaben:

A	Höhe der Gebäudeseite über dem Meeresspiegel, in m
A_i	außergewöhnliche Einwirkung
A_{gr}	Grundfläche eines Gewächshauses
A_{ap}	Lüftungsöffnungsfläche eines Gewächshauses
A_{li}	Lichtabschattungsfläche des Gewächshauses
B	Breite
B_{gh}	Breite des Gewächshauses
C_{esl}	Koeffizient für außergewöhnliche Schneelast
C_e	Einwirkkoeffizient
C_m	Oberflächenwerkstoffkoeffizient
C_t	Temperaturkoeffizient
D	Querschnittsabmessung eines Fundamentloches
E	Elastizitätsmodul
F_{wire}	Horizontalkraft pro Draht
G	Schermodul
$G_i; g_i$	ständige Einwirkung
$G_k; g_k$	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
H	Firsthöhe des Gewächshauses über dem Boden
K	Formparameter in Abhängigkeit von Koeffizient oder Variation der höchsten jährlichen Winddaten (Geschwindigkeit oder Druck)
K_{Fl}	Kraftbedeutungsfaktor in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeitsklasse
L	Länge, Spannweite
L_{gh}	Länge des Gewächshauses
M	Moment
N	Normal- oder Membrankräfte
P_1	jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von veränderlichen Einwirkungen oder Erdbebeneinwirkungen

P_n	Überschreitungswahrscheinlichkeit von veränderlichen Einwirkungen oder Erdbebeneinwirkungen mit Bezug auf n Jahre
$P_{T;50}$	Zielwert der Überschreitungswahrscheinlichkeit der Erdbebeneinwirkung mit Bezug auf $n = 50$ Jahre und die entsprechende Wiederholungsperiode $T_{NCR}(50)$
$Q_i; q_i$	veränderliche Einwirkung
$Q_k; q_k$	charakteristischer Wert einer veränderlichen Einwirkung
R_T	Wärmedurchlasswiderstand einer Komponente
R_{si}	interner Oberflächenwiderstand (Oberfläche zu Innenluft)
$R_{si;sw}$	interner Oberflächenwiderstand für den seitwärts gerichteten Wärmestrom
$R_{si;up}$	interner Oberflächenwiderstand für den aufwärts gerichteten Wärmestrom
R_{se}	externer Wärmedurchlasswiderstand (Oberfläche zu Außenluft)
$R_{\lambda;j}$	Wärmedurchlasswiderstand der Werkstoffschicht j
R_f	Wärmedurchlasswiderstand des Rahmens, z. B. von Sprossen und Rinne
$R_{g;k}$	Wärmedurchlasswiderstand des Gasraums k
$R_{ts;m}$	Wärmedurchlasswiderstand der (Wärme-)Abschirmung m
$T_{NCR}(n)$	Zielwert für die Erdbeben-Wiederholungsperiode in Jahren für NCR mit Bezug auf n Jahre
$T_{NCR}(50)$	Zielwert für die Erdbeben-Wiederholungsperiode in Jahren für NCR mit Bezug auf 50 Jahre
U	Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2K)$
U_0	spezieller Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2K)$ unter den Bedingungen der Schneeschmelze und unter Ausschluss der Wärmeübertragung nach außen an die Luft
V	Variationskoeffizient der größten jährlichen Schneelast

Lateinische Kleinbuchstaben:

a	größte Spannweite einer Glasscheibe, Abstand zwischen Drähten
a_{gR}	Bezugswert der höchsten Bodenbeschleunigung bei Erdbeben
a_g	Bemessungsbodenbeschleunigung bei Erdbeben
b	kleinste Spannweite einer Glasscheibe, Abstand in Breitenrichtung
b_{cb}	Abstand zwischen den Stützenfußpunkten
c	Freimaß, Koeffizient
c_{fr}	Reibungskoeffizient
c_{pe}	aerodynamischer Koeffizient für globalen Außendruck
$c_{pe;l}$	aerodynamischer Koeffizient für örtlichen Außendruck
c_{pi}	aerodynamischer Koeffizient für Innendruck
c_{prob}	Wahrscheinlichkeitsfaktor für die Anpassung der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Wiederholungsperiode n
c_s	Größenfaktor
c_{cor}	Korrelationsfaktor
d	Abstand, Durchmesser, Tiefe
f_y	charakteristische Streckgrenze von Stahl
f_o	charakteristische 0,2 %-Zugfestigkeit von Aluminium
$f_{gl;d}$	Bemessungswert der Bruchgrenze beim Biegen einer Glasscheibe

$f_{gl;u}$	charakteristischer Wert der Bruchgrenze beim Biegen einer Glasscheibe
$f(\alpha)$	Dachwinkelfunktion für den Temperaturkoeffizienten C_t
$f(\theta_i)$	Einfluss der Heizung (Innenlufttemperatur) auf den Temperaturkoeffizienten C_t
$f(U_0)$	Einfluss des Wärmedurchgangskoeffizienten der Eindeckung auf den Temperaturkoeffizienten C_t
$f(sk;n)$	Einfluss der Schneefallrate (Schneelast) auf den Temperaturkoeffizienten C_t
$f_s(n)$	Anpassungsfaktor für den charakteristischen Wert der Schneelast in Abhängigkeit vom Bezugszeitraum n
$f_w(n)$	Anpassungsfaktor für den charakteristischen Wert der Windlast in Abhängigkeit vom Bezugszeitraum n
$f_E(n)$	Anpassungsfaktor für die Erdbeben-Bodenbeschleunigung in Abhängigkeit vom Bezugszeitraum n
h	Länge einer Stütze (zwischen dem Fundament und der Rinne); Bezugshöhe über dem Boden
h_e	Traufhöhe über dem Boden
h_g	Höhe der Rinne über dem Boden
h_r	Dachhöhe; für mehrschiffige Dächer auch Tiefe der inneren Ablaufrinnen
$h_{s,k}$	Wärmeübertragungskoeffizient des Gasraums k
k	Erdbebenkoeffizient
k_n	Quantil der negativen inversen Standard-Normalverteilung der jährlichen Wahrscheinlichkeit $P_1(n)$ für einen Bezugszeitraum von n Jahren
k_{mod}	Modifikationsfaktor für die Belastungsdauer für Glas
k_{ed}	Festigkeitsminderungsfaktor in Abhängigkeit von der Kantenbearbeitung von Glasscheiben
k_{sp}	Festigkeitsminderungsfaktor in Abhängigkeit vom Oberflächenprofil von Glasscheiben
l	Spannweite, Abstand in Längsrichtung
l_{cb}	Abstand zwischen den Stützenfußpunkten
n	Nummer
n	Wiederholungsperiode in Jahren
n_d	Bemessungsnutzungsdauer in Jahren
$p_{T;1}$	Zielwert der jährlichen Ausfallwahrscheinlichkeit
$p_{T;50}$	Zielwert der Ausfallwahrscheinlichkeit, kumuliert über einen Bezugszeitraum von $n = 50$ Jahren
s	Abschnittslänge, Dachspannweite
$s_{k,n}$	charakteristische Schneelast auf dem Boden für den Bezugszeitraum n
$s_{i;n;t}$	charakteristische Schneelast auf dem Dach am Ort i , Formkoeffizient μ_i , Bezugszeitraum n , Einwirkungskoeffizient C_e und Temperaturkoeffizient C_t (Anmerkung: für $C_t < 1$; $C_e = 1$)
$\min s_{1;n;t}$	Mindestschneelast auf dem Dach mit Bezug auf die Grundfläche in kN/m^2
t	Dicke; Belastungsdauer
t_{nom}	Nenndicke der Glasscheibe
t_{pl}	Bemessungswert der Glasscheibendicke
u	Verschiebung oder Durchbiegung
v_{int}	vorgesehene Neigung der Rinne
v_m	mittlere Windgeschwindigkeit

$v_{b,0}$	Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit
v_b	Basiswindgeschwindigkeit
w	Breite; Gesamtbreite eines mehrschiffigen Dachs; Winddruck
z_e, z_i	Bezugshöhe eines Gewächshauses über dem Boden für äußeren oder inneren Winddruck
z_s	Bezugshöhe für die Windböen-Reaktion der Gewächshauskonstruktion
z_{min}	Mindesthöhe (Angriff des Windprofils)

Griechische Großbuchstaben:

Φ	kumulative Verteilungsfunktion der Standard-Normalverteilung
Δ	Abweichung von der vorgesehenen Position
$\Delta\varphi$	Abweichung von der vorgesehenen Neigung

Griechische Kleinbuchstaben:

α	Dachneigung, von der Horizontalen aus gemessen; Wärmeausdehnungskoeffizient
α_{cr}	kritischer elastischer Lastfaktor zweiter Ordnung
α_u	kritischer elastoplastischer Lastfaktor zweiter Ordnung
α_H	vorgesehener Winkel zwischen den Fundamenten von Seitenwand und Giebelwand
β	Winkel zwischen der Horizontale und der Tangente von gewölbten Dächern ($\beta = 0^\circ$ = horizontale Tangente; $\beta = 90^\circ$ = vertikale Tangente)
$\beta_{T,1}$	Zielwert des Zuverlässigkeitsindex der jährlichen Ausfallwahrscheinlichkeit
$\beta_{T,50}$	Zielwert der Ausfallwahrscheinlichkeit, kumuliert über einen Bezugszeitraum von $n = 50$ Jahren
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen (einschließlich Variationen und modellbedingte Unsicherheitsfaktoren)
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für Widerstand (allgemein)
$\gamma_G; \gamma_Q; \gamma_A$	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen: ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkung
γ_I	Bedeutungsfaktor für Erdbebeneinwirkungen in Abhängigkeit von der Bedeutungskategorie
$\gamma_{s, equ}$	äquivalente mittlere Schneedichte nach Gewicht, in kN/m^3
λ_j	Wärmeleitfähigkeit in W/(mK) für eine Werkstoffschicht j ; ($\lambda_{j, sup}$ – oberer Wert; $\lambda_{j, inf}$ – unterer Wert)
μ_i	Formkoeffizient am Ort i für die Schneelastverteilungen auf dem Dach
θ	radialer Winkel eines gewölbten Dachs
θ_i	Innenlufttemperatur in $^\circ\text{C}$
θ_e	Außenlufttemperatur in $^\circ\text{C}$
ρ	Dichte
ν	Poissonzahl
φ	vorgesehene Neigung
ϕ_x	Verdrehungswinkel einer Sprosse
$\psi_{0,1;2}$	Faktor für Kombinationswert, häufiger Wert und quasi-permanenter Wert verschiedener Einwirkungen bei Lastkombinationen

5 Grundlagen für die Konstruktion von Gewächshauskonstruktionen

5.1 Allgemeines

(1) Gewächshäuser müssen so konstruiert werden, dass sie über eine angemessene Standfestigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Beständigkeit verfügen. Arten und Klassen von Gewächshäusern sind in 5.2 festgelegt. Empfehlungen für die Zuverlässigkeit von Kulturgewächshäusern sind in 5.3 festgelegt.

(2) Die Grenzzustände der Tragfähigkeit müssen nach Abschnitt 6 und die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit nach Abschnitt 7 nachgewiesen werden.

(3) Gewächshäuser müssen so konstruiert sein, dass sie die Anforderungen an Grenzabweichungen, Beständigkeit, Wartungs- und Reparaturmöglichkeiten nach Abschnitt 8 und Abschnitt 9 erfüllen.

5.2 Klasseneinteilung von Gewächshauskonstruktionen

5.2.1 Allgemeines

Kulturgewächshäuser werden in Abhängigkeit von der Grenzabweichung für Rahmenverschiebungen der Eindeckung nach 5.2.2 und von der Bemessungsnutzungsdauer der Konstruktion nach 5.2.3 klassifiziert.

ANMERKUNG Für die Konstruktion von Gewächshäusern werden die in EN 13031-1, 5.2, 5.3 und Abschnitt 10, empfohlenen Klassen, Kategorien, Werte und Verfahren verwendet, sofern im Nationalen Anhang von EN 13031-1 keine anderslautenden Festlegungen bestehen.

5.2.2 Grenzabweichung von Rahmenverschiebungen der Eindeckung

(1) Gewächshäuser müssen je nach Grenzabweichung von Rahmenverschiebungen der Eindeckung mit „Typ A“ oder „Typ B“, bezeichnet werden, wie in 5.2.2(2) bis 5.2.2(4) beschrieben.

(2) Gewächshäuser, deren Eindeckung keine Grenzabweichung der Rahmenverschiebungen unter Bemessungseinwirkungen zulässt, müssen als „Typ A“ bezeichnet werden. Gewächshäuser vom Typ A müssen unter Berücksichtigung von Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (SLS) und von Grenzzuständen der Tragfähigkeit (ULS) konstruiert werden.

(3) Gewächshäuser, deren Eindeckung eine Grenzabweichung der Rahmenverschiebungen unter Bemessungseinwirkungen zulässt, dürfen als „Typ B“ bezeichnet werden. Gewächshäuser vom Typ B dürfen nur unter Berücksichtigung der Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) konstruiert werden.

(4) In Fällen, in denen nur ein Teil der Gewächshauseindeckung keine Grenzabweichung der Rahmenverschiebungen zulässt, muss die Gewächshauskonstruktion als „Typ A“ bezeichnet werden. Die örtlichen Verschiebungen von Bauteilen, die nur Teile der Eindeckung tragen, die eine Grenzabweichung der Rahmenverschiebungen zulässt, brauchen nicht auf das Kriterium des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit (SLS) hin geprüft werden.

5.2.3 Bemessungsnutzungsdauer der Konstruktion

(1) Wie in EN 1990:2002, 2.3, angegeben, müssen Kulturgewächshäuser eine Bemessungsnutzungsdauer haben, die von der Art und der Verwendung des Gewächshauses abhängig ist.

ANMERKUNG Die Lebensdauer einer Eindeckung (z. B. Kunststoffolie) darf sich unter der Voraussetzung von der Bemessungsnutzungsdauer unterscheiden, dass die Eindeckung, wie in Abschnitt 9 angegeben, ausgetauscht werden kann.

(2) Gewächshäuser sollten nach der Bemessungsnutzungsdauer klassifiziert werden, wie in Tabelle 1 gezeigt ist, in der Mindestwerte angegeben sind.

Tabelle 1 — Klasseneinteilung von Gewächshäusern

Typ siehe 5.2.2	Kulturgewächshaus-Klasse		
	Bemessungsnutzungsdauer n_d in Jahren		
	15 Jahre	10 Jahre	5 Jahre
Typ A ^a	A15	–	–
Typ B ^b	B15 ^d	B10	B5 ^c

^a Gewächshäuser vom Typ A haben eine Bemessungsnutzungsdauer der Konstruktion von mindestens 15 Jahren und werden als Gewächshäuser der Klasse A15 bezeichnet.

^b Gewächshäuser vom Typ B haben eine Mindestnutzungsdauer von 15, 10 oder 5 Jahren und werden entsprechend als Gewächshäuser der Klassen B15, B10 bzw. B5 bezeichnet.

^c Eine Bemessungsnutzungsdauer von 5 Jahren darf nur für Konstruktionen mit begrenzter Nutzungsdauer, wie z. B. Tunnel, verwendet werden.

^d In B10-Gewächshäusern wird eine Mindest-Bemessungsnutzungsdauer von 15 Jahren für technische Bereiche (für Stromgeneratoren, Heizungsanlage, Lager, Bewässerungsanlage usw.) verwendet, die mit dem Produktionsbereich des Gewächshauses verbunden sind.

5.3 Zuverlässigkeit von Kulturgewächshäusern

5.3.1 Allgemeine Klassifizierung, Empfehlungen

(1) Nach EN 1990:2002, Anhang B, sollten Kulturgewächshäuser, die nach 5.2.3 zur Klasse A15 oder B15 gehören, als Konstruktionen der Zuverlässigkeitsklasse RC1 (Auswirkungsklasse CC1) klassifiziert werden.

(2) Kulturgewächshäuser, die nach 5.2.3 zur Klasse B10 oder B5 festgelegt werden, sollten als Konstruktionen der Zuverlässigkeitsklasse RC0 (Auswirkungsklasse CC0) klassifiziert werden.

ANMERKUNG Bei Kulturgewächshäusern sind die Folgen und die Art eines Ausfalls und die Bedeutung für die öffentliche Sicherheit geringer als bei normalen Gebäuden. Es gibt keinen öffentlichen Zutritt. Der Zutritt für Menschen ist bezüglich Anzahl und Dauer auf ein geringes Maß für zuständiges Personal beschränkt. Der potentielle wirtschaftliche Verlust ist auf den Eigentümer beschränkt; es gibt keine Auswirkungen auf die Umwelt. Die Bemessungsnutzungsdauer ist gering. Die statistische Grundlage für die Zuverlässigkeitsunterscheidung nach EN 1990 ist in Tabelle 2 angegeben.

5.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und K_{FI} -Faktoren

(1) Wie in A.1.3.1 und EN 1990:2002, Anhang B, angegeben, dürfen die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen γ_F unter Verwendung der empfohlenen K_{FI} -Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen in andauernden und vorübergehenden Bemessungssituationen modifiziert werden.

$$\gamma_{F,i} = K_{FI,i} \gamma_{F,i,RC2}$$

Dabei ist

$K_{FI,i}$ der Bedeutungsfaktor für die Zuverlässigkeitsklasse nach Tabelle 2;

$\gamma_{F,i}$ der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung i ;

$\gamma_{F,i,RC2}$ der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung i für die Bezugs-Zuverlässigkeitsklasse RC2, entnommen aus EN 1990:2002, A.1.1.3.1 und den Dokumenten zur nationalen Umsetzung (NAD).

(2) Für nach 5.3.1 klassifizierte Kulturgewächshäuser sollten die K_{FI} -Faktoren auf der Grundlage von EN 1990:2002, Anhang C, wie in Tabelle 2 aufgeführt, verwendet werden.

Tabelle 2 — Kraftbedeutungsfaktoren K_{FI} für Kulturgewächshäuser

Andauernde, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituationen	Zuverlässigkeitsklasse		
ULS (Bezugszeitraum 50 Jahre)	RC2^a	RC1	RC0
Zielwert der Ausfallwahrscheinlichkeit für $n = 50$ Jahre $p_{T;50}$ (Zielwert des Zuverlässigkeitsindex' $\beta_{T;50}$)	$5 \cdot 10^{-5}$ (3,8)	$5 \cdot 10^{-4}$ (3,3)	$5 \cdot 10^{-3}$ (2,6)
Zielwert der jährlichen Ausfallwahrscheinlichkeit $p_{T;1} = 1 - (1 - i_{T;50})^{1/50}$ (Zielwert des Zuverlässigkeitsindex' $\beta_{T;1}$)	10^{-6} (4,7)	10^{-5} (4,2)	10^{-4} (3,7)
$K_{FI,G}$ und $K_{FI,Q}$ für ständige und veränderliche Einwirkungen	1	0,9	0,8
$K_{FI,A}$ für außergewöhnliche Einwirkungen (ohne Erdbeben)	1	0,8	0,6

^a Basis-Referenzwert für $n = 50$ Jahre, Zuverlässigkeitsklasse RC2 nach EN 1990:2002, A1.

5.3.3 Kombinationskoeffizienten

(1) Zusätzlich zu allgemeinen Kombinationen von Einwirkungen in ULS und SLS und den damit verbundenen Kombinationskoeffizienten, die aus EN 1990:2002, 6.4, 6.5 und Anhang A.1, sowie den Dokumenten zur nationalen Umsetzung (NAD) entnommen werden sollten, müssen alle Bemessungswerte für Einwirkungen auf Gewächshäuser, die gleichzeitig auftreten können, auch in der Kombination berücksichtigt werden. Beim Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit müssen die Auswirkungen der ungünstigsten Kombination von Bemessungswerten von Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe auch repräsentative Werte für Einwirkungen auf Gewächshäuser in Abschnitt 10 dieser Norm.

(2) Einwirkungen auf Gewächshäuser, die z. B. aus physikalischen oder funktionellen Gründen nicht gleichzeitig auftreten können, sollten nicht gemeinsam in Kombinationen berücksichtigt werden.

(3) Wenn Windeinwirkung Q_{k1} und Schneeeinwirkung Q_{k2} in Kombination zu berücksichtigen sind, sollten von der Windeinwirkung auf die Außenoberflächen nur die Drücke auf die Wände und die positiven Winddrücke auf das Dach berücksichtigt werden.

(4) Wenn Schneeeinwirkung Q_{k2} in Kombination mit Windeinwirkung Q_{k1} zu berücksichtigen ist, kann die Wirkung von geschlossenen Lüftungseinrichtungen zu Innendrücken $c_{pi} = 0$ führen.

(5) Kombinationskoeffizienten für die Einwirkung von Pflanzen $Q_{k,3}$ sind abhängig von der Art der Feldfrüchte oder Pflanzen und vom Produktionsverfahren. Sofern keine anderslautenden Festlegungen bestehen, können sie als langfristig veränderliche Lasten klassifiziert werden.

Der auf einer Wiederholungsperiode von einem Jahr beruhende, charakteristische Wert der Pflanzeinwirkung $Q_{k,3}$ muss zusammen mit den charakteristischen Werten der Windeinwirkung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Für der Fall, dass Schneelast berücksichtigt werden muss, hängt der charakteristische Wert der Pflanzeneinwirkung $Q_{k,3}$ von der Art der Feldfrüchte oder Pflanzen und vom Produktionsverfahren ab.

(6) Konzentrierte vertikale Einwirkung $Q_{k,4}$ aufgrund von Wartung oder Reparatur auf dem Dach muss nicht mit Wind- oder Schneeeinwirkung kombiniert werden, wenn das Dach bei extremem Wind oder Schnee nicht betreten wird (Dachkategorie H): $\psi_{0,Qk4} = \psi_{1,Qk4} = \psi_{2,Qk4} = 0$.

(7) Für konzentrierte vertikale Einwirkung $Q_{k,4}$ aufgrund von Reparatur und für außergewöhnliche Schneeeinwirkung A_d braucht der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) nicht berücksichtigt zu werden.

5.3.4 Grundlagen für Einwirkungen auf Gewächshäuser

(1) Nach EN 1990 müssen alle Einwirkungen und Einflüsse berücksichtigt werden, die während der Bemessungsnutzungsdauer des Gewächshauses wahrscheinlich auftreten werden. In den folgenden Abschnitten wird dies auf Gewächshäuser angepasst.

(2) Die Bezugszeitabschnitte, Wiederholungsperioden (Wiederholungsintervalle) und die jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten zur Bestimmung der charakteristischen Werte veränderlicher Einwirkungen, die für die Konstruktion der einzelnen Klassen von Gewächshäusern zugrunde zu legen sind, können Tabelle 3 entnommen werden, in der Mindestwerte angegeben sind.

Die Wiederholungsperiode für Einwirkungen n darf nicht geringer angesetzt werden als die Bemessungsnutzungsdauer n_d .

Tabelle 3 — Bezugszeiträume für veränderliche Einwirkungen und Überschreitungswahrscheinlichkeiten

Zuverlässigkeitsklasse	RC1	RC0	
Gewächshausklasse	A15 und B15	B10	B5
Bezugszeitraum für Einwirkungen n in Jahren	15	10	5
Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von Einwirkungen $P_1 \approx 1 - e(-1/n)$ für Bezugszeitraum n in Jahren	0,065 (6,5 %)	0,095 (9,5 %)	0,18 (18 %)
Überschreitungswahrscheinlichkeit von Einwirkungen während des Bezugszeitraums n in Jahren	$P_n \approx 1 - (1 - P_1)n = 0,63$ (63 %)		
Anpassungsfaktoren $f_w(n)$ und $f_s(n)$ für die charakteristischen Werte veränderlicher Wind- und Schneeeinwirkungen unter Berücksichtigung des Bezugszeitraums und der jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit werden in 10.2.2.1 und 10.2.2.2 empfohlen.			

6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.1 Allgemeines

Die Tragfähigkeit von Gewächshäusern vom Typ A und B, die nach 6.2 oder 6.3 bestimmt wird, muss so hoch sein, dass die Grenzwerte der Tragfähigkeit bei den Bemessungswerten für Einwirkungen, die nach Abschnitt 10 dieser Norm ermittelt werden, nicht überschritten werden.

Klemmverbindungen, die auf Reibung zwischen Bauteilen basieren, müssen so ausgelegt sein, dass sie die Bemessungskräfte an den Grenzwerten der Tragfähigkeit ohne Rutschen aufnehmen können.

6.2 Berechnung und Bemessung

(1) Die Konstruktion muss für die Grenzzustände der Tragfähigkeit nach den relevanten Teilen von EN 1992 bis EN 1999 und den Dokumenten für deren nationale Umsetzung (NAD) ausgeführt werden, sofern in dieser Norm keine anderslautenden Festlegungen bestehen.

(2) Anhang A dieser Norm kann auf Glaseindeckungen angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Der Eurocode enthält noch keine Berechnungsverfahren für Glas. Wenn keine Dokumente für die nationale Umsetzung (NAD) vorhanden sind, die für Kulturgewächshäuser verwendet werden müssen, sollte Anhang A angewendet werden.

(3) Anhang D dieser Norm bietet widerspruchsfreie zusätzliche Informationen für Stahlbögen.

ANMERKUNG 2 EN 1993-1-1 enthält keine detaillierten Berechnungsverfahren zur für Gewächshausbögen. Im Anhang D ist ein Berechnungsverfahren angegeben, das auf Forschungsergebnissen und Prüfungen mit Stahlrohrbögen für mit Kunststoffolie überzogene Tunnelgewächshäuser basiert.

(4) Die Werkstoff- und Produkteigenschaften müssen den relevanten Teilen von EN 1992 bis EN 1999 und Anhang A dieser Norm für die Glaseindeckung entsprechen.

(5) Andere Werkstoffe und Produkte dürfen verwendet werden, sofern nachgewiesen werden kann, dass die Konstruktionen den beabsichtigten Zweck erfüllen und zu sicheren Ergebnissen führen.

6.3 Prüfung

Die Tragfähigkeit darf durch Prüfungen ermittelt werden, sofern die Durchführung und die Auswertung der Prüfungen nach Anhang D der EN 1990:2002 erfolgen.

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

7.1 Allgemeines

(1) Die Gebrauchstauglichkeit von Gewächshäusern, die nach 7.2 oder 7.3 als Typ A klassifiziert sind, muss so sein, dass die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit im Hinblick auf in Abschnitt 11 dargestellte Verschiebungen und Durchbiegungen unter nach Abschnitt 10 dieser Norm bestimmten Einwirkungen nicht überschritten werden.

7.2 Berechnung und Bemessung

(1) Die Berechnung für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollte nach den relevanten Teilen der EN 1992 bis EN 1999 ausgeführt werden.

(2) Wenn Werkstoff- und Produkteigenschaften den relevanten Teilen von EN 1992 bis EN 1999 nicht entsprechen, muss nachgewiesen werden, dass die Konstruktion unter Verwendung anderer Werkstoffe oder Produkte für den vorgesehenen Zweck geeignet ist und zu sicheren Ergebnissen führt.

7.3 Prüfung

Die Gebrauchstauglichkeitseigenschaften dürfen durch Prüfungen bestimmt werden, sofern Durchführung und Auswertung der Prüfungen nach EN 1990:2002, Anhang D, erfolgen.

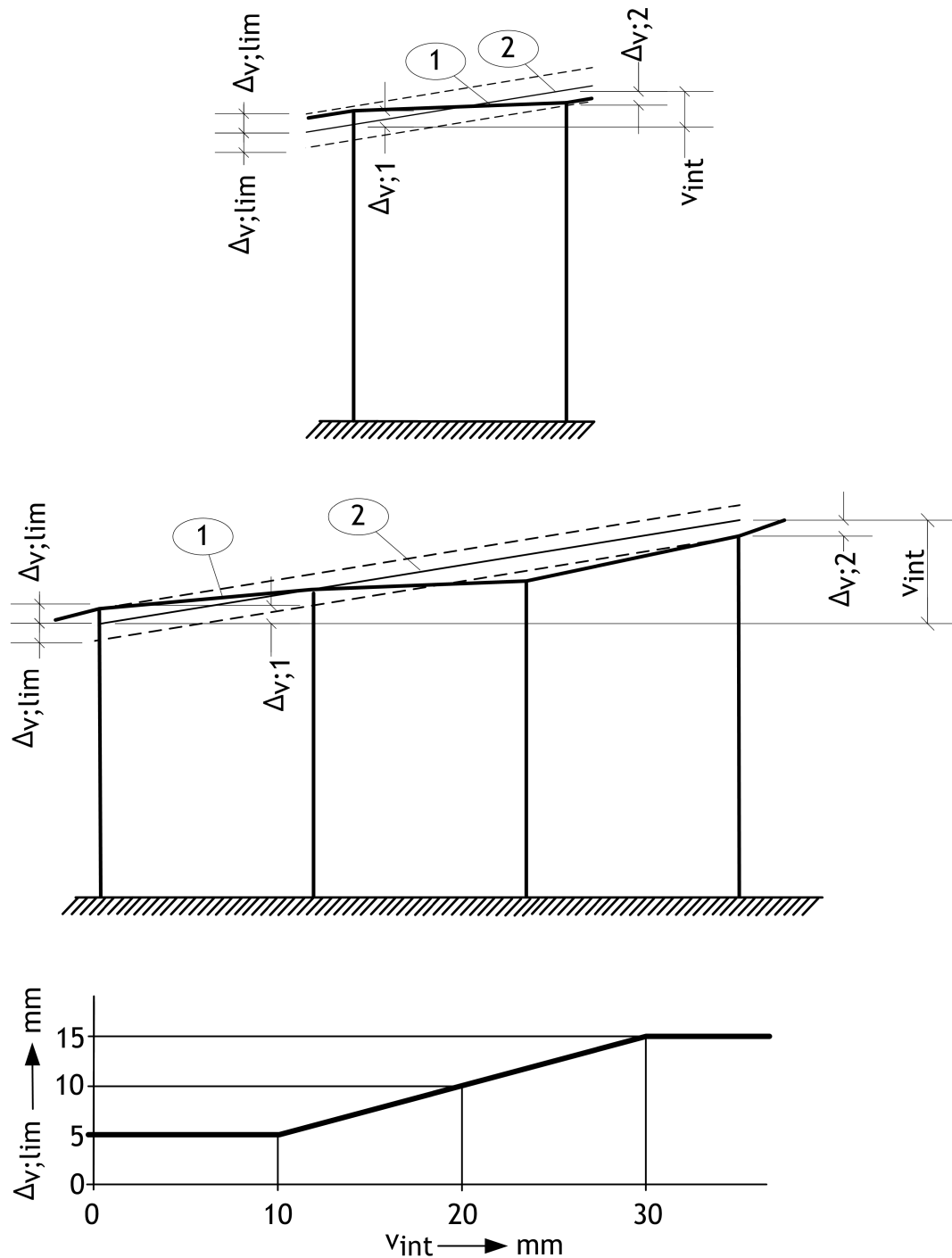
8 Grenzabweichungen

8.1 Allgemeines

(1) Die Berechnungsverfahren für Gewächshäuser sind nur gültig, wenn die Gewächshauskonstruktion 8.1, 8.2 und 8.3 entspricht.

(2) Die vertikale Lageabweichung Δ_v von der beabsichtigten Lage der Rinne an den Stützenenden darf nicht größer als $\Delta_{v;\text{lim}}$ sein, wobei $\Delta_{v;\text{lim}}$ dem halben vorgesehenen Gefälle v_{int} der Rinne pro Spannweite entspricht, jedoch nicht weniger als 5 mm und nicht mehr als 15 mm beträgt (siehe Bild 1).

ANMERKUNG Die obige Anforderung ist erfüllt, wenn $\Delta_v \leq \Delta_{v;\text{lim}}$ an jeder Position an der Rinne für ein Segment von mindestens der 3-fachen Rinnenspannweite (die Rinnenspannweite ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Stützen).



Legende

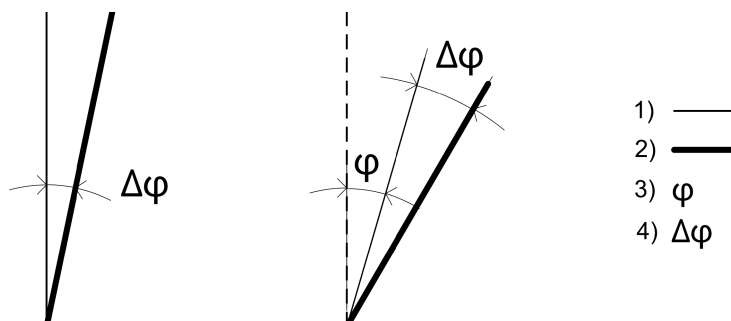
- 1 tatsächliche Lage
- 2 vorgesehene Lage

Bild 1 — Grenzwert der vertikalen Abweichung der Rinne an den Stützenenden von der vorgesehenen Lage

(3) Die Abweichung von der vorgesehenen Neigung der Stützen darf in keiner Richtung mehr als $1/200$ oder $20/h$ betragen, wobei der kleinere Wert maßgebend ist; dabei ist h die Stützenlänge in mm zwischen Fundament und Rinne (siehe Bild 2).

Bei einer Abweichung von der vorgesehenen Neigung darf der Einfluss thermischer Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Einfluss thermischer Einwirkungen sollte unter Berücksichtigung der Herstellungstemperatur der Bauteile und der neutralen Temperatur für das zu verwendende Messinstrument festgelegt werden (für beide Aspekte kann die Temperatur üblicherweise bei 20 °C angesetzt werden).



Legende

- 1 vorgesehene Lage bei der Konstruktion
- 2 tatsächliche Lage
- 3 vorgesehene Neigung
- 4 Abweichung von der vorgesehenen Neigung

Bild 2 — Abweichung von der vorgesehenen Neigung einer Stütze

(4) Die Abweichung eines Fundamentpfahls von der vorgesehenen Neigung darf nicht mehr als 1/50 betragen.

(5) Die Lage eines vorgefertigten Fundamentpfahls im Fundamentloch muss folgende Bedingungen erfüllen (siehe Bild 3):

- seine Mitte liegt innerhalb eines Kreises mit einem Radius gleich $D/5$ oder 100 mm, wobei der kleinere Wert maßgebend ist, um das Zentrum des Fundamentlochs;
- der Abstand zwischen der Kante des Pfahls und der Kante des Fundamentlochs beträgt mindestens 50 mm oder $D/8$, wobei der größere Wert maßgebend ist;
- dabei ist D der Durchmesser des Fundaments.

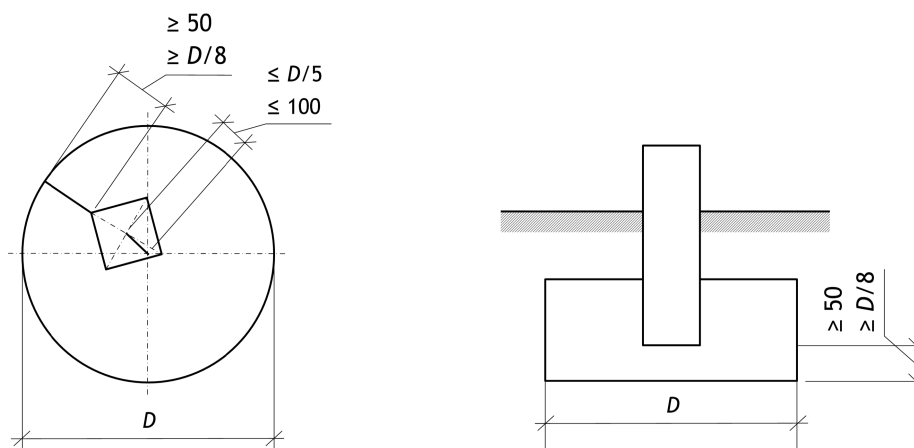


Bild 3 — Lage des vorgefertigten Fundamentpfahls innerhalb des Fundamentlochs

(6) Folgende Grenzabweichungen müssen bei Glasscheiben, die aus Kalk-Natronsilicatglas nach EN 572-1 bis EN 572-6 bestehen, und die nicht beschichtet oder nach EN 1096-1 beschichtet sind, eingehalten werden:

a) Einfachglasscheiben

Folgende Grenzabweichungen müssen bei den Nennwerten für Dicke, Länge und Breite eingehalten werden:

- normal gekühltes Glas (Floatglas und gezogenes Glas, die auch als Flachglas bekannt sind, Ornamentglas und Drahtglas) muss EN 572-1 bis EN 572-6 entsprechen;
- thermisch vorgespanntes Glas (Einscheiben-Sicherheitsglas, ESG) muss EN 12150-1 entsprechen.

Die Grenzabweichungen bei den Nennwerten für Länge und Breite dürfen bei normal gekühltem Glas von den Werten in EN 572-1 bis EN 572-6 abweichen; sie dürfen jedoch nicht kleiner sein als:

- ± 1 mm bei Floatglas und gezogenem Glas;
- ± 2 mm bei Ornamentglas;
- ± 3 mm bei Drahtglas.

b) Verbundglas

Die Grenzabweichungen bei den Nennwerten für Dicke, Länge und Breite müssen den Anforderungen von EN ISO 12543-5 entsprechen.

Die Grenzabweichungen bei den Nennwerten für Länge und Breite dürfen von den Werten in EN ISO 12543-5 abweichen; sie dürfen jedoch nicht kleiner als ± 3 mm angenommen werden.

c) Mehrscheiben-Isolierglas

Die Grenzabweichungen bei den Nennwerten für Dicke, Länge und Breite müssen den Anforderungen von EN 1279-1 entsprechen.

Die Grenzabweichungen bei den Nennwerten für Länge und Breite dürfen von den Werten in EN 1279-1 abweichen; sie dürfen jedoch nicht kleiner als ± 2 mm angenommen werden.

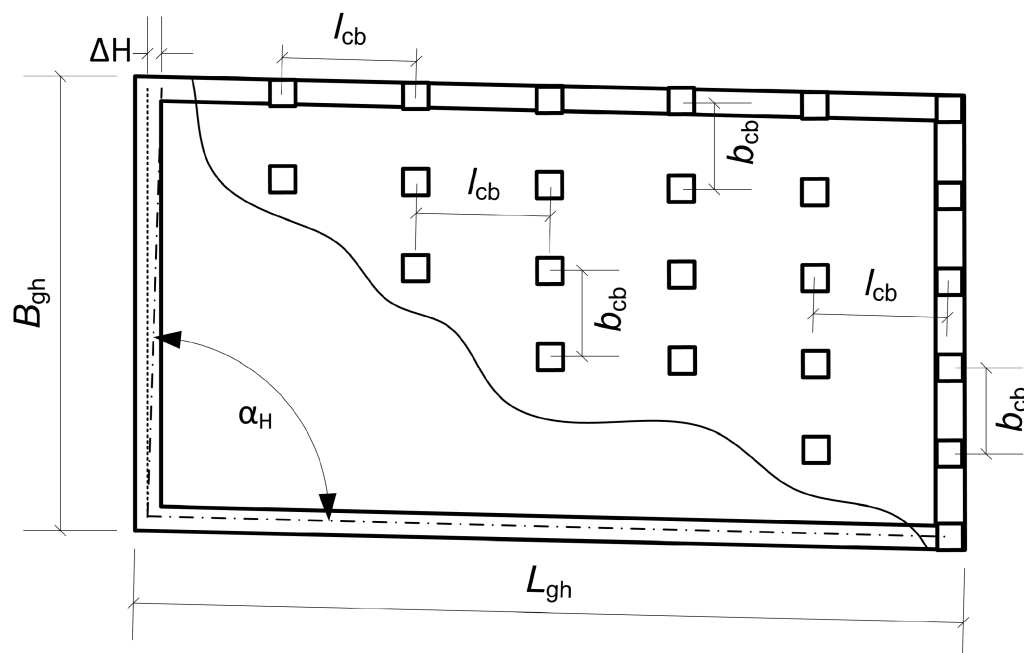
(7) Die Fertigungstoleranzen von Stahlbauteilen müssen EN 1090-1 entsprechen.

8.2 Typische Grenzabweichungen für ein Gewächshaus vom Typ A

(1) Die Abweichungen in den Abmessungen und den horizontalen Abständen zwischen Stützenfußpunkten dürfen die in der Tabelle 4 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 4 — Größte zulässige Abweichungen vom horizontalen Abstand

Abmessungen, Abstände (siehe Bild 4)	Größte Abweichung
Abstand zwischen den Stützenfußpunkten in Richtung der Länge l_{cb} und Breite b_{cb}	15 mm
Gesamtlänge des Gewächshauses L_{gh}	$\frac{1}{3\,000} L_{gh}$ oder 30 mm, der größere Wert ist maßgebend
Gesamtbreite des Gewächshauses B_{gh}	$\frac{1}{3\,000} B_{gh}$ oder 30 mm, der größere Wert ist maßgebend
Rechtwinkligkeit des Grundrisses: gemessen über B_{gh} , Abstand der Abweichung ΔH in Bezug auf α_H	$\frac{1}{3\,000} L_{gh}$ oder 15 mm, der größere Wert ist maßgebend



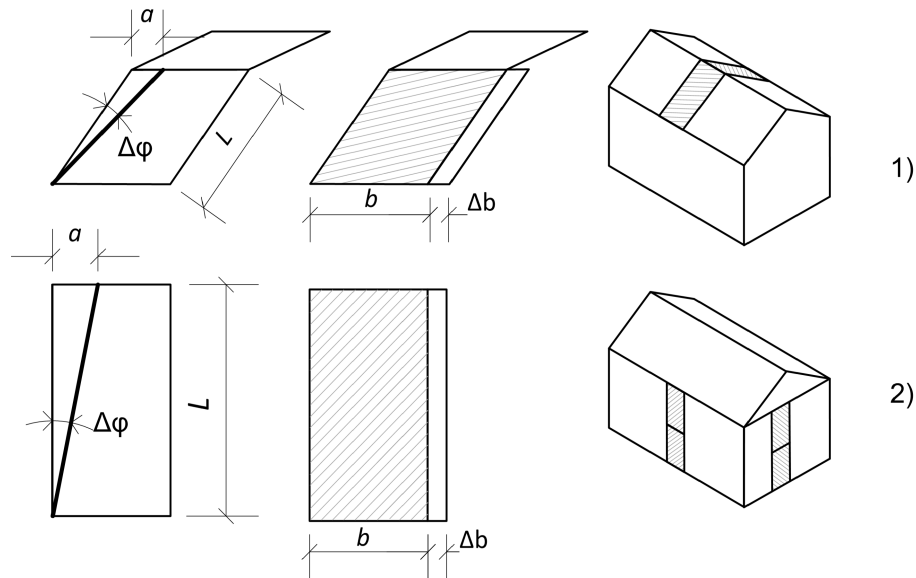
Legende

- B_{gh} Breite des Gewächshauses
- b_{cb} Abstand zwischen den Stützenfußpunkten in Richtung der Breite des Gewächshauses
- L_{gh} Länge des Gewächshauses
- l_{cb} Abstand zwischen den Stützenfußpunkten in Längsrichtung des Gewächshauses
- α_H vorgesehener Winkel zwischen den Fundamenten von Seitenwand und Giebelwand

Bild 4 — Abmessungen und horizontale Abstände zwischen den Stützenfußpunkten

(2) Die Abweichung $\Delta\varphi$ von der vorgesehenen Neigung der Sprossen in der Eindeckungsebene darf nicht mehr als $1/150$ oder $12/L$ betragen, wobei der kleinere Wert maßgebend und L die Spannweite der Sprosse in mm ist (siehe Bild 5 unter a).

(3) Die durchschnittliche Abweichung Δb vom vorgesehenen Mittenabstand b der Sprossen darf, über die Länge der Sprossen gemessen, nicht größer als die Grenzabweichung der Nennwerte der Länge und Breite der Eindeckungselemente sein (siehe Bild 5 unter b).



Legende

- 1 Dach
- 2 Wand
- a Abweichung von der vorgesehenen Neigung
- b Abweichung vom vorgesehenen Abstand

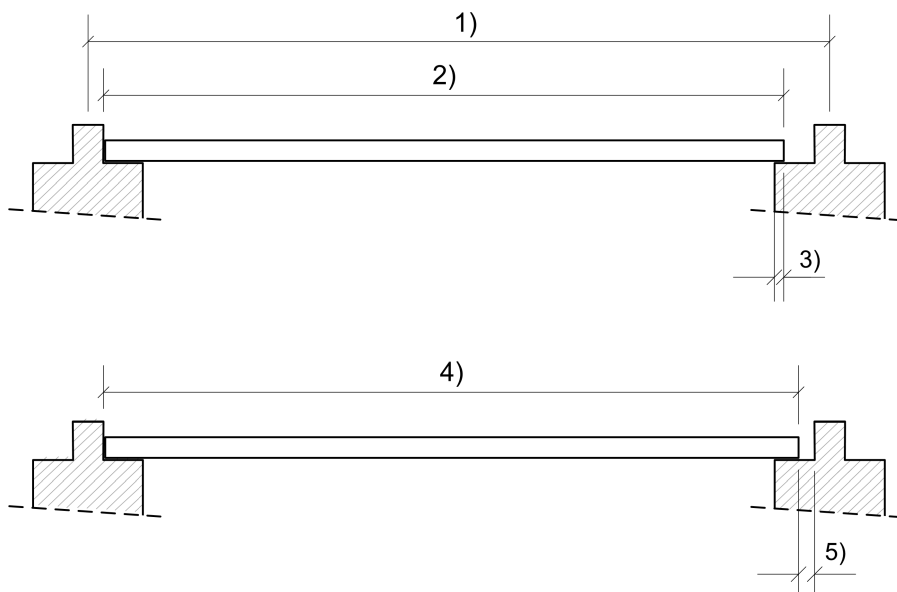
Bild 5 — Abweichungen von der vorgesehenen Lage der Sprossen

(4) Während des Einbaus der Eindeckungselemente muss die Lage der Sprossen so beschaffen sein, dass eine Beschädigung der Eindeckungselemente vermieden wird. Dies kann durch ein Freimaß von mindestens 1 mm um alle relevanten Teile der Sprossen erreicht werden.

(5) Eingebaute Eindeckungselemente müssen hinsichtlich der Auflagerbreiten und der Freimaße die folgenden Anforderungen erfüllen (siehe Bild 6):

- Der Abstand zwischen der Kante des Eindeckungselements und der Außenkante der tragenden Fläche muss im Mittel mindestens 5 mm, darf aber bei beliebiger Lage des Eindeckungselements nie weniger als 1 mm betragen. Die Erfüllung dieser Bedingung muss unter Beachtung der Lage des Eindeckungselements auf den Sprossen, der Grenzabweichungen der Nennwerte der Länge und Breite des Eindeckungselements, der Grenzabweichungen der Lage der Sprossen und der Verformungen unter den Einwirkungen nach Abschnitt 10 dieser Norm geprüft werden.
- Der Wert des Freimaßes zwischen zwei gegenüberliegenden Sprossen und das -betreffende Eindeckungselement müssen so gewählt werden, dass das Eindeckungselement nicht zwischen den Sprossen eingeklemmt wird. Die Erfüllung dieser Bedingung muss unter Beachtung der Grenzabweichungen der Nennwerte der Länge und Breite des Eindeckungselements, der Lage der Sprossen und der Verformungen unter den Einwirkungen nach Abschnitt 10 dieser Norm geprüft werden.

ANMERKUNG Für die Lage der Sprossen darf die vorgesehene Position verwendet werden, wenn die Verbindungen zwischen den Sprossen und der Unterkonstruktion konstruktiv so beschaffen sind, dass nach der Herstellung eine Verschiebung der Sprossen in ihre vorgesehene Lage möglich ist.



Legende

- 1 Nennabstand + Grenzwert für Abweichung (siehe 8.2(5))
- 2 Nennabmessung des Eindeckungselements – Grenzabweichung
- 3 Kantenabdeckung
- 4 Nennabmessung des Eindeckungselements + Grenzabweichung
- 5 Freimaß

Bild 6 — Anforderungen an den Auflagerabstand und an die Freimaße von Eindeckungselementen

8.3 Spezifische Grenzabweichungen für ein Gewächshaus vom Typ B

(1) Die Abweichungen in den Abmessungen und den horizontalen Abständen zwischen Stützenfußpunkten dürfen die in der Tabelle 5 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 5 — Größte zulässige Abweichungen bei den horizontalen Abständen

Abmessungen, Abstände (siehe Bild 4)	Größte Abweichung
Abstand zwischen den Stützenfußpunkten in Richtung der Länge und der Breite	30 mm
Gesamtlänge des Gewächshauses L_{gh}	$\frac{1}{1\,500} L_{gh}$ oder 60 mm, der größere Wert ist maßgebend
Gesamtbreite des Gewächshauses B_{gh}	$\frac{1}{1\,500} B_{gh}$ oder 60 mm, der größere Wert ist maßgebend

(2) Für Bögen Gewächshäusern vom Typ B5 darf die Abweichung von der vorgesehenen Neigung der Bogenebene nicht mehr als 1/50 betragen.

ANMERKUNG Diese größeren Grenzabweichungen sind zulässig, weil bei der Konstruktion größere Fehler vorgesehen sind. In Anhang D dieser Norm wird eine Berechnungsmethode für Bögen beschrieben, die größere Fehler berücksichtigt.

9 Beständigkeit, Wartung und Reparatur

9.1 Allgemeines

Die Berechnungsverfahren für Gewächshäuser sind nur gültig, wenn die Gewächshauskonstruktion die Anforderungen nach 9.2 erfüllt. 9.3 bezieht sich auf die Überlegungen zur sicheren Ausführung von Wartungs- und Reparaturmaßnahmen.

9.2 Beständigkeit

Gewächshauskonstruktionen müssen mit einem solchen Schutz gegen Korrosion und Verschlechterung ihres Zustandes versehen sein, dass die Standsicherheit über einen Zeitraum erhalten bleibt, der nicht geringer ist als die Bemessungsnutzungsdauer nach 5.2.3 dieser Norm.

9.3 Wartung und Reparatur

(1) Konzentrierte Lasten auf der Eindeckung sind zu vermeiden.

Personen dürfen auf keinen Fall auf Eindeckungselemente treten und dürfen sich nicht ohne ein Sicherheitssystem zum Transport von Menschen auf dem Dach aufhalten.

(2) Es sollten Vorrichtungen vorgehalten werden, um gefährliche Situationen für Personen während des Aufstiegs zum und Aufenthalts auf dem Dach sowie beim Transport von schweren Werkstoffen und Ausrüstungen auf dem Dach zu vermeiden, die für Reinigungs-, Wartungs oder Reparaturarbeiten erforderlich sind.

(3) Um die Gefahren, die mit Arbeiten auf dem Dach verbunden sind, zu vermeiden, sollten für Reparaturen erforderliche lose Werkstoffe, schwere Bauteile und Ausrüstungen entweder innerhalb des Gewächshauses bis zum Einsatzort transportiert und dann durch das Dach hochgezogen, oder mit einer speziellen Einrichtung über das Dach transportiert werden.

(4) Die Gewächshaushersteller müssen für diejenigen, die auf den Dächern von Gewächshäusern arbeiten, ein Handbuch mit Gewächshausspezifikationen herausgeben, das bei der Konstruktion berücksichtigte Lasten für Wartungsarbeiten in Verbindung mit Anweisungen zur Vermeidung von Lastkonzentrationen durch Werkstoffe auf dem Dach enthält (siehe Anhänge F und G dieser Norm).

ANMERKUNG Konstruktionskriterien für den Zugang zu Gewächshäusern, z. B. Dachaufgänge, Laufstege oder Dachleitern sind kein normativer Bestandteil dieser Norm. Die Angaben im informativen Anhang G sind Empfehlungen.

10 Einwirkungen auf Gewächshäuser

10.1 Allgemeines

(1) Einwirkungen müssen den relevanten Teilen von Eurocode EN 1991 bis EN 1998 und den Dokumenten für die nationale Umsetzung (NAD) entnommen werden. Auch zu berücksichtigende gewächshausspezifische Einwirkungen sind in folgenden Abschnitten angegeben.

(2) Charakteristische Werte veränderlicher Einwirkungen und Erdbeben dürfen an den Bezugszeitraum für die Bemessungsnutzungsdauer von klassifizierten Gewächshäusern nach 5.3(4) angepasst werden.

10.2 Repräsentative Werte der Einwirkungen

10.2.1 Ständige Einwirkungen

10.2.1.1 Eigengewicht G_{k1}

(1) Ständige Einwirkungen sind Einwirkungen durch das Eigengewicht tragender und nicht tragender Bauteile der Konstruktion, ausgenommen Installationen, auch wenn diese ständig einwirken.

(2) Charakteristische Werte des Eigengewichts von Bauteilen müssen nach EN 1991-1-1 bewertet werden.

10.2.1.2 Einwirkungen durch ständig vorhandene Installationen G_{k2}

(1) Einwirkungen durch ständig vorhandene Installationen sind Einwirkungen, die sich aus dauerhaft installierten Ausrüstungen, wie z. B. Heizungs-, Kühl-, Beleuchtungs-, Beschattungs-, Bewässerungs- und Lüftungsanlagen, ergeben.

(2) Charakteristische Werte des Eigengewichts fester Ausrüstungen müssen nach EN 1991-1-1 bewertet werden.

(3) Bei Gewächshäusern vom Typ A15 muss die charakteristische Einwirkung durch Installationen für Heizung, Beschattung, Kühlung, Beleuchtung und Lüftung mit einer Grundfläche von wenigstens $g_{k2} = 0,7 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

In Kombination mit nach oben wirkenden Windeinwirkungen (Anheben) auf das Gewächshausdach, muss auch $g_{k2} = 0 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt werden.

(4) Der charakteristische Wert der Einwirkungen durch die Hauptvor- und -rücklaufrohre der Heizung muss das Eigengewicht der Rohre mit Füllung enthalten.

(5) Wenn Gewächshauskonstruktionen waagerechte Kabel und Drähte für Beschattungs- oder Bewässerungsausrüstungen aufnehmen, müssen die aus den Ausrüstungen selbst und ihrer Benutzung resultierenden Kräfte in Betracht gezogen werden, siehe auch 10.2.2.3.

10.2.2 Veränderliche Einwirkung

10.2.2.1 Windeinwirkungen Q_{k1}

(1) Charakteristische Werte der Windeinwirkungen müssen nach EN 1991-1-4 und dem Dokument für die nationale Umsetzung (NAD) berechnet werden.

(2) Anhang B dieser Norm enthält zusätzliche Angaben zu 10.2.2.1, um spezielle Eigenschaften von Gewächshauskonstruktionen zu berücksichtigen, wie:

- Bezugshöhe z_e für Gewächshäuser;
- Größeneffekt bei der Reaktion von Gewächshäusern mit sehr großer Bodenfläche auf Windböen;
- Korrelation von windseitig-windabgewandten Drücken für Wände und Gewächshausdächer;
- aerodynamische Druckkoeffizienten für besondere Gewächshauskonstruktionen mit glatter Eindeckung wie z. B. Folien, Kunststoff oder Glas.

(3) Für Windlasten, die auf einer Gumbel-Verteilung der höchsten jährlichen Winddaten, z. B. Geschwindigkeit, basieren, kann der Anpassungsfaktor $f_w(n)$ mit den wahrscheinlichkeitsbasierten Parametern K und n verwendet werden:

$$f_w(n) = c_{\text{prob}}^2 = \left\{ \frac{\left[1 - K \ln \frac{1}{n} \right]^n}{\left[1 - K \ln \frac{1}{50} \right]^n} \right\}^2$$

Dabei ist

- c_{prob} der Wahrscheinlichkeitsfaktor für die Anpassung der Windgeschwindigkeit;
- n der Bezugszeitraum für die Bemessungsnutzungsdauer, siehe 5.3.4;
- K der Formparameter in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten V der höchsten jährlichen Winddaten;
- n der Exponent der Wahrscheinlichkeitsfunktion.

Die wahrscheinlichkeitsbasierten Parameter für die Verteilung müssen dem Dokument für die nationale Umsetzung von EN 1991-1-4 entnommen werden. Ansonsten kann die Empfehlung aus EN 1991-1-4:2005, 4.2, Anmerkung 5, verwendet werden: $K = 0,2$ und $n = 0,5$, für einen Variationskoeffizienten von $V = \frac{\pi}{\sqrt{6} \left(0,577216 + \frac{1}{K} \right)} = 23$ des Winddrucks unter Verwendung einer Gumbel-Verteilung.

10.2.2.2 Schneeeinwirkungen Q_{k2}

(1) Charakteristische Werte der Schneeeinwirkungen müssen nach EN 1991-1-3 und dem Dokument für die nationale Umsetzung (NAD) berechnet werden.

(2) Für charakteristische Schneelasten am Boden $s_{k,50}$ basierend auf einer Gumbel- oder einer Lognormal-Verteilung der größten jährlichen Schneelast, kann der Anpassungsfaktor $f_s(n)$ verwendet werden:
 $s_{k,n} = f_s(n) \cdot s_{k,50}$.

Gumbel: $f_s(n) = \frac{1 - V \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(\ln \frac{1}{n} + 0,577216 \right)}{1 + 2,6V}$

Lognormal: $f_s(n) = e^{(k_n - k_{50}) \sqrt{\ln(1+V^2)}}$

Dabei ist

- n der Bezugszeitraum für die Bemessungsnutzungsdauer, siehe 5.3(4);
- k_n der Quantilwert der negativ-inversen Standard-Normalverteilung:
 $k_n = -\Phi^{-1}(P_1(n))$ mit der jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit $P_1(n)$ nach 5.3(4), Tabelle 4;
- k_{50} der Bezugs-Quantilwert für $n = 50$ Jahre : $k_{50} = k_n(50) = 2,0579$;
- V der Variationskoeffizient der größten jährlichen Schneelast.

Der Variationskoeffizient muss dem Dokument zur nationalen Umsetzung für EN 1991-1-3 entnommen werden. Ansonsten sollte meteorologische Beratung gesucht werden. Wenn die Schneelast verringert werden muss ($f_s(n) < 1$), muss der Mindestwert von V verwendet werden. Wenn nichts anderes zur Verfügung steht, kann $\min V = 0,2$ angenommen werden.

(3) Anhang C dieser Norm enthält widerspruchsfreie, zusätzliche Angaben zu besonderen Bedingungen zur Verwendung bei Gewächshäusern und Eigenschaften der Konstruktionen, wie:

- Formkoeffizienten für das Rutschen und Ansammlungen von Dachschnee für Gewächshäuser mit glatter Eindeckung, und Wärmeübertragung durch die Eindeckung ($\min \theta_i \geq 5^\circ\text{C}$).
- Temperaturkoeffizienten C_t für die Reduzierung von Dachschnee durch Schmelzen für Gewächshäuser mit transparenter, Wärme übertragender Eindeckung ($U_0 \geq 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) und geregelter Heizung ($\min \theta_i \gg 5^\circ\text{C}$).

10.2.2.3 Pflanzeneinwirkungen Q_{k3}

(1) Pflanzeneinwirkungen sind Einwirkungen, die von Pflanzen ausgeübt werden, die auf das Bauwerk gestützt oder daran aufgehängt sind.

(2) Charakteristische Werte des Eigengewichts von Pflanzen, Feldfrüchten, Behältern und dem Pflanzsubstrat müssen nach EN 1991-1-1 bewertet werden. Pflanzeneinwirkungen sollten als vertikal und gleichmäßig verteilt betrachtet werden.

Ständige Lasten durch Bewässerungssysteme, Rinnenkultur, Behälter, Pflanzsubstrat usw. dürfen nicht als Pflanzeneinwirkungen Q_{k3} betrachtet werden, sondern als Einwirkungen durch ständig vorhandene Installationen G_{k2} nach 10.2.1.2.

(3) Pflanzeneinwirkungen q_{k3} dürfen nicht geringer als die in Tabelle 6 angegebenen Mindestwerte angenommen werden.

Tabelle 6 — Mindestwerte für Pflanzeneinwirkungen q_{k3} und damit verbundene Einwirkungen von Installationen g_{k2}

Pflanzen	Mindestwerte für Pflanzeneinwirkungen $\min q_{k3}$ kN/m^2	Mindestwert für Kulturrinnen, Behälter, Pflanzsubstrate usw. $\min q_{k2}$ kN/m^2
Erdbeeren	0	0,30
Tomaten	0,20	0,13
Paprika	0,12	0,15
andere Gemüse	0,15	0,13

(4) Wo Pflanzen an horizontalen Drähten hängen, sollten Zuschläge für die Kräfte der Drähte gemacht werden:

ANMERKUNG 1 Die Horizontalkraft pro Draht darf wie folgt angesetzt werden:

$$F_{\text{wire}} = q_{k3} a \frac{l_{\text{wire;sup}}^2}{8u_{\text{wire}}}$$

Dabei ist

- F_{wire} die Horizontalkraft pro Draht;
- q_{k3} die charakteristische Pflanzeneinwirkung;
- a der Abstand zwischen den Drähten;
- $l_{\text{wire;sup}}$ der Abstand zwischen den Befestigungspunkten des Drahts (Feldlänge);
- u_{wire} die Durchbiegung des belasteten Drahts.

ANMERKUNG 2 Empfohlenen Werte für u_{wire} sind: $l_{\text{wire;u}}/30$ bei einem Belastungsniveau von $q_{k3} = 0,15 \text{ kN/m}^2$.

Die Horizontalkraft pro Draht muss unter Berücksichtigung der Wirkung von Verschiebungen der Gewächshauskonstruktion durch Temperatureinflüsse berechnet werden.

10.2.2.4 Konzentrierte vertikale Einwirkungen Q_{k4}

- (1) Konzentrierte vertikale Einwirkungen sind Einwirkungen, die aus Wartungs- oder Reparaturarbeiten herrühren.
- (2) Mindestwerte für konzentrierte vertikale Einwirkungen, die auf eine Oberfläche von $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ oder über eine Länge von 100 mm und die volle Breite eines tragenden Bauteils einwirken, das schmaler ist als 100 mm , sind in Tabelle 7 angegeben; diese müssen verwendet werden.

Tabelle 7 — Mindestwerte für konzentrierte vertikale Einwirkungen

Konzentrierte vertikale Einwirkungen	Mindestwert für konzentrierte vertikale Einwirkung min q_{k4} kN
Einwirkung auf die Rinne	1,5
Einwirkung auf die Rahmenkonstruktion	1,0
Einwirkung auf untergeordnete Bauteile wie Sprossen oder Firstprofil	0,35 ^a
^a Nur für Gewächshäuser vom Typ A15. Für einschiffige Dächer ohne Rinne darf $q_{k4} = 0$ angesetzt werden.	

10.2.2.5 Einwirkungen durch nichtständige Installationen Q_{k5}

- (1) Einwirkungen durch nichtständige Installationen sind Einwirkungen unterschiedlicher Größenordnung, die aus beweglichen Ausrüstungen herrühren, wie z. B. Kranbrücken auf Schienen, die von der Konstruktion getragen werden, oder entlang des Dachs laufende Reinigungsausrüstungen, einschließlich Bedienpersonal.
- (2) Charakteristische Werte der Einwirkungen durch bewegliche Anlagen müssen auf Basis vom Hersteller bereitgestellter Daten bewertet werden, wie z. B. Einzelheiten zu Lastübertragung, Eigengewicht der kompletten Ausrüstung und Tragfähigkeit. Brems- und Beschleunigungskräfte von Transportausrüstungen sollten ebenfalls berücksichtigt werden.

10.2.2.6 Thermische Einwirkungen Q_{k6}

(1) Thermische Einwirkungen sind Einwirkungen, die sich aus klimatischen und betriebsbedingten Temperaturunterschieden und -wechseln ergeben.

(2) Nach EN 1991-1-5 und den Dokumenten für die nationale Umsetzung (NAD) müssen thermische Einwirkungen auf solche Konstruktionen und Bauteile berücksichtigt werden, die die durch thermische Einwirkung verursachten Bewegungen und Belastungen nicht tolerieren.

(3) Für Gewächshäuser müssen die charakteristischen Werte der thermischen Einwirkungen durch Temperaturunterschiede, die innerhalb einer Zeitspanne von 24 h auftreten können, abgeleitet werden. Wenn keine Dokumente für die nationale Umsetzung (NAD) für Gewächshäuser vorhanden sind, können die charakteristischen Werte der Temperaturbereiche für gemäßigtes europäisches Klima aus Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 8 — Charakteristische Werte für die Temperaturbereiche innerhalb von 24 h

Bauteil	Temperaturbereich innerhalb von 24 h	
Temperaturbereiche für Rinnen	a) Sommer:	— für dunkel eingefärbte Oberflächen: 20 °C bis 60 °C — für hell eingefärbte Oberflächen: 20 °C bis 40 °C
	b) Winter:	20 °C bis –10 °C
Temperaturbereiche für Bauteile innerhalb eines Gewächshauses	a) Sommer:	20 °C bis 40 °C
	b) Winter:	20 °C bis –10 °C

(4) Bei Gewächshäusern vom Typ B brauchen thermische Einwirkungen nicht berücksichtigt werden, wenn die Länge und/oder Breite des Gewächshauses kleiner als 150 m sind.

(5) Anhang H.2 dieser Norm enthält Leitlinien zu konstruktiven Ausführungen, die die Auswirkungen von Temperaturwechseln kompensieren.

10.2.3 Außergewöhnliche Einwirkungen

10.2.3.1 Stoßlasten

(1) Für Leichtbaukonstruktionen von Kulturgewächshäusern können von landwirtschaftlichen Fahrzeugen im Innern verursachte, außergewöhnliche Stoßlasten vernachlässigt werden, siehe EN 1991-1-7:2007, 4.1(1). Für andere (nicht bekannte) Ursachen gilt EN 1991-1-7:2007, A.4(1) a).

(2) In speziellen Fällen können Stoßlasten nach EN 1991-1-7:2007, Anhang C unter Verwendung vom Hersteller bereitgestellter Daten, wie Eigengewicht, Gesamtmasse, Stoßhöhe und Geschwindigkeit des landwirtschaftlichen Fahrzeugs bestimmt werden.

10.2.3.2 Außergewöhnliche Schneeeinwirkungen A_d

(1) Außergewöhnlichen Schneeeinwirkungen sind Einwirkungen, die durch extreme Schneefälle mit längeren Wiederholungsperioden als üblich verursacht werden und die durch Verwendung unterschiedlicher statistischer Methoden behandelt werden können.

(2) Bemessungswerte für außergewöhnliche Schneeeinwirkungen müssen nach EN 1991-1-3 und dem Dokument für die nationale Umsetzung (NAD) ermittelt werden.

(3) Wenn das Format $A_d = C_{esl} \cdot s_{k,50}$ verwendet wird, kann der charakteristische Wert s_k nach 10.2.2.2 behandelt werden.

(4) Anhang C dieser Norm enthält zusätzliche Angaben für spezielle Fälle von Gewächshauskonstruktionen.

11 Verschiebungen und Durchbiegungen (SLS)

11.1 Verschiebungen bei Gewächshäusern vom Typ A

11.1.1 Verschiebungen von Stützenfußpunkten

Verschiebungen von Stützenfußpunkten auf den Fundamenten, an denen die Stützen verbunden sind, dürfen in horizontaler und/oder vertikaler Richtung nicht mehr als 5 mm betragen.

11.1.2 Verschiebungen auf der Rinnenebene

(1) Die Horizontalverschiebungen des Gewächshauses auf der Rinnenebene in Rinnenrichtung müssen folgende Anforderung erfüllen (siehe Bild 7):

$$u_{h; //} \leq u_{h; sw; //; \lim} + u_{h; r; //; \lim}$$

$$u_{h; //} \leq h/75$$

$$u_{h; //} \leq 60 \text{ mm} \quad \text{nur für Verschiebungen auf der Rinnenebene unter Windeinwirkungen}$$

Dabei ist

$u_{h; //}$ die rechnerische Horizontalverschiebung des Gewächshauses auf der Rinnenebene in Rinnenrichtung;

$u_{h; sw; //; \lim}$ der Grenzwert der Horizontalverschiebung der Seitenwand auf der Rinnenebene in Rinnenrichtung infolge des Freimaßes der Eindeckungselemente in der Seitenwand nach 11.1.2(3);

$u_{h; r; //; \lim}$ der Grenzwert der Horizontalverschiebung des Dachs in Rinnenrichtung infolge des Freimaßes der Eindeckungselemente im Dach nach 11.1.2(5);

h die Länge der Stütze zwischen dem Fundament und der Rinne.

ANMERKUNG Die in 11.1.2(3) und 11.1.2(5) festgelegten Berechnungsverfahren liefern die Grenze für parallel zur Oberfläche der Eindeckung verlaufende Verschiebungen und Neigungswinkel. Verschiebungen eines Gewächshauses könnten auch durch die Verwendung von Ausrüstungen, die sich durch das Gewächshaus bewegen, begrenzt werden.

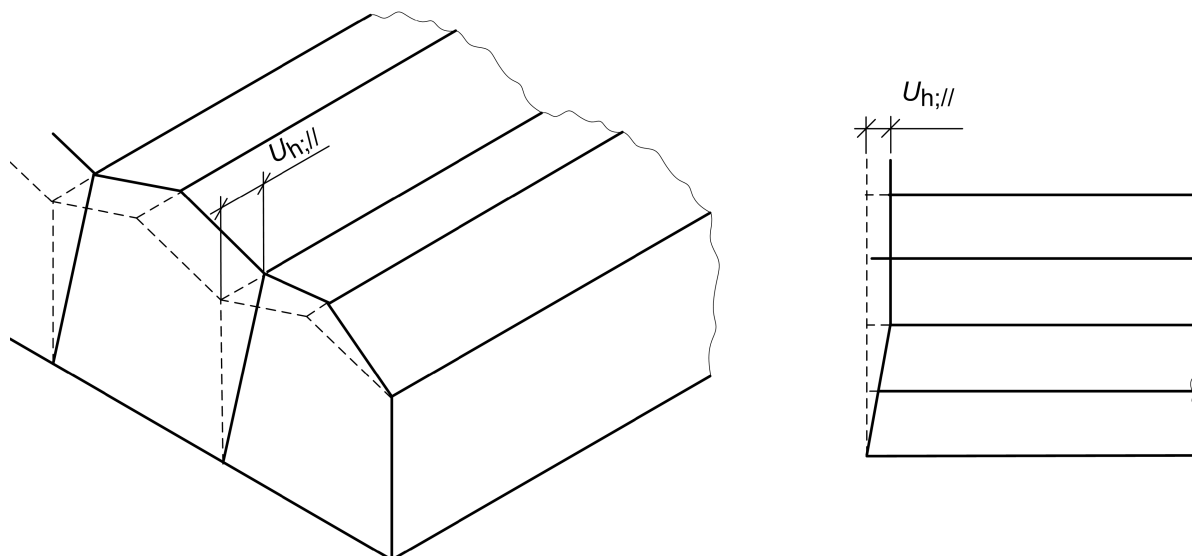


Bild 7 — Horizontalverschiebung eines Gewächshauses auf der Rinnenebene in Rinnenrichtung

(2) Die Horizontalverschiebungen des Gewächshauses auf der Rinnenebene rechtwinklig zur Rinnenrichtung muss die folgende Anforderung erfüllen (siehe Bild 8):

$$u_{h,\perp} \leq u_{h,gw,\perp;lim} + u_{h;r,\perp;lim}$$

$$u_{h,\perp} \leq h/75$$

$$u_{h,\perp} \leq 60 \text{ mm (nur für Verschiebungen auf der Rinnenebene unter Windeinwirkungen)}$$

Dabei ist

$u_{h,\perp}$ die rechnerische Horizontalverschiebung des Gewächshauses auf der Rinnenebene, rechtwinklig zur Rinnenrichtung;

$u_{h,gw,\perp;lim}$ der Grenzwert der Horizontalverschiebung der Giebelwand auf der Rinnenebene rechtwinklig zur Rinnenrichtung infolge des Freimaßes der Eindeckungselemente in der Giebelwand, nach 11.1.2(4);

$u_{h;r,\perp;lim}$ der Grenzwert der Horizontalverschiebung des Dachs rechtwinklig zur Rinnenrichtung infolge des Freimaßes der Eindeckungselemente im Dach, nach 11.1.2(6);

h die Länge der Stütze zwischen dem Fundament und der Rinne.

ANMERKUNG Die in 11.1.2(4) und 11.1.2(6) festgelegten Berechnungsverfahren liefern die Grenze für parallel zur Oberfläche der Eindeckung verlaufende Verschiebungen und Neigungswinkel. Verschiebungen eines Gewächshauses könnten auch durch die Verwendung von Ausrüstungen, die sich durch das Gewächshaus bewegen, begrenzt werden.

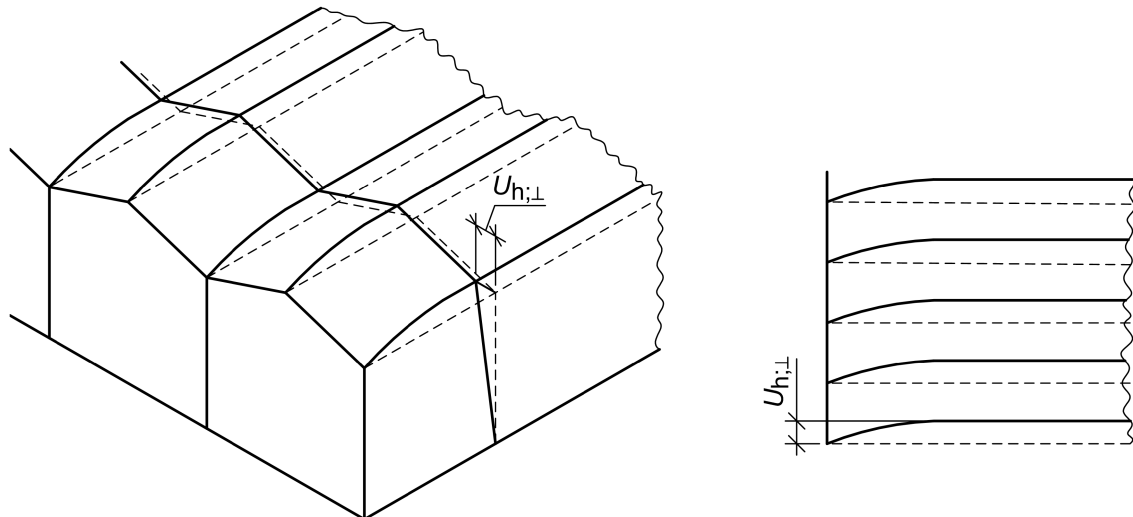


Bild 8 — Horizontalverschiebungen eines Gewächshauses auf der Rinnenebene rechtwinklig zur Rinne

(3) Der zulässige Grenzwert der Horizontalverschiebung $u_{h;sw;///;lim}$ der Seitenwand auf der Rinnenebene in Rinnenrichtung muss aus dem möglichen Spiel der Eindeckungselemente zwischen den Sprossen ermittelt werden (siehe Bild 9).

Bei der Ermittlung dieses Grenzwerts müssen die Nennabmessungen der Länge und Breite der Eindeckungselemente und die in 8.2.5 beschriebenen Freimaße beachtet werden.

Für Seitenwände mit Aussteifungen muss der Grenzwert $u_{h;sw;///;lim}$ in der Nähe der Aussteifungen mit dem Wert 0 angesetzt werden.

ANMERKUNG Für vierseitig gelagerte Eindeckungselemente darf der Grenzwert $u_{h;sw;///;lim}$ wie folgt angesetzt werden:

$$u_{h;sw;///;lim} = \left(c_{w;c;sw} + c_{h;c;sw} \frac{h_{c;sw}}{w_{c;sw}} \right) \frac{h}{h_{c;sw}}$$

oder

$$u_{h;sw;///;lim} = \frac{h}{w_{c;sw}} \sqrt{2c_{w;c;sw}w_{c;sw}}$$

wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Dabei ist

- $c_{h;c;sw}$ das Freimaß des Eindeckungselements rechtwinklig zur Längsrichtung der Seitenwand;
- $c_{w;c;sw}$ das Freimaß des Eindeckungselements in Längsrichtung der Seitenwand;
- $h_{c;sw}$ die Höhe des größten Eindeckungselements rechtwinklig zur Längsrichtung der Seitenwand;
- $w_{c;sw}$ die Breite des größten Eindeckungselements in Längsrichtung der Seitenwand;
- h die Länge der Stütze zwischen dem Fundament und der Rinne;
- u_{lim} ist $u_{h;sw;///;lim}$ oder $u_{h;gw;⊥;lim}$ oder $u_{h;r;///;lim}$ oder $u_{h;r;⊥;lim}$.

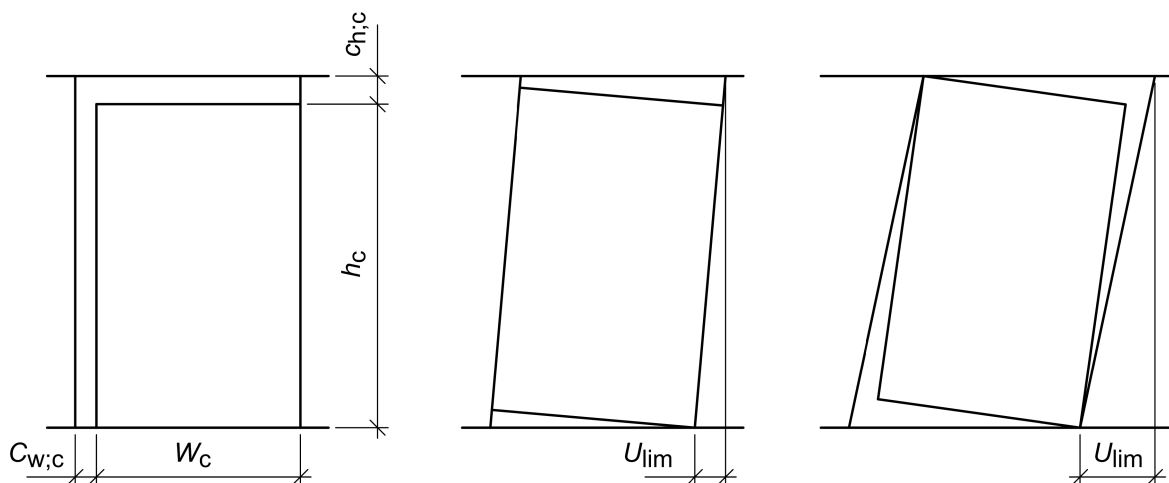


Bild 9 — Grenzwerte für das Spiel von Eindeckungselementen

(4) Der Grenzwert $u_{h;gw;\perp;lim}$ der Horizontalverschiebung der Giebelwand auf der Rinnenebene rechtwinklig zur Rinnenrichtung muss aus dem möglichen Spiel des Eindeckungselements zwischen den Sprossen ermittelt werden (siehe Bild 9).

Bei der Ermittlung dieses Grenzwerts müssen die Nennabmessungen der Länge und Breite der Eindeckungselemente und die in 8.2.5 beschriebenen Maßabweichungen beachtet werden.

Für Giebelwände mit Aussteifungen muss der Grenzwert $u_{h;gw;\perp;lim}$ in der Nähe der Verbände mit dem Wert 0 angesetzt werden.

Für vierseitig gelagerte Eindeckungselemente darf der Grenzwert $u_{h;gw;\perp;lim}$ wie folgt angesetzt werden:

$$u_{h;gw;\perp;lim} = \left(c_{w;c;gw} + c_{h;c;gw} \frac{h_{c;gw}}{w_{c;gw}} \right) \frac{h}{h_{c;gw}}$$

oder

$$u_{h;gw;\perp;lim} = \frac{h}{w_{c;gw}} \sqrt{2c_{w;c;gw}w_{c;gw}}$$

wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Dabei ist

- $c_{h;c;gw}$ das Freimaß des Eindeckungselements rechtwinklig zur Längsrichtung der Giebelwand;
- $c_{w;c;gw}$ das Freimaß des Eindeckungselements in Längsrichtung der Giebelwand;
- $h_{c;gw}$ die Höhe des größten Eindeckungselements rechtwinklig zur Längsrichtung der Seitenwand;
- $w_{c;gw}$ die Breite des größten Eindeckungselements in Längsrichtung der Seitenwand;
- h die Länge der Stütze zwischen dem Fundament und der Rinne.

(5) Der Grenzwert der Horizontalverschiebung $u_{h;r;//;lim}$ des Dachs in Rinnenrichtung muss aus dem möglichen Spiel des Eindeckungselements zwischen den Sprossen ermittelt werden (siehe Bild 9).

Bei der Ermittlung dieses Grenzwerts müssen die Nennabmessungen der Länge und Breite des Eindeckungselements und die in 8.2.5 beschriebenen Freimaße beachtet werden.

Für vierseitig gelagerte Eindeckungselemente darf der Grenzwert $u_{h;r;\parallel;\lim}$ wie folgt angesetzt werden:

$$u_{h;r;\parallel;\lim} = \left(c_{w;c;r} + c_{h;c;r} \frac{h_{c;r}}{w_{c;r}} \right) \frac{n_r d_r}{h_{c;r}}$$

oder

$$u_{h;r;\parallel;\lim} = \frac{n_r d_r}{h_{c;r}} \sqrt{2 c_{w;c;r} w_{c;r}}$$

wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Dabei ist

- $c_{h;c;r}$ das Freimaß des Eindeckungselements rechtwinklig zur Dachlängsrichtung;
- $c_{w;c;r}$ das Freimaß des Eindeckungselements in Dachlängsrichtung;
- $h_{c;r}$ die Höhe des größten Eindeckungselements rechtwinklig zur Dachlängsrichtung;
- $w_{c;r}$ die Breite des größten Eindeckungselements in Dachlängsrichtung;
- d_r der Abstand zwischen der Rinne und dem First;
- n_r die Anzahl der Firste zwischen Rinnen, die durch Stützen unterstützt sind.

(6) Der Grenzwert der Horizontalverschiebung $u_{h;r;\perp;\lim}$ des Dachs rechtwinklig zur Rinnenrichtung muss aus dem möglichen Spiel des Eindeckungselements zwischen den Sprossen ermittelt werden (siehe Bild 9).

Bei der Ermittlung dieses Grenzwerts müssen die Nennabmessungen der Länge und Breite der Eindeckungselemente und die in 8.2.5 beschriebenen Maßabweichungen beachtet werden.

Für vierseitig gelagerte Eindeckungselemente darf der Grenzwert $u_{h;r;\perp;\lim}$ für eine Rinnenspannweite wie folgt angesetzt werden:

$$u_{h;r;\perp;\lim} = \left(c_{w;c;r} + c_{h;c;r} \frac{h_{c;r}}{w_{c;r}} \right) \frac{d_g}{h_{c;r}}$$

oder

$$u_{h;r;\perp;\lim} = \frac{d_g}{w_{c;r}} \sqrt{2 c_{w;c;r} w_{c;r}}$$

wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Dabei ist

- $c_{h;c;r}$ das Freimaß des Eindeckungselements rechtwinklig zur Dachlängsrichtung;
- $c_{w;c;r}$ das Freimaß des Eindeckungselements in Dachlängsrichtung;

- $h_{c,r}$ die Höhe des größten Eindeckungselements rechtwinklig zur Dachlängsrichtung;
- $w_{c,r}$ die Breite des größten Eindeckungselements in Dachlängsrichtung;
- d_g der Abstand zwischen dem betrachteten Rahmen und der Giebelwand. Dieser Wert darf nicht größer sein als:
- der tatsächliche Abstand zwischen dem betrachteten Rahmen und der nächstgelegenen Giebelwand;
 - das Vierfache des Abstands zwischen zwei angrenzenden Rahmen ≤ 25 m.

11.1.3 Verschiebungen von Bögen

(1) Horizontal- und Vertikalverschiebungen von Bögen müssen den folgenden Anforderungen genügen:

$$u_h \leq \frac{1}{100} h_a$$

$$u_v \leq \frac{1}{100} h_a$$

Dabei ist

- h_a die Höhe des Bogens ohne die Höhe der Stütze;
- u_h die Horizontalverschiebung des Bogens;
- u_v die Vertikalverschiebung des Bogens.

11.2 Durchbiegungen bei Gewächshäusern vom Typ A

11.2.1 Allgemeines

(1) Die Durchbiegungen unterliegen 11.2.2, sofern nicht in einer gründlichen Berechnung, einschließlich dynamischer Anteile falls relevant, nachgewiesen wird, dass die Eindeckungselemente oder andere Bauteile infolge von Verformungen nicht versagen und dass die Abführung von Regenwasser nicht beeinträchtigt ist.

Das Grenzkriterium für die Eindeckungselemente ist, dass sie fest zwischen den Sprossen sitzen.

(2) Durchbiegungen dürfen allgemein bestimmt werden durch:

- elastische Analyse erster Ordnung, bereinigt um Effekte zweiter Ordnung; oder
- elastische Analyse zweiter Ordnung.

11.2.2 Durchbiegungen von Gewächshausbauteilen

Die vertikale und horizontale Durchbiegung oder senkrechte (rechtwinklig zur Ebene) oder parallele Durchbiegungen (in der Ebene) der Eindeckung müssen den Anforderungen von Tabelle 9 entsprechen.

Tabelle 9 — SLS: Grenzwerte für Durchbiegung bei Gewächshäusern vom Typ A

Nr.	Bauteil mit Spannweite l_s			
1	Durchbiegungen von Sprossen			
	Einscheibenglas oder einlagige Eindeckungselemente		Mehrscheiben-Isolierglas	
	senkrecht (rechtwinklig zur Eindeckungsebene)	parallel (in der Eindeckungsebene)	senkrecht (rechtwinklig zur Eindeckungsebene)	parallel (in der Eindeckungsebene)
	$u_{\perp} \leq \frac{l_s}{100}; \leq 25 \text{ mm}$	$u_{\parallel} \leq \frac{l_s}{200}; \leq 6 \text{ mm}$	$u_{\perp} \leq \frac{l_s}{200}; \leq 12 \text{ mm}$	$u_{\parallel} \leq \frac{l_s}{200}; \leq 6 \text{ mm}$
	Drehung einer Sprosse: $\phi_x \leq 0,1 \text{ rad}$; dabei ist: ϕ_x der Verdrehwinkel einer Sprosse			
2	Durchbiegungen von Eindeckungselemente tragenden Bauteilen in Giebel- und Seitenwänden			
	senkrecht (rechtwinklig zur Eindeckungsebene)		parallel (in der Eindeckungsebene)	
	$u_{\perp} \leq \frac{l_s}{150}; u_{\perp} \leq 30 \text{ mm}^1$		$u_{\parallel} \leq \frac{l_s}{300}$	
3.1	Durchbiegungen von Dachsparren und Gitterträgern			
	vertikal		horizontal (rechtwinklig zur Eindeckungsebene)	
	$u_v \leq \frac{l_s}{150}$		$u_h \leq \frac{l_s}{300}; u_h \leq 12 \text{ mm}$	
3.2	Durchbiegungen von Rinnen tragenden Dachsparren und Gitterträgern			
	vertikal		horizontal (rechtwinklig zur Eindeckungsebene)	
	$u_v \leq \frac{l_s}{250}; u_v \leq 30 \text{ mm}$		$u_h \leq \frac{l_s}{300}; u_h \leq 12 \text{ mm}$	
4	Durchbiegungen von Rinnen, Trägern und Firstpfetten			
	vertikal (rechtwinklig zur Eindeckungsebene)		horizontal (in der Eindeckungsebene)	
	$u_v \leq \frac{l_s}{650 - 100n_{c,r}}; u_v \leq \frac{l_s}{150}; u_v \leq 30 \text{ mm}$		$u_h \leq \frac{l_s/2}{650 - 100n_{c,r}}; u_h \leq \frac{l_s}{300}$	
	Dabei ist: $n_{c,r}$ die Anzahl der nebeneinander liegenden Eindeckungselemente in einem Abschnitt			
	Für Rinnen unter ständiger Einwirkung: $u_v \leq \frac{l_s}{750}; u_v \leq 6 \text{ mm}$			

¹ Die zweite Anforderung darf ausgelassen werden, wenn der Bauteil mit Pflanzenstützdrähten belastet ist.

Anhang A (normativ)

Tragfähigkeit von Glasscheiben

A.1 Allgemeines

(1) Anhang A enthält ein Berechnungsverfahren für einfach gelagerte Glasscheiben, das auf den von CEN/TC 129 veröffentlichten Regeln zur Bemessung von Glasscheiben basiert. Solange in den Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau kein Teil für Glas zur Verfügung steht, können die Empfehlungen in Anhang A dieser Norm als normativ betrachtet werden.

ANMERKUNG In EN 13031-1:2001 wurde beabsichtigt, die Berechnungsverfahren für Glasscheiben durch Verweisung auf eine zukünftige EN zu ersetzen. Im dazwischenliegenden Zeitraum hat CEN/TC 129 keine endgültige Version einer Glasnorm zur Berechnung von Glasscheiben veröffentlicht. Daher, und nach EN 13031-1:2001, basiert das Berechnungsverfahren in Anhang A dieser Norm auf einem sicheren Ansatz der Faktoren (Werkstoff-Teilsicherheitsbeiwerte und Belastungsdauerfaktoren) zur Bestimmung des Bemessungswerts der Bruchgrenze beim Biegen.

(2) Glasscheiben in Gewächshäusern vom Typ A sollten als Bauteile betrachtet werden, die in die Gewächshauskonstruktion eingebaut werden, um das Gebäude zu schließen, und die nicht zur Stabilität der Hauptkonstruktion beitragen.

(3) Die Tragfähigkeit von Glasscheiben aus Kalk-Natronsilicatglas nach EN 572-1 bis EN 572-6 kann nach A.3 bestimmt werden.

(4) Bei Flachglas und Ornamentglas darf die Lastkomponente in der Ebene vernachlässigt werden. In Fällen von ungewöhnlich rauen Oberflächen muss die Lastkomponente in der Ebene berücksichtigt werden.

A.2 Berechnungsverfahren für Glasscheiben

(1) Das Berechnungsverfahren gilt nur für Glasscheiben mit einer Nenndicke von mindestens 4 mm, die mit einer gleichmäßig verteilten Belastung rechtwinklig zu ihrer Oberfläche belastet und die entlang ihrer Kanten einfach gelagert sind.

(2) Glasscheiben müssen folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{p_{gl;Ed}}{p_{gl;Rd}} \leq 1,0$$

Dabei ist

$p_{gl;Ed}$ der Bemessungswert der rechtwinklig zur Glasoberfläche wirkenden Komponente der Gesamtlast, in kN/m²;

$p_{gl;Rd}$ der Bemessungswert des Widerstandes der Glasscheibe gegen die rechtwinklig wirkende Lastkomponente, in kN/m², nach A.2(5).

ANMERKUNG In dem in diesem Anhang angegebenen Berechnungsverfahren für den Bemessungswert des Widerstands ist die Anforderung zur Begrenzung der Glasdurchbiegungen inbegriffen. Der Verformungsgrenzwert kann die Konstruktion beherrschen.

(3) Wo Lasten mit verschiedenen Belastungsdauern kombiniert werden müssen, sollte der Bemessungswert der Festigkeit von Kalk-Natronsilicatglas $f_{gl;d}$ wie folgt angenommen werden:

$$f_{gl;d} = \frac{p_{gl;G1;Ed}}{p_{gl;Ed}} f_{gl;t=G1;d} + \frac{p_{gl;Q1;Ed}}{p_{gl;Ed}} f_{gl;t=Q1;d} + \frac{p_{gl;Q2;Ed}}{p_{gl;Ed}} f_{gl;t=Q2;d}$$

Dabei ist

- $p_{gl;Ed}$ der Bemessungswert der rechtwinklig zur Glasoberfläche wirkenden Komponente der Gesamtlast;
- $p_{gl;G1;Ed}$ der Bemessungswert der rechtwinklig zur Glasoberfläche wirkenden Komponente der ständigen Last;
- $p_{gl;Q1;Ed}$ der Bemessungswert der rechtwinklig zur Glasoberfläche wirkenden Komponente der Windlast;
- $p_{gl;Q2;Ed}$ der Bemessungswert der rechtwinklig zur Glasoberfläche wirkenden Komponente der Schneelast;
- $f_{gl;t=x;d}$ der Bemessungswert der Festigkeit von Kalk-Natronsilicatglas in Abhängigkeit des Lasttyps x nach A.3(2) und A.3(3).

(4) Die Umverteilung von Schnee auf Satteldächern kann zu dreieckigen Schneeflächen führen, wie in C.3.1 beschrieben. Die Wirkung einer dreieckigen Schneelast auf eine vierseitig einfach gelagerte, rechteckige Glasscheibe kann in einer erweiterten Berechnung bestimmt oder mit dem Berechnungsverfahren nach A.2 mit Faktor c_{Q2} aus Tabelle A.1 berechnet werden. Die Multiplikation des Faktors c_{Q2} mit dem Durchschnittswert des dreieckigen (Teils der) Schneelast ergibt einen Äquivalentwert für gleichförmig verteilte Schneelast.

Tabelle A.1 — Faktor c_{Q2} für äquivalent gleichmäßig verteilte Schneelast

b/a	c_{Q2}
0	2
0,2	1,65
0,4	1,3
0,5	1,25
0,7	1,22
0,9	1,25
1,0	1,3
∞	1,3

Dabei ist

a die Abmessung der Glasscheibe parallel zur Dachschräge;

b die Abmessung der Glasscheibe parallel zur Rinne.

Für Zwischenwerte von b/a darf lineare Interpolation verwendet werden.

(5) Der Bemessungswiderstand von Glasscheiben muss mithilfe der elastischen Plattentheorie berechnet werden, wobei der Bemessungswert $f_{gl;d}$ der Festigkeit von Kalk-Natronsilicatglas nach A.2(3) zu berücksichtigen ist. Geometrische Nichtlinearität darf für Einfeldscheiben in Betracht gezogen werden.

ANMERKUNG Der Bemessungswiderstand darf wie folgt berechnet werden:

— für rechteckige Glasscheiben, die zweiseitig oder dreiseitig einfach gelagert sind:

$$p_{gl;Rd} = \frac{f_{gl;d} t_{pl}^2}{6\beta b^2}$$

— für rechteckige Glasscheiben, die vierseitig einfach gelagert sind:

$$p_{gl;Rd} = \sqrt{\frac{\sqrt{B^2 + 4C} - B}{2}} E \left(\frac{4t_{pl}^2}{ab} \right)^2 \text{ aber: } p_{gl;Rd} \leq 40E \left(\frac{4t_{pl}^2}{ab} \right)^2$$

Dabei ist

a die größte Spannweite der Glasscheibe und b die kleinste Spannweite der Glasscheibe;

$$B = \left(\frac{k_3}{k_4} \right)^2 - \left(\frac{f_{gl;d} ab}{4k_4 E t_{pl}^2} \right)^2 - \left(\frac{f_{gl;d} ab}{4k_2 E t_{pl}^2} \right)^2$$

$$C = \left(\frac{k_3 f_{gl;d} ab}{4k_2 k_4 E t_{pl}^2} \right)^2$$

Dabei ist

$$k_2 = \frac{24\beta}{\left(\frac{a}{b} \right)}$$

$$k_3 = 4,75 \left(\frac{a}{b} - 1 \right)^2 + 4$$

$$k_4 = 0,8$$

E der Elastizitätsmodul der Glasscheibe;

$f_{gl;d}$ der Nennwert der Festigkeit des Glases nach A.2(3);

$p_{gl;Rd}$ der Bemessungswert des Widerstandes der Glasscheibe;

t_{pl} die Dicke der Glasscheibe;

β ein Faktor in Abhängigkeit der Abmessungen und der Lagerung der Glasscheibe:

— für Glasscheiben, die zweiseitig oder dreiseitig einfach gelagert sind: $\beta = 0,125$,

— für vierseitig einfach gelagerte Scheiben kann β aus Tabelle A.2 abgeleitet werden.

Tabelle A.2 — Faktor β für eine vierseitig einfach gelagerte Glasscheibe

a/b	β^a
1,0	0,044 7
1,1	0,052 4
1,2	0,059 7
1,3	0,066 6
1,4	0,073 0
1,5	0,078 8
1,6	0,084 0
1,8	0,093 0
2,0	0,100 2
2,5	0,112 1
3,0	0,118 4
3,5	0,121 6
4,0	0,124 1
5,0	0,124 5
∞	0,125 0
Dabei ist a die größte Spannweite der Glasscheibe; b die kleinste Spannweite der Glasscheibe.	
^a Der Faktor kann näherungsweise bestimmt werden als: $\beta = 0,044\,7 + 0,080\,3 \left(1 - e^{-1,17 \left(\frac{a}{b-1} \right)^{1,073}} \right)$	

A.3 Werkstoffe

(1) Der Bemessungswert für die Dicke der Glasscheibe sollte wie folgt angenommen werden:

$$t_{pl} = t_{nom} - \Delta_t$$

Dabei ist

t_{nom} die Nenndicke der Glasscheibe;

Δ_t die Grenzabweichung der Nennabmessungen für die Dicke der Glasscheibe.

ANMERKUNG 1 Für die Glasdicke $t_{nom} \leq 6$ mm beträgt der Höchstwert für die Grenzabweichung der Nennabmessungen für die Dicke der Glasscheibe im Allgemeinen $\Delta_t = 0,2$ mm für Floatglas und $\Delta_t = 0,5$ mm für Ornamentglas.

ANMERKUNG 2 Für die Berechnung von t_{pl} darf auch der tatsächliche Wert von Δ_t der Glasscheibe verwendet werden.

(2) Der Bemessungswert $f_{gl;t;d}$ der Bruchgrenze beim Biegen von normal gekühltem und vorgespanntem Glas in Abhängigkeit von der Dauer der Einwirkungen sollte wie folgt berechnet werden:

$$f_{gl;t;x;d} = \frac{k_{sp} \cdot f_{gl;u}}{M; A} \cdot k_{mod;t} = x$$

Dabei ist

- $f_{gl;u}$ der charakteristische Wert der Biegefestigkeit des Glasprofils, siehe Tabelle A.3;
- k_{sp} der Faktor für das Oberflächenprofil des Glases nach prEN 16612:2017;
- $\gamma_{M;A}$ der Werkstoff-Teilsicherheitsbeiwert, $\gamma_{M;A} = 1,8$;
- $k_{mod;t}$ der Modifikationsfaktor für die Belastungsdauer nach prEN 16612:2017 mit $k_{mod;t} = 0,663 t^{(-1/16)}$, empfohlene Werte, siehe Tabelle A.4;
- t die Belastungsdauer, in Stunden.

Tabelle A.3 — Charakteristischer Wert der Biegefestigkeit $f_{gl;u}$

Werkstoff	$f_{gl;u}$
Normal gekühltes Kalk-Natronsilicatglas nach EN 572-1; Floatglas oder gezogenes Glas	45 N/mm ²
Floatglas oder gezogenes Glas – thermisch vorgespannt nach EN 12150-1	120 N/mm ²
ANMERKUNG Der charakteristische Wert $f_{gl;u}$ basiert auf Produktnormen (5 % Bruchwahrscheinlichkeit +95 % Vertrauensintervall) und kann zusätzlich den Einfluss des Glasoberflächenprofils mit einem Faktor $k_{sp} = 1$ für Floatglas oder gezogenes Glas und $k_{sp} = 0,75$ für Ornamentglas beinhalten.	

Tabelle A.4 — Faktor $k_{mod;t}$ für die Belastungsdauer

Art der Last		$k_{mod;t}$	
		$C_t = 1$	$C_t < 1,0$
G1; ständige Last	$k_{mod;t} = G1$	0,29 – 0,32 ^a oder 1,0 ^b	
Q1; Windböe (5 s oder weniger)	$k_{mod;t} = Q1$	1,0	
Q1; Stürmischer Wind, kumulativ (10-min-Äquivalent)	$k_{mod;t} = Q1$	0,74	
Q2; Schneelast	$k_{mod;t} = Q2$	0,41 – 0,49	0,55 – 0,60 ^c
^a Die Werte von $k_{mod;t}$ basieren auf einer Bemessungsnutzungsdauer von 50 Jahren bzw. 15 Jahren.			
^b Der größere Wert sollte verwendet werden, wenn eine ständige Last in Kombination mit der Windlast in die günstige Richtung wirkt.			
^c Die Werte von $k_{mod;t}$ basieren auf einer höchsten Schneelastdauer auf dem Dach, einschließlich der Schmelzphase, von 5 Tagen (kleiner Wert) bzw. 2 Tagen (großer Wert).			

(3) Andere Werkstoffeigenschaften

Folgende Werte für Kalk-Natronsilicatglas dürfen verwendet werden:

- Glasdichte: $\rho_g = 2\,500 \text{ kg/m}^3$;
- Elastizitätsmodul: $E = 70\,000 \text{ N/mm}^2$;
- Poissonzahl: $\nu = 0,23$.

Anhang B (normativ)

Windeinwirkungen

B.1 Allgemeines

- (1) Windeinwirkungen müssen nach 10.2.2.1 ermittelt werden. Wenn keine Dokumente für die nationale Umsetzung (NAD) vorhanden sind, können die in diesem Anhang gegebenen zusätzlichen und für Gewächshäuser spezifischen widerspruchsfreien Informationen angewendet werden.
- (2) Für rechtwinklige, ebene Gewächshäuser von bis zu 10 m Höhe mit Satteldach oder gewölbtem Dach und glatter Eindeckung festgelegte aerodynamische Koeffizienten sind in B.2 angegeben.
- (3) Die dynamischen Böen-Reaktionskoeffizienten für Windböen bei Gewächshäusern mit großen Bodenflächen sind in B.3 angegeben.
- (4) Wenn Lüftungseinrichtungen geöffnet oder geschlossen sein können, muss das Gewächshaus hinsichtlich der Windeinwirkungen für den Zustand geschlossener Lüftungseinrichtungen konstruiert sein.

B.2 Aerodynamische Koeffizienten

B.2.1 Allgemeines

- (1) In diesem Anhang sind aerodynamische Koeffizienten angegeben:
 - Koeffizienten für Außendruck c_{pe} für Gewächshäuser vom Typ A und Typ B mit Satteldach und Dachwinkeln zwischen 20° und 30°;
 - Koeffizienten für Außendruck $c_{pe,L}$ für Gewächshäuser vom Typ B mit gewölbten Dachflächen;
 - Koeffizienten für Innendruck c_{pi} die zusammen mit den Außendruckkoeffizienten verwendet werden;
 - Koeffizienten für die Oberflächenreibung c_{fr} der Gewächshauseindeckung;
 - für Gewächshaus-Lüftungseinrichtungen.

ANMERKUNG Die aerodynamischen Koeffizienten basieren auf einer Bezugswindgeschwindigkeit, wie sie in EN 1991-1-4:2005, 4.2, festgelegt ist (mittlere Windgeschwindigkeit über 10 min in 10 m Höhe über Grund bei einer Geländestruktur der Kategorie II).

- (2) Die örtlichen Außendruckkoeffizienten gelten nur für die Dach- und Wandeindeckung, die Sprossen und ihre Befestigung.
- (3) Für 90°-Wind auf die Giebelwand können die erhöhten globalen und örtlichen Druckkoeffizienten für die windseitige Dachkante und den Vorderbereich der Dachzonen G und GG örtlich in Abhängigkeit von der Entfernung von der windseitigen Giebelwand bestimmt werden.
- (4) Für die Konstruktion eines Bauteils mit einer bestimmten Größe und Position innerhalb von Zone G oder GG kann ein äquivalenter c_{pe} -Wert geschätzt werden als Mittelwert von $\min c_{pe}$ und $\max c_{pe}$ an den beiden Kanten des Bezugsbereichs des Bauteils.

(5) Für 90°-Wind sollte symmetrische und asymmetrische Windlast auf das Dach berücksichtigt werden.

ANWENDUNG Asymmetrische Windlast kann durch Multiplizieren der Werte der Außendruckkoeffizienten c_{pe} (Zone G und Zone GG) auf einer Seite der Dachspannweite mit dem Faktor 0,5 berücksichtigt werden.

(6) Um die aerodynamischen Koeffizienten zu bestimmen, ist im Falle eines Satteldachs der Dachwinkel α bzw. im Fall eines gewölbten Dachs der Radialwinkel θ erforderlich, wie auch die geometrischen Seitenverhältnisse h/s , h/w und h/l mit folgenden Symbolen:

α Dachwinkel eines Satteldachs;

θ Radialwinkel eines gewölbten Dachs;

h Bezugshöhe für Druckkoeffizienten, mit $h = \max(h_e; 0,75 H)$;

h_g Höhe der Rinne über dem Boden;

h_e Traufhöhe über dem Boden;

H Firsthöhe über dem Boden;

s Breite einer einfachen Dachspannweite;

w Gesamtbreite des Gewächshauses mit $w = n_s \cdot s$ (Gesamtbreite eines mehrschiffigen Dachs);

l Gesamtlänge des Gewächshauses parallel zur Richtung des Firsts.

ANMERKUNG 1 0°-Wind wird angenommen als rechtwinklig zum First gerichteter Wind, 90°-Wind wird angenommen als rechtwinklig zur Giebelwand und parallel zum First gerichteter Wind.

ANMERKUNG 2 Für Zwischenwerte von α , h/s , h/l und h/w darf lineare Interpolation zwischen den Werten von aerodynamischen Koeffizienten mit demselben Vorzeichen verwendet werden.

B.2.2 Gewächshäuser von Typ A und Typ B mit Satteldächern

(1) Als Bezugshöhe z_e für Gewächshäuser mit ebenen geneigten Dachflächen muss die Gesamthöhe vom Boden bis zum First angenommen werden (siehe Bild B.1).

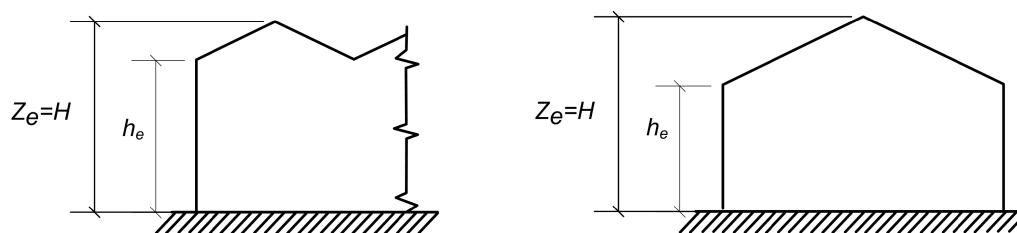
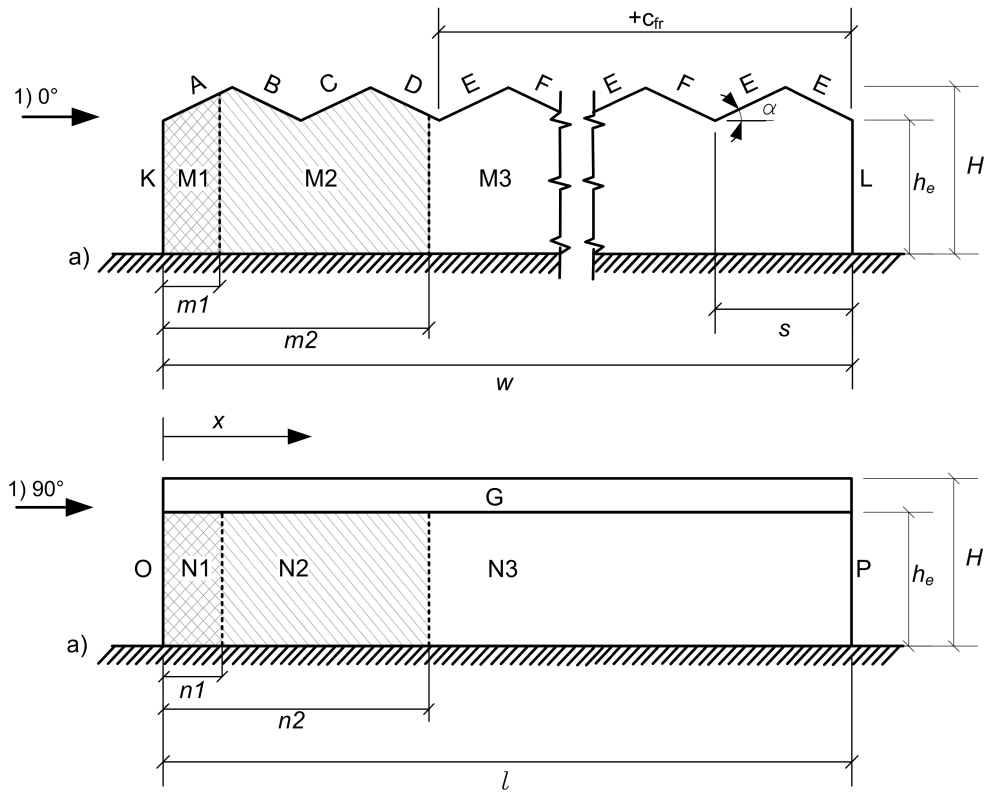


Bild B.1 — Bezugshöhe z_e für Gewächshäuser mit Satteldächern

(2) Die Zonen für Sattel- und mehrschiffige Dächer und die dazugehörigen Wände sind in Bild B.2 und B.3 definiert.

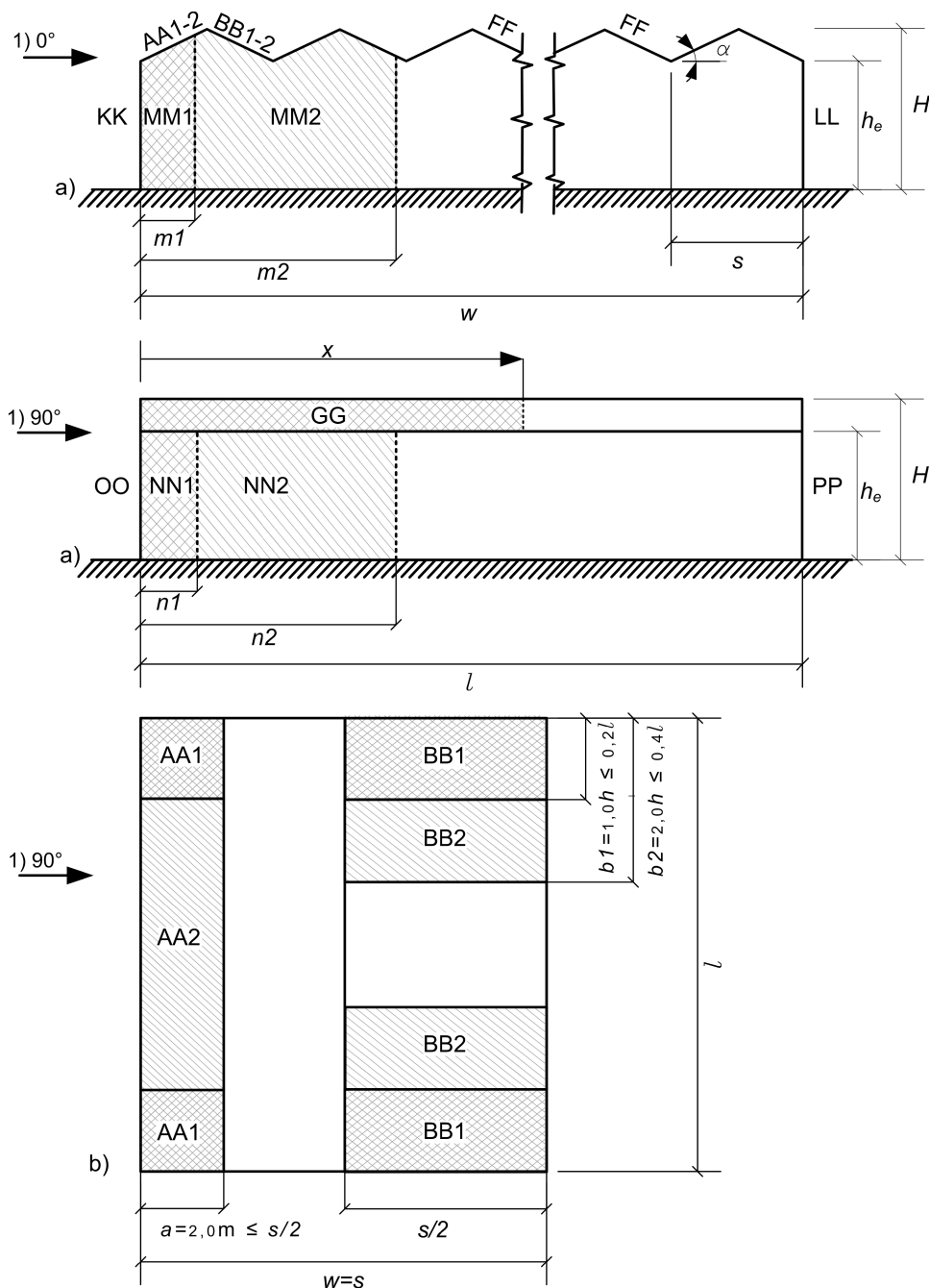
(3) Die Druckkoeffizienten c_{pe} in diesem Abschnitt gelten nur für Gewächshäuser vom Typ B mit Satteldächern, wenn die Form unter Windlast beibehalten werden kann (z. B. durch Vorspannen der Kunststoffolie).



Legende

- 1 Windrichtung: $m_1 = 0,4 h \leq 0,2 l$; $n_1 = 0,4 h \leq 0,2 w$; $h = \max(h_e; 0,75 H)$
 A Höhe: $m_2 = 2,0 h \leq 1,0 l$; $n_2 = 2,0 h \leq 1,0 w$

Bild B.2 — Zonen für globale Druckkoeffizienten für Wände und Dach von Gewächshäusern mit Satteldächern



Legende

- 1 Windrichtung: $m_1 = 0,4 h \leq 0,2 l$; $n_1 = 0,4 h \leq 0,2 w$; $h = \max(h_e; 0,75 H)$
- a Höhe: $m_2 = 2,0 h \leq 1,0 l$; $n_2 = 2,0 h \leq 1,0 w$
- b Grundriss

Bild B.3 — Zonen für örtliche Druckkoeffizienten für ein- und mehrschiffige Dächer von Gewächshäusern mit Satteldächern

B.2.2.1 Globaler Außenwinddruck

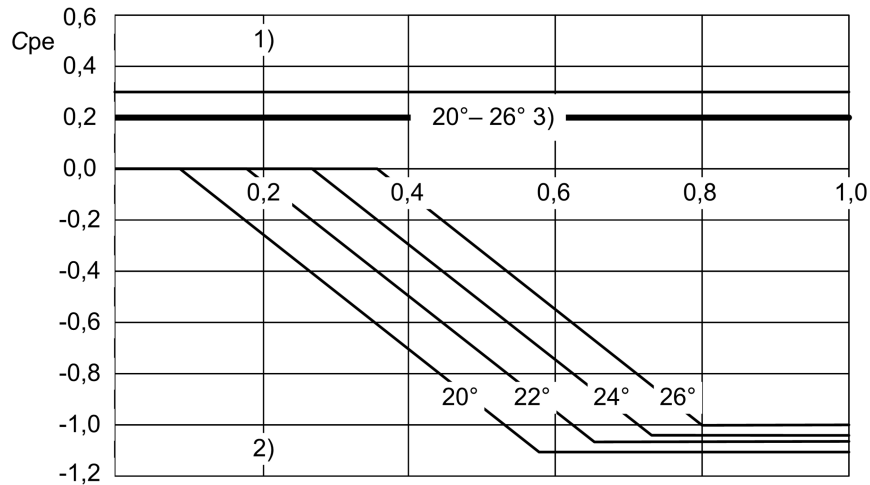
(1) Globale Außendruckkoeffizienten c_{pe} für Wände und ein- und mehrschiffige Dächer von Gewächshäusern mit Satteldächern und Dachwinkeln α von 20° bis 26° für die 0° - und 90° -Windrichtung (globale Zonen siehe Bild B.2) sind in Tabelle B.1 und B.2.2.1(3) angegeben, je nach den Seitenverhältnissen h/s , h/l oder h/w .

(2) Für Dachwinkel zwischen 26° und 30° dürfen die aerodynamischen Koeffizienten in Tabelle B.1 verwendet werden, wenn der Druckkoeffizient an der ersten Dachspannweitenzone A (windseitig) auf $c_{pe} = +0,4$ erhöht wird. Der alternative Wert für Unterdruck in der ersten Dachspannweitenzone A (windseitig) kann extrapoliert werden, siehe auch Bild B.4.

(3) Für 90°-Wind auf die Giebelwand können die erhöhten globalen Druckkoeffizienten für die windseitige Dachkante und den Vorderbereich von Zone G örtlich bestimmt werden. Bild B.5 zeigt die Abnahme des Druckkoeffizienten c_{pe} mit zunehmendem Abstand x von der Giebelwand.

Tabelle B.1 — Globaler Außendruckkoeffizient c_{pe} für ein- und mehrschiffige Dächer von Gewächshäusern mit Satteldächern und Dachwinkeln zwischen 20° und 26°

0°-Wind (Dach)					
einschiffige Dächer			mehrschiffige Dächer (erste Spannweite)		
windseitig (A) ^a		windabgewandt (B)	windseitig (A) ^a		windabgewandt (B)
+0,2 oder		−0,8 (<i>h/w</i> ≥ 0,6) −0,6 (<i>h/w</i> = 0,4) −0,5 (<i>h/w</i> ≤ 0,3)	+0,3 oder		−1,0 (<i>h/s</i> ≥ 0,4) −0,5 (<i>h/s</i> ≤ 0,3)
−1,1 (<i>h/s</i> ≥ 0,575) 0 (<i>h/s</i> ≤ 0,1)	α = 20°		−1,1 (<i>h/s</i> ≥ 0,575) 0 (<i>h/s</i> ≤ 0,1)	α = 20°	
−1 (<i>h/s</i> ≥ 0,8) 0 (<i>h/s</i> ≤ 0,35)	α = 26°		−1 (<i>h/s</i> ≥ 0,8) 0 (<i>h/s</i> ≤ 0,35)	α = 26°	
^a Klärung zu den Druckkoeffizienten <i>c_{pe}</i> in Zone A wird in Bild B.3 gegeben.					
Andere Zonen für mehrschiffige Dächer					
zweite Spannweite			dritte bis letzte Spannweite		
windseitig (C)		windabgewandt (D)	windseitig (E)		windabgewandt (F)
−0,7 (<i>h/s</i> ≥ 0,4) −0,5 (<i>h/s</i> ≤ 0,3)		−0,5	−0,4		−0,4
			Äquivalenter Reibungskoeffizient pro Dachspannweite <i>b</i> : <i>c_{fr,1}</i> = 0,03 · tan(α), dabei ist α der Dachwinkel in Bereich zwischen 20° und 30°		
^b Die gesamte horizontale Windlast des Gewächshausdachs für 0°-Wind darf mit der sich ergebenden horizontalen Komponente der Drücke berechnet werden, dabei wird <i>c_{pe}</i> für die ersten beiden Dachspannweiten verwendet (Zonen A, B, C und D) plus einer horizontalen Kraft für jede der folgenden Dachspannen (Zonen E und F), berechnet mit einem äquivalenten Reibungskoeffizienten <i>c_{fr,1}</i> pro Dachspanne. Die Bezugsfläche für den Reibungskoeffizienten basiert auf der horizontalen Dachspannweite.					
0°-Wind (Seitenwand)			zugehörige Giebelwand		
windseitig (K)		windabgewandt (L)	M1	−1	
+0,8 (<i>h/w</i> ≥ 1) +0,6 (<i>h/w</i> ≤ 0,25)		−0,5 (<i>h/w</i> ≥ 1) −0,3 (<i>h/w</i> ≤ 0,25)	M2 M3	−0,7 −0,5	
90°-Wind (Dach)					
G	<i>c_{pe}</i> (<i>x</i>) = −0,2 − 1,2 e^(−1,5 <i>x/H</i>); dabei ist <i>x</i> der Abstand von der windseitigen Giebelwand				
90°-Wind (Giebelwand)			zugehörige Seitenwand		
windseitig (O)		windabgewandt (P)	N1	−1	
+0,8 (<i>h/l</i> ≥ 1) +0,7 (<i>h/l</i> ≤ 0,25)		−0,5 (<i>h/l</i> ≥ 1) −0,3 (<i>h/l</i> ≤ 0,25)	N2 N3	−0,7 −0,5	



Überdruck und Unterdruck müssen in der Berechnung berücksichtigt werden.

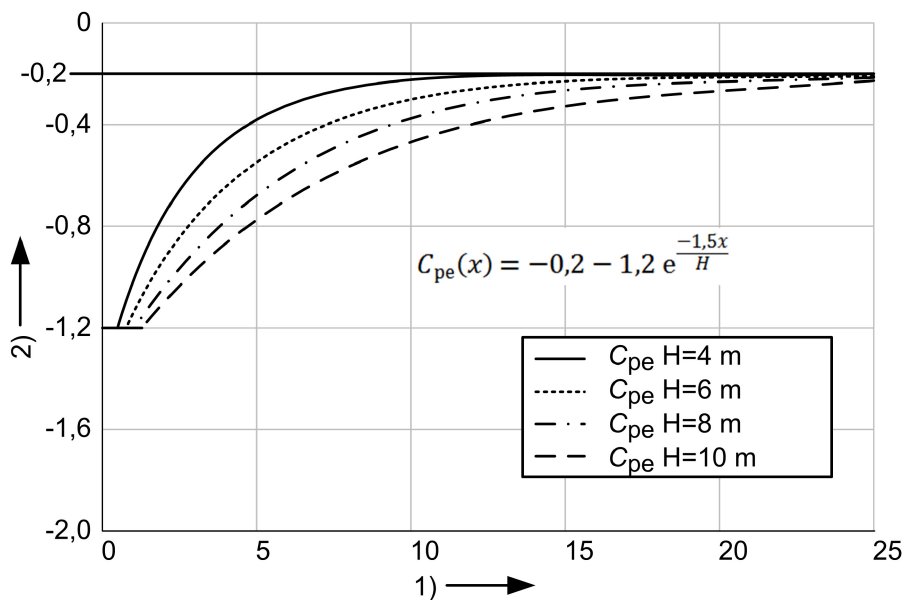
$c_{pe} = +0,2$ für einschiffige Dächer

$c_{pe} = +0,3$ für mehrschiffige Dächer

Legende

- 1 Druck
- 2 Unterdruck
- 3 für einschiffiges Dach

Bild B.4 — Außendruckkoeffizienten c_{pe} (Zone A) für die windseitige Dachschräge von Gewächshäusern mit Satteldach



Legende

- 1 Abstand x vom Giebelende [m]
- 2 c_{pe} auf dem Dach windseitig 90°

Bild B.5 — Globaler Außendruckkoeffizient c_{pe} (Zone G) in Abhängigkeit vom Abstand x von der windseitigen Giebelwand von Gewächshäusern mit Satteldach