

Die neue DIN 1055, Teil 5 – Schnee- und Eislasten

Die neue deutsche Norm entspricht im Wesentlichen dem künftigen Eurocode 1, Einwirkungen

Schon mehrere Male haben wir in dieser Zeitschrift über den jeweiligen Stand der Bearbeitung und auf die künftigen Inhalte der zehn Teile der DIN 1055 (Einwirkungen auf Tragwerke) aufmerksam gemacht. Hier nun kommt eine kurze Zusammenfassung des neuen Teils 5 (Schnee- und Eislasten), der weitgehend der europäischen Vornorm (ENV) entspricht, womit klar sein dürfte, dass die deutsche Bauwirtschaft und die deutschen Ingenieure nach der verbindlichen Einführung des Eurocode 1 (Einwirkungen) nur noch geringe Abweichungen in Bezug auf die Berechnung der Schnee- und Eislasten zu erwarten haben dürften. Den Schluss dieses Beitrages bildet ein kurzer Blick auf den Teil 6 dieser Norm, der die Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter zum Inhalt hat.

Dr.-Ing. Günter Timm



war als Beratender Ingenieur von 1971 bis 2005 Partner im Ingenieurbüro WINDELS TIMM MORGEN (Hamburg); seit 1975 Prüffingenieur für Baustatik (Stahlbau, Massivbau und Holzbau); in verantwortlichen Positionen Mitglied zahlreicher Verbände, Fachgremien und Normenausschüsse.

1 Allgemeine Hinweise

Grundlage ist die DIN EN V 1991-2-3

Gegenüber DIN 1055, Ausgabe 1975, werden nicht nur die Schneehöhen, sondern die Wasseräquivalente gemessen

- Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept
- Einführung eines Sockelwertes der Schneehöhe (Schneezonenkarte vereinfacht), damit ist nicht an allen Orten der charakteristische Wert erfüllt
- Überarbeitete Schneezonenkarte
- Lastbilder und Formbeiwerte werden definiert
- Annahme charakteristischer Eislasten mit vergrößerten Windangriffsflächen

DIN 1055, Teil 5, entspricht weitgehend der europäischen ENV, folglich geringe Abweichungen bei Einführung der ENV

Europäisches Konzept der Wiederkehrperiode 50 Jahre (98 %-Fraktile)

Angrenzende Nachbargelände haben vergleichbare Schneehöhen

Grundwert der Schneelast s_K auf Boden kartiert

Neben verschiedenen Dachformen ist Schneesackbildung aufgenommen

1.1 Anwendungsbereich

- Gilt für bauliche Anlagen, in der Regel bis 1.500 m über NN
- Natürliche Schneelastverteilungen
- Für künstliche Anhäufungen gesonderte Betrachtung
- Lastmindernde Einflüsse, z.B. infolge Wärmedurchgang durch die Dachhaut, wird nicht berücksichtigt

Normative Verweisungen

- DIN 1055, Teil 100, Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
- DIN 1055, Teil 4, Windlasten

Klassifikation der Schneelast

- Charakteristischer Wert der Schneelast s_k (spez. Wichte $\gamma = 2 \text{ KN/m}^3$)

2 Schneelasten, Formbeiwerte

Schneelast s_k auf dem Boden

- Charakteristische Werte für regionale Zonen

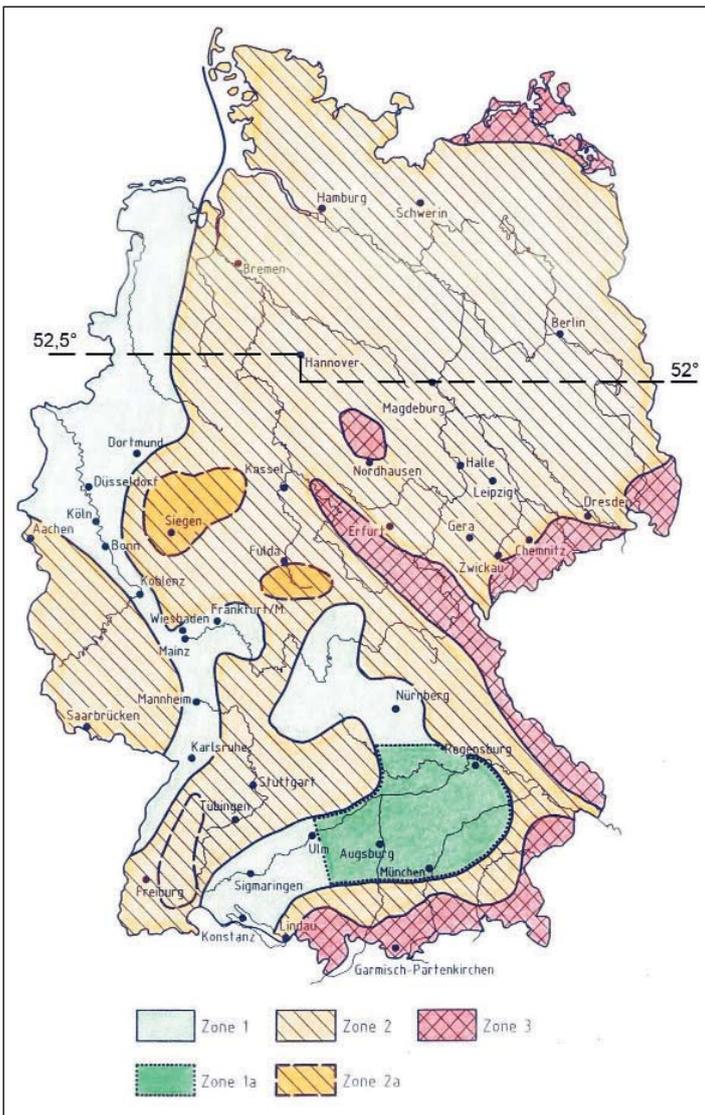


Abb. 1: Schneelastzonenkarte

Zone	Charakteristischer Wert in kN/m^2	Mindestwert
1	$s_k = 0,19 + 0,91 \left(\frac{A+140}{760} \right)^2$	0,65
2	$s_k = 0,25 + 1,91 \left(\frac{A+140}{760} \right)^2$	0,85
3	$s_k = 0,31 + 2,91 \left(\frac{A+140}{760} \right)^2$	1,10

s_k = Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden

A = Geländehöhe über dem Meeresspiegel in m

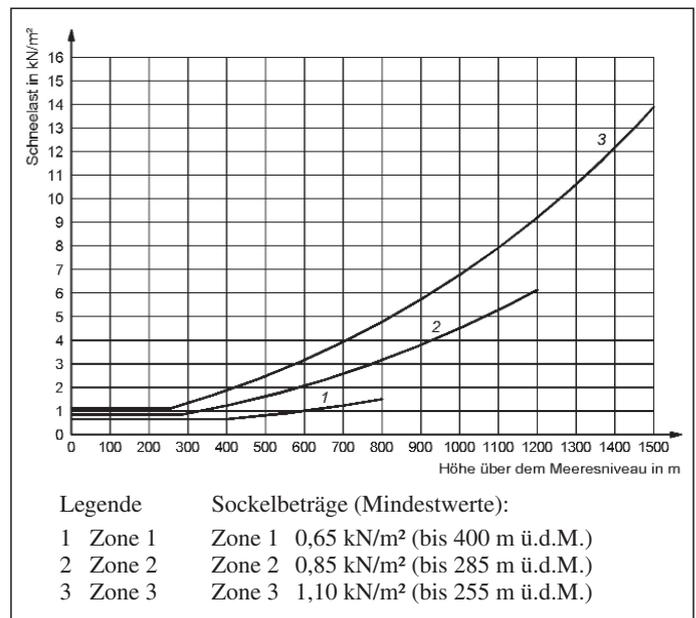


Abb. 2: Charakteristischer Wert der Schneelast s_k auf dem Boden

Sondergebiete mit außergewöhnlichen Schneelasten

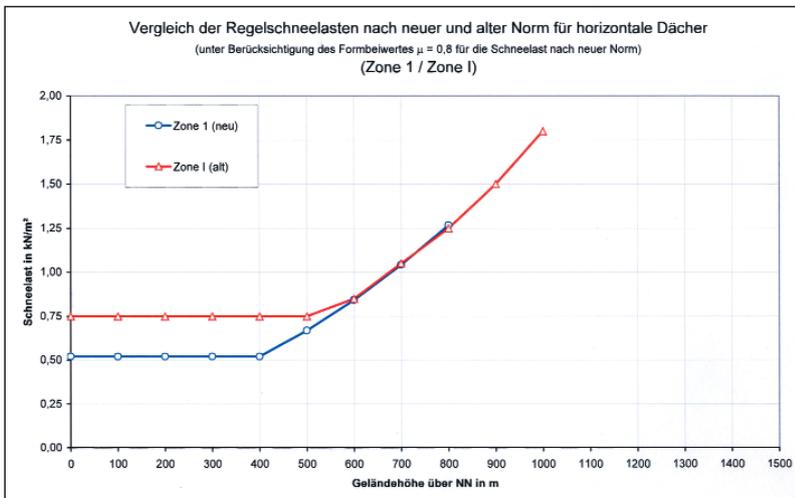
- Norddeutsches Tiefland
Höhere Schneelasten als außergewöhnliche Einwirkungen
- Betroffen sind hiervon die Regionen nördlich des 52. bzw. 52,5. Breitengrades
- Sofern örtlich keine zusätzlichen Festlegungen für Städte oder Gemeinden getroffen werden, sind folgende Nachweise nach DIN 1055-100 zu führen:
 1. Für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

$$E_d = 1,35 G_k + 1,5 \times \mu \times s_k \leq R_d = R_k / \gamma_R$$
 mit $\gamma_R = 1,1$ bei Stahl und $\gamma_R = 1,3$ bei Beton
 2. Für außergewöhnliche Bemessungssituation

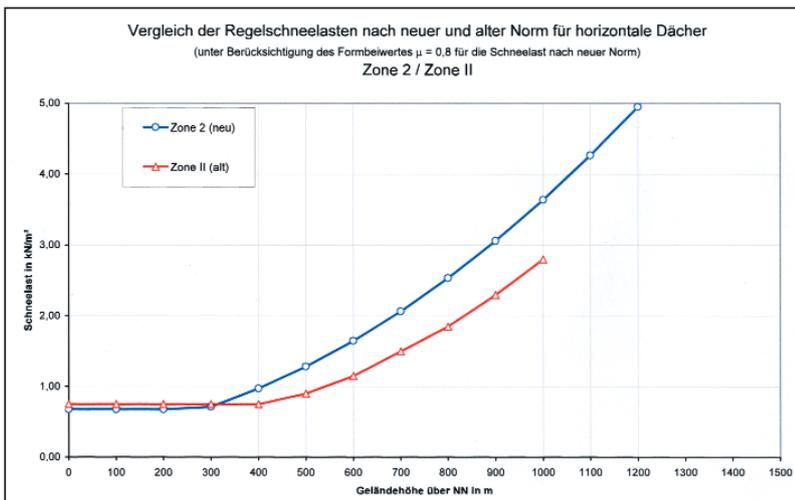
$$E_{dA} = 1,0 G_k + 1,0 \times \mu \times A_{k,S} \leq R_k / \gamma_{RA}$$
 mit z.B. Teilsicherheitsbeiwert für Beton 1,1

$$A_{k,S} = 2,3 \times s_k$$

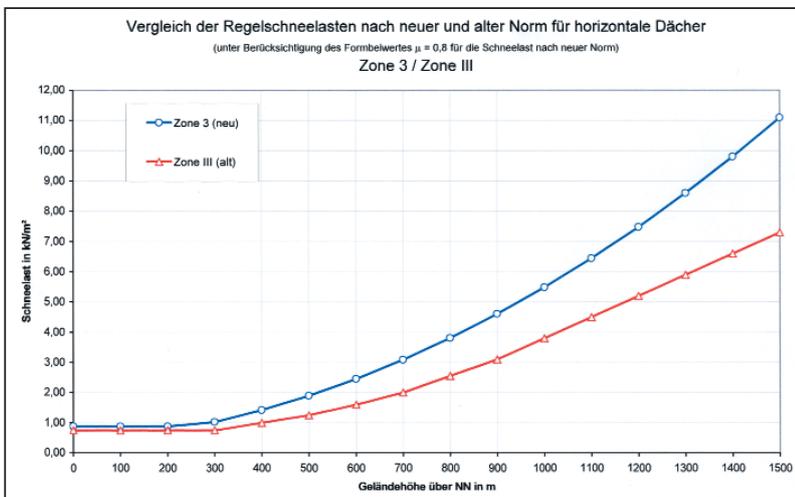
Vergleich alter und neuer Schneelasten auf dem Dach
 $(\mu_i = 0,8; S_i = 0,8 \times s_k)$



Schneelast Zone 1



Schneelast Zone 2



Schneelast Zone 3

■ Windzonen 3 und 4
 Im Bereich Nord- und Ostseeküsten und Inseln darf auf die Kombination in den Schneelastzonen 1 und 2 mit Schnee verzichtet werden.

■ Zone 3
 Begrenzte Bereiche mit höheren Schneelasten (Oberharz, Alpen u.a.). Hier sind bei 12 Messstationen höhere 50-Jahres-Werte festgestellt worden, so dass örtlich eine Anpassung erfolgt.

3 Schneelast auf Dächern

3.1 Allgemeines

■ Schneelasten und Lastbilder auf dem Dach sind abhängig von der Dachform

$$s_i = \mu_i \times s_k$$

s_i : charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Dach lotrecht auf die Grundrissprojektion der Dachfläche

μ_i : Formbeiwert der Schneelast entsprechend der Dachform

s_k : charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden, in kN/m^2

■ Voraussetzungen

- ausreichend wärmedämmte Konstruktion ($U \leq 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), übliche Dacheindeckung
- gilt näherungsweise auch für Glas-konstruktionen

3.2 Fläche und geneigte Dächer (Pultdächer)

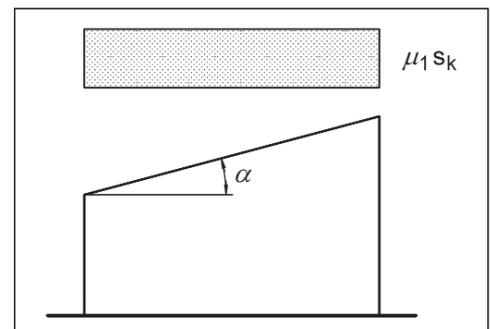


Abb. 3: Lastbild der Schneelast für flache und einseitig geneigte Dächer

3.3 Satteldächer

■ Das ungünstigste Lastbild ist zu berücksichtigen

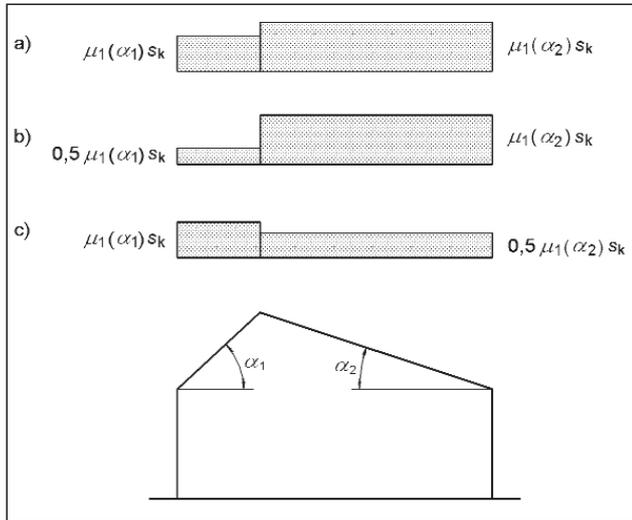


Abb. 4: Lastbild der Schneelast für das Satteldach

- Schneeverteilungen (a) ohne Windeinwirkung
- Schneeverteilung (b) + (c) mit Verwehungen und Abtaueinflüssen

3.4 Aneinander gereigte Sattel- und Sheddächer

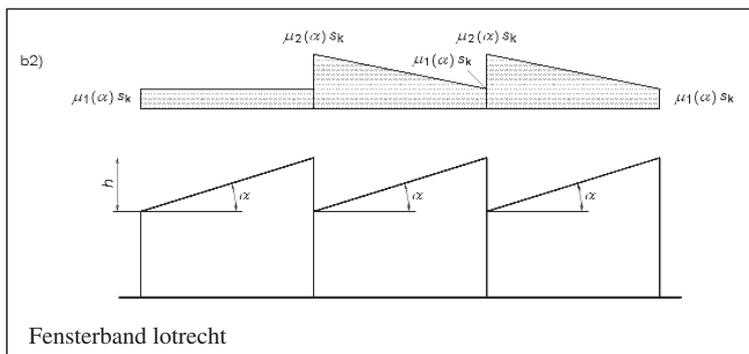
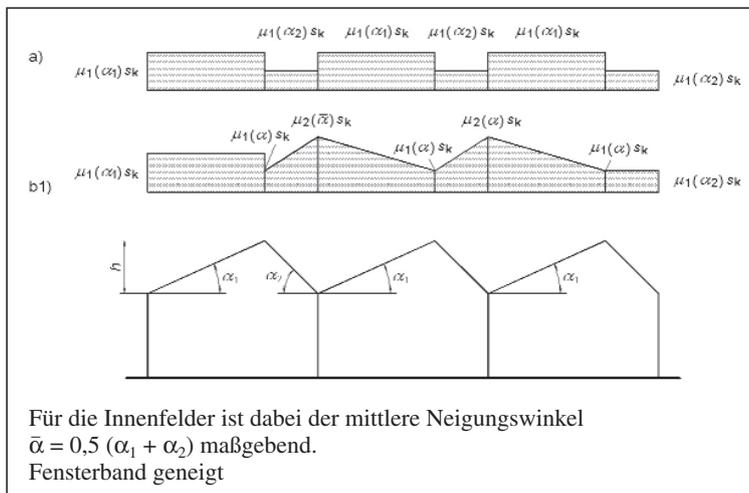


Abb. 5: Lastbild der Schneelast für gereigte Satteldächer und Sheddächer

- Formbeiwert μ_2 , begrenzt auf $\frac{\gamma \cdot h}{s_k} + \mu_1$
 $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$, h in m, s_k in kN/m^2

Formbeiwerte μ_2 und μ_1 zur Berechnung der Schneeverteilungen

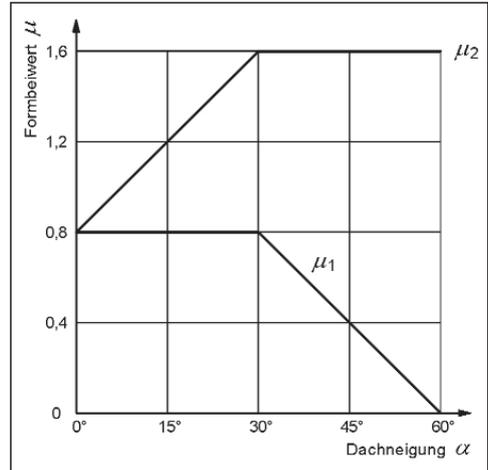


Abb. 6: Formbeiwerte der Schneelast für flache und geneigte Dächer

Dachneigung α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
Formbeiwert μ_1	0,8	$0,8 (60^\circ - \alpha)/30^\circ$	0
Formbeiwert μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30^\circ$	1,6	1,6

Tabelle 1: Formbeiwerte der Schneelast für flache und geneigte Dächer

- Voraussetzung: Schnee kann ungehindert vom Dach abrutschen
- Brüstungsgitter o. ä. an der Traufe $\mu \geq 0,8$

3.5 Tonnendächer

- Lastfälle (a) gleichmäßige Schneelast (b) unsymmetrische Schneelast
- Voraussetzung: Schnee kann ungehindert abgleiten

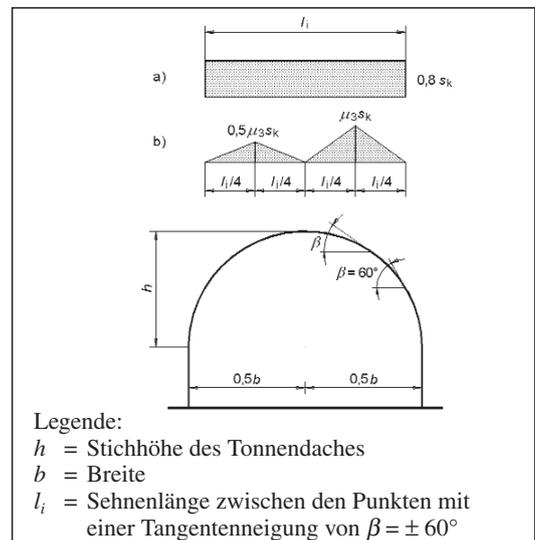


Abb. 7: Lastbild der Schneelast für Tonnendächer

- Dachflächen steiler $\beta = 60^\circ$ bleiben ohne Schneelast

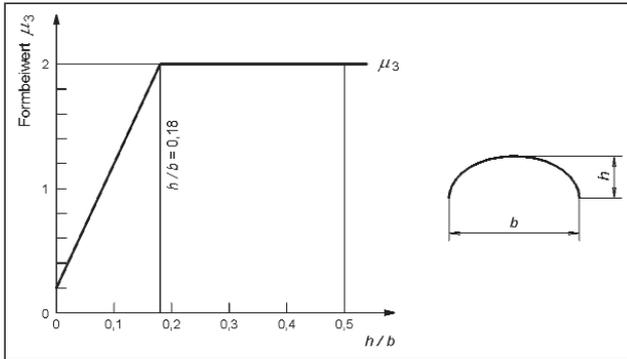


Abb. 8: Formbeiwerte der Schneelast für Tonnendächer

Verhältnis h/b	$< 0,18$	$\geq 0,18$
Formbeiwert μ_3	$0,2 + 10 h/b$	2,0

Tabelle 2 – Formbeiwerte der Schneelast für Tonnendächer

3.6 Höhengsprünge an Dächern

- Anhäufung von Schnee durch Anwehen und Abrutschen bei Höhengsprüngen ≥ 50 cm
- Stoßlasten eventuell zusätzlich berücksichtigen
- Tiefer liegendes Dach wird als Flachdach mit $\mu_1 = 0,8$ angenommen

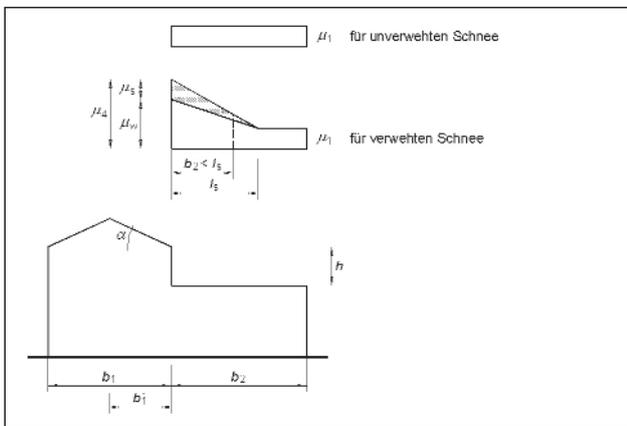


Abb. 9: Lastbild der Schneelast an Höhengsprüngen

- $\mu_4 = \mu_s + \mu_w$
 μ_s aus abgleitendem Schnee
 μ_w aus Schneeverwehungen

- μ_s
 Dachneigung $\alpha \leq 15^\circ$ } $\mu_s = 0$
 Dachneigung $\alpha > 15^\circ$ }

$\mu_s = 50\%$ der Gesamtlast der Grundrissprojektion auf der anschließenden Dachseite des oberen Daches mit $\mu_1 = 0,8$ (unabhängig von α)

z.B. $\mu_s = 0,8 \frac{b_1}{l_s}$ mit $l_s = 2 \cdot h$ ($5 \leq l_s \leq 15$ m)

- $\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma \cdot h/s_k$
- Begrenzung $0,8 \leq \mu_w \leq 4$

3.7 Verwehungen an Wänden und Aufbauten

- Verwehungen für Ansichtsflächen ≥ 1 m² oder $h \geq 0,50$ m
- Formbeiwerte
 $\mu_1 = 0,8$
 $\mu_2 = \gamma \cdot h/s_k$ mit $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$
- Einflusslänge $l_s = 2 h$ mit $5 \text{ m} \leq l_s < 15 \text{ m}$

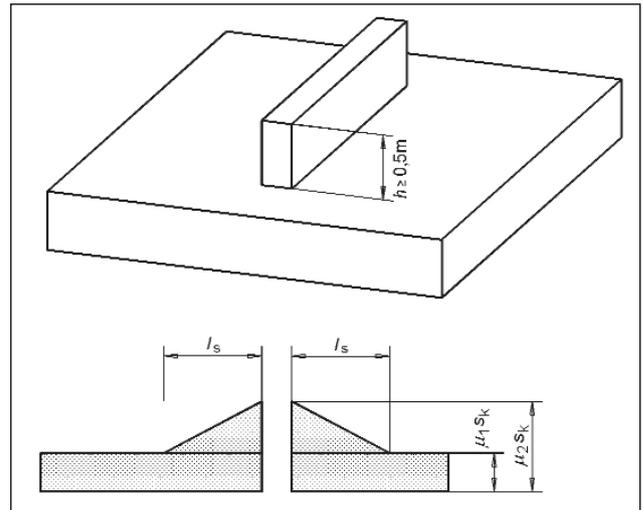


Abb. 10: Lastbild der Schneelast an Wänden und Aufbauten

4 Sonderfälle

4.1 Schneeüberhang an der Traufe

- Der auskragende Teil des Daches erhält die Zusatzlast s_e

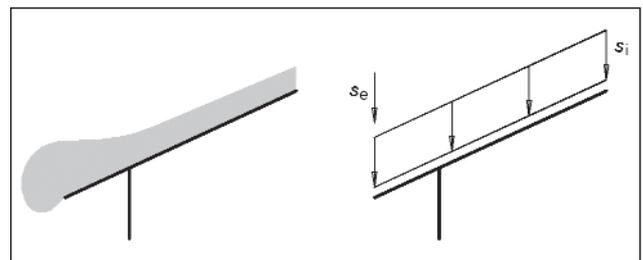


Abb. 11: Lastbild für den Schneeüberhang an der Traufe

- Die Last s_e beträgt
 $s_e = s_i^2/\gamma$ [in kN/m] mit $\gamma = 3,0$ kN/m³

4.2 Schneelasten auf Schneefanggitter und Aufbauten

- Schneefanggitter gegen abgleitende Schneemassen oder zum Abfangen von Schnee auf tiefer liegenden Dachflächen

- Die Schneelast F_s wird ohne Reibung zwischen Schnee und Dachfläche ermittelt zu

$$F_s = \mu_i \cdot s_k \cdot b \cdot \sin \alpha \text{ [kN/m] mit}$$

μ_i = Formbeiwert, i.d.R. μ_j
 s_k = charakteristische Schneelast auf dem Boden
 b = Grundrissentfernung Gitter zum First

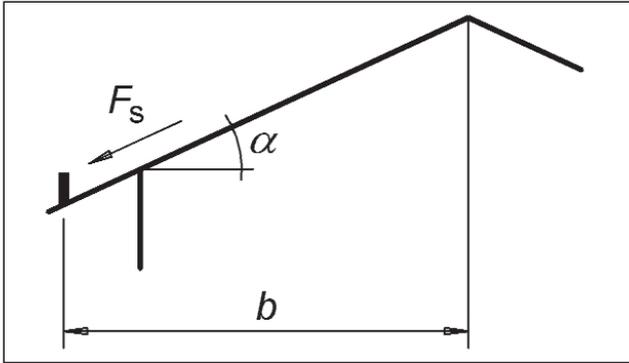


Abb. 12: Schneelast auf Schneefanggitter

5 Eislasten

5.1 Allgemeines

- Vereisung (Eisregen oder Raueis) abhängig von meteorologischen Einflüssen
- Erfahrungswerte bis zu 600 m NN und Bauwerkshöhen ≤ 50 m
- Eislasten, Anhang A, deshalb nur informativ
- Filigrane Bauteile teilweise höhere Einwirkungen als für Schnee. Besonders auch höhere Windlasten wegen größerer Flächen
- Gewichte des Eismantels für Vereisungsklassen
 Raueis R: $\gamma_R = 5 \text{ kN/m}^3$
 Glatteise G: $\gamma_G = 9 \text{ kN/m}^3$

5.2 Vereisungsklassen G

- Ummantelung mit Klareis (gefrierende Nebellagen) oder Glatteis (gefrierender Regen)
- Vereisungsklasse G 1: $t = 1 \text{ cm}$
 G 2: $t = 2 \text{ cm}$

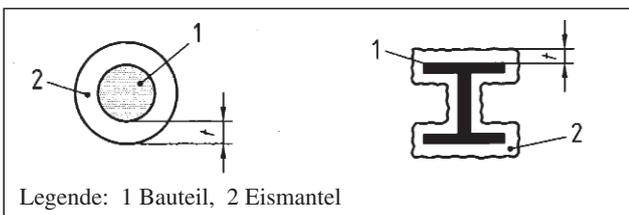


Abb. A.1: Allseitiger Eismantel

5.3 Vereisungsklassen R

- Vereisung einseitig gegen vorherrschende Windrichtung
- Eisablagerung an Stäben ≤ 300 mm

Vereisungsklasse	Eisgewicht an einem Stab ($\varnothing \leq 300$ mm) kN/m
R 1	0,005
R 2	0,009
R 3	0,016
R 4	0,028
R 5	0,050

Tabelle A.1 – Vereisungsklassen Raueis

- Vereisungsklassen R 1 bis R 3 im Flachland und unteren Lagen Mittelgebirge
- Eislast gilt für 10 m über Gelände. Bei höheren Bauteilen ist k_z zu berücksichtigen
- Nicht verdrehbare Stabquerschnitte entsprechend Typ A bis F
- Verdrehbare Stabquerschnitte (Seile) allseitige Eisanlagerung
- Fachwerke sind für Summe der Eislasten an Einzelstäben zu rechnen

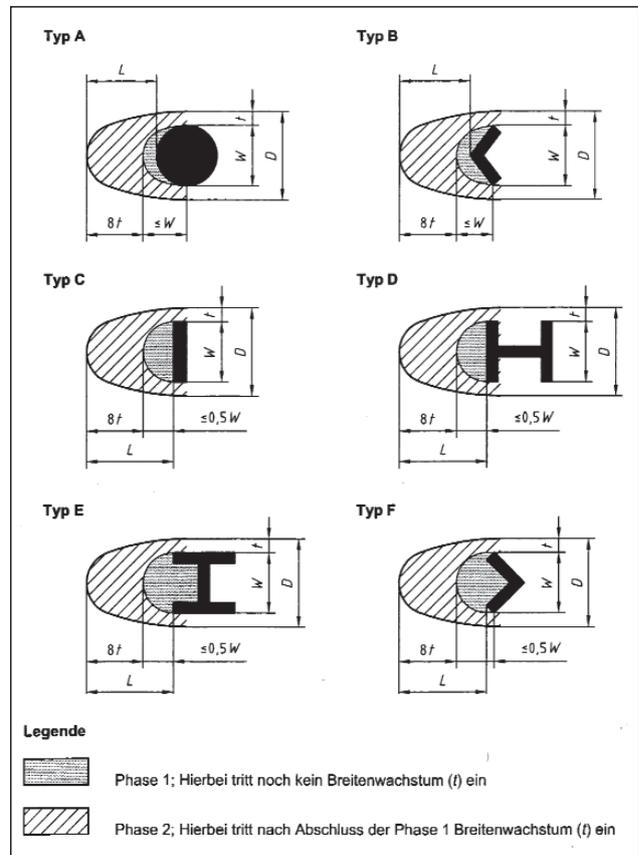


Abb. A.2: Raueisformen von Stäben mit unterschiedlicher Querschnittsform

■ Maße der Eisfahnen nach Tabelle A.2 und A.3 für die Windangriffsflächen

Stabquerschnitt		Typ A, B, C und D							
Stabbreite W mm		10	30	100	300				
Eisklasse	Eisgewicht kN/m	Eisfahnen mm							
		L	D	L	D	L	D	L	D
R 1	0,005	56	23	36	35	13	100	4	300
R 2	0,009	80	29	57	40	23	100	8	300
R 3	0,016	111	37	86	48	41	100	14	300

Tabelle A.2: Eisfahnenbildung an Stäben des Typs A, B, C und D

Stabquerschnitt		Typ E und F							
Stabbreite W mm		10	30	100	300				
Eisklasse	Eisgewicht kN/m	Eisfahnen mm							
		L	D	L	D	L	D	L	D
R 1	0,005	55	22	29	34	0	100	0	300
R 2	0,009	79	28	51	39	0	100	0	300
R 3	0,016	111	36	81	47	0	100	0	300

Tabelle A.3: Eisfahnenbildung an Stäben des Typs E und F

5.4 Vereisungsklassen in Deutschland

■ Eiszonen nach meteorologischen und topographischen Verhältnissen

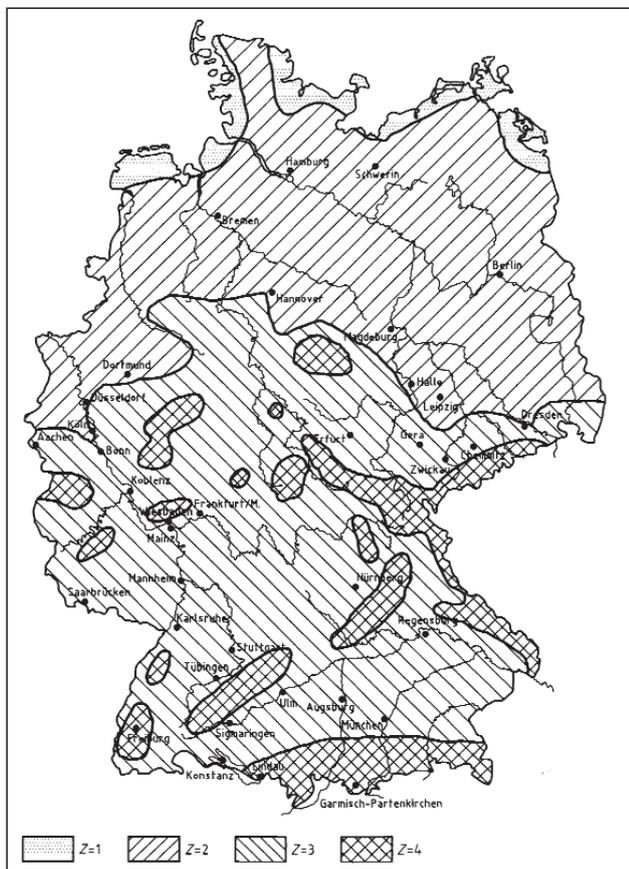


Abb. A.3: Eiszonenkarte Bundesrepublik Deutschland

■ Vereisungsklassen bezogen auf die Regionen

Zone	Region	Vereisungsklasse
1	Küste	G 1, R 1
2	Binnenland	G 2, R 1
3	Mittelgebirge $A \leq 400$ m	R 2
4	Mittelgebirge $400 \text{ m} < A \leq 600$ m	R 3

Tabelle A.4: Vereisungsklassen im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

■ Eisansatz in größeren Höhen über Gelände für Gebäude bis 50 m

$$k_z - 1 + \frac{h - 10}{100}$$

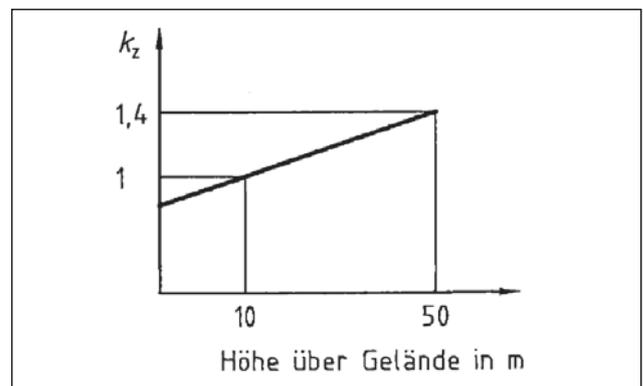


Abb. A.4: Höhenfaktor k_z

■ Für G-Klassen gleicher Eisansatz bis 50 m

5.5 Windlast auf vereiste Baukörper

- Maßgebend DIN 1055-4
- Eisansatz verändert Querschnittsform der Bauteile, damit auch den Windkraftwert die Bezugsfläche und den Völligkeitsgrad
- Für Vereisungsklasse G gilt allseitig vergrößerte Querschnittsform Veränderungen des Windkraftwertes c_{f0} ohne Eisansatz, nach Bild A.5 mit Eisansatz c_{fi}

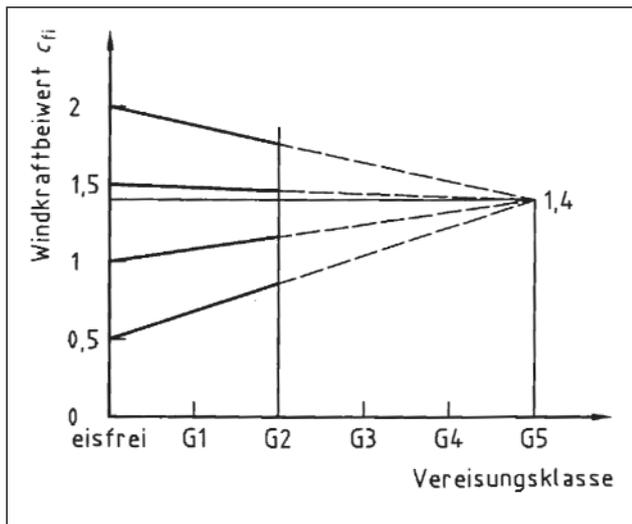


Abb. A.5: Veränderte Windkraftbeiwerte c_{fi} bei allseitigem Eisansatz

- Für Raueis Klassen R Wind quer zur Raueisfahne Charakteristische vergrößerte Windangriffsflächen für dünne, stabförmige Bauglieder mit einer Breite ≤ 300 mm

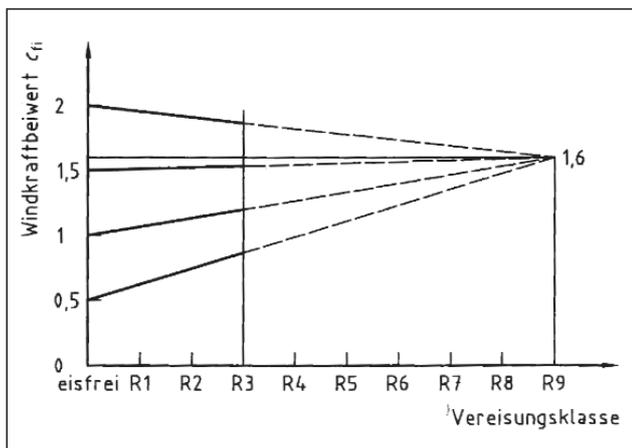


Abb. A.6: Veränderte Windkraftbeiwerte c_{fi} bei Raueis

- Höhere Windangriffsflächen meist für R-Klassen
- Höhere Eisgewichte meist aus G-Klassen

6 DIN 1055-6, Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

6.1 Allgemeines

- Gegenüber der Norm aus dem Jahre 1987 wesentlich differenziertere Unterscheidungen der Einwirkungen
- Starker Bezug auf Schüttguteigenschaften und Siloform sowie Ausführungsart
- Weitgehende Anpassung an die EN-Normen

6.2 Anwendungsbereich

- Prinzipien und Vorgaben zu Einwirkungen für Entwurf und Bemessung in Übereinstimmung mit den anderen Teilen der DIN 1055
- Angaben zu Auswirkungen von Temperaturunterschieden
- Anwendungsgrenzen nach Querschnittsform

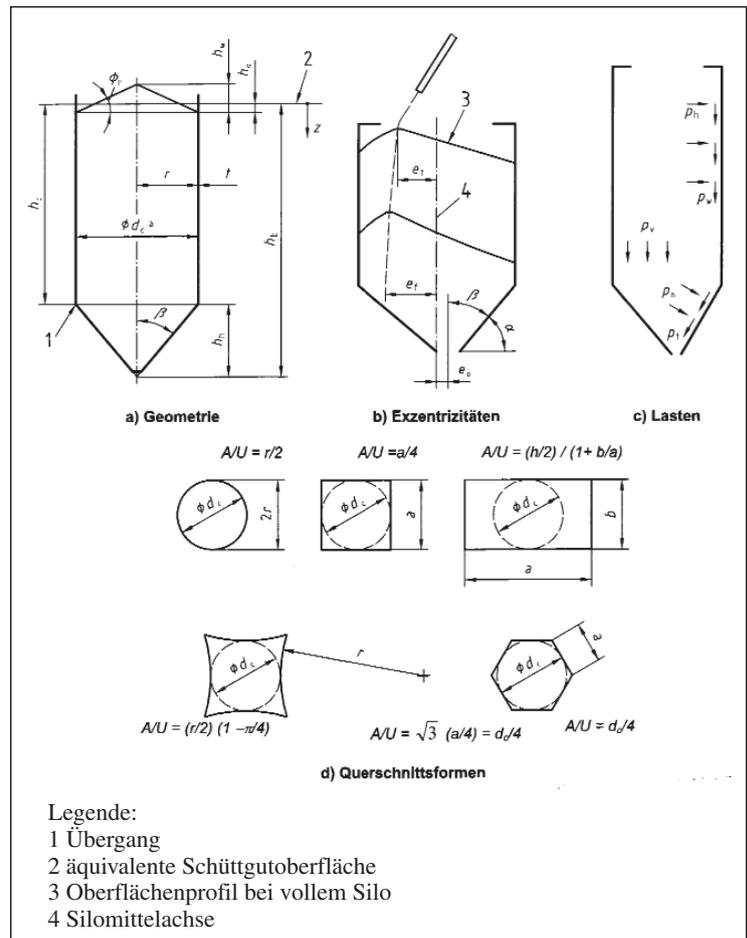


Abb. 1: Darstellung von Silozellen mit Benennung der geometrischen Kenngrößen und Lasten

■ Anwendungsgrenzen nach geometrischen Abmessungen

- Abmessungsgrenzen
 - $h_b/d_c < 10$
 - $h_b < 100 \text{ m}$
 - $d_c < 60 \text{ m}$
- Übergang von vertikalen Siloschaft in den Trichtern in einer oder mehreren horizontalen Ebenen
- Einbauten werden bei den Silodrücken nicht erfasst
- Jeder Silo ist für festzulegendes Schüttgut zu bemessen
- Schüttgüter werden als freifließend angenommen
- Austrags- und Entfernungshilfen erreichen gleichmäßigen Silofluß
- Maximale Korngröße $\leq 0,03 d_c$
- Lastansätze gelten für konische bzw. axialsymmetrische und keilförmige Trichter

- Zylindrische Silos mit waagerechten Boden, deren Auslauftrichter über den gesamten Querschnitt verteilt sind, werden nicht erfasst
- Gilt nicht für Silos mit Umlaufbetrieb
- Ungeklärt sind dynamische Beanspruchungen beim Entleeren, wie z.B. Silobeben, Stöße, Hupen oder Siloschlagen

6.3 Berechnungsansätze und Hinweise zur Norm

- Bemessungssituationen
- Schüttgutkennwerte
- Lasten auf vertikale Silowände
- Lasten auf Silotrichter und Siloboden
- Lasten auf Flüssigkeitsbehälter
- Regeln zur Ergänzung der DIN 1055-100
 - Tragfähigkeit
 - Teilsicherheitsbeiwert γ
 - Kombinationsbeiwerte ψ
 - Einwirkungskombinationen
 - Bemessungssituation für die Zuverlässigkeitsklassen 1, 2 und 3 (Robustheit der Konstruktion)

Anforderungsklasse	Beschreibung
Anforderungsklasse 3	Silo mit einem Fassungsvermögen von mehr als 10 000 Tonnen Silos mit einem Fassungsvermögen von mehr als 1 000 Tonnen, bei denen eine der folgenden Bemessungssituationen vorliegt: a) exzentrische Entleerung mit $e_o/d_c > 0,25$ (siehe Bild 1b) b) niedrige Silos mit einer exzentrischen Befüllung von mehr als $e_i/d_c > 0,25$
Anforderungsklasse 2	Alle Silos, die durch diese Lastnorm abgedeckt sind und nicht in den anderen beiden Klassen enthalten sind.
Anforderungsklasse 1	Silos mit einem Fassungsvermögen von weniger als 100 Tonnen

Tabelle 1: Klassifikation von Bemessungssituationen

- Messung von Schüttgutkennwerten
- Seismische Einwirkungen
- Alternative Regeln zur Ermittlung von Trichterlasten
- Staubexplosionen
 - DIN-Fachbericht 140, Auslegung von Siloanlagen gegen Staubexplosionen