Gewächshäuser – Aktuelles aus der Normung – INFO Nr. 4

Schneelasten und Temperatur

Autoren: Datum: 18.05.2020

- Dr.-Ing. I. Pertermann, IB Puthli, Schüttorf, Mitglied CEN / TC 284 Greenhouses
- Prof. Dr.-Ing. R. Puthli, KIT Karlsruhe, Obmann DIN-Normenausschuss Gewächshausbau

Ausgangssituation

Die Schneelastverteilung nach der alten **DIN EN 13031-1:2003, Anhang C** war besonders für unbeheizte Gewächshäuser nicht akzeptabel. Sie stand im Widerspruch zu entsprechenden Regelungen im Eurocode **DIN EN 1991-1-3**. Daher musste die Schneelastverteilungen komplett überarbeitet werden.

Über die Hintergründe der neuen Schneelastregelungen, der Temperaturen und des Sicherheitskonzeptes gibt eine Internetseite Auskunft: www.greenhousecodes.com.

Regelungsauftrag für Gewächshausfachnorm

Die Schneelasten auf Gewächshausdächer unterscheiden sich danach, wie das Gewächshaus eingedeckt ist und wie es beheizt wird. Kriterien wie Oberflächenrauigkeit, Wärmedämmung der Eindeckung und Wärmestau unter der Dachschneedecke infolge Beheizung von unten sind im Eurocode **DIN EN 1991-1-3** zwar als Einflüsse auf die Dachschneelast und deren Verteilung anerkannt. Weitere Hinweise zur rechnerischen Erfassung gibt es jedoch nicht.

Daraus folgt der Regelungsauftrag für die Gewächshausfachnorm, die nichts regeln kann, was bereits im Eurocode anders festgelegt ist, allerdings das regeln muss, was dort nicht ausreichend berücksichtigt wird (Beheizung, Abtauen und Abrutschen). Die Regelungen betreffen:

1) den **Temperaturbeiwert C_t** für das Abtauen von Schnee;
2) den **Oberflächenmaterialbeiwert C_m** für das Abrutschen auf glatten Oberflächen;
3) die **Schneelastverteilungen** mit **Abrutschen von Schnee** bevor sich Verwehungen bilden.

Bild Info-1: Schneelastverteilung auf Gewächshaus-Foliendach (Foto VDH)

Bild Info-1 zeigt eine typische Schneelastverteilung im Trog eines mehrschiffigen Foliengewächshauses gegen Ende der Bauphase, das infolge unerwarteten Schnees im November 2010 nur über eine Notheizung von bis zu 7°C verfügte. Der Schnee ist sofort in den Trog gerutscht, der Firstbereich schneefrei. Später wurde die Heizung in Betrieb genommen (Warmhaus: **min θ_i = 18°C**) und alles unter Kontrolle gebracht.

Klassifizierung nach Dachform / Dacheindeckung / Beheizung

So wie für Windlasten verschiedene Dachformen unterschieden werden, ist auch für Schneelasten eine Klassifizierung nach Dachform, Dacheindeckung, Beheizung und Klima erforderlich, siehe **Tabelle Info-1**.

<table>
<tr><th colspan="6">Typ Gewächshaus / Gewächshaus-Abteil / Dach / Klima und Exposition</th></tr>
<tr><th colspan="5">glatte Dacheindeckung / geschlossenes Gebäude</th><th>sonstige</th></tr>
<tr><td colspan="4">T: transparente Eindeckung [a], z. B. Glas, Kunststofffolie, Membran oder Kunststoffplatten mit glatter Oberfläche, BIPV [f]</td><td rowspan="4">NT: nicht transparent [e]
nicht beheizt
+ glatte Oberfläche
z. B. Metallplatten, Sandwich, Textil-membran, BIPV</td><td rowspan="4">raue Oberfläche
z. B. Dachziegel, granulierte Oberflächen,
offenes, exponiertes oder belüftetes Dach
z. B. Vordach, aufgeständerte Photovoltaik</td></tr>
<tr><td colspan="3">H: beheizt
mit Lufttemperaturen unter dem Dach: min θ_i in °C</td><td rowspan="3">NH: nicht beheizt</td></tr>
<tr><td colspan="2">S: Wärmedurchgangskoeffizient ausreichend:
$U_0 \geq 1$ W/(m^{2}K)</td><td rowspan="2">NS: Wärmedurchgangs-koeffizient nicht ausreichend:
$U_0 < 1$W/(m^{2}K) z. B.
z.B. Wärmeschutz-eindeckung</td></tr>
<tr><td>C: kontrollierte Beheizung [b]</td><td>F: frostfrei [c]</td></tr>
<tr><td>min $\theta_i \gg 5$ °C</td><td colspan="2">min $\theta_i \geq 5$ °C</td><td colspan="3">min $\theta_i < 5$ °C</td></tr>
<tr><td>$C_t < 1$</td><td colspan="5">$C_t = 1$</td></tr>
<tr><td>$C_m = 1{,}333$</td><td colspan="2">$C_m = 1{,}2^+$</td><td>- [d]</td><td>$C_m = 1{,}2$</td><td>$C_m = 1$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Abrutschen vor Verwehung</td><td>-</td><td colspan="2">Zuschlag für Verwehung</td></tr>
</table>

[a] **T** (transparente Eindeckung): Lichtdurchlässigkeit gegeben, für das Pflanzenwachstum erforderlich; Nebeneffekt: Schneeanhäufung bleibt sichtbar. Sofortige Maßnahmen können getroffen werden, um Schnee zu entfernen und die volle Lichtdurchlässigkeit wiederherzustellen.

[b] **C** (kontrollierte Beheizung): Die Heizungsanlage ist dafür vorgesehen, die erforderliche Menge Schnee zu schmelzen, um die Dachschneelast zu begrenzen und das Dach so schnell wie möglich von Schnee zu befreien.

[c] **F** (frostfrei): Die Heizungsanlage dient nicht dazu, aktiv Schnee zu schmelzen, hält aber die Lufttemperatur gerade über der erforderlichen Grenze für die Kultur und das Überleben der Pflanzen, mindestens bei $\theta_i = 5$ °C.

[d] **NH** (nicht beheizt): Heizung nicht vorhanden. In warmen und mittleren Klimalagen mit Schneefalltemperaturen um 0°C, bei denen es eher zum Abrutschen kommen kann als zu Verwehungen, gilt $C_m = 1{,}2+$. In kalten Klimalagen, in denen ein Zuschlag für Verwehungen möglich ist, sollte der Oberflächenmaterialbeiwert $C_m = 1{,}2$ angenommen werden.

[e] **NT** (nicht transparente Eindeckung): Der Bereich mit nicht transparenter Eindeckung ist ein integrierter und untergeordneter Teil der gesamten Gewächshausfläche, und ist für Funktionen vorgesehen, die direkt mit der Kultur von Pflanzen in Verbindung stehen, wie z. B. Heizung, Lager, Wasserspeicher, Verpackung usw.

[f] BIPV (Building Integrated Photovoltaik; gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage) Dacheindeckung im Gegensatz zu auf dem Dach montierte Photovoltaikanlage.

Tabelle Info-1: Gewächshauskategorien basierend auf Eindeckung und Beheizung

Diese Tabelle ist in der Endfassung **DIN EN 13031-1:2020** in **Anhang C** als **Tabelle C.1** noch durch Einsprüche verändert worden, die für Kategorie **NH** (Gewächshäuser ohne Heizung, Anmerkung [d]) Konzessionen bezüglich Verwehungen im milden Klima Süd- und Westeuropas zulassen, obwohl das eigentlich eine Aufgabe für die Nationalen Anhänge der betroffenen Länder gewesen wäre. So gibt es für

nicht beheizte einschiffige gewölbte Dächer in **Tabelle C.6** nun keine Regelung. Außerdem wollten die Westeuropäer den Temperaturbeiwert $C_t < 1$ auch für beheizte Anbauten mit Trapezblechen bzw. Sandwicheindeckungen (Knickdach) nutzen. Das widerspricht jedoch den Grundanforderungen an die kontrollierte Beheizung bei Gewächshäusern.

Das ist beides in Deutschland nicht möglich. Dass es keine Verwehungen (Anmerkung [d]) gibt, ist für das deutsche Klima nicht nachzuweisen, im Gegenteil. Bei nichttransparenter Eindeckung (Anmerkung [e]) spielt es keine Rolle, ob das Nebengebäude beheizt ist oder nicht.

Anmerkung: Als nicht beheizte Gewächshäuser sollten nur solche klassifiziert werden, die wirklich keinerlei Heizmöglichkeit haben und nicht solche, wo vorübergehend nicht geheizt wird, bei Starkschneefall aber eine Notheizung möglich ist, siehe **Bild Info-1**.

Betriebstemperaturen im deutschen Gartenbau

Tabelle 2 zeigt Temperaturbereiche für die in Deutschland praktizierten Betriebstemperaturen in Produktionsgewächshäusern. Daraus folgen die dort genannten Arten von beheizten Gewächshäusern: Warmhaus, temperiertes Haus und Kalthaus. Dies ist eine nationale Regelung im Nationalen Anhang (NA). Sie sollte die Empfehlung für „gemäßigtes europäisches Klima“ in **Tabelle 8** der Gewächshausnorm **DIN EN 13031-1** ersetzen.

Bauteil	Jahreszeit	Richtwerte für Temperaturen im Gewächshausbetrieb	
Dachrinnen zwischen Innen- und Außenluft	Sommer	außen: max θ_e = 74°C; min θ_e = 10°C; innen: max θ_i = 25°C ; min θ_i = 10°C	
	Winter	**Warmhaus**: innen θ_i = 25°C; außen θ_e = -20°C **Temperiertes Haus**: innen θ_i = 22°C; außen θ_e = -20°C **Kalthaus**: innen θ_i = 20°C; außen θ_e = -20°C **Unbeheiztes Haus**: $\theta_i = \theta_e$: ΔT in 24 Stunden: 0°C bis -20°C; ΔT = -20 K	
Bauteile innerhalb Gewächshaus	Sommer	innen: max θ_i = 25°C; min θ_i = 10°C	ΔT = +15 K
	Winter	**Warmhaus**: max θ_i =25°C; min θ_i =16°C	ΔT = -9 K
		Temperiertes Haus: max θ_i =22°C; min θ_i =12°C	ΔT = -10 K
		Kalthaus: max θ_i =20°C; min θ_i =5°C	ΔT = -15 K
		Unbeheiztes Haus: max θ_i =0°C; min θ_i =-20°C	ΔT = -20 K
Anmerkung: Für **Orchideenkulturen** sind Innentemperaturen von max θ_i = 28°C anzunehmen. Für Isolierglasnachweise gelten weiterhin die Werte nach DIN 18008-1.			

Tabelle Info-2: Temperaturbereiche / Heizregimes bei Produktionsgewächshäusern in Deutschland nach Leitfaden Bioenergie im Gartenbau, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2006

Anmerkung: Im Normalfall sollte ein Gewächshaus so konstruiert werden, dass keine Einwirkungen aus Temperaturdifferenzen ΔT entstehen (sog. Zwängungen) und Zwängungspannungen zu berücksichtigen sind. Hinweise zur zwängungsfreien Konstruktion von Gewächshäusern gibt DIN EN 13031-1, Anhang H.

Anwendungsgrenzen, Kategorien

Die Temperaturen in Tabelle Info-2 zeige, welche Kategorien von Gewächshäusern in Deutschland existieren. Im deutschen Nationalen Anhang (NA) wird deshalb geregelt:

NDP zu C.1 und Tabelle C.1: *„Die speziellen Regelungen in Anhang C sind vorrangig für beheizte Gewächshäuser mit transparenter Eindeckung anwendbar. Nach Tabelle C.1 betrifft die folgenden Kategorien:*

- *Kategorie THSC:* ***min θ_i >> 5°C,*** *siehe auch NDP zu C.2.1:* ***C_t < 1*** *und* ***C_m = 1,333***
- *Kategorie THSF und THNS:* ***min θ_i ≥ 5°C: C_t = 1*** *und* ***C_m = 1,2⁺***

Kalthäuser mit transparenter Eindeckung, die mittels Heizung frostfrei gehalten werden, gelten als beheizte Gewächshäuser der Kategorie THSF = THNS. Mit der Festlegung von C_t = 1 kann auf den Nachweis von U_o ≥ 1 W/(m²K) verzichtet werden.

Für nicht beheizte (nicht beheizbare) Gewächshäuser (TNH) oder Bereiche (z.B. Anbauten) mit nichttransparenter Eindeckung (NT) oder für sonstige Fälle (Eindeckungen mit rauer Oberfläche, offenes, exponiertes oder belüftetes Dach, Vordach) kann auch eine Schneelastverteilung nach DIN EN 1991-1-3/NA verwendet werden."

Anforderungen an kontrolliert beheizte Gewächshäuser

NDP zu C.2.1 (2) *„Wird eine kontrollierte Beheizung zur Reduktion der Dachschneelast in Anspruch genommen (C_t < 1), sind alle Kriterien und Anforderungen nach DIN EN 13031-1, Tabelle C.1 und Abschnitt C.2.1 zu erfüllen."*

Für einen kontrollierten Heizbetrieb (Kategorie ***THSC****) nach EN 13031-1, Tabelle C.1 und Abschnitt C.2.1 müssen je nach Gewächshausnutzung die folgenden Mindestlufttemperaturen unter dem Dach aufrechterhalten werden, bis der Dachschnee vollständig entfernt ist:*

- *Warmhaus:* ***min θ_i = 18°C***
- *Temperiertes Haus:* ***min θ_i = 12°C***

In Schneelastzone SLZ 3 oder in anderen Schneelastzonen mit charakteristischen oder außergewöhnlichen Schneelasten ***ab 1,1 kN/m²*** *muss auch in temperierten Häusern bei starkem Schneefall eine Mindestlufttemperatur unter dem Dach von* ***min θ_i = 18°C*** *erreicht werden können."*

Dabei handelt es sich um die bereits aus der **DINV 11535-1** und dem DIN-Fachbericht (**DIN SPEC 18071**) bekannten Anforderungen an beheizte Gewächshäuser in Deutschland, bei denen die Dachschneelast abgemindert werden darf. Das sind im Wesentlichen 3 Bedingungen:

1. **Transparenz** der Dacheindeckung (Sicherheitsanforderung nach Tabelle 1)
2. Betriebsnotwendige **Beheizung** zur Sicherstellung der erforderlichen Mindesttemperatur min θ_i
3. **Wärmedurchlässigkeit** der Dacheindeckung mit U_o ≥ 1 W/(m²K)

Dazu kommen technische Betriebsanforderungen wie automatische **Back-Up-Systeme für Energie und Heizung, Alarmierung** (Klimacomputer), offene oder geschlossene **Energieschirme** (je nach Position der Heizung) und unbehinderte **Schmelzwasserableitung**.

Mindestschneelast als Robustheitsgrenze

Die Mindestschneelast von ***min $s_{i,n,t}$ = 0,25 kN/m²*** für beheizte Gewächshäuser wird nun auch im Hauptdokument empfohlen, denn sie gilt für die Nachbarländer ebenso. Die Regelung nach DIN SPEC 18071 zur Bildung von Schneeverwehungskeilen auf Vordächern und Anbauten ist jedoch nicht vorhanden und sollte in den deutschen NA zu **DIN EN 13031-1** übernommen werden.

Korrektur für Schneelasten ohne kontrollierte Beheizung

Für mehrschiffige beheizte Gewächshäuser, aber **ohne** kontrollierte Beheizung (Kategorien **THSF** und **THNS**) ist auch nicht nachweisbar, wie viel Schnee im Trog tauen wird. Das hängt von der Außentemperatur ab, die nicht aktiv zu beeinflussen ist, ebenso wie für unbeheizte Gewächshäuser und

Anbauten (Kategorien **TNH, NT** und **sonstige**). Daher kann im Trog über den Innenrinnen keine Abminderung der Schneelast in Anspruch genommen werden und es gilt:

– *„Für mehrschiffige Dächer im Dachtrog, über den Innenrinnen: $\mu_2 = 2$".*

Damit sind auch die Schneelasten sehr großer Dachflächen abgedeckt (Dachschneelast = Bodenschneelast).

Korrekturen für Schneelasten einschiffiger Satteldächer

Im zukünftige Eurocode werden leeseitige Verwehungszuschläge mit einem Verwehungsfaktor δ im Nationalen Anhang festzulegen sein. Um die Möglichkeit für ein δ nach DIN EN 1991-1-3/NA offen zu halten, wird der Verwehungszuschlagfaktor $f_d(C_e)$ wie folgt angepasst:

– *„Verwehungszuschlag für einschiffige Satteldächer: $f_d(C_e) = 1 + (1/C_e - 1/1{,}2) \cdot 7{,}5 \cdot \delta \cdot (\alpha - 5°)/25°$ mit Verwehungsfaktor $\delta = 0{,}08$ für Umgebungsbeiwert $C_e = 1$ (üblich) und mit $\delta = 0$ für $C_e = 1{,}2$ (abgeschirmt)"*

Am wissenschaftlichen Hintergrund des Verwehungszuschlags oder am Ergebnis ändert sich dadurch nichts. Das ist nur eine Formatanpassung mit Festlegung von δ.

Korrekturen für Schneelasten einschiffiger gewölbter Dächer

Durch Einsprüche ist die Regelung zur Schneelastverteilung auf gewölbten Dächern (siehe **DIN EN 13031-1, Tabelle C.6**) so verändert worden, dass nun für Deutschland eine nationale Regelung im NA erforderlich wird. Der Schnee rutscht auf warmen oder kalten glatten Eindeckungen **gewölbter Dächer** mindestens ebenso gut ab, wie auf Satteldächern. Andererseits sind im deutschen Klima Verwehungen nicht ausgeschlossen. Auf nicht beheizten Satteldächern ist daher ein Verwehungszuschlag anzusetzen. Es kann kein Privileg für gewölbte Dächer geben. Daher wird im deutschen Nationalen Anhang (NA) geregelt:

*„Für einschiffige gewölbte Dächer mit $C_t = 1$ und $C_m = 1{,}2$ oder $C_m = 1$ ist in **Tabelle C.6** keine Regelung empfohlen. Für eine einheitliche Vorgehensweise im Sinne von Anmerkung [d] sind zwei asymmetrische Lastfälle zu untersuchen. Mit den Parametern für $s_{k,n}$, μ_1, C_m, $h_{r,\,x/x30°} \leq 1$ und $f_d(x; C_e)$ nach **Tabelle C.6** gilt:*

Lastfall 2a: Abrutschen

– *Luv:* *für $s_{k,n} \leq 1{,}8 / C_m^2$ in kN/m²:* $\mu_{Luv} = 0$
für $s_{k,n} > 1{,}8 / C_m^2$ in kN/m²: $\mu_{Luv} = \mu_1 \cdot (1 - 1{,}8/(C_m^2 \cdot s_{k,n}))$
– *Lee:* $\mu_{Lee} = \mu_1$

Lastfall 2b: Verwehung

– *Luv:* $\mu_{Luv} = 0$
– *Lee:* $\mu_{Lee} = \mu_1 \cdot f_d(x, C_e) \leq \rho_{s,equ} \cdot (h_r - h_{x,30°}) / s_{k,n}$

mit: $\rho_{s,equ}$ *äquivalente Schneewichte der Schneeanhäufung, mit $\rho_{s,equ} = 2$ kN/m³*
$x_{30°}$ *horizontaler Abstand des Punktes mit 30° Dachneigung vom Scheitel (x = 0); mit $x_{30°} = r \cdot \sin 30° = 0{,}5\, r$ für Kreisbögen mit dem Radius $r = h_r/2 \cdot (1 + ¼ (s/h_r)^2)$*
$h_{x,30°}$ *vertikale Höhe des Punktes mit $x_{30°}$: $h_{x,30°} = h_r - r \cdot (1 - \cos 30°)$ für Kreisbögen"*

Mit der Grenze $\mu_{Lee} \leq \rho_{s,equ} \cdot (h_r - h_{x,30°}) / s_{k,n}$ bleibt die Schneeverwehung unterhalb Scheitelhöhe. Das verhindert zu große Verwehungshaufen bei großen Schneelasten ebenso wie auf sehr kleinen Tunneln, wo kein Platz dafür vorhanden ist.