

DIN 1055-4**DIN**

ICS 91.010.30

Ersatz für
DIN 1055-4:1986-08 und
DIN 1055-4/A1:1987-06**Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 4: Windlasten**Action on structures –
Part 4: Wind loadsAction sur les structures –
Partie 4: Actions du vent

Gesamtumfang 101 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	7
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	9
3.1 Begriffe.....	9
3.2 Symbole und Abkürzungen.....	9
4 Klassifizierung der Einwirkungen.....	11
5 Bemessungssituationen.....	11
6 Erfassung der Einwirkungen.....	12
6.1 Allgemeine Festlegungen.....	12
6.2 Beurteilung der Schwingungsanfälligkeit von Bauwerken bei böenerregten Schwingungen.....	12
6.3 Weitergehende Untersuchungen.....	13
7 Windgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsdruck.....	13
7.1 Allgemeines.....	13
7.2 Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen.....	14
8 Winddruck bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen.....	14
9 Windkräfte bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen.....	16
9.1 Windkräfte.....	16
9.2 Windkräfte infolge von Reibung.....	16
10 Böengeschwindigkeitsdruck für nicht schwingungsanfällige Bauwerke und Bauteile.....	17
10.1 Verfahren zur Ermittlung des Böengeschwindigkeitsdruckes.....	17
10.2 Vereinfachte Annahmen für den Böengeschwindigkeitsdruck bei Bauwerken bis zu einer Höhe von 25 m über Grund.....	17
10.3 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall.....	18
11 Dynamische Windwirkungen.....	19
11.1 Böenerregte Schwingungen.....	19
11.2 Wirbelerregte Querschwingungen und aeroelastische Phänomene.....	19
12 Aerodynamische Beiwerte.....	20
12.1 Druckbeiwerte für Gebäude.....	20
12.1.1 Allgemeines.....	20
12.1.2 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss.....	20
12.1.3 Flachdächer.....	23
12.1.4 Pultdächer.....	25
12.1.5 Sattel- und Trogdächer.....	27
12.1.6 Walmdächer.....	30
12.1.7 Druckbeiwerte für Sheddächer.....	32
12.1.8 Innendruck bei geschlossenen Baukörpern.....	34
12.1.9 Druckbeiwerte auf die innen liegenden Oberflächen seitlich offener Baukörper.....	35
12.1.10 Resultierender Winddruck für Außenwandbekleidungen.....	36
12.2 Druckbeiwerte für freistehende Dächer.....	37
12.3 Druckbeiwerte für freistehende Wände und Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln.....	39
12.3.1 Druckbeiwerte für freistehende Wände.....	39
12.3.2 Abschattungsfaktoren für freistehende Wände.....	40
12.3.3 Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln.....	41
12.4 Kraftbeiwerte für Bauteile mit rechteckigem Querschnitt.....	42

	Seite
12.5 Kraftbeiwerte für Bauteile mit kantigem Querschnitt	44
12.6 Kraftbeiwerte für Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt	44
12.7 Kreiszyylinder.....	46
12.7.1 Kraftbeiwerte	46
12.7.2 Kraftbeiwerte für vertikale Zylinder in Reihenanordnung	47
12.7.3 Druckbeiwerte.....	48
12.8 Kraftbeiwerte für Kugeln	50
12.9 Kraftbeiwerte für Fachwerke	50
12.10 Abminderung der Windkräfte auf hintereinander liegende gleiche Stäbe, Tafeln oder Fachwerke.....	54
12.11 Kraftbeiwerte für Flaggen.....	55
12.12 Reibungsbeiwerte	56
12.13 Effektive Schlankheit und Abminderungsfaktor ψ_λ zur Berücksichtigung der Schlankheit	56
Anhang A (normativ) Windzonenkarte	59
A.1 Allgemeines	59
A.2 Einfluss der Meereshöhe.....	59
Anhang B (normativ) Einfluss von Geländerauigkeit und Topographie	60
Anhang C (normativ) Verfahren zur Ermittlung des Böenreaktionsfaktors.....	65
C.1 Allgemeines	65
C.2 Statische Ersatzlast	67
C.3 Böenreaktionsfaktor	68
C.4 Verformungen und Beschleunigungen	73
C.5 Interferenzeffekte	75
C.6 Überschreitungshäufigkeit von niedrigen Niveaus der Böenreaktion.....	76
Anhang D (normativ) Wirbelerregte Schwingungen	78
D.1 Allgemeines	78
D.2 Berechnungsverfahren für wirbelerregte Querschwingungen	78
D.2.1 Kritische Windgeschwindigkeit	78
D.2.2 Strouhalzahl.....	78
D.2.3 Einwirkung infolge wirbelerregter Querschwingungen.....	80
D.2.4 Berechnung der Querschwingungsamplitude	80
D.2.5 Aerodynamischer Erregerkraftbeiwert.....	81
D.2.6 Wirklänge	82
D.2.7 Wirklängenfaktor K_W	84
D.2.8 Beiwert der Schwingungsform K	86
D.2.9 Anzahl N der Spannungsschwingspiele	86
D.2.10 Maßnahmen gegen wirbelerregte Querschwingungen.....	87
D.2.11 Ovalisierende Schwingungen zylinderförmiger Schalen	87
Anhang E (normativ) Aeroelastische Instabilitäten und Interferenzeffekte.....	88
E.1 Galloping	88
E.1.1 Allgemeines	88
E.1.2 Einsetzgeschwindigkeit.....	88
E.2 Interferenzeffekte bei Reihen- oder Gruppenanordnung für Schwingungen quer zur Windrichtung	90
E.2.1 Allgemeines	90
E.2.2 Wirbelresonanz.....	90
E.2.3 Interferenzgalloping	91
E.2.4 Klassisches Galloping	91
E.3 Divergenz und Flattern	94
E.3.1 Allgemeines	94
E.3.2 Allgemeine Bedingungen für plattenförmige Baukörper	94
E.3.3 Divergenzgeschwindigkeit	94

	Seite
Anhang F (normativ) Dynamische Grundlagen	96
F.1 Allgemeines	96
F.2 Grundbiegeeigenfrequenz	96
F.3 Grundbiegeschwingsform	98
F.4 Äquivalente Masse	99
F.5 Logarithmisches Dämpfungsdekrement.....	99
Bilder	
Bild 1 — Druck auf Bauwerksflächen	15
Bild 2 — Außendruckbeiwert für Bauwerke in Abhängigkeit von der Lasteinzugsfläche A	20
Bild 3 — Bezugshöhe z_e in Abhängigkeit von der Höhe h und der Breite b	21
Bild 4 — Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden	22
Bild 5 — Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern	24
Bild 6 — Einteilung der Dachflächen bei Pultdächern	26
Bild 7 — Einteilung der Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern	28
Bild 8 — Einteilung der Dachflächen bei Walmdächern	31
Bild 9 — Einteilung der Dachflächen bei Sheddächern.....	33
Bild 10 — Innendruckbeiwerte c_{pi} bei durchlässigen Außenwänden.....	35
Bild 11 — Druckbeiwerte auf die innen liegenden Oberflächen seitlich offener Baukörper.....	36
Bild 12 — Einteilung der Wandfläche und Anströmrichtung	39
Bild 13 — Abschattungsfaktor ψ_s für Winddrücke auf hintereinander liegende Wände	41
Bild 14 — Abmessungen bei Anzeigetafeln.....	42
Bild 15 — Grundkraftbeiwerte $c_{f,0}$ von scharfkantigen Rechteckquerschnitten	43
Bild 16 — Abminderungsfaktor ψ_r für einen quadratischen Querschnitt mit abgerundeten Ecken.....	43
Bild 17 — Bauteilquerschnitte.....	44
Bild 18 — Bauteil mit regelmäßigem polygonalen Querschnitt.....	45
Bild 19 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ von Zylindern mit unendlicher Schlankheit für verschiedene bezogene äquivalente Rauigkeiten k/b	46
Bild 20 — Druckverteilung über einen zylindrischen Querschnitt	49
Bild 21 — Kraftbeiwert einer Kugel in Windrichtung	50
Bild 22 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für ein ebenes Fachwerk aus abgewinkelten scharfkantigen Profilen in Abhängigkeit vom Völligkeitsgrad φ.....	51
Bild 23 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für ein räumliches Fachwerk aus abgewinkelten und scharfkantigen Profilen in Abhängigkeit vom Völligkeitsgrad φ.....	52
Bild 24 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für ebenes und räumliches Fachwerk aus Profilen mit kreisförmigem Querschnitt.....	53
Bild 25 — Abminderungsfaktor η für die Summe der Windkräfte auf hintereinander liegende gleiche Baukörper in Anhängigkeit vom Verhältnis x/h und vom Völligkeitsgrad φ (bei vollwandigen Baukörpern: $\varphi = 1$)	55
Bild 26 — Abminderungsfaktor ψ_λ in Abhängigkeit von der effektiven Schlankheit λ und für verschiedene Völligkeitsgrade φ.....	56
Bild 27 — Definition des Völligkeitsgrades φ	58

Bild A.1 — Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland	59
Bild B.1 — Faktor s für Klippen und Geländesprünge	63
Bild B.2 — Faktor s für Kuppen und Hügelkämme	64
Bild C.1 — Effektive Höhe z_e	66
Bild C.2 — Spitzenfaktor g	68
Bild C.3 — Integrallängenmaß $L_i(z)$ der Turbulenz	70
Bild C.4 — Böengrundanteil Q_0^2	71
Bild C.5 — Dimensionslose spektrale Dichtefunktion R_N	72
Bild C.6 — Aerodynamische Übertragungsfunktionen R_l ($l = h$ bzw. b)	73
Bild C.7 — Näherung des Koeffizienten K_x nach Gleichung (C.20)	75
Bild C.8 — Anzahl der Überschreitungen N_g des Niveaus $S_e(N_g)$ einer Böenreaktion S innerhalb eines Zeitraums von 50 Jahren	77
Bild D.1 — Strouhalzahl St für scharfkantige rechteckige Querschnittsformen	80
Bild D.2 — Grundwert des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes $c_{lat,0}$ für Kreiszyylinder in Abhängigkeit von der Reynoldszahl Re (w_{crit})	82
Bild D.3 — Beispiele für den Ort der anzusetzenden Wirklänge	83
Bild E.1 — Reihen- und Gruppenanordnungen von zylindrischen Baukörpern	90
Bild E.2 — Bezeichnungen der geometrischen Parameter für Interferenzgalloping	91
Bild E.3 — Ableitung des aerodynamischen Koeffizienten des Momentes c_M nach der Torsionsverdrehung θ in Abhängigkeit des Seitenverhältnisses b/d	95
Bild F.1 — Abmessungen bei Schornsteinen	97
Bild F.2 — Grundbiegeschwingsform für Gebäude, Türme und Schornsteine, die als Kragbauwerke ausgeführt sind	98
Tabellen	
Tabelle 1 — Abgeminderter Geschwindigkeitsdruck zur Untersuchung vorübergehender Zustände	14
Tabelle 2 — Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe	18
Tabelle 3 — Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude	23
Tabelle 4 — Außendruckbeiwerte für Flachdächer	25
Tabelle 5 — Außendruckbeiwerte für Pultdächer	27
Tabelle 6 — Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer	29
Tabelle 7 — Außendruckbeiwerte für Walmdächer	32
Tabelle 8 — Druckbeiwerte für freistehende Dächer	38
Tabelle 9 — Beiwerte für den resultierenden Druck $c_{p,net}$ für freistehende Wände	40
Tabelle 10 — Grundkraftbeiwerte $c_{f,0}$ für regelmäßige polygonale Querschnitte	45
Tabelle 11 — Äquivalente Rauigkeiten	47
Tabelle 12 — Erhöhungsfaktor κ für die Grundkraftbeiwerte $c_{f,0}$ von in Reihe angeordneten Kreiszyindern	48

	Seite
Tabelle 13 — Typische Werte für Re , α_{\min} , $c_{p,0,\min}$, α_A und $c_{p,0,h}$	49
Tabelle 14 — Bezugsfläche A und Kraftbeiwert c_f für hintereinander liegende Baukörper	54
Tabelle 15 — Reibungsbeiwerte c_{fr}	56
Tabelle 16 — Effektive Schlankheit λ für Zylinder-, Vieleck-, Brücken- und Rechteckquerschnitte sowie für Anzeigetafeln, scharfkantige Bauteile und Fachwerkkonstruktionen	57
Tabelle B.1 — Geländekategorien	60
Tabelle B.2 — Profile der mittleren Windgeschwindigkeit, der Turbulenzintensität, des Böengeschwindigkeitsdrucks und der Böengeschwindigkeit in ebenem Gelände für 4 Geländekategorien	61
Tabelle B.3 — Profile der mittleren Windgeschwindigkeit, der Turbulenzintensität und der Böengeschwindigkeit in ebenem Gelände für die Regelfälle nach 10.3	62
Tabelle B.4 — Werte für die effektive Länge L_e	62
Tabelle C.1 — Exponent ε	70
Tabelle C.2 — Profilexponent α	74
Tabelle C.3 — Beispiele für Interferenzfaktoren K_i für hohe Bauwerke in Reihen- oder Gruppenanordnung	76
Tabelle D.1 — Strouhalzahl St und Grundwert des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes $c_{lat,0}$ für verschiedene Querschnittsformen	79
Tabelle D.2 — Aerodynamischer Erregerkraftbeiwert c_{lat} in Abhängigkeit vom Verhältnis der kritischen Windgeschwindigkeit zur mittleren Windgeschwindigkeit $v_{crit,i} / v_{m,I,j}$	81
Tabelle D.3 — Wirklänge L_j in Abhängigkeit von der Schwingwegamplitude $y_{F,j}$	83
Tabelle D.4 — Wirklängenfaktor K_w und Beiwert der Schwingungsform	85
Tabelle E.1 — Stabilitätsbeiwert für Galloping a_G	89
Tabelle E.2 — Rechenwerte für die Abschätzung der Antwort quer zur Windrichtung von gekoppelten Zylindern in Reihen- und Gruppenanordnung	93
Tabelle F.1 — Grundbiegeschwingsform von gelenkig gelagerten oder beidseitig eingespannten Einfeldträgern	99
Tabelle F.2 — Parameter a_1 , b_1 , und δ_{\min}	101

Vorwort

Die Norm ist Teil einer neuen Reihe DIN 1055 „*Einwirkungen auf Tragwerke*“ die aus folgenden weiteren Teilen bestehen wird:

- *Teil 1: Wichte und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*
- *Teil 2: Bodenkenngrößen (zz. Entwurf)*
- *Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*
- *Teil 4: Windlasten*
- *Teil 5: Schnee- und Eislasten (zz. Entwurf)*
- *Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter*
- *Teil 7: Temperatureinwirkungen*
- *Teil 8: Einwirkungen während der Bauausführung*
- *Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen*
- *Teil 10: Einwirkungen infolge Krane und Maschinen*
- *Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

Die vorliegende Norm wurde unter Verantwortung des Arbeitsausschusses NABau 00.02.00 auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-2-4 erarbeitet.

Die Neufassung der Normenreihe DIN 1055 erfolgt einerseits mit der Zielsetzung, offensichtlich überalterte Regelungen dem fortgeschrittenen anerkannten Stand der Technik anzupassen. Andererseits soll der Umsetzung der entsprechenden Europäischen Vornormen der Reihe ENV 1991 in die praktische Anwendung Vorschub geleistet werden. Eine direkte Übernahme der Europäischen Vornormen der Reihe ENV 1991 erschien den zuständigen deutschen Fachkreisen nicht sinnvoll, da zu dieser Reihe Einsprüche verschiedener CEN-Mitglieder vorliegen, die bei der Überführung in Europäische Normen Änderungen und Ergänzungen erwarten lassen.

Abweichungen der vorliegenden Norm von DIN ENV 1991-2-4:1998-12 entsprechen teilweise dem deutschen Einspruch und beinhalten darüber hinaus Änderungen und Ergänzungen, die nach Auffassung des zuständigen NABau-Arbeitsausschusses den Anforderungen der deutschen Bemessungspraxis genügen und die den allgemein anerkannten Stand der Technik wiedergeben.

Änderungen

Gegenüber DIN 1055-4:1986-08 und DIN 1055-4/A1:1987-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständige Überarbeitung auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-2-4 und unter Berücksichtigung der Arbeiten an der Fortschreibung dieser Vornorm;
- b) Übernahme des europäischen Konzepts zur Ermittlung von Windkarten auf der Grundlage von Windzonen;
- c) Regelungen für schwingungsanfällige Tragwerke;
- d) Erweiterung der Beispiele für aerodynamische Beiwerte;
- e) Regelungen für den Einfluss der Geländerauigkeit;
- f) Regelungen für wirbelerregte Querschwingungen.

Frühere Ausgaben

Bbl zu DIN 1055-4: 1939-06, 1941-02
 DIN 1055-4/A1: 1987-06
 DIN 1055-4: 1938xxx-06, 1977-05, 1986-08

DIN 1055-4:2005-03**Einleitung**

In dieser Norm wird in Abhängigkeit vom Charakter der einzelnen Regelungen zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln unterschieden.

Prinzipien enthalten:

- allgemeine Festlegungen und Angaben, die in jedem Fall einzuhalten sind,
- Anforderungen und Rechenmodelle, für die keine Abweichungen erlaubt sind, sofern dies nicht ausdrücklich angegeben ist.

Anwendungsregeln sind allgemein anerkannte Regeln, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen. Abweichungen von den Anwendungsregeln sind zulässig, wenn diese die maßgebenden Prinzipien erfüllen und hinsichtlich des Zuverlässigkeitsniveaus dieser Norm mindestens gleichwertig sind.

Im Gegensatz zu Prinzipien sind Anwendungsregeln kursiv gedruckt.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm gibt die allgemeinen Vorgehensweisen und die Einwirkungen zur Ermittlung von Windlasten für die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauwerken einschließlich einiger geotechnischer Aspekte an und ist in Verbindung mit den anderen Normen der Reihe DIN 1055 anwendbar.

(2) Diese Norm enthält Regeln und Verfahren für die Berechnung von Windlasten auf Bauwerke bis zu einer Höhe von 300 m sowie auf deren einzelne Bauteile und Anbauten.

(3) Diese Norm enthält auch Berechnungsverfahren für Schornsteine und andere vertikale Kragssysteme. Besondere Anforderungen für Gittermaste sind nicht enthalten.

(4) Für abgespannte Maste wird auf ENV 1993-3-1 verwiesen.

(5) Diese Norm behandelt weiterhin die Windlast für vorübergehende Zustände.

(6) Diese Norm kann auch als Grundlage für eine Ermittlung von Windlasten für Bauwerke oder Bauteile herangezogen werden, die nicht ausdrücklich im Anwendungsbereich genannt sind.

(7) Für die Anwendung der Norm bei der Ermittlung der Lasten für die Windsogsicherung von kleinformatischen, überlappend verlegten Bauteilen (z. B. Dachziegel oder Dachsteine) können abweichende Regelungen maßgebend sein.

(8) Diese Norm gibt keine Regeln für die Windlasten auf Brücken. Sie sind den entsprechenden Fachnormen zu entnehmen.

(9) Diese Norm enthält keine Regeln für Bauwerke mit besonderen Zuverlässigkeitsanforderungen wie zum Beispiel Bauwerke aus dem Bereich der Kerntechnik, für die besondere Bemessungsvorschriften anzuwenden sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

DIN 1055-100:2001-03, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

ENV 1993-3-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine — Türme und Maste*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in DIN 1055-100 angegebenen Begriffe.

3.2 Symbole und Abkürzungen

Lateinische Großbuchstaben

A_{fr}	Summe der vom Wind überströmten Flächen (benetzte Fläche)
A_{ref}	Bezugsfläche
F_{fr}	resultierende Reibungskraft
F_w	Gesamtwindkraft, die auf ein Gebäude einwirkt
G	Böenreaktionsfaktor
H_s	Meereshöhe, in m
Sc	Scrutonzahl
St	Strouhalzahl
R_{h, R_b}	Übertragungsfunktionen
R_N	dimensionslose spektrale Dichtefunktion
R_x	Resonanz-Antwortanteil

Lateinische Kleinbuchstaben

b	Breite des Bauteils oder Bauwerks
c_f	aerodynamischer Kraftbeiwert
c_{fr}	aerodynamischer Reibungsbeiwert
c_{pe}	aerodynamischer Beiwert für den Außendruck
c_{pi}	aerodynamischer Beiwert für den Innendruck
$c_{p,net}$	aerodynamischer Beiwert für den resultierenden Druck
d	Abmessung parallel zur Anströmrichtung
e	Ausmittigkeit einer Kraft quer zu einer Körperachse
g	Böenspitzenfaktor
h	Höhe des Bauwerks
k	äquivalente Rauigkeiten

DIN 1055-4:2005-03

k_{θ}	Torsionssteifigkeit
$m_{1,x}$	äquivalente Masse für Schwingungen in Windrichtung
$n_{1,x}$	Grundeigenfrequenz der Bauwerksschwingungen in Windrichtung
q	Geschwindigkeitsdruck, der einer Windgeschwindigkeit v zugeordnet ist
q_{ref}	zur zeitlich gemittelten Windgeschwindigkeit v_{ref} gehörender Geschwindigkeitsdruck
v	Windgeschwindigkeit
v_{CG}	Einsetzgeschwindigkeit für Galloping
v_{crit}	kritische Windgeschwindigkeit
v_{div}	kritische Windgeschwindigkeit für Divergenz
v_{ref}	zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit
w_e	Winddruck, der auf die Außenfläche eines Bauwerks wirkt
w_i	Winddruck, der auf Oberfläche im Inneren eines Bauwerks wirkt
x_s	Kopfpunktverschiebung eines Kragträgers unter Eigenlast in Windrichtung wirkend angenommen
z_e, z_i	Bezugshöhe für den Außendruck bzw. Innendruck oder Kraftbeiwert
z	Höhe über Grund

Griechische Großbuchstaben

Φ Schwingungsform

Griechische Kleinbuchstaben

α	Dachneigungswinkel
δ	logarithmisches Dämpfungsdekrement nach Anhang F
φ	Völligkeitsgrad
μ	Flächenparameter für die Durchlässigkeit von Wänden
ν	kinematische Zähigkeit
ρ	Luftdichte
ψ_{λ}	Abminderungsfaktor für den aerodynamischen Kraftbeiwert für Bauwerke und Bauteile mit endlicher Schlankheit
ψ_T	Abminderungsfaktor für quadratische Querschnitte mit abgerundeten Ecken
ψ_s	Abschattungsfaktor
θ	Anströmrichtung

Indizes

e	Außen; Standort
fr	Reibung
i	Innen-; Ordnung der Eigenfrequenz bzw. Eigenform
j	Nummer des Abschnittes oder eines Punktes eines Bauwerks oder Bauteils
ref	Bezug
v	Windgeschwindigkeit
x	in Windrichtung
y	quer zur Windrichtung
z	in vertikaler Richtung

4 Klassifizierung der Einwirkungen

- (1) Windlasten werden als veränderliche, freie Einwirkungen eingestuft.
- (2) Die mit den Regeln dieser Norm ermittelten Geschwindigkeitsdrücke sind als charakteristische Größen mit einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02 aufzufassen.
- (3) Alle bei der Bemessung anzusetzenden Windlasten werden als unabhängige Einwirkungen betrachtet. (siehe DIN 1055-100:2001-03, A.1).

5 Bemessungssituationen

- (1) Die Windlasten müssen für jeden belasteten Bereich ermittelt werden. Belastete Bereiche können sein:
 - das gesamte Bauwerk;
 - Teile des Bauwerks, das heißt Bauteile, Fassadenelemente und deren Befestigungsteile.
- (2) Die Folgen anderer Einwirkungen (z. B. Schnee, Verkehr, Eis), die sich auf die Bezugsfläche oder die aerodynamischen Beiwerte erheblich auswirken, sind zu berücksichtigen. Für Eisansatz dürfen die Windlasten nach 7.2 angesetzt werden
- (3) *Sind Bauwerke durch massive Wände und Decken erfahrungsgemäß ausreichend ausgesteift, so braucht in der Regel die Windbeanspruchung der Gesamtkonstruktion nicht nachgewiesen zu werden.*
- (4) *Dynamisch beanspruchte Bauwerke oder Bauteile sind gegebenenfalls hinsichtlich ihrer Ermüdungsbeanspruchung zu untersuchen.*

DIN 1055-4:2005-03**6 Erfassung der Einwirkungen****6.1 Allgemeine Festlegungen**

(1) Die Windlasten werden in dieser Norm in Form von Winddrücken und Windkräften erfasst. Die Windlast ist unabhängig von der Himmelsrichtung mit dem vollen Rechenwert des Geschwindigkeitsdruckes wirkend zu berechnen. Eine genauere Berücksichtigung des Einflusses der Windrichtung ist zulässig, wenn ausreichend gesicherte statistische Erkenntnisse vorliegen.

(2) Die Winddrücke wirken auf außen liegende Oberflächen von Baukörpern und infolge der Durchlässigkeit der äußeren Hülle auch auf innen liegende Oberflächen. Der Winddruck wirkt normal zur betrachteten Oberfläche. Wenn der Wind an größeren Flächen vorbeistreicht, kann es erforderlich werden, auch die parallel zur Fläche wirkenden Reibungskräfte zu berücksichtigen.

(3) *Bei ausreichend steifen, nicht schwingungsanfälligen Tragwerken oder Bauteilen genügt es, die Windwirkung durch den Ansatz einer statischen Ersatzlast nach den Abschnitten 8 bis 10 zu erfassen. Die Ersatzlasten werden auf der Grundlage von Böengeschwindigkeiten festgelegt.*

(4) *Bei schwingungsanfälligen Konstruktionen wird die Beanspruchung infolge von böenerregten Schwingungen durch eine statische Ersatzlast nach Anhang C erfasst. Die Ersatzlast beruht auf der zeitlich gemittelten Windlast, die um den Böenreaktionsfaktor vergrößert wird.*

(5) *Gegebenenfalls sind sonstige dynamische Windwirkungen und aeroelastische Instabilitätseffekte zu untersuchen. Dazu zählen:*

- *wirbelerregte Querschwingungen infolge periodischer Wirbelablösung an zylindrischen oder prismatischen Baukörpern. Die Bauwerksbeanspruchungen können mit Hilfe des in Abschnitt 11 angegebenen Verfahrens bestimmt werden;*
- *selbsterregte Schwingungen, wie z. B. Galloping und Flatterschwingungen. Die Bauwerksreaktionen können mit Hilfe der in Abschnitt 11 angegebenen Hilfen behandelt werden;*
- *Instabilitätseffekte, z. B. Divergenz (siehe Abschnitt 11);*
- *Interferenzschwingungen infolge Beeinflussung durch benachbarte Baukörper. Für derartige Fälle sind in Abschnitt 11 Hilfen gegeben;*
- *stochastische Translationsschwingungen quer zur Windrichtung sowie stochastische Torsionsschwingungen;*
- *Schwingungen von Hängern und Seilen, die durch die kombinierte Wirkung von Regen und Wind induziert werden können.*

6.2 Beurteilung der Schwingungsanfälligkeit von Bauwerken bei böenerregten Schwingungen

(1) Bauwerke gelten als nicht schwingungsanfällig gegenüber der Böenwirkung, wenn die Verformungen unter Windeinwirkungen durch Böenresonanz um nicht mehr als 10 % vergrößert werden.

(2) Im Übrigen dürfen die Windlasten für Baukonstruktionen, die als Kragträger wirken, nach dem vereinfachten Verfahren des Abschnitts 10 ermittelt werden, wenn folgendes Kriterium eingehalten wird:

$$\frac{x_s}{h} \leq \frac{\delta}{\left(\sqrt{\frac{h_{\text{ref}}}{h} \times \frac{h+b}{b}} + 0,125 \times \sqrt{\frac{h}{h_{\text{ref}}}} \right)^2} \text{ mit } h_{\text{ref}} = 25 \text{ m} \quad (1)$$

Dabei ist

x_s die Kopfpunktverschiebung unter Eigenlast in Windrichtung wirkend angenommen, in m;

δ das logarithmische Dämpfungsdekrement nach Anhang F;

b die Breite des Bauwerks, in m;

h die Höhe des Bauwerks, in m.

(3) Ohne besonderen Nachweis dürfen in der Regel Wohn-, Büro- und Industriegebäude mit einer Höhe bis zu 25 m und ihnen in Form oder Konstruktion ähnliche Gebäude als nicht schwingungsanfällig im Sinne dieser Norm angenommen werden.

6.3 Weitergehende Untersuchungen

(1) Die Berücksichtigung weitergehender Untersuchungen, die dem Stande des Wissens entsprechen, ist zulässig.

(2) Falls Windkanalversuche herangezogen werden, ist hierfür ein geeigneter Grenzschichtwindkanal (z. B. entsprechend dem WTG-Merkblatt „Windkanalversuche in der Gebäudeaerodynamik“, Windtechnologische Gesellschaft WTG e. V.) zu verwenden, in dem die Profile der mittleren Windgeschwindigkeit und der Turbulenzintensität hinreichend genau modelliert werden. Die Messungen und deren Auswertung sind mit geeigneten Verfahren durchzuführen.

7 Windgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsdruck

7.1 Allgemeines

(1) Der Geschwindigkeitsdruck q , der einer Windgeschwindigkeit v zugeordnet ist, beträgt:

$$q = \frac{\rho}{2} \times v^2 \quad (2)$$

(2) Die Luftdichte hängt von der Meereshöhe, der Lufttemperatur und dem Luftdruck ab. Sofern nicht anders geregelt, wird ein Wert von $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ benutzt. Dieser Wert ergibt sich bei einem Luftdruck von 1 013 hPa und einer Temperatur von 10 °C in Meereshöhe. Hiermit wird:

$$q = \frac{v^2}{1600} \quad (3)$$

mit den Einheiten für q in kN/m^2 , v in m/s .

DIN 1055-4:2005-03

(3) In der Windzonenkarte in Anhang A sind zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeiten v_{ref} und zugehörige Geschwindigkeitsdrücke q_{ref} angegeben. Die charakteristischen Werte gelten für eine Mittelung über einen Zeitraum von 10 min mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit innerhalb eines Jahres von 0,02. Die Geschwindigkeit v_{ref} gilt für eine Höhe von 10 m über Grund in ebenem, offenem Gelände.

(4) Die Geschwindigkeitsdrücke gelten für ebenes Gelände. Bei exponiertem Gebäudestandort kann eine Erhöhung nach Anhang B erforderlich werden.

7.2 Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen

(1) Für Bauwerke, die nur zeitweilig bestehen, sowie für vorübergehende Zustände, z. B. für Bauwerke im Bauzustand, darf die Windlast abgemindert werden.

(2) Die Größe der Abminderung hängt von der Dauer des Zustandes sowie von der Möglichkeit von Sicherungsmaßnahmen für den Fall aufkommenden Sturms ab.

(3) Abminderungsfaktoren für den Geschwindigkeitsdruck zur Untersuchung solcher Zustände sind in Tabelle 1 angegeben. Deren Anwendung führt zu einer angemessenen Tragsicherheit für die Dauer des vorübergehenden Zustandes.

(4) Die Reduzierung der rechnerischen Geschwindigkeitsdrücke nach Tabelle 1, Spalten 2 und 3, gilt für den Nachweis der ungesicherten Konstruktion. Ihre Anwendung setzt voraus, dass die Wetterlage ausreichend genau beobachtet wird, gegebenenfalls Sturmwarnungen durch einen qualifizierten Wetterdienst eingeholt werden und die Sicherungsmaßnahmen rechtzeitig vor aufkommenden Sturm abgeschlossen werden können.

Tabelle 1 — Abgeminderter Geschwindigkeitsdruck zur Untersuchung vorübergehender Zustände

Dauer des vorübergehenden Zustands	Mit schützenden Sicherungsmaßnahmen ^a	Mit verstärkenden Sicherungsmaßnahmen	Ohne Sicherungsmaßnahmen
bis zu 3 Tagen	$0,1 \times q$	$0,2 \times q$	$0,5 \times q$
bis zu 3 Monaten von Mai bis August	$0,2 \times q$	$0,3 \times q$	$0,5 \times q$
bis zu 12 Monaten	$0,2 \times q$	$0,3 \times q$	$0,6 \times q$
bis zu 24 Monaten	$0,2 \times q$	$0,4 \times q$	$0,7 \times q$

^a Schützende Sicherungsmaßnahmen sind z. B.: Niederlegen von Bauteilen am Boden, Einhausung oder Einschub in Hallen.

(5) Die im Falle aufkommenden Sturms durch verstärkende Sicherungsmaßnahmen ertüchtigte Konstruktion ist für einen Geschwindigkeitsdruck nach Tabelle 1, Spalte 4 zu bemessen.

(6) Bei Bauten, die jederzeit errichtet und demontiert werden können, z. B. fliegende Bauten und Gerüste, darf die Abminderung nicht angewendet werden, es sei denn, dies wird in Fachnormen anders geregelt.

8 Winddruck bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen

(1) Die Angaben zum Winddruck gelten für ausreichend steife Konstruktionen, bei denen die böenerregten Resonanzschwingungen vernachlässigbar sind.

(2) Der Winddruck, der auf eine Außenfläche eines Bauwerks wirkt, ist

$$w_e = c_{pe} \times q(z_e) \quad (4)$$

Dabei ist

c_{pe} der aerodynamische Beiwert für den Außendruck nach Abschnitt 12;

z_e die Bezugshöhe nach Abschnitt 12;

q der Geschwindigkeitsdruck nach Abschnitt 10.

(3) Der Winddruck, der auf eine Oberfläche im Inneren eines Bauwerks wirkt, ist

$$w_i = c_{pi} \times q(z_i) \quad (5)$$

Dabei ist

c_{pi} der aerodynamische Beiwert für den Innendruck nach Abschnitt 12;

z_i die Bezugshöhe nach Abschnitt 12.

(4) Der Innendruck in einem Gebäude hängt von Größe und Lage der Öffnungen in der Außenhaut ab. Er wirkt auf alle Raumabschlüsse eines Innenraumes gleichzeitig und mit gleichem Vorzeichen.

(5) Die Belastung infolge von Winddruck ist die Resultierende von Außen- und Innendruck. Beispiele für die Überlagerung sind in Bild 1 angegeben. Sofern der Innendruck entlastend auf eine betrachtete Reaktionsgröße einwirkt, ist er zu null anzunehmen.

(6) Die angegebenen Winddrücke wirken nicht notwendigerweise gleichzeitig auf allen Punkten der Oberfläche. Der entsprechende Einfluss auf eine betrachtete Reaktionsgröße ist gegebenenfalls zu untersuchen.

(7) Dieses trifft insbesondere für weitgespannte Rahmen- und Bogentragwerke zu. Eine in der Regel konservative Abschätzung besteht darin, die günstig wirkenden Lastanteile zu null zu setzen.

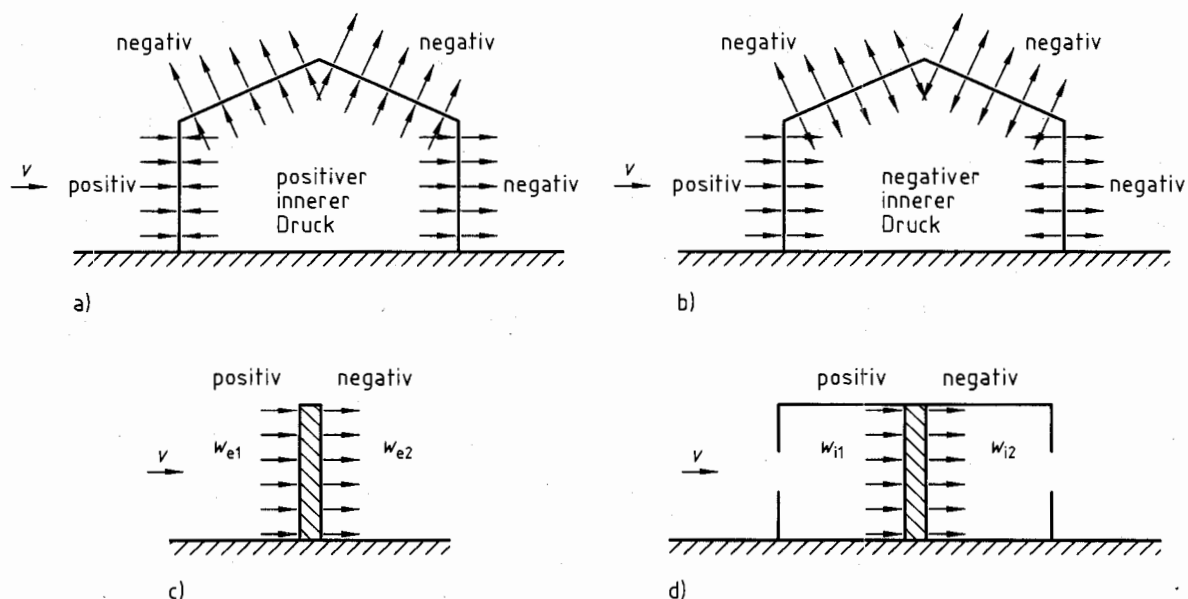


Bild 1 — Druck auf Bauwerksflächen

DIN 1055-4:2005-03**9 Windkräfte bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen****9.1 Windkräfte**

(1) Die Gesamtwindkraft, die auf ein Bauwerk oder ein Bauteil einwirkt, wird wie folgt berechnet:

$$F_w = c_f \times q(z_e) \times A_{\text{ref}} \quad (6)$$

Dabei ist

- c_f der aerodynamische Kraftbeiwert nach Abschnitt 12;
- z_e die Bezugshöhe nach Abschnitt 12;
- A_{ref} die Bezugsfläche für den Kraftbeiwert nach Abschnitt 12;
- q der Geschwindigkeitsdruck nach Abschnitt 10.

(2) Die Lage des Lastangriffspunktes der Gesamtwindkraft richtet sich nach Gestalt und Lage des Baukörpers. Sie ist in Abschnitt 12 angegeben.

(3) Bei Baukörpern, deren Höhe bzw. Länge größer ist als das Zweifache der Breite quer zur Windrichtung, darf die Windkraft abschnittsweise berechnet werden. Auf den Körperabschnitt j wirkt die Windkraft F_{wj} :

$$F_{wj} = c_{fj} \times q(z_{ej}) \times A_j \quad (7)$$

Dabei ist

- c_{fj} der erodynamische Kraftbeiwert im Teilabschnitt j ; Angaben finden sich in 12.3.3 sowie 12.4 bis 12.8;
- z_{ej} die Höhe der Oberkante des Abschnittes j über Grund;
- A_j die Bezugsfläche, auf die der Kraftbeiwert bezogen ist.

(4) Für die Gesamtwindkräfte nach Gleichung (6) und die abschnittweisen Windkräfte nach Gleichung (7) ist eine Ausmitte von

$$e_j = \frac{b_j}{10} \quad \text{bzw.} \quad e_j = \frac{d_j}{10} \quad (8)$$

anzusetzen, soweit in Abschnitt 12 nichts anderes geregelt ist.

Dabei ist

- b_j bzw. d_j die Breite bzw. Tiefe des Baukörpers im Teilabschnitt j .

9.2 Windkräfte infolge von Reibung

(1) *Reibungskräfte, die tangential an einer umströmten Fläche wirken, dürfen in der Regel gegenüber den Druckkräften vernachlässigt werden. Bei flächenartigen Baukörpern, die parallel angeströmt werden, wie z. B. freistehende Überdachungen geringer Konstruktionshöhe, werden die Reibungskräfte jedoch bedeutsam.*

(2) Die Größe der Reibungskräfte wird wie folgt berechnet:

$$F_{fr} = c_{fr} \times q(z_e) \times A_{fr} \quad (9)$$

Dabei ist

- c_{fr} der aerodynamische Reibungsbeiwert nach 12.11;
- z_e die Bezugshöhe nach 12.11;
- A_{fr} die Summe der umströmten Flächen (benetzte Flächen).

10 Böengeschwindigkeitsdruck für nicht schwingungsanfällige Bauwerke und Bauteile

10.1 Verfahren zur Ermittlung des Böengeschwindigkeitsdruckes

- (1) Den Regelungen für den Geschwindigkeitsdruck, der bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen angewendet wird, liegt eine Böengeschwindigkeit zu Grunde, die über eine Böendauer von 2 s bis 4 s gemittelt ist.
- (2) Zur Bestimmung von Winddrücken nach Abschnitt 8 und Windkräften nach Abschnitt 9 wird der Geschwindigkeitsdruck nach einem der Verfahren nach 10.2 oder 10.3 ermittelt.
- (3) *Für niedrige Bauwerke darf ein vereinfachter, über die Höhe konstanter Geschwindigkeitsdruck nach 10.2 benutzt werden.*
- (4) *Das Anwachsen des Geschwindigkeitsdruckes mit der Höhe über Grund wird in der Regel nach 10.3 erfasst.*
- (5) *Die Richtung der Windanströmung darf horizontal angenommen werden. Ein vertikaler Einfallwinkel der Windanströmung von $\pm 10^\circ$ ist anzusetzen, wenn die Windlast dadurch wesentlich ungünstiger wird.*
- (6) *Für die Bestimmung von Windkräften darf das Verfahren nach Anhang C für schwingungsanfällige Tragstrukturen auch bei nicht schwingungsanfälligem Tragverhalten benutzt werden.*

10.2 Vereinfachte Annahmen für den Böengeschwindigkeitsdruck bei Bauwerken bis zu einer Höhe von 25 m über Grund

- (1) Bei Bauwerken, die sich in Höhen bis 25 m über Grund erstrecken, darf der Geschwindigkeitsdruck zur Vereinfachung konstant über die gesamte Gebäudehöhe angenommen werden. Die entsprechenden Geschwindigkeitsdrücke sind in Tabelle 2 für die 4 Windzonen nach Anhang A angegeben.
- (2) Die Werte, die in Tabelle 2 für die Küste angegeben sind, gelten für küstennahe Gebiete in einem Streifen entlang der Küste mit 5 km Breite landeinwärts sowie auf den Inseln der Ostsee. Auf den Inseln der Nordsee ist das vereinfachte Verfahren nur bis zu einer Gebäudehöhe von 10 m zugelassen. Bei höheren Gebäuden ist nach 10.3 zu verfahren.

Tabelle 2 — Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

Windzone		Geschwindigkeitsdruck q in kN/m^2 bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von		
		$h \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	–	–

10.3 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall

(1) Die Bodenrauigkeit, die durch Bewuchs und Bebauung erzeugt wird, beeinflusst das Profil des Geschwindigkeitsdruckes. Für Bauwerke, die sich in größere Höhen als 25 m über Grund erstrecken, ist dieser Einfluss nach den Gleichungen (10) bis (17) bzw. nach Anhang B genauer zu erfassen.

(2) In Anhang B sind Profile des Böengeschwindigkeitsdruckes für 4 Geländekategorien angegeben, mit denen der Einfluss der Bodenrauigkeit erfasst wird. Stromab von einem Rauigkeitswechsel nimmt das Windprofil in einer Übergangszone allmählich die Form an, die der neuen Rauigkeit entspricht. In dieser Übergangszone treten Mischprofile auf, die vom Abstand zum Rauigkeitswechsel abhängen. Da große Gebiete mit gleichförmiger Bodenrauigkeit in Deutschland selten vorkommen, treten in der Regel überwiegend Mischprofile auf.

(3) Als Regelfall sind drei Profile des Böengeschwindigkeitsdruckes angegeben. Das erste gilt im Binnenland, das zweite in einem Streifen entlang der Küste mit 5 km Breite landeinwärts (küstennahe Gebiete) sowie auf den Ostseeinseln und das dritte auf den Inseln der Nordsee.

(4) Diese sind wie folgt anzunehmen:

a) im Binnenland (Mischprofil der Geländekategorien II und III):

$$q(z) = 1,5 \times q_{\text{ref}} \quad \text{für } z \leq 7 \text{ m} \quad (10)$$

$$q(z) = 1,7 \times q_{\text{ref}} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,37} \quad \text{für } 7 \text{ m} < z \leq 50 \text{ m} \quad (11)$$

$$q(z) = 2,1 \times q_{\text{ref}} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,24} \quad \text{für } 50 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m} \quad (12)$$

b) in küstennahen Gebieten sowie auf den Inseln der Ostsee (Mischprofil der Geländekategorien I und II):

$$q(z) = 1,8 \times q_{\text{ref}} \quad \text{für } z \leq 4 \text{ m} \quad (13)$$

$$q(z) = 2,3 \times q_{\text{ref}} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,27} \quad \text{für } 4 \text{ m} < z \leq 50 \text{ m} \quad (14)$$

$$q(z) = 2,6 \times q_{\text{ref}} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,19} \quad \text{für } 50 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m} \quad (15)$$

c) auf den Inseln der Nordsee (Geländekategorie I):

$$q(z) = 1,1 \text{ kN/m}^2 \quad \text{für } z \leq 2 \text{ m} \quad (16)$$

$$q(z) = 1,5 \times q_{\text{ref}} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,19} \text{ kN/m}^2 \quad \text{für } 2 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m} \quad (17)$$

Der Geschwindigkeitsdruck q_{ref} der mittleren Referenzgeschwindigkeit v_{ref} ist in der Windzonenkarte in Bild A.1 des Anhangs A angegeben.

(5) Der Einfluss der Bodenrauigkeit darf abweichend von den Gleichungen (10) bis (17) genauer nach Anhang B bewertet werden.

(6) Ist der Gebäudestandort topografisch exportiert, so ist die Auswirkung auf die Windlast zu erfassen. Ein Untersuchungsverfahren wird in Anhang B angegeben. Das Gleiche gilt für Gebäudestandorte an ausgedehnten Binnengewässerflächen.

11 Dynamische Windwirkungen

11.1 Böenerregte Schwingungen

(1) Resonanzüberhöhungen bei schwingungsanfälligen Bauwerken werden erfasst, indem die zeitlich gemittelten Windkräfte um den Böenreaktionsfaktor G vergrößert werden.

(2) Der Böenreaktionsfaktor erfasst sowohl die dynamische Resonanzüberhöhung der Tragstruktur als auch die räumliche Mittelung der Erregung durch Windturbulenz über die Größe der Lasteinzugsfläche.

(3) Der Böenreaktionsfaktor G wird nach Anhang C ermittelt.

11.2 Wirbelerregte Querschwingungen und aeroelastische Phänomene

Schlanke Baukörper müssen gegebenenfalls hinsichtlich folgender Schwingungserscheinungen und Instabilitätseffekte untersucht werden:

- wirbelerregte Querschwingungen;
- Galloping;
- Flattern;
- Divergenz;
- Interferenzgalloping;
- Regen-Wind-induzierte Schwingungen.

Hinweise für die Untersuchung dieser Phänomene sind in den Anhängen D und E angegeben.

DIN 1055-4:2005-03

12 Aerodynamische Beiwerte

12.1 Druckbeiwerte für Gebäude

12.1.1 Allgemeines

(1) Die Außendruckbeiwerte c_{pe} für Bauwerke und Bauteile hängen von der Größe der Lasteinzugsfläche A ab. Sie werden in den maßgebenden Tabellen für die entsprechende Gebäudeform für Lasteinzugsflächen von 1 m^2 und von 10 m^2 als $c_{pe,1}$ bzw. $c_{pe,10}$ angegeben. Für andere Größen der Lasteinzugsfläche wird die Änderung der Werte aus Bild 2 erhalten.

Die Außendruckbeiwerte gelten für nicht hinterlüftete Wand- und Dachflächen.

c_{pe} ist wie folgt festgelegt:

$$c_{pe} = \begin{cases} c_{pe,1} & A \leq 1 \text{ m}^2 \\ c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \times \lg A & \text{für } 1 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2 \\ c_{pe,10} & A > 10 \text{ m}^2 \end{cases} \quad (18)$$

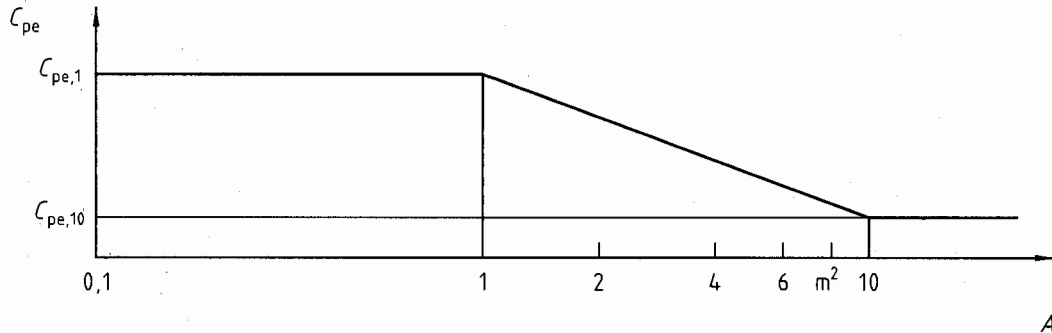


Bild 2 — Außendruckbeiwert für Bauwerke in Abhängigkeit von der Lasteinzugsfläche A

(2) Die Werte für Lasteinzugsflächen $< 10 \text{ m}^2$ sind ausschließlich für die Berechnung der Ankerkräfte von unmittelbar durch Windeinwirkungen belasteten Bauteilen, den Nachweis der Verankerungen und ihrer Unterkonstruktion zu verwenden.

(3) Die Beiwerte $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ in den Tabellen 3 bis 7 werden für die orthogonalen Anströmrichtungen 0° , 90° und 180° angegeben, geben jedoch den höchsten auftretenden Wert innerhalb des Bereichs von $\pm 45^\circ$ um die angegebene orthogonale Anströmrichtung wieder.

(4) Bei Dachüberständen kann für den Unterseitendruck der Wert der anschließenden Wandfläche angenommen werden, auf der Oberseite der Druck der anschließenden Dachfläche.

12.1.2 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

(1) Für Wände von Baukörpern mit rechteckigem Grundriss dürfen die Außendrucke über die Baukörperhöhe gestaffelt nach Bild 3 angesetzt werden. Dazu wird angenommen, dass der Druck in horizontalen Streifen nach Bild 3 über die Streifenhöhe konstant ist. Als Bezugshöhe z_e für den Geschwindigkeitsdruck des jeweiligen Streifens ist die Höhe seiner Oberkante anzusetzen. Die Staffelung erfolgt in Abhängigkeit vom Verhältnis von Baukörperhöhe zu -breite, h/b , in folgender Weise:

— Für Baukörper mit $h \leq b$ wird ein einziger Streifen der Höhe h angenommen.

- Für Baukörper mit $b < h \leq 2b$ wird ein unterer Streifen der Höhe b sowie ein oberer Streifen der Höhe $(h - b)$ angenommen.
- Für Baukörper mit $h > 2b$ wird ein unterer Streifen der Höhe b sowie ein oberer Streifen der Höhe b , der sich von $(h - b)$ bis h erstreckt, angenommen. Der Zwischenbereich wird in eine angemessene Anzahl von weiteren Streifen unterteilt.

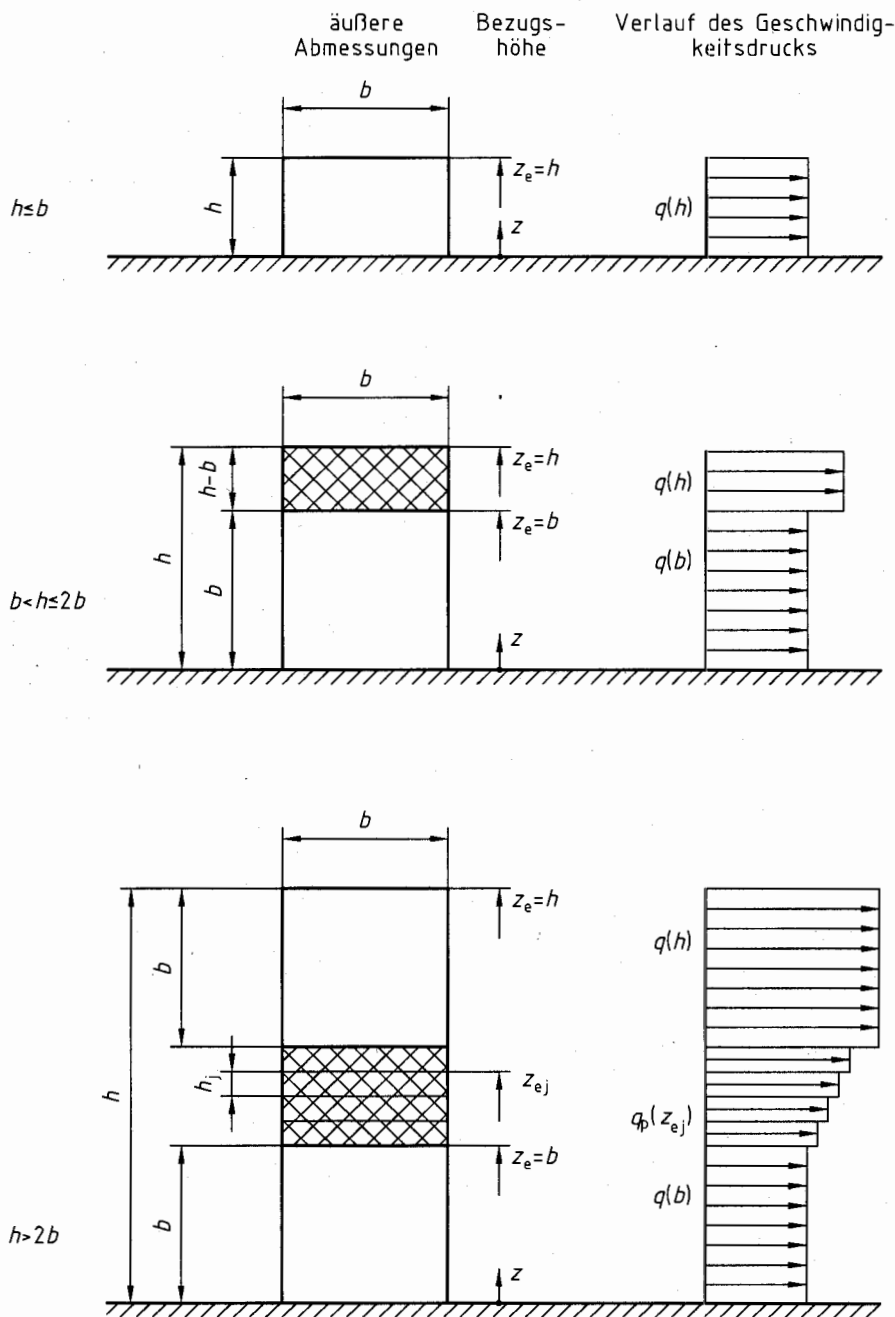


Bild 3 — Bezugshöhe z_e in Abhängigkeit von der Höhe h und der Breite b

(2) Die Außendruckbeiwerte $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ werden in Tabelle 3 für die Bereiche A bis E nach Bild 4 in Abhängigkeit vom Verhältnis h/d angegeben. Die windparallelen Wände werden dabei in maximal drei Bereiche nach Bild 4 eingeteilt.

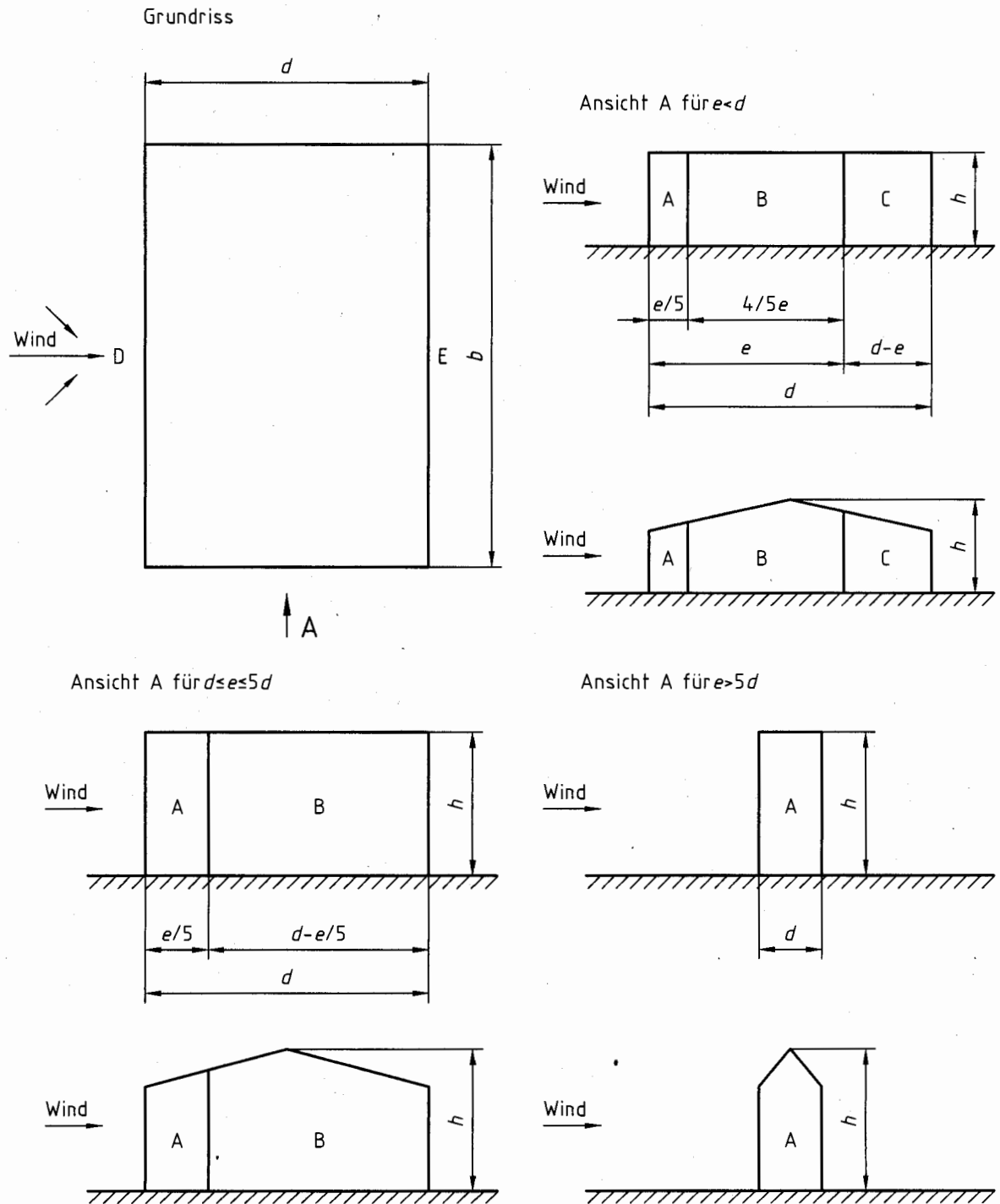


Bild 4 — Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden

Tabelle 3 — Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude

Bereich	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$h/d \geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	-0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		-0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		-0,7	+1,0	-0,3	-0,5

Für einzeln in offenem Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten.

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

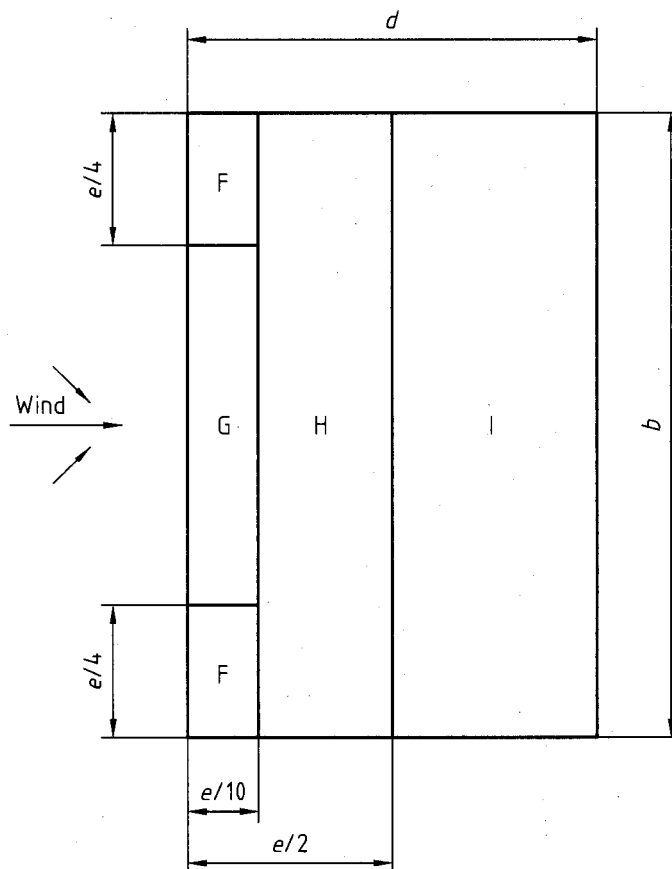
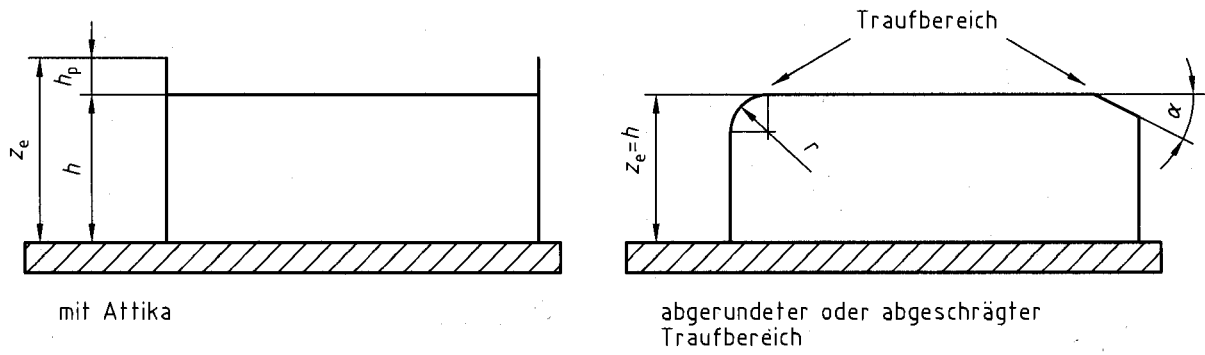
Für Gebäude mit $h/d > 5$ ist die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus 12.4 bis 12.6 und 12.7.1 zu ermitteln.

12.1.3 Flachdächer

(1) Flachdächer sind Dächer, die weniger als $\pm 5^\circ$ geneigt sind. Das Dach ist in Bereiche nach Bild 5 zu unterteilen. Die Bezugshöhe z_e ist mit $z_e = h$ anzusetzen. Die Druckbeiwerte für jeden Bereich werden in Tabelle 4 angegeben.

(2) Für sehr flache Baukörper mit $h/d < 0,1$ darf der Bereich F entfallen.

DIN 1055-4:2005-03



Legende

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend
 b : Abmessung quer zum Wind

Bild 5 — Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern

Tabelle 4 — Außendruckbeiwerte für Flachdächer

		Bereich							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Scharfkantiger Traufbereich		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
mit Attika	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
Abgerundeter Traufbereich	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		$\pm 0,2$	
Abgeschrägter Traufbereich	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		$\pm 0,2$	

Bei Flachdächern mit Attika oder abgerundetem Traufbereich darf für Zwischenwerte h_p/h und r/h linear interpoliert werden.

Bei Flachdächern mit mansarddachartigem Traufbereich darf für Zwischenwerte von α zwischen $\alpha = 30^\circ$, 45° und 60° linear interpoliert werden. Für $\alpha > 60^\circ$ darf zwischen den Werten für $\alpha = 60^\circ$ und den Werten für Flachdächer mit rechteckigem Traufbereich interpoliert werden.

Im Bereich I, für den positive und negative Werte angegeben werden, müssen beide Werte berücksichtigt werden.

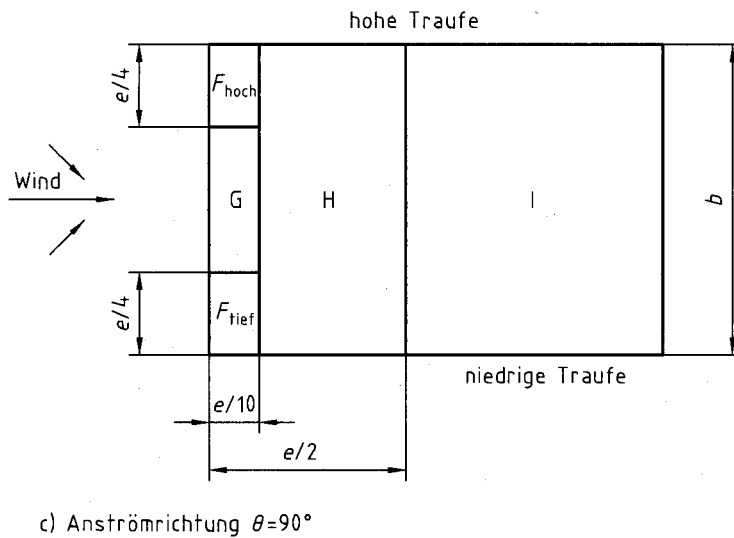
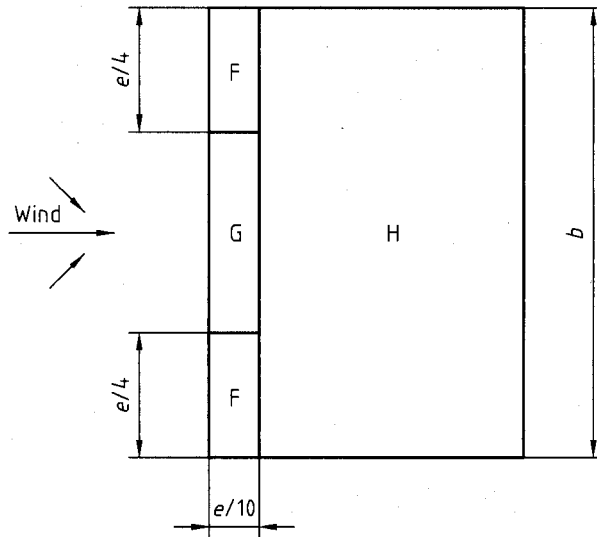
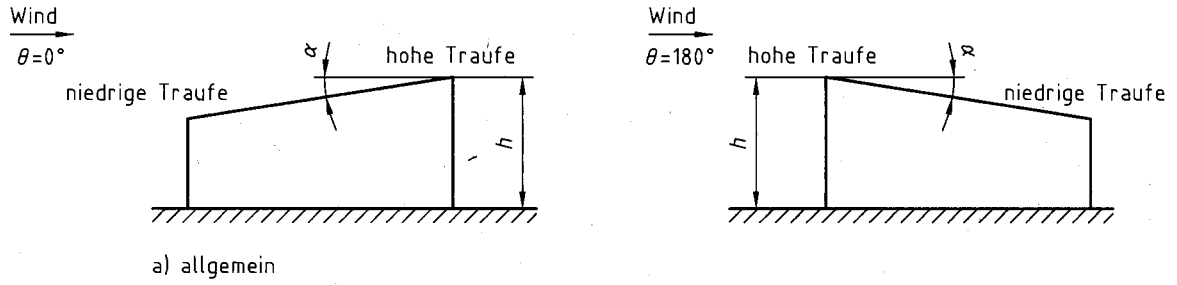
Für die Schräge des mansarddachartigen Traufbereichs selbst werden die Außendruckbeiwerte in Tabelle 6 „Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer“ Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$, Bereiche F und G, in Abhängigkeit von dem Neigungswinkel des mansarddachartigen Traufenbereichs angegeben.

Für den abgerundeten Traufbereich selbst werden die Außendruckbeiwerte entlang der Krümmung durch lineare Interpolation entlang der Kurve zwischen dem Wert an der vertikalen Wand und auf dem Dach ermittelt.

12.1.4 Pultdächer

(1) Das Dach ist in Bereiche nach Bild 6 einzuteilen. Die Bezugshöhe z_c ist mit $z_c = h$ anzusetzen. Die Außendruckbeiwerte für jeden Bereich werden in Tabelle 5 angegeben.

DIN 1055-4:2005-03



Legende

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend
 b : Abmessung quer zum Wind

Bild 6 — Einteilung der Dachflächen bei Pultdächern

Tabelle 5 — Außendruckbeiwerte für Pultdächer

Neigungswinkel α	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$						Anströmrichtung $\theta = 180^\circ$					
	Bereich						Bereich					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6 +0,2	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
10°	-1,3	-2,2	-1,0	-1,7	-0,4 +0,2	-0,7	-2,4	-2,6	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Neigungswinkel α	Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$									
	Bereich									
	F_{hoch}		F_{tief}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6 / +0,2	
10°	-2,2	-2,7	-1,8	-2,4	-1,8	-2,2	-0,7	-1,2	-0,6 / +0,2	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

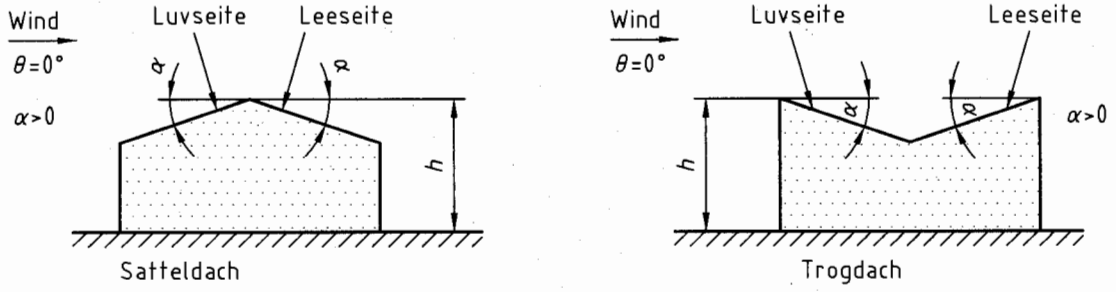
(2) Für die Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und bei Neigungswinkeln von $\alpha = +15^\circ$ bis $+30^\circ$ ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben.

(3) Für Dachneigungen zwischen den angegebenen Werten darf linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

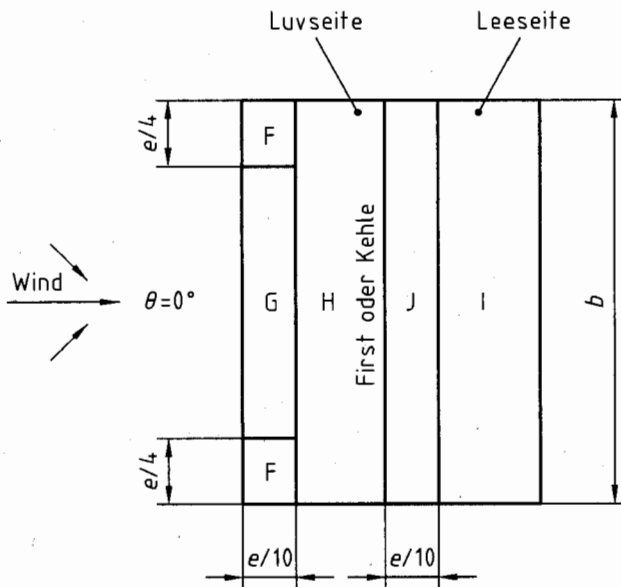
12.1.5 Sattel- und Trogdächer

(1) Das Dach ist in Bereiche nach Bild 7 einzuteilen. Die Bezugshöhe z_e ist mit $z_e = h$ anzusetzen. Die Druckbeiwerte für jeden Bereich werden in Tabelle 6 angegeben.

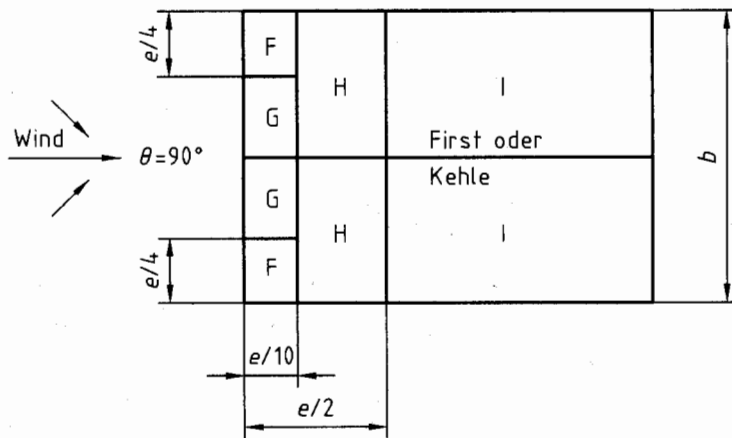
DIN 1055-4:2005-03



a) Allgemeines



b) Anströmrichtung $\theta=0^\circ$



c) Anströmrichtung $\theta=90^\circ$

Bild 7 — Einteilung der Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern

Tabelle 6 — Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer

Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$										
Neigungs- winkel α	Bereich									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,6 / + 0,2		-0,6 / + 0,2	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6 / + 0,2		-0,6 / + 0,2	
10°	-1,3	-2,2	-1,0	-1,7	-0,4		-0,5 / + 0,2		-0,8	+ 0,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+ 0,2		+ 0,2		+ 0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+ 0,7		+ 0,7		+ 0,4					
45°	+ 0,7		+ 0,7		+ 0,6		-0,4		-0,5	
60°	+ 0,7		+ 0,7		+ 0,7		-0,4		-0,5	
75°	+ 0,8		+ 0,8		+ 0,8		-0,4		-0,5	

Tabelle 6 (fortgesetzt)

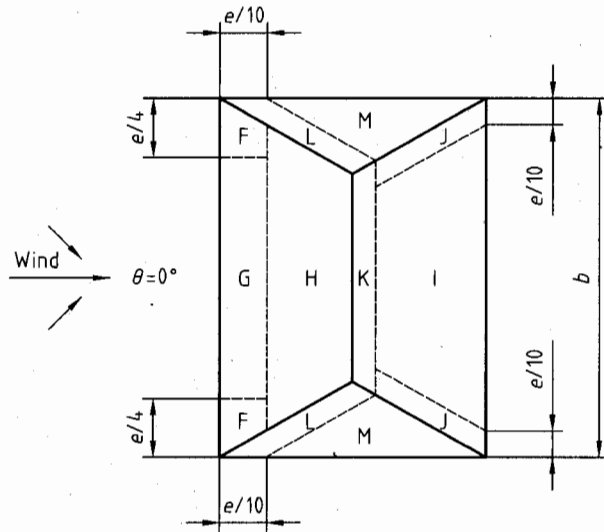
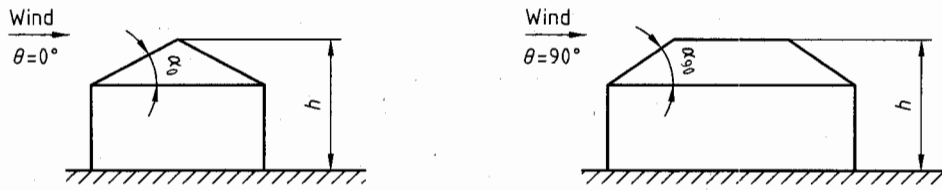
Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$								
Neigungs- winkel α	Bereich							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6 / + 0,2	
10°	-1,4	-2,1	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6 / + 0,2	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

DIN 1055-4:2005-03

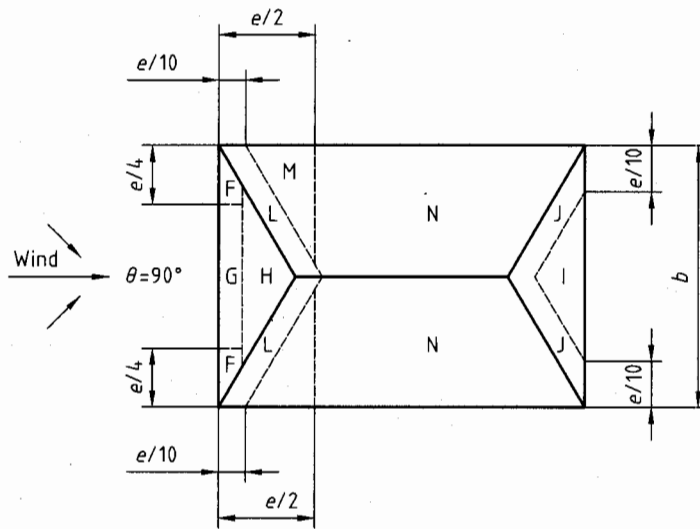
- (2) Für die Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und einen Neigungswinkel von $\alpha = +15^\circ$ bis $+30^\circ$ ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben.
- (3) Für Dachneigungen zwischen den angegebenen Werten darf linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

12.1.6 Walmdächer

- (1) Das Dach ist in Bereiche nach Bild 8 einzuteilen. Die Bezugshöhe z_e ist mit $z_e = h$ anzusetzen. Die Druckbeiwerte für jeden Bereich werden in Tabelle 7 angegeben.



a) Anströmrichtung $\theta=0^\circ$



b) Anströmrichtung $\theta=90^\circ$

Legende

$e = b$ oder $2h$ (der kleinere Wert ist maßgebend)
 b : Ausdehnung quer zur Windrichtung

Bezugshöhe $z_e = h$

Bild 8 — Einteilung der Dachflächen bei Walmdächern

Tabelle 7 — Außendruckbeiwerte für Walmdächer

Neigungswinkel	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und $\theta = 90^\circ$																	
	Bereich																	
	F		G		H		I		J		K		L		M		N	
α_{90} für $\theta = 0^\circ$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
α_{90} für $\theta = 90^\circ$																		
+5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3		-0,6		-0,6		-1,2	-0,2	-0,6	-1,2	-0,4	
+15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,5	-1,0	-	1,5	-1,2	-2,0	-1,4	-0,2	-0,6	-1,2	-0,3	
		+0,2		+0,2		+0,2												
+30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	-0,7	-	1,2	-0,5	-1,4	-0,2	-0,8	-1,2	-0,2		
		+0,5		+0,7		+0,4												
+45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,3		-0,6		-0,3		-1,3	-0,2	-0,8	-1,2	-0,2	
+60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,3		-0,6		-0,3		-1,2	-0,2	-0,4		-0,2	
+75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,3		-0,6		-0,3		-1,2	-0,2	-0,4		-0,2	

(2) Für die Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und Neigungswinkel von $\alpha = +15^\circ$ bis $+30^\circ$ ändert sich der Druck auf der Luvseite schnell zwischen positiven und negativen Werten, daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben.

(3) Für Werte der Dachneigung zwischen den angegebenen Werten darf linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

12.1.7 Druckbeiwerte für Sheddächer

(1) Für Sheddächer werden die Druckbeiwerte aus den Werten für Pultdächer bzw. für Trogdächer abgeleitet und entsprechend der Lage der Dachflächen nach Bild 9 angepasst.

(2) Für Sheddächer nach Bild 9 (a) und (b) werden die Druckbeiwerte für Pultdächer nach 12.1.4 benutzt. Bei einer Anströmrichtung parallel zu den Firsten gelten die Werte der Tabelle 5 für $\theta = 90^\circ$ unverändert. Für die Anströmrichtungen $\theta = 0^\circ$ und 180° werden die Werte der Tabelle 5 mit den Faktoren von Bild 9 (a) bzw. (b) abgemindert. Dabei sind die Bereiche F und G nur für die luvseitige Dachfläche zu benutzen. Für die übrigen Dachflächen ist der Bereich H zu benutzen.

(3) Für Sheddächer nach Bild 9 (c) und (d) werden die Druckbeiwerte für Trogdächer nach 12.1.5 benutzt. Bei einer Anströmrichtung parallel zu den Firsten gelten die Werte der Tabelle 6 für $\theta = 90^\circ$ unverändert. Für die Anströmrichtungen 0° und 180° werden die Werte der Tabelle 6 für $\theta = 0^\circ$ mit den Faktoren von Bild 9 (c) bzw. (d) abgemindert. Dabei sind die Bereiche F und G nur für die erste, luvseitige Dachfläche zu benutzen. Für die übrigen Dachflächen sind die Bereiche H und I zu benutzen.

(4) Die Bezugshöhe z_e ist gleich h anzunehmen.

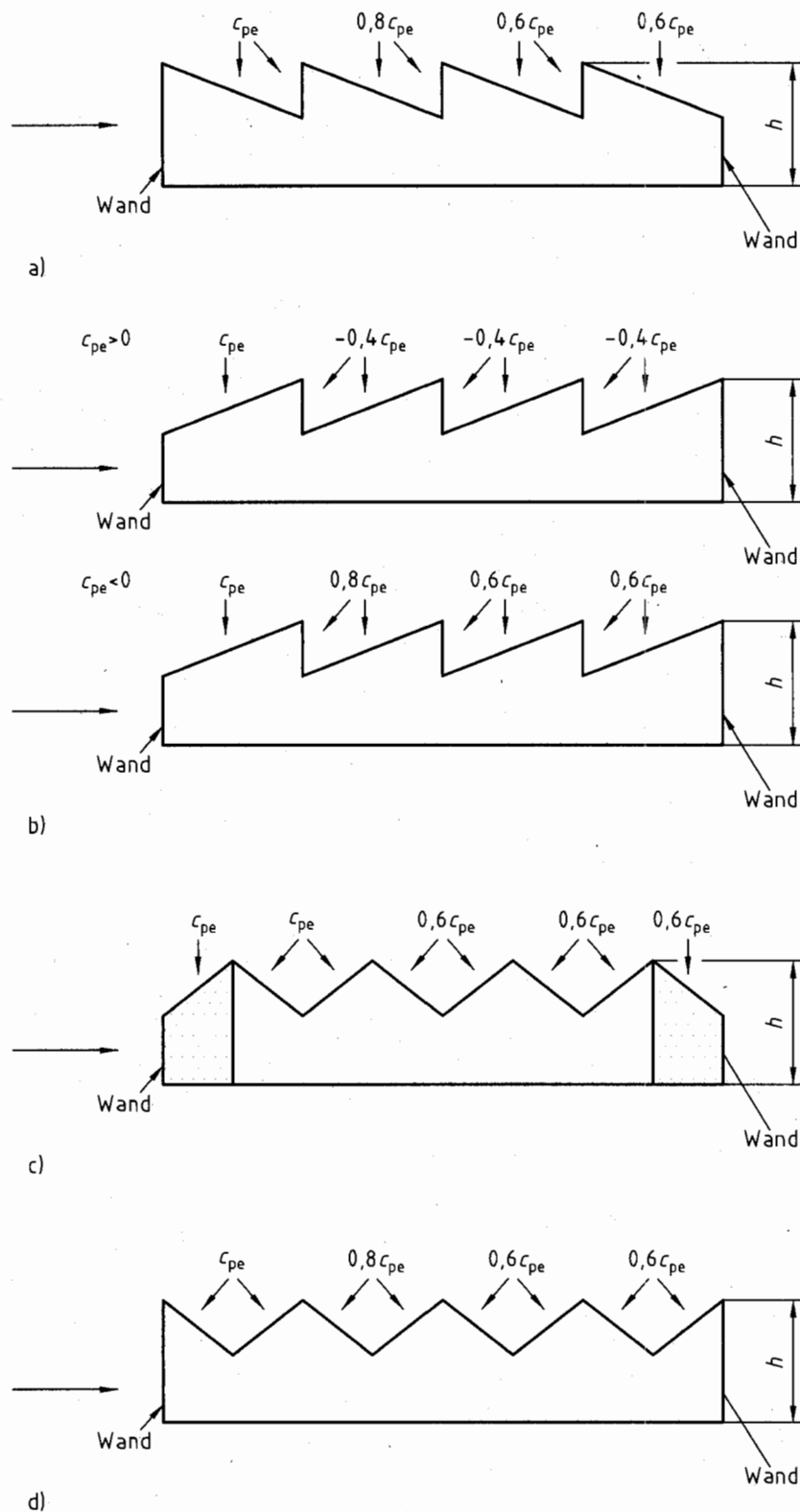


Bild 9 — Einteilung der Dachflächen bei Sheddächern

ANMERKUNG 1 Für die Konfiguration b) müssen, abhängig vom Vorzeichen des Druckbeiwertes c_{pe} der ersten Dachfläche, zwei Fälle untersucht werden.

ANMERKUNG 2 Für die Konfiguration c) ist der erste c_{pe} -Wert der Druckbeiwert eines Pultdaches, die folgenden sind die eines Trogdaches.

DIN 1055-4:2005-03**12.1.8 Innendruck bei geschlossenen Baukörpern**

(1) In Räumen mit durchlässigen Außenwänden ist der Innendruck zu berücksichtigen, wenn er ungünstig wirkt. Eine Wand, bei der ein Anteil der Wandfläche bis 30 % offen ist, gilt als durchlässige Wand. Fenster, Türen und Tore dürfen im Hinblick auf den Innendruck als geschlossen angesehen werden, sofern sie nicht betriebsbedingt bei Sturm geöffnet werden müssen, wie z. B. die Ausfahrtstore von Gebäuden für Rettungsdienste.

(2) Innen- und Außendruck sind gleichzeitig wirkend anzunehmen. Dabei wirkt der Innendruck auf alle Raumabschlüsse eines Innenraumes gleichzeitig und mit gleichem Vorzeichen.

(3) Der Nachweis des Innendrucks ist in der Regel nur bei Gebäuden mit nicht unterteiltem Grundriss wie z. B. Hallen erforderlich, jedoch nicht bei üblichen Büro- und Wohngebäuden. Bei Gebäuden, die überwiegend durch leichte Trennwände unterteilt sind, wird der Nachweis nach Absatz (7) empfohlen. Liegt der Öffnungsanteil der Außenwände unter 1 % und ist er über der Fläche annähernd gleichmäßig verteilt, ist der Nachweis ebenfalls nicht erforderlich.

(4) Als Bezugshöhe z_i ist die Bezugshöhe z_e für den Außendruck der Wandfläche, in der sich die Öffnung befindet, anzusetzen.

(5) Bei Räumen, die vollständig von Außenwänden umschlossen und nicht durch Innenwände unterteilt sind, wird der Druckbeiwert c_{pi} für den Innendruck in Abhängigkeit des Flächenparameters μ in Bild 10 angegeben. Der Flächenparameter ist wie folgt definiert:

$$\mu = \frac{\text{Gesamtfläche der Öffnungen in den leeseitigen und windparallelen Flächen}}{\text{Gesamtfläche der Öffnungen aller Wände}} \quad (19)$$

ANMERKUNG Liegen die Öffnungen in Außenwänden in Zonen mit c_{pe} -Werten $< -0,5$, können auch niedrigere Innendruckbeiwerte c_{pi} auftreten als in Bild 10 angegeben.

(6) Für den Innendruck sind in einem Wertebereich des Flächenparameters μ von 0,47 bis 0,78 Innendruckbeiwerte von $c_{pi} = +0,2$ oder $c_{pi} = -0,3$ anzusetzen. Der ungünstigere Wert ist maßgebend.

(7) Bei Räumen, die von Außen- und Innenwänden umschlossen sind, wird der Innendruck mit Hilfe von Bild 10 ermittelt unter der Annahme, dass die Innenwände geschlossen sind. Für die resultierende Belastung der Innenwände infolge einer Druckdifferenz gegenüber den anschließenden Räumen ist mindestens ein Beiwert von $c_{p,net} = 0,5$ anzunehmen.

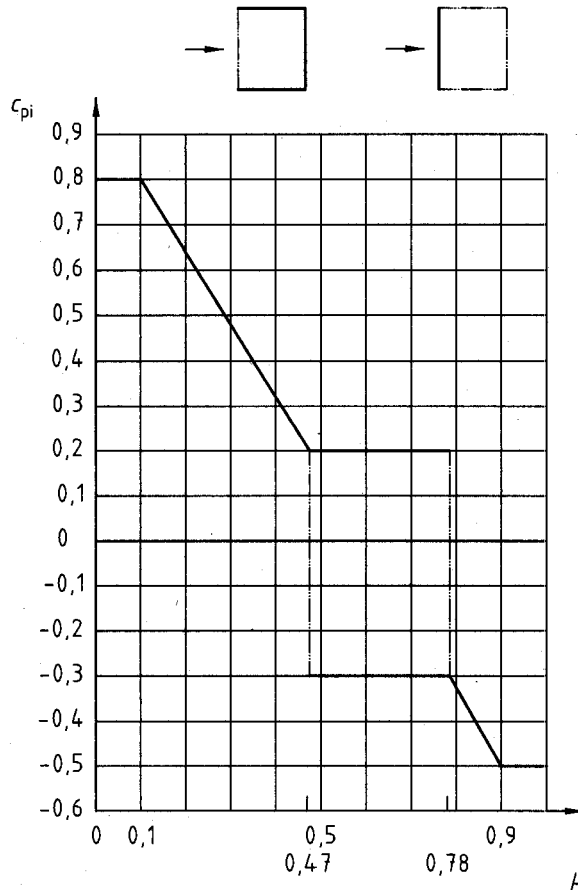


Bild 10 — Innendruckbeiwerte c_{pi} bei durchlässigen Außenwänden

12.1.9 Druckbeiwerte auf die innen liegenden Oberflächen seitlich offener Baukörper

(1) Eine Wand, bei der ein Anteil der Wandfläche von mehr als 30 % der Fläche offen ist, gilt als gänzlich offene Wand. Fenster, Türen und Tore dürfen dabei als geschlossen angesehen werden, sofern sie nicht betriebsbedingt bei Sturm geöffnet werden müssen, wie z. B. die Ausfahrtstore von Gebäuden für Rettungsdienste.

(2) Die Druckbeiwerte für die innen liegenden Oberflächen sind Bild 11 zu entnehmen. Für die außen liegenden Oberflächen können, soweit nichts anderes angegeben ist, die Druckbeiwerte geschlossener Baukörper benutzt werden.

(3) Als Bezugshöhe z_i ist die Bezugshöhe z_e für den Außendruck der Wandfläche, in der sich die Öffnung befindet, anzusetzen.

DIN 1055-4:2005-03

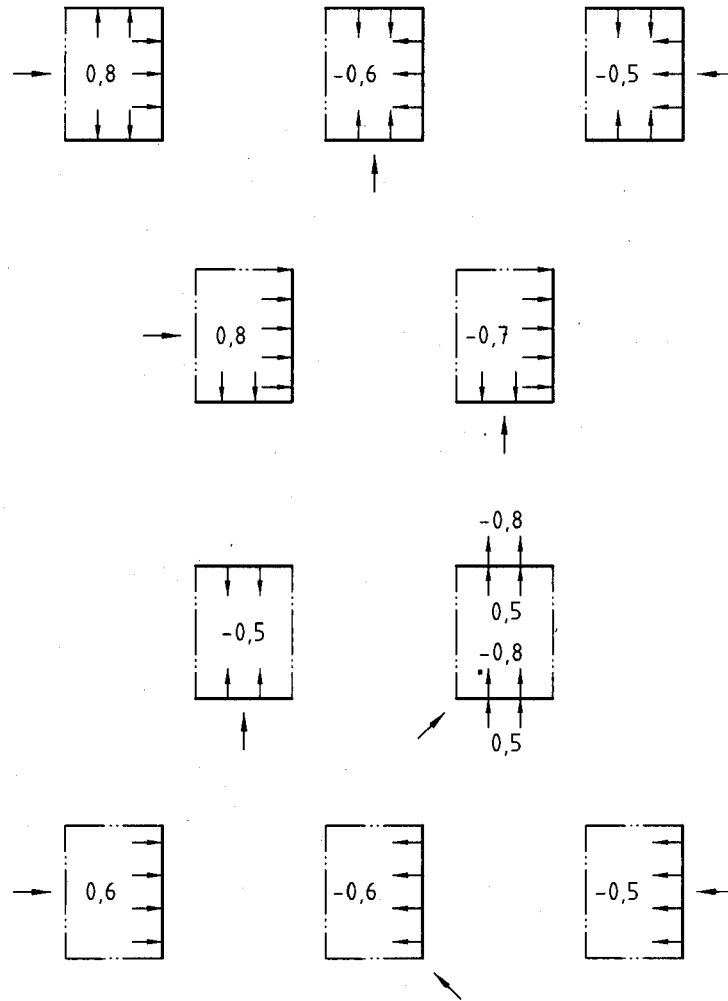


Bild 11 — Druckbeiwerte auf die innen liegenden Oberflächen seitlich offener Baukörper

12.1.10 Resultierender Winddruck für Außenwandbekleidungen

- (1) Bei einer luftdichten Außenwandbekleidung ist der Winddruck wie bei einer einschaligen Wand anzusetzen.
- (2) Bei einer durchlässigen Außenwandbekleidung ist der Druck, der im Hinterlüftungsraum entsteht, zu berücksichtigen.
- (3) Der sich aus dem Innendruck im Hinterlüftungsraum und dem Außendruck ergebende resultierende Winddruck auf die durchlässige Außenwandbekleidung darf mit einem Beiwert

$$c_{p,\text{net}} = \pm 0,5 \quad (20)$$

berechnet werden.

Dabei gelten gleichzeitig folgende Anwendungsgrenzen:

- a) Entlang der vertikalen Gebäudekanten ist eine dauerhaft wirksame, vertikale Luftsperrung angeordnet.

- b) Für die Durchlässigkeit der Außenwandbekleidung gilt:

$$\frac{\text{Fläche der Öffnungen}}{\text{Fläche der Außenwandbekleidung}} \geq 0,75 \% \quad (21)$$

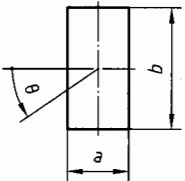
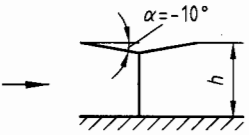
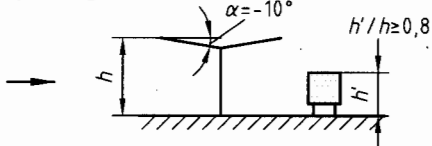
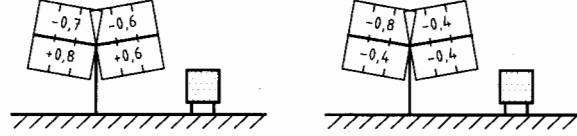
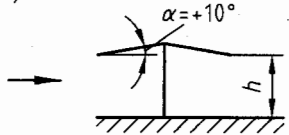
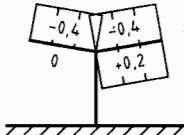
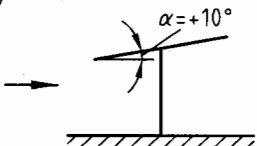
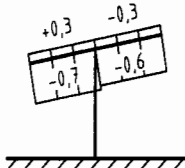
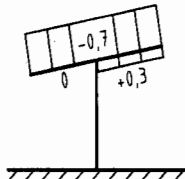
Die Fläche der Öffnungen muss gleichmäßig über die Gesamfläche der Außenwandbekleidung verteilt sein.

- c) Die lichte Dicke der Luftschicht im Hinterlüftungsraum muss kleiner als 100 mm sein.

12.2 Druckbeiwerte für freistehende Dächer

- (1) Freistehende Dächer sind Dächer, an die sich nach unten keine durchgehenden Wände anschließen, wie z. B. Tankstellendächer oder Bahnsteigüberdachungen.
- (2) In Tabelle 8 sind die Druckbeiwerte für freistehende Sattel-, Trog- und Pultdächer zusammengefasst. Für die Bezugshöhe z_c ist der höchste Punkt der Dachkonstruktion anzusetzen.
- (3) Für den Nachweis der Dachhaut ist umlaufend für einen Streifen von 1 m eine erhöhte Soglast mit einem Beiwert für den resultierenden Druck von $c_{pe,res} = -2,5$ anzusetzen.

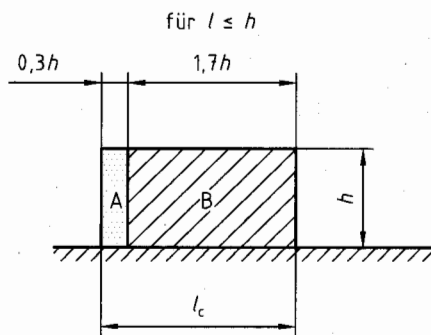
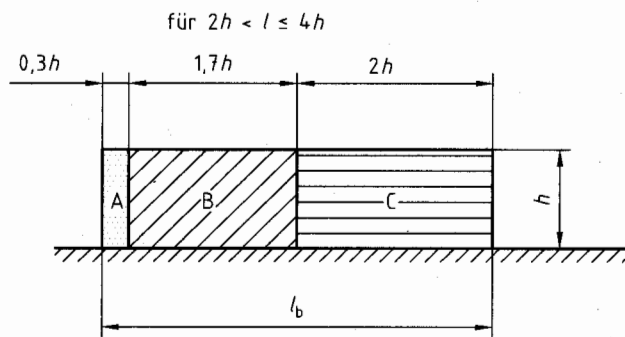
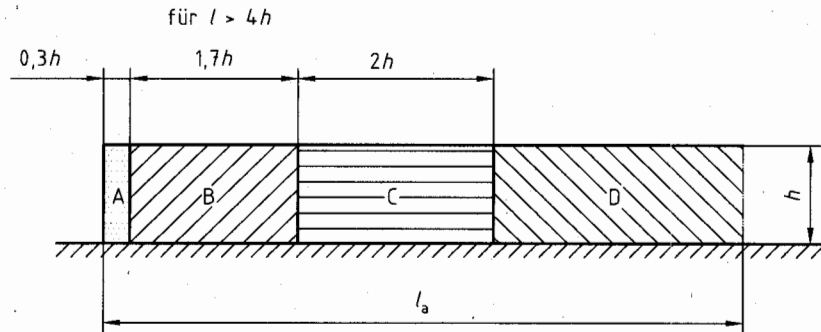
Tabelle 8 — Druckbeiwerte für freistehende Dächer

Lfd. Nr	Form und Lage des Körpers	Druckbeiwert c_p
	1	2
1	<p>Freistehende Dächer^a Grundriss:</p>  <p>Abmessungsverhältnisse: $a \leq b \leq 5$ $0,5 \leq h/a \leq 1$ Querschnittshöhe der Dachscheibe $\leq 0,03 a$</p>	
2	<p>Typ 1 (Ansicht)^b</p> 	$\theta = 0^\circ$
	<p>mit Versperrung</p> 	$\theta = 0^\circ$ 
3	<p>Typ 2 (Ansicht)^b</p> 	$\theta = 0^\circ$
	<p>mit Versperrung: c_p entsprechend lfd. Nr 2</p>	
4	<p>Typ 3 (Ansicht)^b</p> 	$\theta = 0^\circ$ 
	<p>mit Versperrung: c_p entsprechend lfd. Nr 2</p>	$\theta = 180^\circ$ 
<p>^a Bei Anströmung in Richtung der Längsachse des Daches können die zum Dach tangentialen Windkräfte von Bedeutung sein.</p> <p>^b Für Dachneigungen $-10^\circ \leq \alpha \leq +10^\circ$ darf zwischen den Druckbeiwerten für $\alpha = -10^\circ$ und $\alpha = +10^\circ$ linear interpoliert werden; in den Beiwerten ist eine mögliche Versperrung der durchströmten Fläche unterhalb des Daches bis zu 15 % berücksichtigt.</p>		

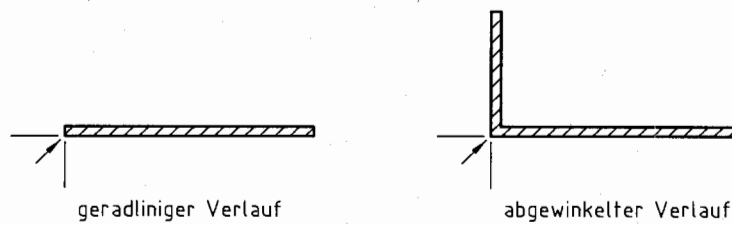
12.3 Druckbeiwerte für freistehende Wände und Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln

12.3.1 Druckbeiwerte für freistehende Wände

(1) Die Wand ist vom jeweiligen Wandende aus in Bereiche nach Bild 12 zu unterteilen.



a)



b)

a) Unterteilung der Bereiche ($z_c = h$)

b) Definition der Anströmrichtung

Bild 12 — Einteilung der Wandfläche und Anströmrichtung

DIN 1055-4:2005-03

(2) Beiwerte für den resultierenden Druck $c_{p,net}$ für freistehende Wände mit geradem oder abgewinkeltem Verlauf werden in Tabelle 9 für zwei Völligkeitsgrade angegeben. Ein Völligkeitsgrad von $\varphi = 1$ gilt für vollkommen geschlossene Wände, $\varphi = 0,8$ gilt für Wände, die zu 20 % offen sind. Die Bezugsfläche ist in beiden Fällen die Gesamtfläche der Wand.

Tabelle 9 — Beiwerte für den resultierenden Druck $c_{p,net}$ für freistehende Wände

Völligkeitsgrad	Zone		A	B	C	D
$\varphi = 1$	gerade Wand	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	abgewinkelte Wand mit Schenkellänge $\geq h$ ^{a,b}		$\pm 2,1$	$\pm 1,8$	$\pm 1,4$	$\pm 1,2$
$\varphi = 0,8$			$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$
^a Für Längen des abgewinkelten Wandstücks zwischen 0 und h darf linear interpoliert werden. ^b Das Mischen von positiven und negativen Werten ist nicht gestattet.						

(3) Für Völligkeitsgrade φ zwischen 0,8 und 1,0 können die Beiwerte linear interpoliert werden. Für durchlässige Wände mit Völligkeitsgraden von weniger als 0,8 sind die Beiwerte wie für ebene Fachwerke nach 12.9 zu ermitteln.

(4) Die Bezugshöhe z_c ist mit $z_c = h$ anzusetzen.

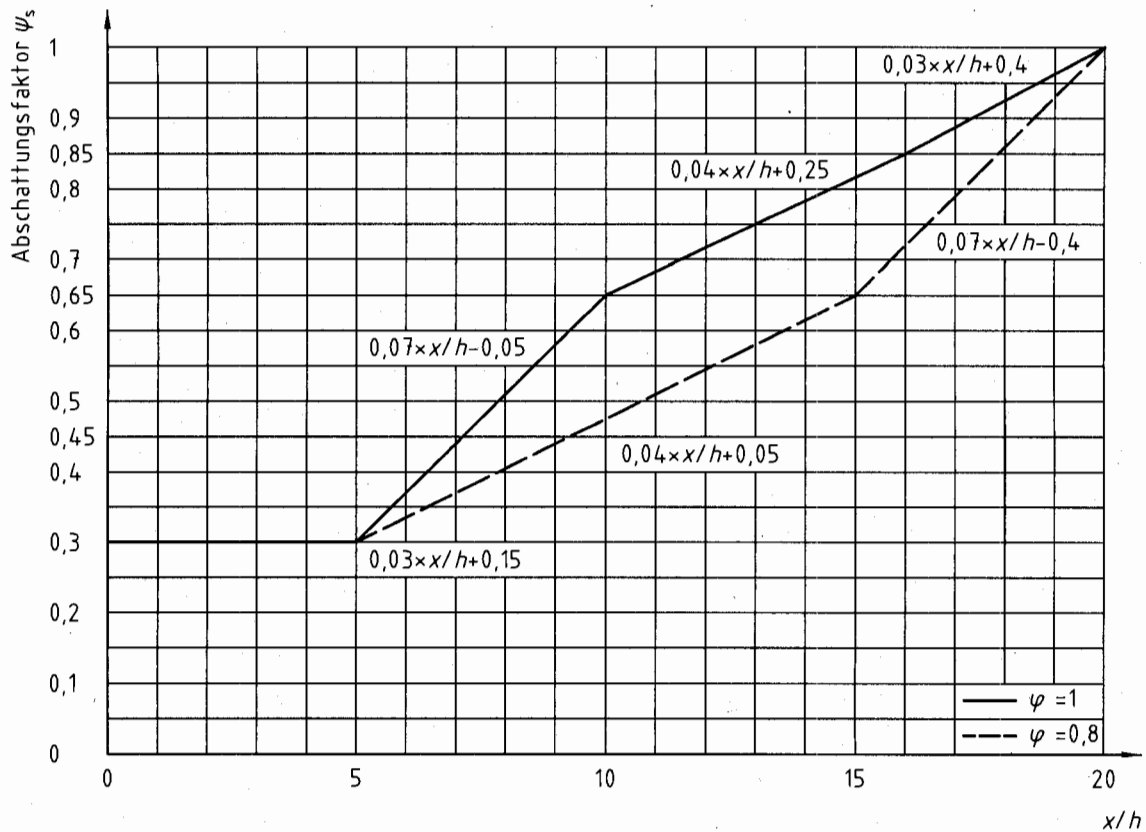
12.3.2 Abschattungsfaktoren für freistehende Wände

(1) Falls der betrachteten Wand luvseitig andere Wände, die gleich groß oder größer sind, vorgelagert sind, kann bereichsweise ein zusätzlicher Abschattungsfaktor angewendet werden. Der Wert für den Abschattungsfaktor hängt vom Abstand der beiden Wände und vom Völligkeitsgrad φ der luvseitigen, abschaltenden Wand ab. Die Werte sind in Bild 13 dargestellt.

Der resultierende Druck auf die abgeschaltete Wand ergibt sich zu:

$$c_{p,net,s} = \psi_s \times c_{p,net} \quad (22)$$

Dabei ist ψ_s der Abschattungsfaktor und $c_{p,net}$ der aerodynamische Beiwert für den resultierenden Druck für freistehende Wände.



Legende

- x Abstand der Wände
 h Höhe der luvseitigen Wand

Bild 13 — Abschattungsfaktor ψ_s für Winddrücke auf hintereinander liegende Wände

(2) Die Endbereiche der abgeschalteten Wand sind auf einer Länge, die gleich der Höhe h ist, für die volle Windbelastung nachzuweisen.

(3) Für Völligkeitsgrade φ zwischen 0,8 und 1,0 können die Beiwerte linear interpoliert werden. Für $\varphi < 0,8$ sind die Wände wie Fachwerke zu behandeln und es gelten die Regeln aus 12.3.4.

12.3.3 Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln

(1) Der Kraftbeiwert für Anzeigetafeln, deren Unterkante mindestens um $h/4$ von der Geländeoberkante entfernt ist (siehe Bild 14), beträgt:

$$c_f = 2,5 \times \psi_\lambda \quad (23)$$

Dabei ist

ψ_λ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit (siehe 12.13).

(2) Die resultierende Kraft senkrecht zu der Anzeigetafel ist in Höhe des Flächenschwerpunkts der Tafel anzusetzen mit einer horizontalen Ausmitte von:

$$e = \pm b/4 \quad (24)$$

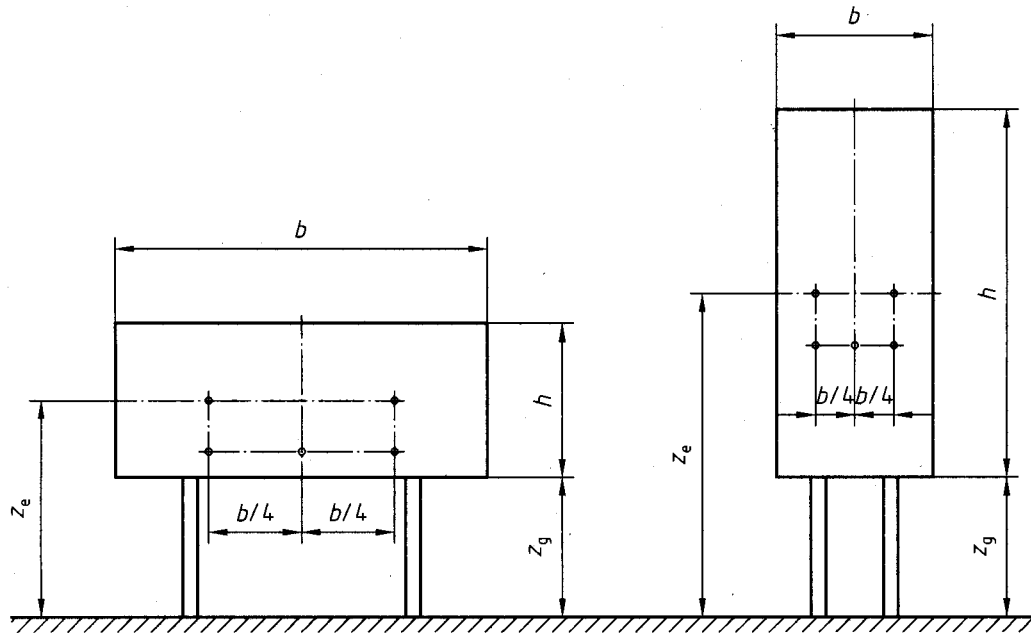


Bild 14 — Abmessungen bei Anzeigetafeln

- (3) Die Bezugsfläche ist $A_{\text{rel}} = b \times h$.
- (4) Die Bezugshöhe ist $z_e = z_g + h/2$.
- (5) Bei einem Bodenabstand von $z_g < h/4$ ist die Tafel wie eine freistehende Wand (siehe 12.3.1 (2) zu behandeln).

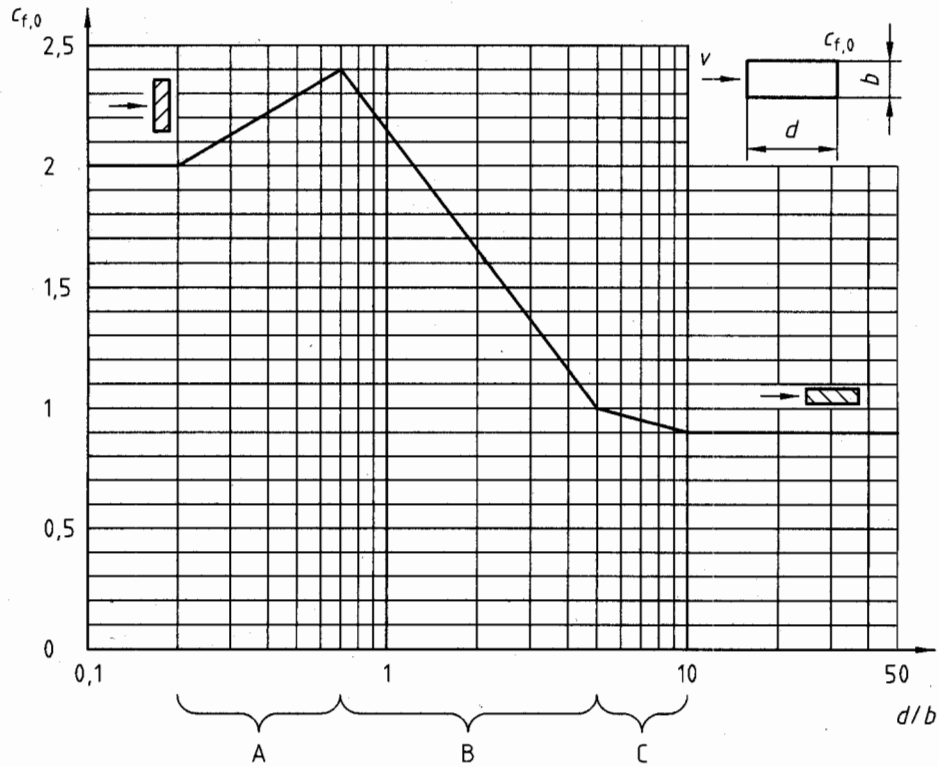
12.4 Kraftbeiwerte für Bauteile mit rechteckigem Querschnitt

- (1) Der Kraftbeiwert c_f von Bauteilen mit rechteckigem Querschnitt bei Anströmung senkrecht zu einer Querschnittsseite ist

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda \quad (25)$$

Dabei ist

- $c_{f,0}$ der Grundkraftbeiwert nach Bild 15 eines scharfkantigen Rechteckquerschnitts mit unendlicher Schlankheit λ ;
- ψ_r der Abminderungsfaktor für quadratische Querschnitte mit abgerundeten Ecken nach Bild 16;
- ψ_λ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit (siehe 12.13).



Kurvendefinitionen in den Abschnitten : A $c_{f,0} = 0,3193 \cdot \ln(d/b) + 2,5139$

B $c_{f,0} = 0,7121 \cdot \ln(d/b) + 2,1460$

C $c_{f,0} = 0,1443 \cdot \ln(d/b) + 1,2322$

Bild 15 — Grundkraftbeiwerte $c_{f,0}$ von scharfkantigen Rechteckquerschnitten

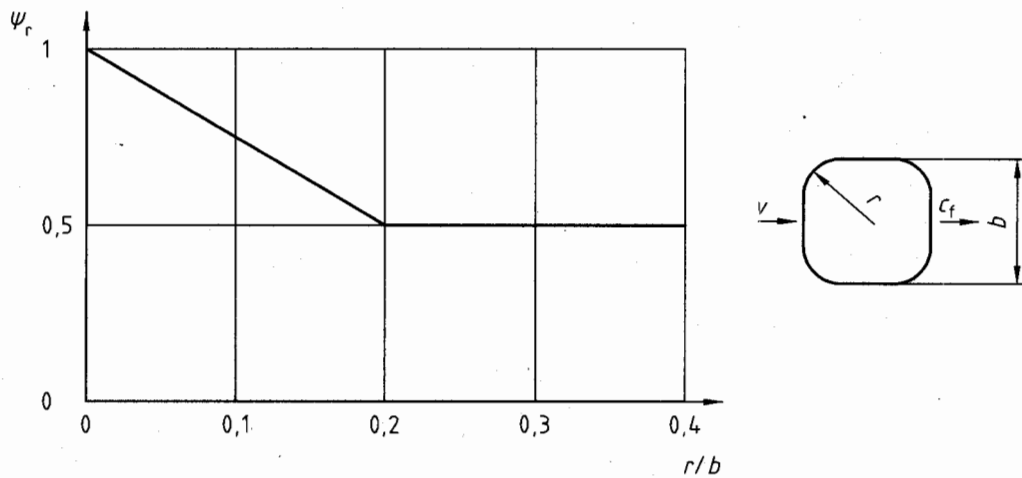


Bild 16 — Abminderungsfaktor ψ_r für einen quadratischen Querschnitt mit abgerundeten Ecken

(2) Die Bezugsfläche A_{ref} ist $A_{ref} = l \times b$. Dabei ist l die Länge des betrachteten Abschnittes.

DIN 1055-4:2005-03

(3) Die Bezugshöhe z_e ist gleich der Höhe der Unterkante des betrachteten Abschnitts zuzüglich dem 0,6fachen der Abschnittshöhe.

(4) Für scheibenartige Querschnitte ($d/b < 0,2$) kann es bei bestimmten Anströmrichtungen zu einem Anstieg der c_f -Werte um bis zu 25 % kommen (siehe z. B. 12.3.3 Anzeigetafeln).

12.5 Kraftbeiwerte für Bauteile mit kantigem Querschnitt

(1) Der Kraftbeiwert c_f von Bauteilen mit kantigem Querschnitt wird für die Windkräfte in x- und y-Richtung wie folgt berechnet:

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda \quad (26)$$

Dabei ist

$c_{f,0}$ der Grundkraftbeiwert für Bauteile nach Bild 17 mit unendlicher Schlankheit;

ψ_λ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit (siehe 12.13).

(2) Der Kraftbeiwert wird bei Querschnitten nach Bild 17 für alle Anströmrichtungen mit $c_{f,0} = 2,0$ angesetzt.

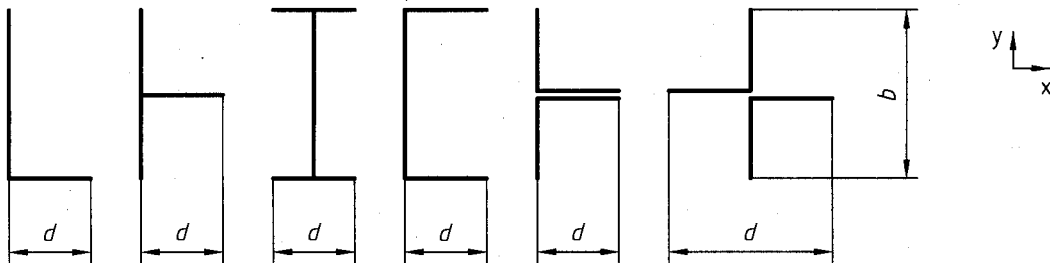


Bild 17 — Bauteilquerschnitte

(3) Die Bezugsflächen A_{ref} sind für die Windkräfte:

$$\text{in x-Richtung: } A_{ref,x} = l \times b \quad (27)$$

$$\text{in y-Richtung: } A_{ref,y} = l \times d$$

Dabei ist

l die Länge des betrachteten Abschnitts.

(4) Die Bezugshöhe z_e ist gleich der Höhe der Unterkante des betrachteten Abschnitts zuzüglich dem 0,6fachen der Abschnittshöhe.

12.6 Kraftbeiwerte für Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt

(1) Der Kraftbeiwert c_f von Bauteilen mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt mit fünf oder mehr Seiten ist

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda \quad (28)$$

Dabei ist

$c_{f,0}$ der Grundkraftbeiwert nach Tabelle 10 für Bauteile mit unendlicher Schlankheit;

ψ_λ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit (siehe 12.13).

Für die Breite des Querschnittes ist dabei der Durchmesser des umschriebenen Kreises, siehe Bild 18, anzusetzen.

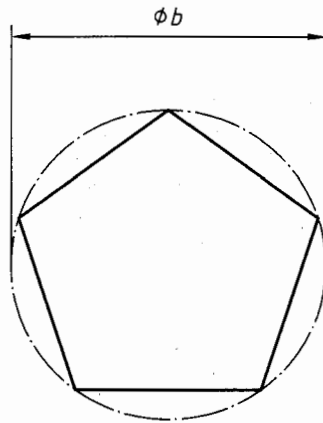


Bild 18 — Bauteil mit regelmäßigem polygonalen Querschnitt

Tabelle 10 — Grundkraftbeiwerte $c_{f,0}$ für regelmäßige polygonale Querschnitte

lfd. Nr.	Querschnitt	Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$
1a	gleichseitiges Dreieck	2,0 (Anströmung auf die Seite)
1b	gleichseitiges Dreieck	1,2 (Anströmung auf die Ecke)
2	Fünfeck	1,8
3	Sechseck	1,6
4	Achteck	1,4
5	Zehneck	1,3
6	Zwölfeck	1,25
7	Sechzehneck	wie Zylinder, aber $> 0,7$
8	Achtzehneck	wie Zylinder, aber $> 0,7$

(2) Die Bezugsfläche A_{ref} ist

$$A_{ref} = l \times b \quad (29)$$

Dabei ist

l die Länge des betrachteten Abschnitts.

(3) Die Bezugshöhe z_e ist gleich der Höhe der Unterkante des betrachteten Bauteilabschnitts zuzüglich dem 0,6fachen der Abschnittshöhe.

DIN 1055-4:2005-03

12.7 Kreiszyylinder

12.7.1 Kraftbeiwerte

(1) Der Kraftbeiwert c_f eines endlichen Zylinders ist

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda \quad (30)$$

Dabei ist

$c_{f,0}$ der Grundkraftbeiwert eines Zylinders mit unendlicher Schlankheit (siehe Bild 19);

ψ_λ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit (siehe 12.13).

Der Grundkraftbeiwert ist in Abhängigkeit der äquivalenten Rauigkeit und der Reynoldszahl in Bild 19 angegeben.

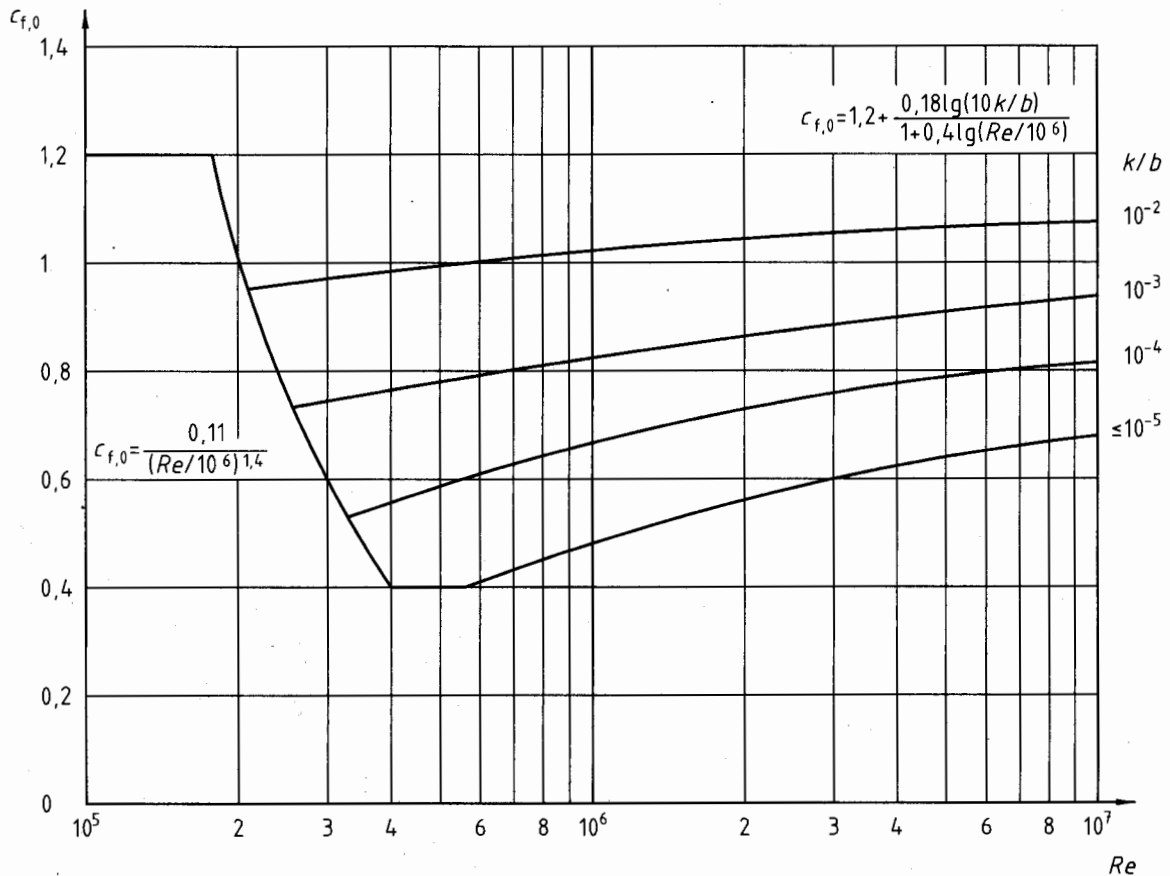


Bild 19 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ von Zylindern mit unendlicher Schlankheit für verschiedene bezogene äquivalente Rauigkeiten k/b

(2) Die Reynoldszahl ist

$$Re = \frac{v \times b}{\nu} \quad (31)$$

mit

$$v = \sqrt{2 \times q / \rho} \quad (32)$$

Dabei ist

- v die kinematische Zähigkeit, $v = 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- q der Geschwindigkeitsdruck nach Abschnitt 10;
- b der Durchmesser des Zylinders, in m;
- ρ die Luftdichte, in kg/m^3 .

Werte für äquivalente Rauigkeiten k werden in Tabelle 11 angegeben.

(3) Für Drahtlitzenseile ist der Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ unabhängig von der Reynoldszahl mit $c_{f,0} = 1,2$ anzusetzen.

Tabelle 11 — Äquivalente Rauigkeiten

	Art der Oberfläche					
	Mauerwerk	Beton glatt	Beton rau	Holz	Stahl	Stahl (einschließlich Schraubenköpfen usw.)
k in mm	4	2	10	2	0,5	1

(4) Für gerippte Oberflächen mit Rippenhöhe h_R und Rippenabstand a , für die $2 \times h_R \leq a \leq 6 \times h_R$ gilt, kann k mit der Rippenhöhe h_R angesetzt werden. Für einzeln stehende Rippen mit einem Rippenabstand $a > 6 \times h_R$ ist die vorstehende Rauigkeitsdefinition nicht mehr anwendbar.

(5) Die Bezugsfläche A_{ref} ist nach Gleichung (29) zu bestimmen, wobei für b der Durchmesser des Zylinders anzusetzen ist.

Dabei ist

- l die Länge des betrachteten Abschnitts;
- b der Durchmesser.

(6) Die Bezugshöhe z_e ist gleich der Höhenlage des betrachteten Bauteilabschnitts über der Geländeoberkante.

Bei Zylindern nahe einer ebenen Oberfläche mit einem relativen lichten Abstand $z_g/b < 1,5$ vom Boden sind gesonderte Überlegungen erforderlich.

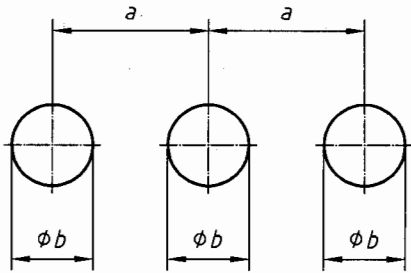
12.7.2 Kraftbeiwerte für vertikale Zylinder in Reihenanordnung

(1) Bei Anordnung von Zylindern in Reihe hängt der Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ von der Windrichtung bezogen auf die Reihenachse und vom Verhältnis des gegenseitigen Abstandes a zum mittleren Durchmesser b ab (siehe Tabelle 12).

(2) Sofern keine genaueren Werte belegt werden können, ist der Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für jeden einzelnen Zylinder mit dem in Tabelle 12 angegebenen Erhöhungsfaktor κ zu multiplizieren.

Tabelle 12 — Erhöhungsfaktor κ für die Grundkraftbeiwerte $c_{f,0}$ von in Reihe angeordneten Kreiszyklindern

a/b	κ
$a/b \leq 3,5$	1,15
$3,5 < a/b \leq 30$	$\frac{210 - \frac{a}{b}}{180}$
$a/b > 30$	1,00



12.7.3 Druckbeiwerte

(1) Der Außendruckbeiwert c_{pe} für zylindrische Querschnitte ist:

$$c_{pe} = c_{p,0} \times \psi_{\lambda\alpha} \quad (33)$$

Dabei ist

$c_{p,0}$ der Außendruckbeiwert eines Zylinders mit unendlicher Schlankheit λ nach Bild 20 bzw. Gleichung (34);

$\psi_{\lambda\alpha}$ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit nach Gleichung (35) in Abhängigkeit des Umfangswinkels α .

(2) In Bild 21 ist der Außendruckbeiwert $c_{p,0}$ für verschiedene Reynoldszahlen in Abhängigkeit des Winkels α über den halben Umfang dargestellt. Der Außendruckbeiwert bei unendlicher Schlankheit ist:

$$c_{p,0} = \frac{1 - c_{p,0,\min}}{2} \cos\left(\frac{\alpha}{\alpha_{\min}} \pi\right) + \frac{1 + c_{p,0,\min}}{2} \quad \text{für } 0^\circ < \alpha < \alpha_{\min}$$

$$c_{p,0} = (c_{p,0,\min} - c_{p,0,h}) \cos\left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}} \frac{\pi}{2}\right) + c_{p,0,h} \quad \text{für } \alpha_{\min} < \alpha < \alpha_A \quad (34)$$

$$c_{p,0} = c_{p,0,h} \quad \text{für } \alpha_A < \alpha < 180^\circ$$

Dabei ist

$\alpha_{\min}, c_{p,0,\min}$ die Lage des Druckminimums am Umfang und sein Druckbeiwert nach Tabelle 13;

$\alpha_A, c_{p,0,h}$ die Lage der Strömungsablösung am Umfang und Druckbeiwert für den Heckdruck nach Tabelle 13.

(3) Der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit $\psi_{\lambda\alpha}$ wird nach Gleichung (35) berechnet:

$\psi_{\lambda\alpha} = 1$ für $0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min}$

$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) \times \cos\left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}} \frac{\pi}{2}\right)$ für $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_A$ (35)

$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda$ für $\alpha_A \leq \alpha < 180^\circ$

Dabei ist

α_A Lage der Ablöselinie (siehe Bild 20);

ψ_λ Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit nach 12.13.

ANMERKUNG Das Bild basiert auf einer bezogenen äquivalenten Rauigkeit k/b kleiner 5×10^{-4} . Typische Werte für die äquivalente Rauigkeit k sind in Tabelle 11 angegeben.

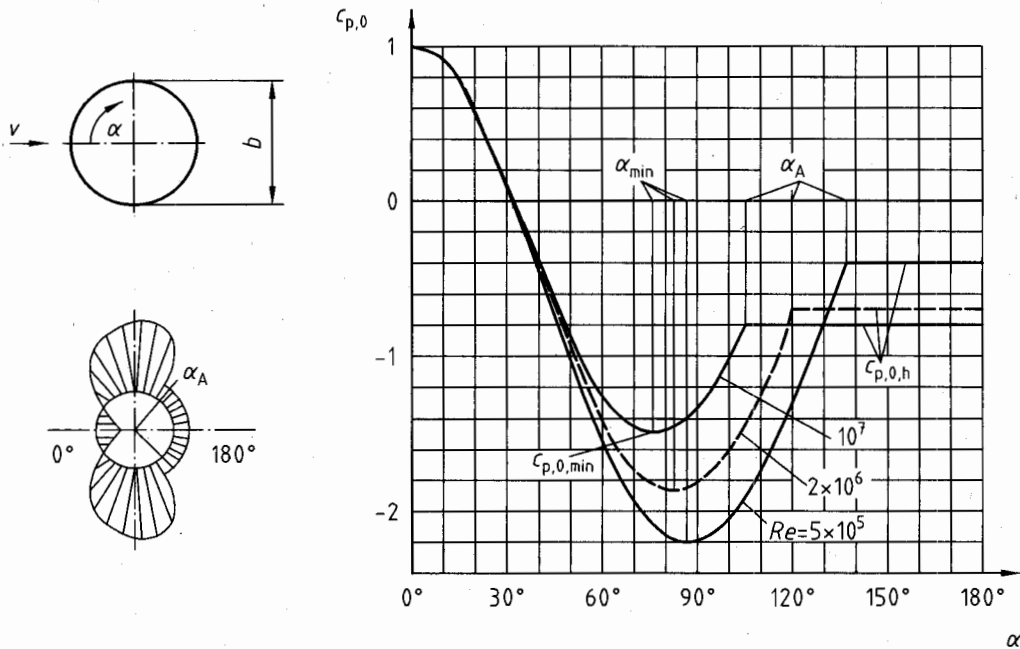


Bild 20 — Druckverteilung über einen zylindrischen Querschnitt

(4) Die Bezugshöhe z_c ist gleich der Höhe über Geländeoberkante des betrachteten Bauteilabschnitts.

Tabelle 13 — Typische Werte für Re , α_{\min} , $c_{p,0,\min}$, α_A und $c_{p,0,h}$

Re	α_{\min}	$c_{p,0,\min}$	α_A	$c_{p,0,h}$
5×10^5	85	- 2,2	135	- 0,4
2×10^6	80	- 1,9	120	- 0,7
10^7	75	- 1,5	105	- 0,8

mit: α_{\min} Lage des minimalen Druckes in °;
 $c_{p,0,\min}$ Wert des minimalen Druckbeiwertes;
 α_A Lage der Ablöselinie in °;
 $c_{p,0,h}$ Heckdruckbeiwert.

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

DIN 1055-4:2005-03

12.8 Kraftbeiwerte für Kugeln

(1) Der Kraftbeiwert c_f von Kugeln wird in Bild 21 als eine Funktion der Reynoldszahl Re und der bezogenen Rauigkeit k/b (siehe 12.7.1) angegeben.

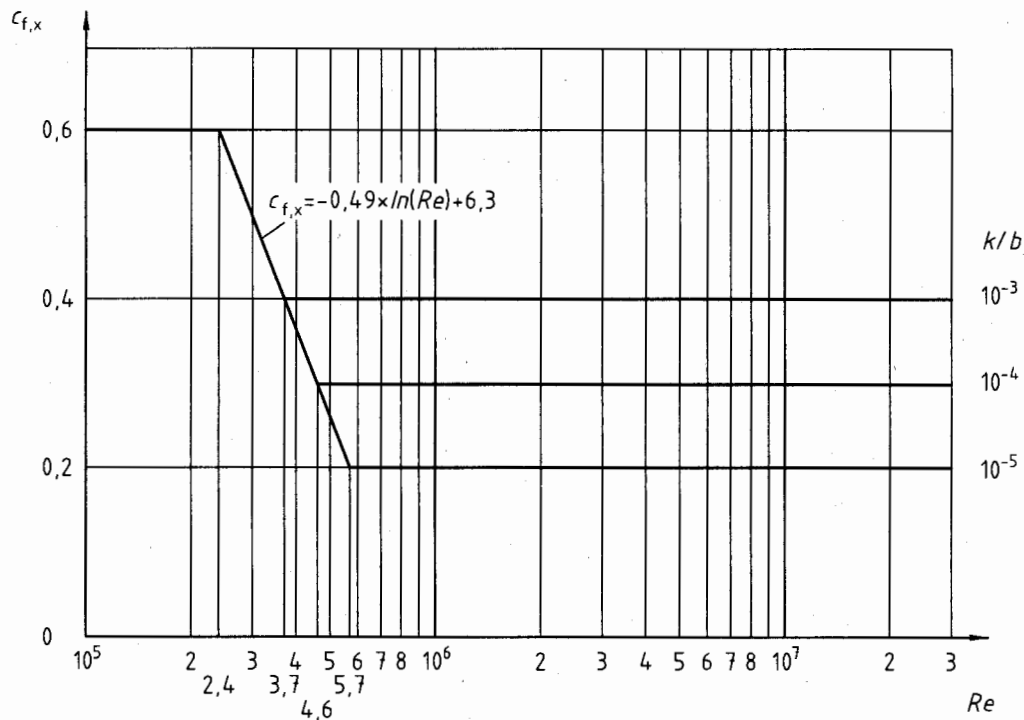


Bild 21 — Kraftbeiwert einer Kugel in Windrichtung

(2) Die Bezugsfläche A_{ref} ist:

$$A_{\text{ref}} = \pi b^2 / 4 \quad (36)$$

Dabei ist

b der Durchmesser.

(3) Die Bezugshöhe ist anzusetzen mit

$$z_e = z_g + b / 2 \quad (37)$$

Dabei ist

z_g der lichte Abstand vom Boden.

(4) Bei Kugeln nahe einer ebenen Oberfläche mit einem relativen lichten Abstand $z_g/b < 1,5$ vom Boden sind gesonderte Überlegungen erforderlich.

12.9 Kraftbeiwerte für Fachwerke

(1) Der Kraftbeiwert c_f von Fachwerken ist:

$$c_f = c_{f,0} \times \Psi_\lambda \quad (38)$$

Dabei ist

$c_{f,0}$ der Grundkraftbeiwert für Fachwerke mit unendlicher Schlankheit. Er wird in den Bildern 22 bis 24 als Funktion des Völligkeitsgrades φ oder der Reynoldszahl Re angegeben;

Re die Reynoldszahl nach Gleichung (31), wobei hier an Stelle von b die Stabbreite des größten Gurtstabes einzusetzen ist;

ψ_λ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit (siehe 12.13).

(2) Der Völligkeitsgrad φ ist:

$$\varphi = A / A_c \quad (39)$$

Dabei ist

A die Summe der projizierten Fläche der Stäbe und Knotenbleche der betrachteten Seite. Bei räumlichen Fachwerken ist die Luvseite zu betrachten;

A_c die von den Umrandungen der betrachteten Seite eingeschlossene senkrechte Projektion der Fläche $A_c = b l$;

l die Länge des Fachwerks;

b die Breite des Fachwerks.

(3) Die Bezugsfläche A_{ref} ist definiert als:

$$A_{ref} = A \quad (40)$$

(4) Die Bezugshöhe z_e ist gleich der Höhe der Unterkante des betrachteten Abschnitts zuzüglich des 0,6fachen der Abschnittshöhe.

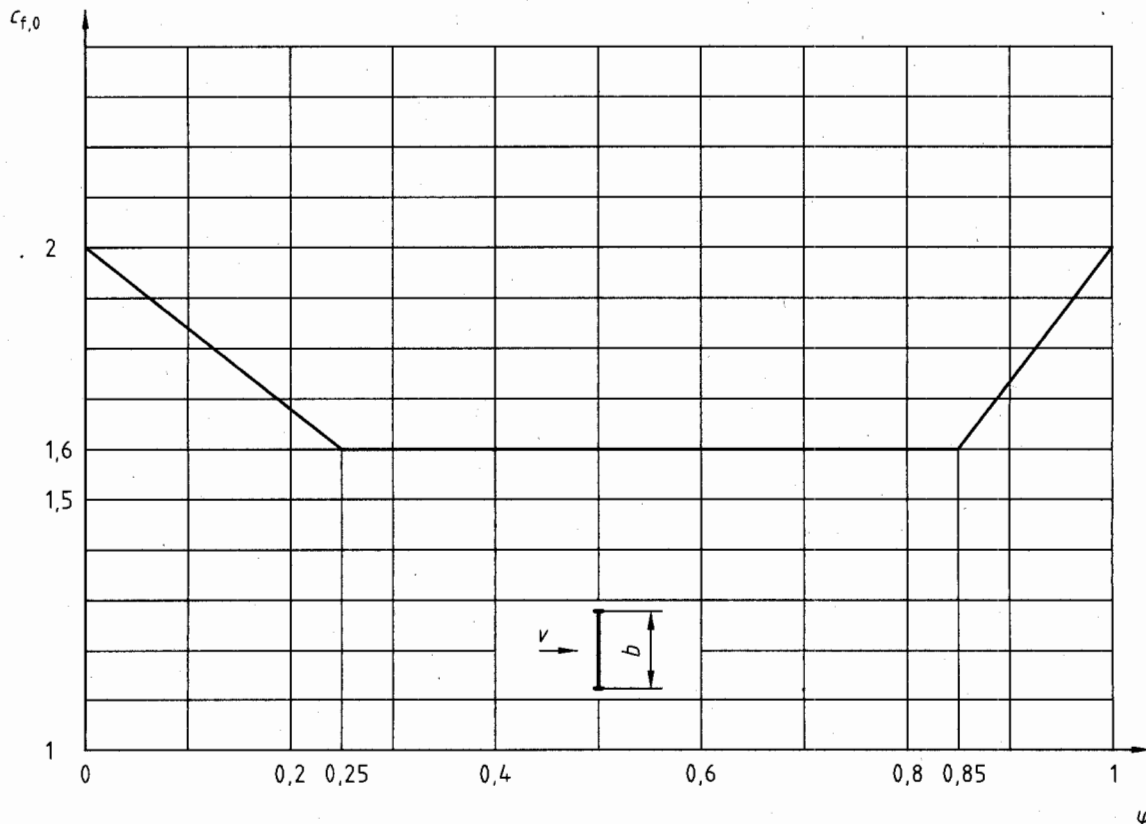


Bild 22 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für ein ebenes Fachwerk aus abgewinkelten scharfkantigen Profilen in Abhängigkeit vom Völligkeitsgrad φ

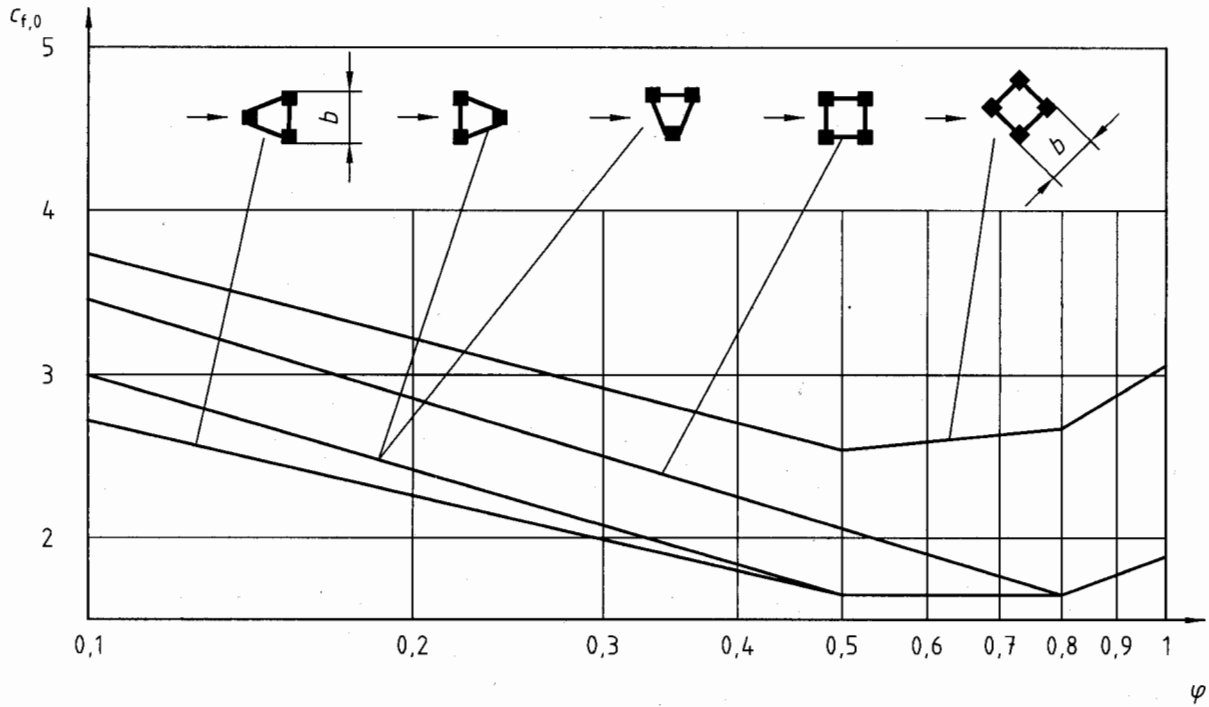


Bild 23 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für ein räumliches Fachwerk aus abgewinkelten und scharfkantigen Profilen in Abhängigkeit vom Völligkeitsgrad φ

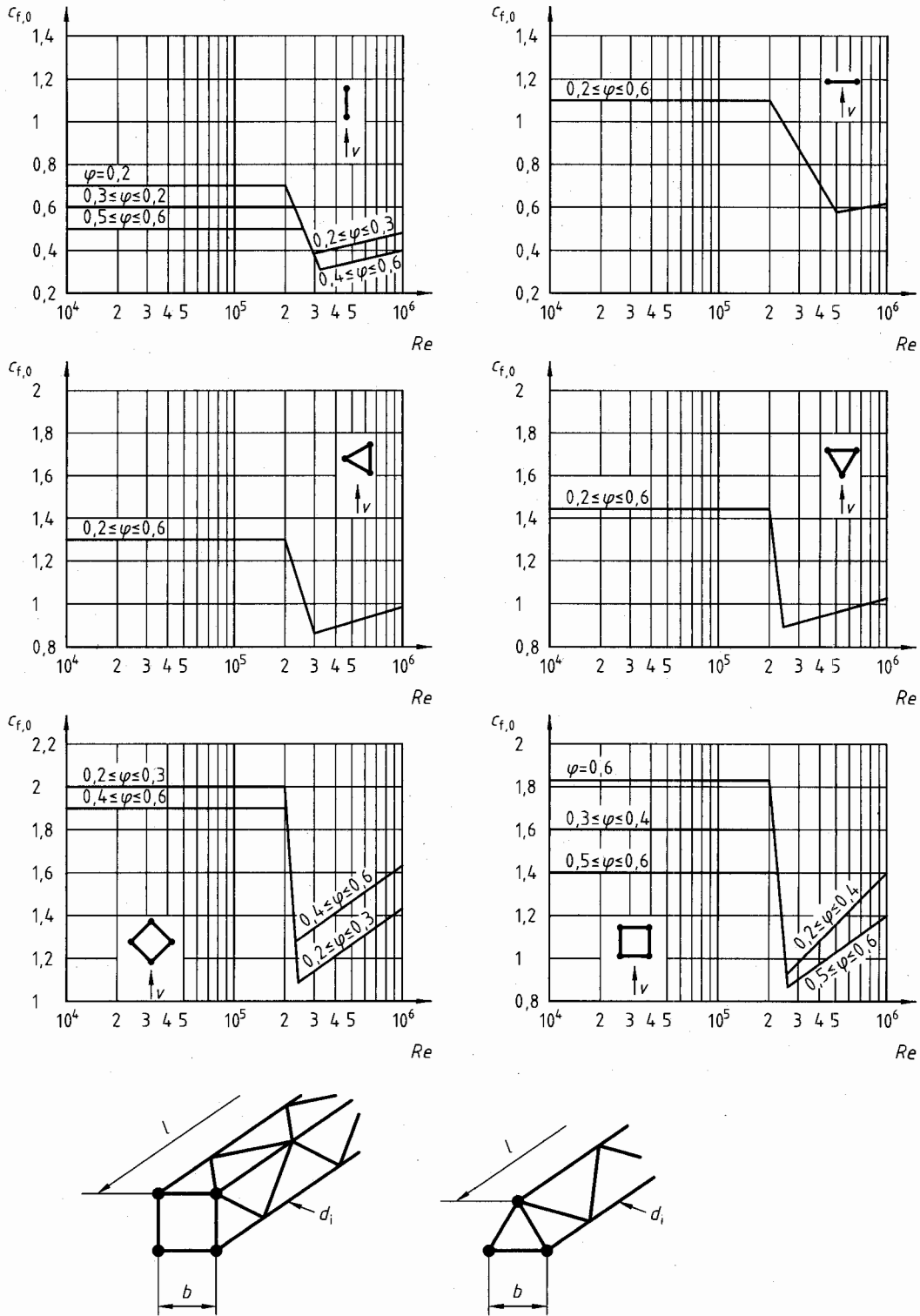


Bild 24 — Grundkraftbeiwert $c_{f,0}$ für ebenes und räumliches Fachwerk aus Profilen mit kreisförmigem Querschnitt

DIN 1055-4:2005-03

12.10 Abminderung der Windkräfte auf hintereinander liegende gleiche Stäbe, Tafeln oder Fachwerke

(1) Die gesamte Windkraft, die auf hintereinander liegende Baukörper wirkt, ist geringer als die Summe der Einzelkräfte. Die Abminderung der Gesamtkraft wird erfasst, indem die Bezugsfläche A nach Tabelle 14 vermindert wird. Der Abminderungsfaktor η ist in Bild 25 angegeben.

(2) Die Abminderung gilt für Queranströmung und für eine Schräganströmung bis 5° . Sie darf bei annähernd gleichen Einzelbaukörpern angewandt werden, wenn bei der Ermittlung der Bezugsfläche A für A_1 die Bezugsfläche des größten Einzelbaukörpers zu Grunde gelegt wird.

(3) Bei unterschiedlichen Abständen x der Einzelbaukörper darf näherungsweise der Größtabstand der Körper als einheitlicher Abstand zu Grunde gelegt werden.

(4) Es wird vorausgesetzt, dass die Einzelbaukörper an den Enden gehalten sind und im Übrigen frei umströmt werden. Näherungsweise darf auch die Windlast auf hintereinander liegende Baukörper, die sich unter einer geschlossenen Decke befinden, nach diesem Abschnitt ermittelt werden.

Tabelle 14 — Bezugsfläche A und Kraftbeiwert c_f für hintereinander liegende Baukörper

Form und Lage des Baukörpers	Bezugsfläche A	Kraftbeiwert c_f
	<p>Für das Gesamtsystem aus n Baukörpern</p> $A = [1 + \eta + (n - 2) \times \eta^2] \times A_1$ <p>mit</p> <p>A_1 Bezugsfläche des Einzelbaukörpers; n die Anzahl der Einzelbaukörper; η Abminderungsfaktor nach Bild 25.</p>	<p>c_f eines Einzelbaukörpers</p>

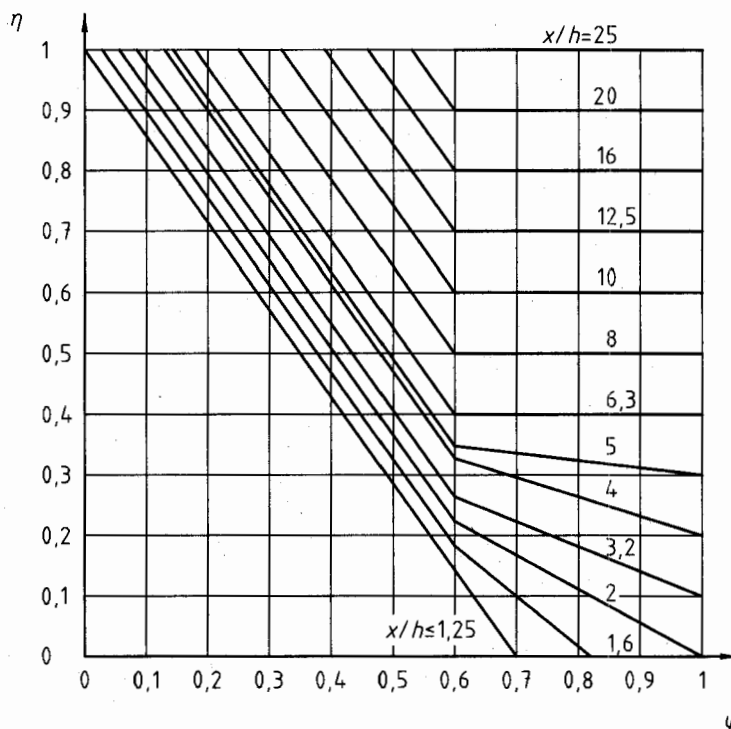


Bild 25 — Abminderungsfaktor η für die Summe der Windkräfte auf hintereinander liegende gleiche Baukörper in Anhängigkeit vom Verhältnis x/h und vom Völligkeitsgrad φ (bei vollwandigen Baukörpern: $\varphi = 1$)

12.11 Kraftbeiwerte für Flaggen

(1) Für allseitig befestigte Flaggen ist der Kraftbeiwert

$$c_f = 2,5 \times \psi_\lambda \quad (41)$$

mit ψ_λ nach 12.13.

(2) Für frei flatternde Flaggen ist der Kraftbeiwert

$$c_f = 0,02 + 0,7 \frac{m}{\rho \cdot h} \left(\frac{h^2}{A_{\text{ref}}} \right)^{1,25} \quad (42)$$

Dabei ist

m die Masse je Flächeneinheit der Flagge;

ρ die Luftdichte;

h die Höhe der Flagge.

Die Gleichung schließt die dynamischen Kräfte auf Grund des Flattereffektes ein.

(3) Als Bezugsfläche ist bei rechteckigen Flaggen

$$A_{\text{ref}} = h \times l \quad (43)$$

anzusetzen, bei dreieckförmigen Flaggen

$$A_{\text{ref}} = 0,5 \times h \times l \quad (44)$$

DIN 1055-4:2005-03

Dabei ist

- h die Höhe der Flagge;
- l die Länge der Flagge.

(4) Die Bezugshöhe z_e ist gleich der Höhe der Oberkante der Flagge über Geländeoberkante.

12.12 Reibungsbeiwerte

- (1) Reibungsbeiwerte c_{fr} für lange Wände und frei stehende Überdachungen werden in Tabelle 15 angegeben.
- (2) Bezugshöhe z_e ist bei frei stehenden Dächern die Dachhöhe, bei Wänden die Oberkante der Wand.
- (3) Die Reibungskraft bei einer frei stehenden Überdachung ist aus jeder beliebigen Richtung anzusetzen.

Tabelle 15 — Reibungsbeiwerte c_{fr}

Oberfläche		Reibungsbeiwert c_{fr}
glatt	(z. B. Stahl, glatter Beton)	0,01
rau	(z. B. rauher Beton, geteerte Flächen)	0,02
sehr rau	(z. B. gewellt, gerippt, gefaltet)	0,04

12.13 Effektive Schlankheit und Abminderungsfaktor ψ_λ zur Berücksichtigung der Schlankheit

- (1) Der Abminderungsfaktor ψ_λ zur Berücksichtigung der Schlankheit wird in Bild 26 in Abhängigkeit von der effektiven Schlankheit λ und für verschiedene Völligkeitsgrade φ angegeben.
- (2) Die effektive Schlankheit λ wird in Tabelle 16 definiert.

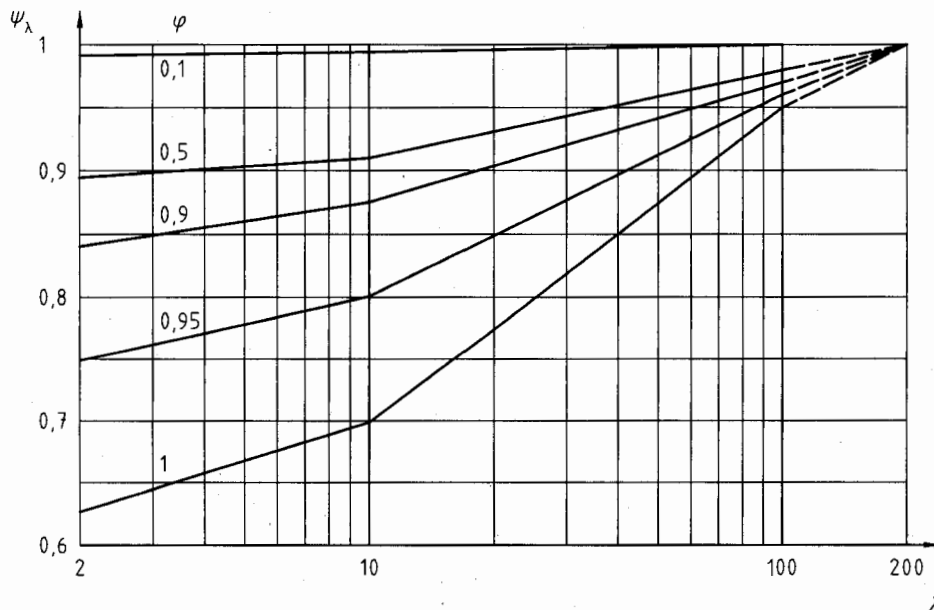
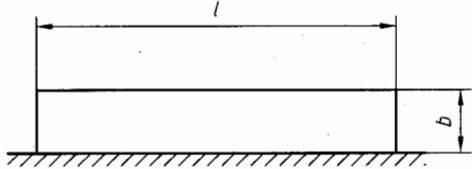
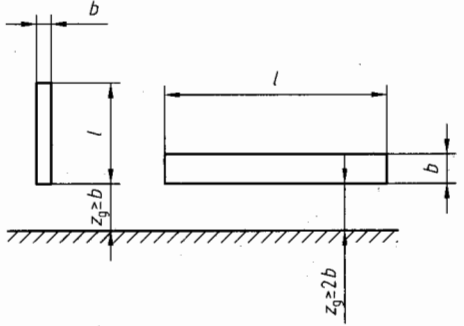
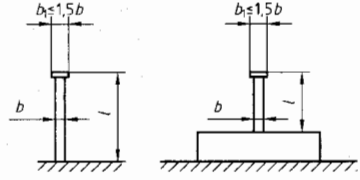
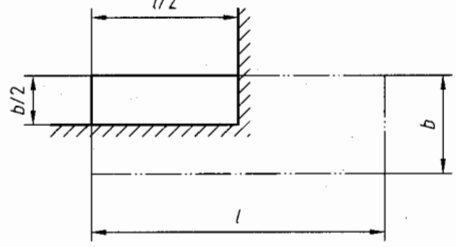
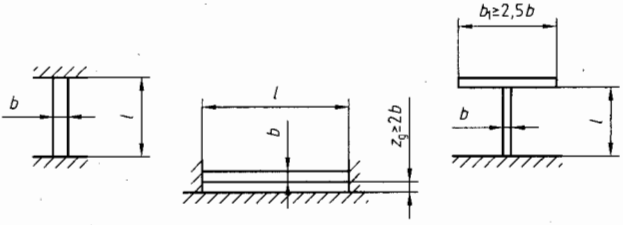


Bild 26 — Abminderungsfaktor ψ_λ in Abhängigkeit von der effektiven Schlankheit λ und für verschiedene Völligkeitsgrade φ

Tabelle 16 — Effektive Schlankheit λ für Zylinder-, Vieleck-, Brücken- und Rechteckquerschnitte sowie für Anzeigetafeln, scharfkantige Bauteile und Fachwerkkonstruktionen

Lfd. Nr.	Lage des Baukörpers, Anströmung senkrecht zur Zeichenebene	Effektive Schlankheit λ
1	 <p>für $l > b$</p>	<p>$\lambda = l/b$ oder $\lambda = 2$, der größere Wert ist maßgebend</p>
2	 <p>für $b \leq l$</p>	<p>Für polygonale Querschnitte: für $l \geq 50$ m ist $\lambda = 1,4 l/b$ oder $\lambda = 70$, der kleinere Wert ist maßgebend für $l < 15$ m ist $\lambda = 2 l/b$ oder $\lambda = 70$, der kleinere Wert ist maßgebend</p>
3	 <p>für $b \leq l$</p>	<p>Für Kreiszyylinder: für $l \geq 50$ m ist $\lambda = 0,7 l/b$ oder $\lambda = 70$, der kleinere Wert ist maßgebend für $l < 15$ m ist $\lambda = l/b$ oder $\lambda = 70$, der kleinere Wert ist maßgebend</p>
4		<p>Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.</p>
5		<p>für $l \geq 50$ m ist $\lambda = 0,7 l/b$ oder $\lambda = 70$, der größere Wert ist maßgebend für $l < 15$ m ist $\lambda = l/b$ oder $\lambda = 70$, der größere Wert ist maßgebend</p> <p>Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.</p>

DIN 1055-4:2005-03

(3) Der Völligkeitsgrad φ ist wie folgt definiert (siehe Bild 27):

$$\varphi = A / A_c$$

(45)

Dabei ist

A die Summe der projizierten Flächen der einzelnen Teile;

A_c die eingeschlossene Fläche $A_c = l \times b$.

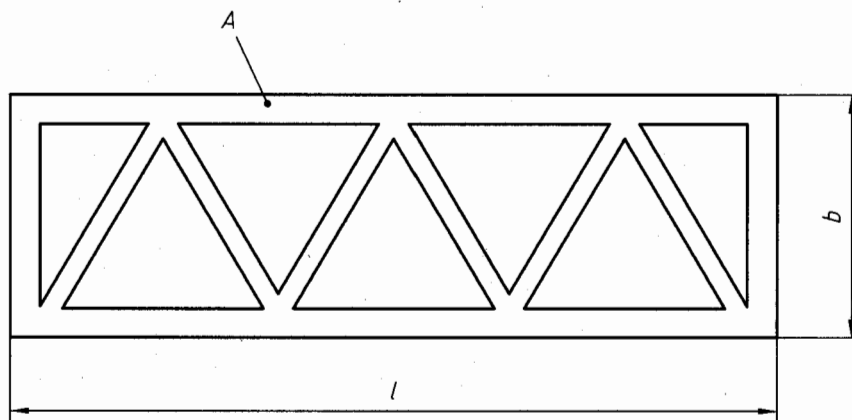


Bild 27 — Definition des Völligkeitsgrades φ

Anhang A (normativ)

Windzonenkarte

A.1 Allgemeines

(1) In der Windzonenkarte sind zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeiten v_{ref} und zugehörige Geschwindigkeitsdrücke q_{ref} angegeben. Die Werte gelten für eine Mittelung über einen Zeitraum von 10 min mit einer Überschreitenswahrscheinlichkeit innerhalb eines Jahres von 0,02. Die Geschwindigkeit v_{ref} gilt für eine Höhe von 10 m über Grund in ebenem, offenem Gelände, das der Geländekategorie II nach Anhang B entspricht.

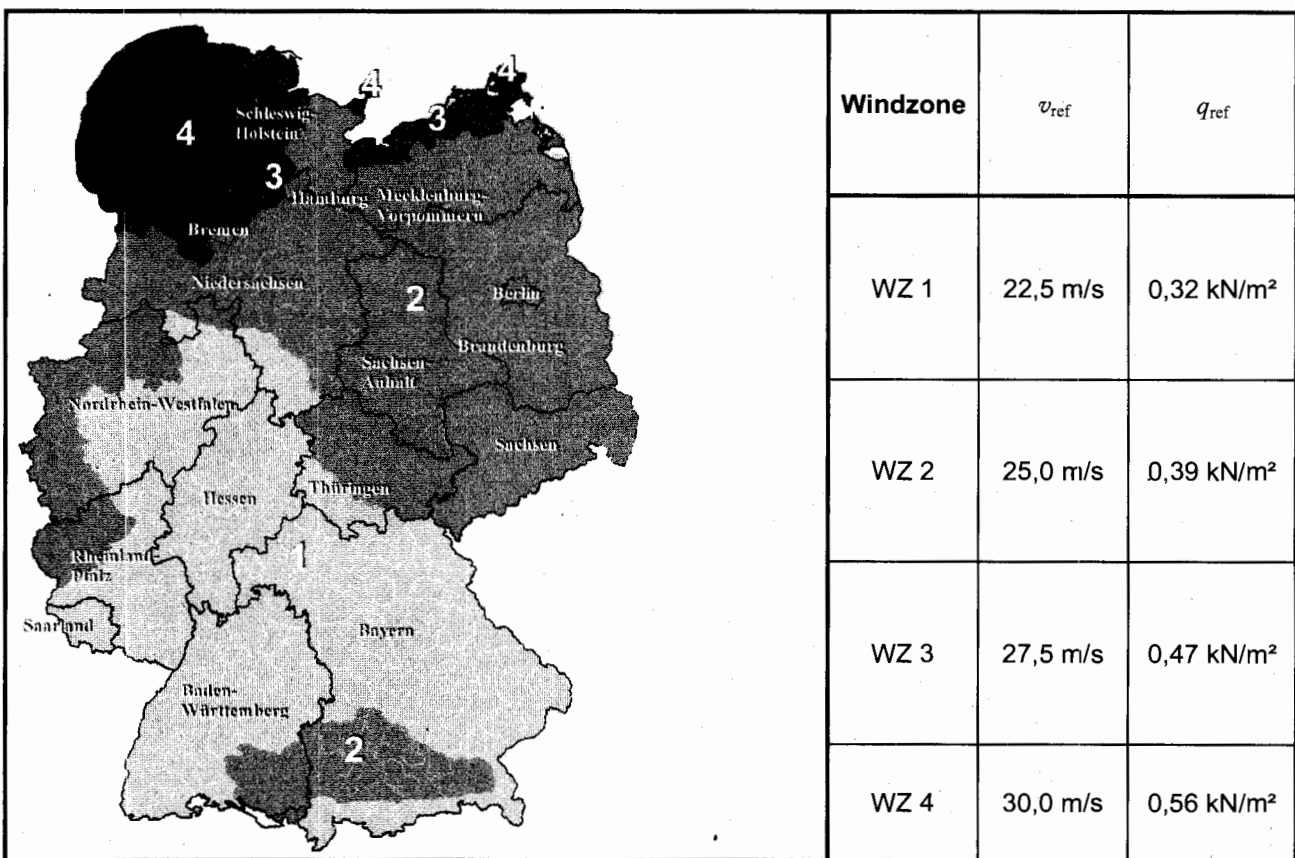


Bild A.1 — Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

A.2 Einfluss der Meereshöhe

- (1) Der Geschwindigkeitsdruck ist zu erhöhen, wenn der Bauwerksstandort oberhalb einer Meereshöhe von 800 m über NN liegt.
- (2) Der Erhöhungsfaktor beträgt $(0,2 + H_s/1000)$, wobei H_s die Meereshöhe in m bezeichnet.
- (3) Für Kamm- und Gipfellagen der Mittelgebirge sowie oberhalb $H_s = 1000$ m sind besondere Überlegungen erforderlich.

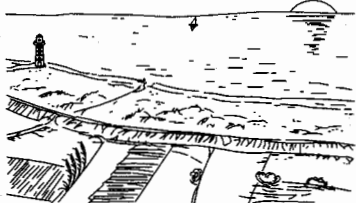
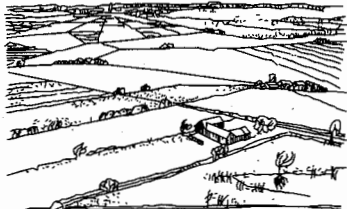
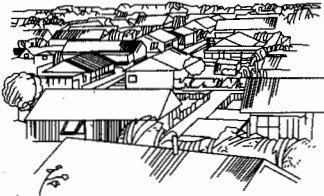
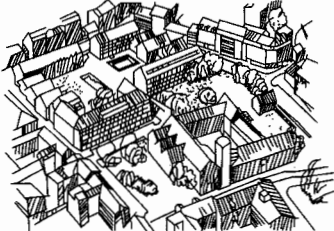
Anhang B (normativ)

Einfluss von Geländerauigkeit und Topographie

(1) Die Profile der mittleren Windgeschwindigkeit und der zugehörigen Turbulenzintensität hängen von der Bodenrauigkeit und der Topographie in der Umgebung des Bauwerksstandortes ab.

(2) Für baupraktische Zwecke ist es sinnvoll, die weite Spanne von in der Natur vorkommenden Bodenrauigkeiten in Geländekategorien zusammenzufassen. Es werden vier Geländekategorien nach Tabelle B.1 sowie 2 Mischprofile unterschieden. Das Mischprofil Küste beschreibt die Verhältnisse in einem Übergangsbereich zwischen der Geländekategorie I und II. Das Mischprofil Binnenland beschreibt die Verhältnisse in einem Übergangsbereich zwischen der Geländekategorie II und III.

Tabelle B.1 — Geländekategorien

<p>Geländekategorie I</p> <p>Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, flaches Land ohne Hindernisse</p> <p>$z_0 = 0,01$ m</p>	
<p>Geländekategorie II</p> <p>Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet</p> <p>$z_0 = 0,05$ m</p>	
<p>Geländekategorie III</p> <p>Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder</p> <p>$z_0 = 0,30$ m</p>	
<p>Geländekategorie IV</p> <p>Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet</p> <p>$z_0 = 1,00$ m</p>	

(3) In Tabelle B.2 finden sich die Profile der mittleren Geschwindigkeit, der Turbulenzintensität und des Böengeschwindigkeitsdruckes für die 4 Geländekategorien. Der Böengeschwindigkeitsdruck wird in der Regel für die Windlastermittlung bei nicht schwingungsanfälligen Konstruktionen benutzt.

(4) Auf der sicheren Seite liegend kann in den küstennahen Gebieten sowie auf den Nord- und Ostseeinseln die Geländekategorie I, im Binnenland die Geländekategorie II zu Grunde gelegt werden.

(5) Soll der Einfluss der Bodenrauigkeit abweichend von Absatz (4) genauer erfasst werden, so gelten folgende Regelungen:

- Die Verminderung der bodennahen Windgeschwindigkeiten durch Wälder darf nur mit Geländekategorie II bewertet werden. In einem starken Sturm ist nicht sichergestellt, dass die Bodenrauigkeit der Geländekategorie III wirksam bleibt, weil die Vegetation den Windkräften unter Umständen nicht standhält.
- Die Veränderung, die der Windströmung stromab von einem Wechsel der Bodenrauigkeit aufgeprägt wird, muss berücksichtigt werden. Sie betrifft das Windprofil, die Turbulenzintensität und weitere Parameter, die gegebenenfalls benötigt werden. Dabei ist der Einfluss des Abstandes zwischen Rauigkeitswechsel und Bauwerksstandort zu beachten.
- Die maßgebende Geländekategorie darf für die interessierenden Windrichtungssektoren stromauf vom Bauwerksstandort getrennt ermittelt werden.
- In Zweifelsfällen ist die glattere Geländekategorie anzunehmen.

(6) Der Einfluss wechselnder Bodenrauigkeiten darf ohne genauere Untersuchung wie folgt erfasst werden. Liegt der Bauwerksstandort näher als 1 km an einem Wechsel von glatterem zu rauere Gelände, so ist die ungünstigere, glattere Geländekategorie zu benutzen. Ist der Gebäudestandort weiter als 3 km vom Rauigkeitswechsel entfernt, so darf die rauere Geländekategorie benutzt werden, wenn das Gebäude niedriger als 50 m ist. Für Bauwerke, die sich in größere Höhen als 50 m über Grund erstrecken, ist die glattere Geländekategorie anzunehmen.

Tabelle B.2 — Profile der mittleren Windgeschwindigkeit, der Turbulenzintensität, des Böengeschwindigkeitsdrucks und der Böengeschwindigkeit in ebenem Gelände für 4 Geländekategorien

Geländekategorie	I	II	III	IV
Mindesthöhe z_{\min}	2,00 m	4,00 m	8,00 m	16,00 m
Mittlere Windgeschwindigkeit v_m für $z > z_{\min}$	$1,18 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,12}$	$1,00 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,16}$	$0,77 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,22}$	$0,56 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,30}$
v_m / v_{ref} für $z < z_{\min}$	0,97	0,86	0,73	0,64
Turbulenzintensität I_v für $z > z_{\min}$	$0,14 \times (z/10)^{-0,12}$	$0,19 \times (z/10)^{-0,16}$	$0,28 \times (z/10)^{-0,22}$	$0,43 \times (z/10)^{-0,30}$
I_v für $z < z_{\min}$	0,20	0,22	0,29	0,37
Böengeschwindigkeitsdruck q für $z > z_{\min}$	$2,6 \times q_{\text{ref}} (z/10)^{0,19}$	$2,1 \times q_{\text{ref}} (z/10)^{0,24}$	$1,6 \times q_{\text{ref}} (z/10)^{0,31}$	$1,1 \times q_{\text{ref}} (z/10)^{0,40}$
q / q_{ref} für $z < z_{\min}$	1,9	1,7	1,5	1,3
Böengeschwindigkeit v für $z > z_{\min}$	$1,61 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,095}$	$1,45 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,120}$	$1,27 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,155}$	$1,05 \times v_{\text{ref}} (z/10)^{0,200}$
v / v_{ref} für $z < z_{\min}$	1,38	1,30	1,23	1,15

DIN 1055-4:2005-03

(7) In 10.3 sind Mischprofile des Böengeschwindigkeitsdruckes für die Übergangszonen zwischen den Geländekategorien I und II sowie zwischen II und III angegeben. Tabelle B.3 enthält dazu die Profile der mittleren Windgeschwindigkeit und der Turbulenzintensität zur Verwendung in den Anhängen C bis F.

Tabelle B.3 — Profile der mittleren Windgeschwindigkeit, der Turbulenzintensität und der Böengeschwindigkeit in ebenem Gelände für die Regelfälle nach 10.3

	Regelprofil im Binnenland	Regelprofil in küstennahen Gebieten
Mindesthöhe z_{min}	7,00 m	4,00 m
Mittlere Windgeschwindigkeit v_m für $50\text{ m} < z < 300\text{ m}$	$1,00 \times v_{ref} (z/10)^{0,16}$	$1,18 \times v_{ref} (z/10)^{0,12}$
v_m / v_{ref} für $z_{min} < z < 50\text{ m}$	$0,86 \times (z/10)^{0,25}$	$1,10 \times (z/10)^{0,165}$
v_m / v_{ref} für $z < z_{min}$	0,79	0,95
Turbulenzintensität I_v für $50\text{ m} < z < 300\text{ m}$	$0,19 \times (z/10)^{-0,16}$	$0,14 \times (z/10)^{-0,12}$
I_v für $z_{min} < z < 50\text{ m}$	$0,22 \times (z/10)^{-0,25}$	$0,15 \times (z/10)^{-0,165}$
I_v für $z < z_{min}$	0,24	0,17
Böengeschwindigkeit v für $50\text{ m} < z < 300\text{ m}$	$1,45 \times v_{ref} (z/10)^{0,120}$	$1,61 \times v_{ref} (z/10)^{0,095}$
v / v_{ref} für $z_{min} < z < 50\text{ m}$	$1,31 \times (z/10)^{0,185}$	$1,51 \times (z/10)^{0,135}$
v / v_{ref} für $z < z_{min}$	1,23	1,33

(8) Isolierte Hügel sowie Geländestufen beeinflussen insbesondere die mittlere Windgeschwindigkeit. Dieser Einfluss kann mit dem Topographiebeiwert c_t erfasst werden. Er gilt nicht für hügeliges Gelände und Gebirgsregionen.

(9) Der Topographiebeiwert $c_t(z)$ wird auf die Windgeschwindigkeit am Fuß des Hügels oder des Geländesprungs bezogen. Er ist auf Bauwerke anzuwenden, die weniger als die halbe Länge des Abhangs oder weniger als das 1,5fache der Klippenhöhe vom Kamm entfernt sind. Der Topographiebeiwert ist definiert als:

$$\begin{aligned}
 c_t &= 1 && \text{für} && \Phi < 0,05 \\
 c_t &= 1 + 2 \times s \times \Phi && \text{für} && 0,05 \leq \Phi \leq 0,3 \\
 c_t &= 1 + 0,6 \times s && \text{für} && \Phi > 0,3
 \end{aligned}
 \tag{B.1}$$

Dabei ist

- s der Faktor nach Bild B.1 oder B.2 bezogen auf die effektive Länge L_e der luvseitigen Steigung;
- Φ die luvseitige Steigung wie in Tabelle B.4 angegeben.

Tabelle B.4 — Werte für die effektive Länge L_e

Luvseitige Steigung $\Phi = H / L_u$	
Flach ($0,05 < \Phi < 0,3$) $L_e = L_u$	Steil ($\Phi \geq 0,3$) $L_e = H / 0,3$

In den Tabellen B.3 und B.4 bedeuten

- L_e die effektive Länge der luvseitigen Steigung nach Tabelle B.4;
- L_u die tatsächliche Länge der luvseitigen Steigung (Projektion auf die Horizontale);
- L_d die tatsächliche Länge der leeseitigen Steigung;
- H die effektive Höhe des Hügels oder des Geländesprungs;
- x der horizontale Abstand des Bauwerks vom Kamm der Erhebung;
- z der vertikale Abstand von der Geländeoberkante auf der Steigungsfläche.

(10) Für Bauwerke in steilwandigen Tälern oder für Brücken, die solche Täler überspannen, sollte die Notwendigkeit von Windgeschwindigkeitserhöhungen sorgfältig geprüft werden..

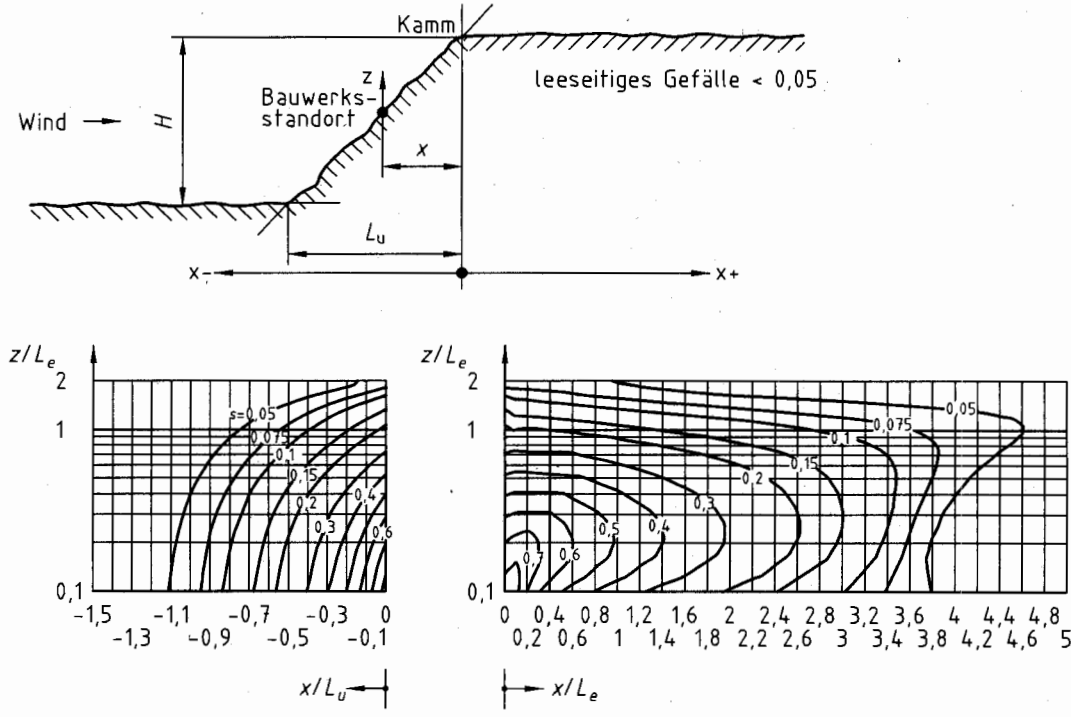
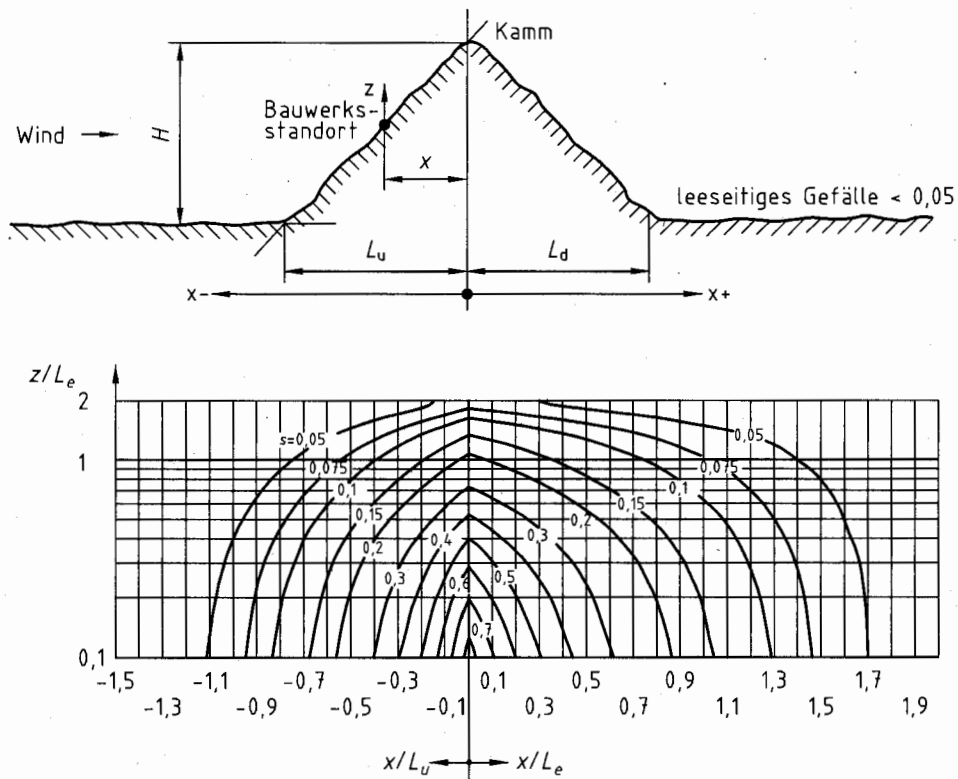


Bild B.1 — Faktor s für Klippen und Geländesprünge

Bild B.2 — Faktor s für Kuppen und Hügelkämme

(11) Das Profil der mittleren Geschwindigkeit ergibt sich zu:

$$v_{m,t}(z) = c_t(z) \times v_m(z) \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

$v_m(z)$ das Profil der mittleren Geschwindigkeit in ebenem Gelände (nach Tabelle B.2 bzw. B.3).

(12) Für das Profil der Turbulenzintensität gilt:

$$I_{v,t}(z) = \frac{1}{c_t(z)} \times I_v(z) \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

$I_v(z)$ das Profil der Turbulenzintensität in ebenem Gelände (nach Tabelle B.2 bzw. B.3).

(13) Das Profil des Böengeschwindigkeitsdruckes ergibt sich aus den Gleichungen (B.2) und (B.3) zu:

$$q(z) = \frac{1}{2} \times \rho \times v_{m,t}^2(z) \times [1 + 6 \times I_{v,t}(z)] \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

ρ die Luftdichte, $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

Anhang C **(normativ)**

Verfahren zur Ermittlung des Böenreaktionsfaktors

C.1 Allgemeines

- (1) Beim genaueren Verfahren wird die in Windrichtung entstehende Böenwirkung einschließlich böenerregter Resonanzschwingungen durch eine statische Ersatzlast erfasst. Diese beruht auf der mittleren, statischen Windlast, die um einen dynamischen Faktor, den Böenreaktionsfaktor, vergrößert wird. Das Verfahren ist anwendbar für Gesamtwindkräfte sowie für abschnittsweise verteilte Windkräfte, nicht jedoch für Winddrücke.
- (2) Beanspruchungen quer zur Windrichtung sind nicht erfasst. Sie sind im Allgemeinen durch die Ersatzlast abgegolten, es sei denn, die Schwingungsanfälligkeit in Querrichtung ist größer als in Längsrichtung oder es liegt Wirbelresonanz nach Anhang D vor.
- (3) Das Verfahren zur Ermittlung des Böenreaktionsfaktors nach C.3 gilt für vertikale Kragssysteme unter Berücksichtigung der Grundswingungsform. Es kann näherungsweise auch für horizontale Tragsysteme mit ähnlicher Schwingungsform (z. B. Einfeldträger) benutzt werden. Die Standardfälle sind in Bild C.1 dargestellt. Es gilt weiterhin unter der Voraussetzung, dass linear-elastisches Tragverhalten angenommen werden darf.
- (4) Das Verfahren ist nicht für durchlaufende Systeme sowie für abgespannte Masten, seilverspannte Brücken und Bogenbrücken anzuwenden.

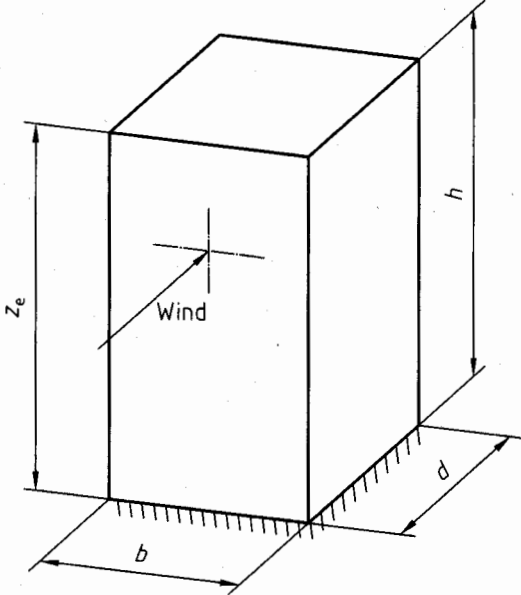
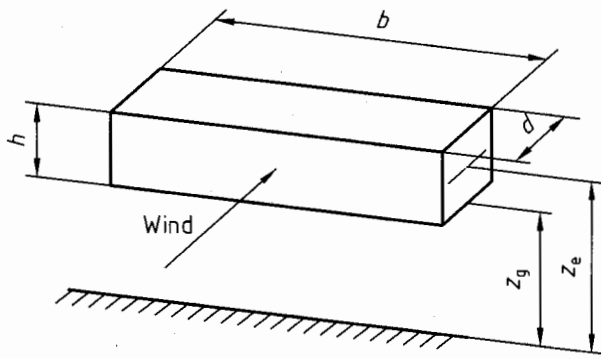
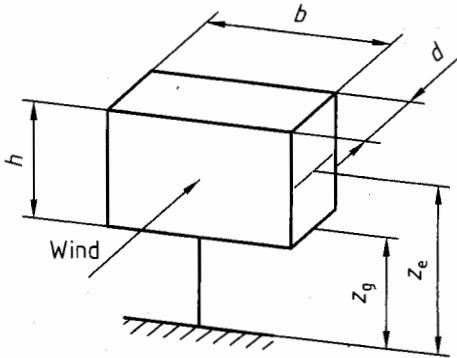
<p>Sich überwiegend vertikal erstreckende Baukörper (z. B. Gebäude, Schornsteine, Türme usw.)</p> $z_e = 0,6 \times h$ $\geq z_{\min}$	
<p>Sich überwiegend horizontal erstreckende Baukörper (z. B. Brücken, Freileitungen usw.)</p> $z_e = z_g + 0,5 \times h$ $\geq z_{\min}$	
<p>Punktförmige Baukörper (z. B. Bogenlampen, Hochbehälter usw.)</p> $z_e = z_g + 0,5 \times h$ $\geq z_{\min}$	
<p>z_{\min} ist die minimale Höhe nach Tabelle B.2 bzw. B.3.</p>	

Bild C.1 — Effektive Höhe z_e

C.2 Statische Ersatzlast

(1) Die statische Ersatzlast für die Gesamtvindkraft ist

$$F_w = G \times c_f \times q_m(z_e) \times A_{\text{ref}} \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

- c_f der aerodynamische Kraftbeiwert nach Abschnitt 12;
- G der Böenreaktionsfaktor nach C.3;
- $q_m(z_e)$ der mittlere Geschwindigkeitsdruck in Höhe z_e , über Gelände;
- z_e die effektive Höhe nach Bild C.1;
- A_{ref} die Bezugsfläche für den Kraftbeiwert nach Abschnitt 12.

(2) Die statische Ersatzlast für eine Windkraft im Teilabschnitt j der Baukörperachse ist

$$F_{w_j} = G \times c_{fj} \times q_m(z_j) \times A_j \quad (\text{C.2})$$

Zusätzlich zu Gleichung (C.1) ist:

- z_j die mittlere Höhe des Abschnittes j über Gelände;
- c_{fj} der aerodynamische Kraftbeiwert für den Abschnitt j ;
- A_j die Bezugsfläche des Abschnittes j .

(3) Der mittlere Geschwindigkeitsdruck ergibt sich aus der mittleren Windgeschwindigkeit v_m zu

$$q_m = \frac{1}{2} \rho \times v_m^2 \quad (\text{C.3})$$

Dabei ist

- v_m die mittlere Windgeschwindigkeit nach Tabelle B.2 bzw. B.3;
- ρ die Luftdichte, $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

(4) Die Turbulenzintensität und die mittlere Geschwindigkeit sind in Abhängigkeit der Höhe über Gelände in Tabelle B.3 angegeben. Dabei ist v_{ref} der Windzonenkarte in Anhang A zu entnehmen. Als Regelfall ist in Windzone IV Geländekategorie I zu verwenden, in den übrigen Windzonen Geländekategorie II.

Die Werte gelten für ebenes Gelände. Einflüsse der Topographie können gegebenenfalls nach Anhang B erfasst werden.

DIN 1055-4:2005-03

C.3 Böenreaktionsfaktor

(1) Der Böenreaktionsfaktor wird wie folgt berechnet:

$$G = 1 + 2 \times g \times I_v(z_e) \times \sqrt{Q_0^2 + R_x^2} \quad (\text{C.4})$$

Dabei ist

$I_v(z_e)$ die Turbulenzintensität in der effektiven Höhe nach Tabelle B.2 bzw. B.3;

g der Spitzenfaktor nach Absatz (2) dieses Abschnittes;

Q_0 der quasi-statische Anteil (Böengrundanteil) der Böenreaktion nach Absatz (5) dieses Abschnittes;

R_x der Resonanzanteil der Antwort infolge der Böenreaktion nach Absatz (6) dieses Abschnittes.

(2) Der Spitzenfaktor g ist in Bild C.2 dargestellt und wie folgt definiert:

$$g = \sqrt{2 \times \ln(v_E \times t)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(v_E \times t)}} \quad (\text{C.5})$$

Dabei ist

t der Mittelungszeitraum ($t = 600 \text{ s} = 10 \text{ min}$) für die Bezugsgeschwindigkeit v_{ref} ;

v_E der Erwartungswert der Frequenz der Böenreaktion nach Gleichung (C.6).

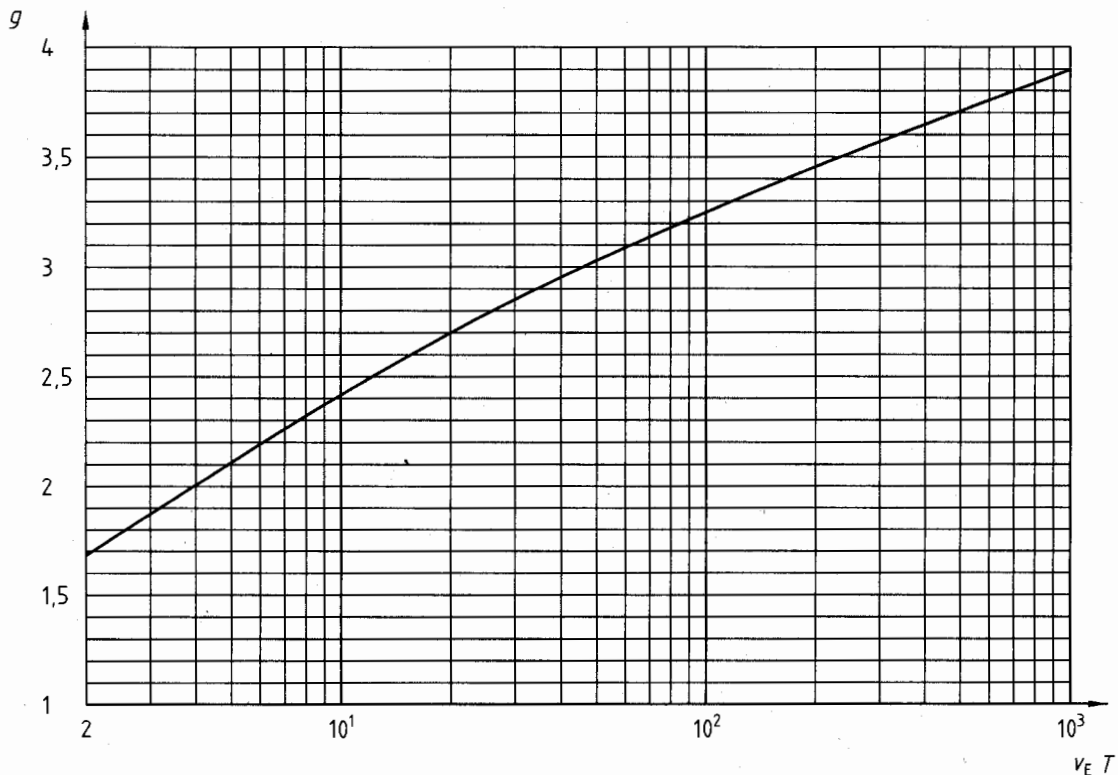


Bild C.2 — Spitzenfaktor g

(3) Der Erwartungswert der Frequenz der Böenreaktion v_E ist definiert als:

$$v_E = \sqrt{\frac{v_{E,0}^2 \times Q_0^2 + n_{1,x}^2 \times R_x^2}{Q_0^2 + R_x^2}} \quad (\text{C.6})$$

Dabei ist

$n_{1,x}$ die erste Eigenfrequenz, in Hz, der Bauwerksschwingung in Windrichtung (x-Richtung). Näherungsformeln werden im Anhang F angegeben;

$v_{E,0}$ der Erwartungswert der Frequenz, in Hz, der Böenreaktion des Tragwerks bei Annahme quasi-statischen Tragverhaltens nach Gleichung (C.7).

Dieser ist wie folgt festgelegt:

$$v_{E,0} = \frac{v_m(z_e)}{L_i(z_e)} \times \frac{1}{1,11 \times S^{0,615}} \quad (\text{C.7})$$

Dabei ist

$$S = 0,46 \times \left[\frac{b+h}{L_i(z_e)} \right] + 1,58 \times \left[\frac{\sqrt{b \times h}}{L_i(z_e)} \right] \quad (\text{C.8})$$

b, h die Breite, Höhe des Baukörpers nach Bild C.1;

$v_m(z_e)$ die mittlere Windgeschwindigkeit für $z = z_e$ nach Tabelle B.2 bzw. B.3;

$L_i(z_e)$ das Integrallängenmaß der Längskomponente der Turbulenz in Richtung des mittleren Windes für $z = z_e$ nach Gleichung (C.9).

(4) Das Integrallängenmaß $L_i(z)$ der Turbulenz ist in Bild C.3 dargestellt und wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} L_i(z) &= 300 \times (z / 300)^\varepsilon & (L_i, z \text{ in m}) & \quad \text{für } z_{\min} \leq z \leq 300 \text{ m} \\ L_i(z) &= 300 \times (z_{\min} / 300)^\varepsilon & (L_i, z_{\min} \text{ in m}) & \quad \text{für } z \leq z_{\min} \end{aligned} \quad (\text{C.9})$$

Dabei ist

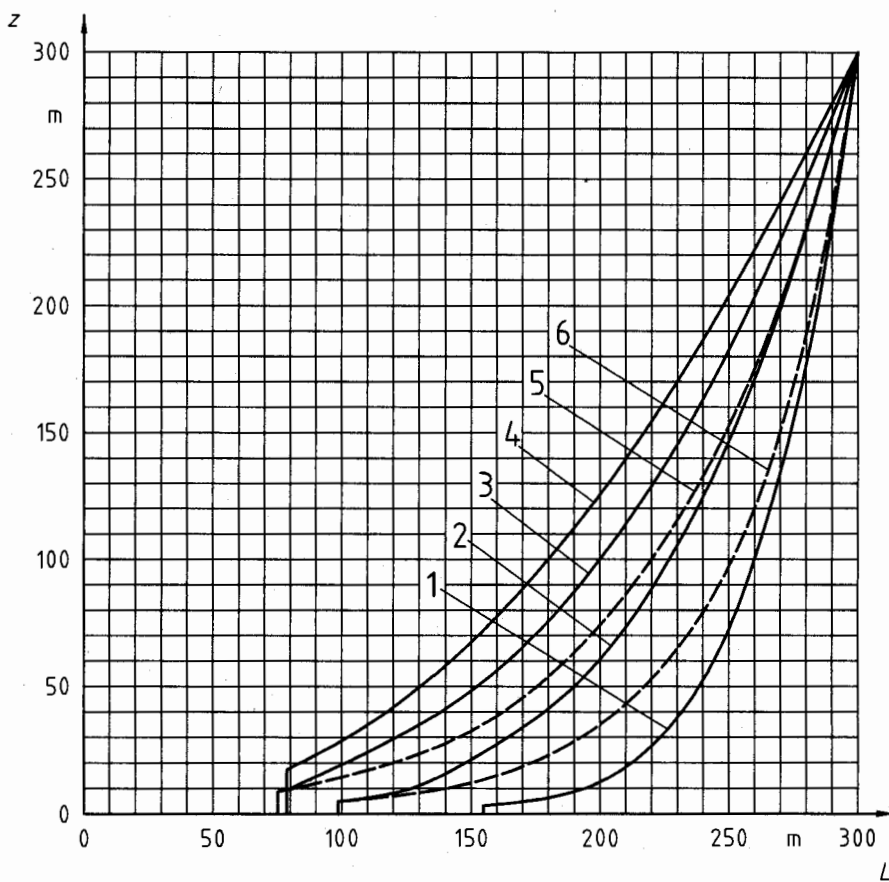
ε der Exponent nach Tabelle C.1;

z_{\min} nach Tabelle B.2 bzw. B.3.

Auf der sicheren Seite liegend kann in den küstennahen Gebieten sowie auf den Nord- und Ostseeinseln die Geländekategorie I, im Binnenland die Geländekategorie II zu Grunde gelegt werden.

Tabelle C.1 — Exponent ε

Geländekategorie	I	II	III	IV	Mischprofil Küste	Mischprofil Binnenland
	0,13	0,26	0,37	0,46	$\left(\frac{1}{2000z}\right)^{0,15}$	$\left(\frac{1}{3000z}\right)^{0,10}$



Legende

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1 Geländekategorie I | 4 Geländekategorie IV |
| 2 Geländekategorie II | 5 Mischprofil Küste |
| 3 Geländekategorie III | 6 Mischprofil Binnenland |

Bild C.3 — Integrallängenmaß $L_i(z)$ der Turbulenz

(5) Der quadrierte Böengrundanteil Q_0 ist in Bild C.4 dargestellt und wie folgt definiert:

$$Q_0^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \times \left(\frac{b+h}{L_1(z_e)} \right)^{0,63}} \quad (\text{C.10})$$

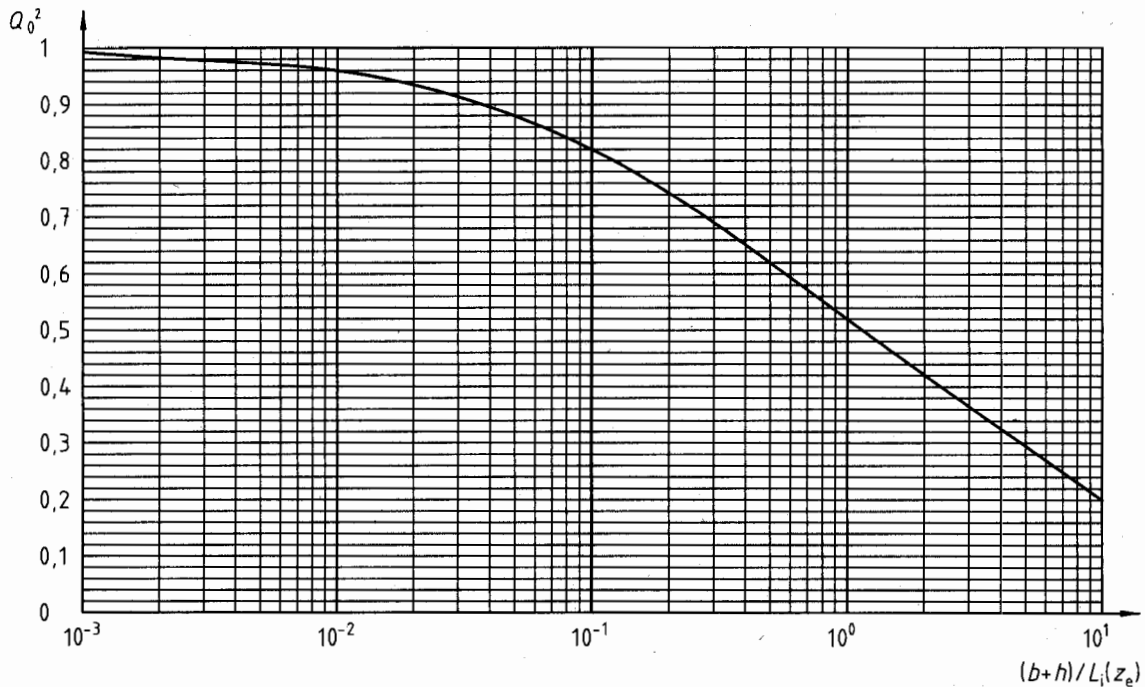


Bild C.4 — Böengrundanteil Q_0^2

(6) Der quadrierte Resonanz-Antwortanteil R_x^2 der Böenreaktion ist wie folgt definiert:

$$R_x^2 = \frac{\pi^2}{2 \times \delta} \times R_N \times R_h \times R_b \quad (\text{C.11})$$

Dabei ist

δ das logarithmische Dämpfungsdekrement für Schwingungen in Windrichtung. Werte für δ werden in Anhang F angegeben;

R_N die dimensionslose spektrale Dichtefunktion der Windgeschwindigkeit an der Resonanzstelle $n = n_{1,x}$ nach Gleichung (C.12);

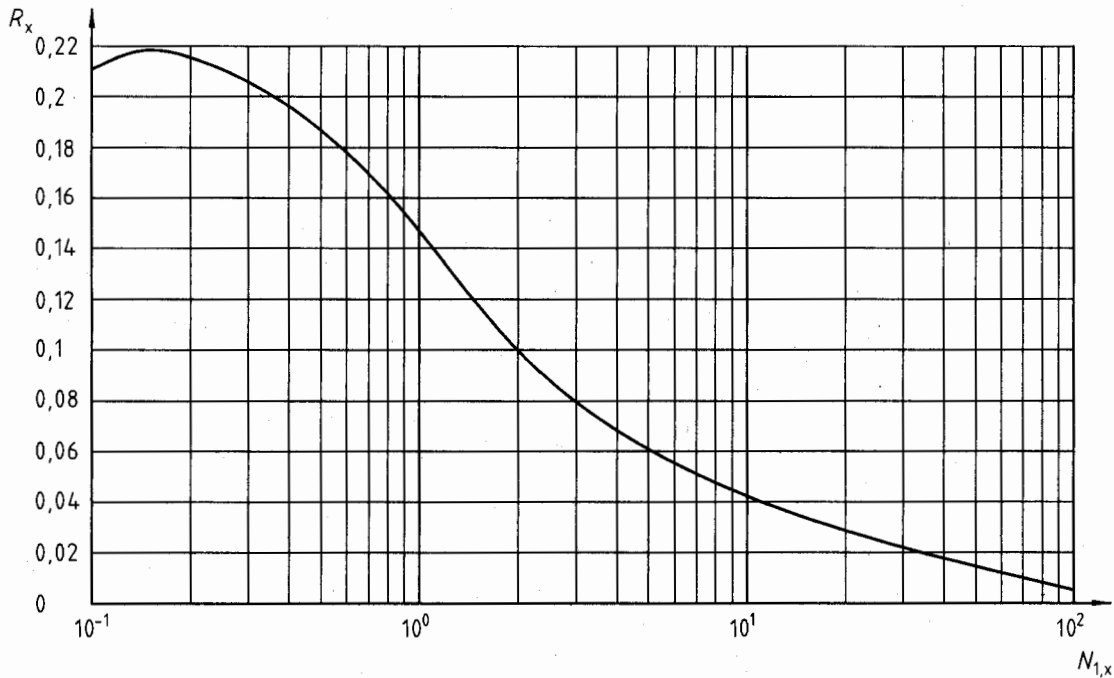
R_h, R_b die aerodynamische Übertragungsfunktion nach Gleichung (C.15) bzw. (C.16).

(7) Die dimensionslose spektrale Dichtefunktion R_N ist in Bild C.5 dargestellt und wie folgt definiert:

$$R_N = \frac{n_{1,x} \times S_v(n_{1,x})}{\sigma_v^2} = \frac{6,8 \times N_{1,x}}{(1 + 10,2 \times N_{1,x})^{5/3}} \quad (\text{C.12})$$

Dabei ist

$$N_{1,x} = \frac{n_{1,x} \times L_1(z_e)}{v_m(z_e)} \quad (\text{C.13})$$

Bild C.5 — Dimensionslose spektrale Dichtefunktion R_N

(8) Die aerodynamischen Übertragungsfunktionen R_h und R_b werden für die Grundswingungsform mit gleichsinnigem Vorzeichen (gleichgerichtete Verformung) angegeben. Sie werden ausgehend von R_l wie folgt berechnet:

$$R_l = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2 \times \eta^2} \times (1 - e^{-2 \times \eta}) \quad \text{für } \eta > 0 \quad (\text{C.14})$$

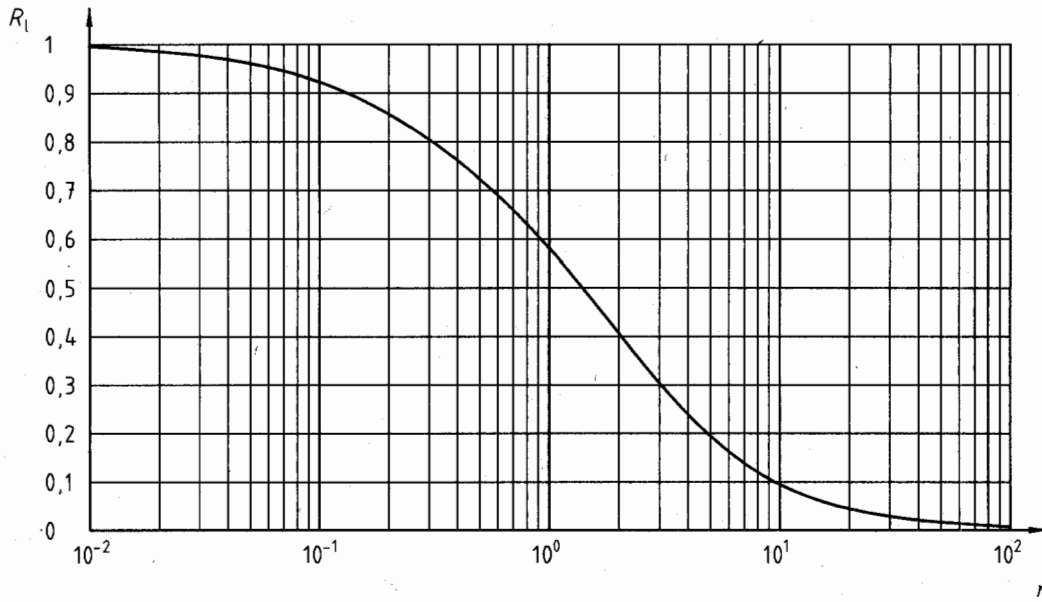
$$R_l = 1 \quad \text{für } \eta = 0$$

Es ist

$$R_h = R_l \quad \text{mit } \eta = \frac{4,6 \times N_{1,x} \times h}{L_i(z_e)} \quad (\text{C.15})$$

$$R_b = R_l \quad \text{mit } \eta = \frac{4,6 \times N_{1,x} \times b}{L_i(z_e)} \quad (\text{C.16})$$

R_l ist in Bild C.6 dargestellt. Für Schwingungsformen mit zusätzlichen Schwingungsknoten sind genauere Untersuchungen erforderlich.

Bild C.6 — Aerodynamische Übertragungsfunktionen R_1 ($l = h$ bzw. b)

C.4 Verformungen und Beschleunigungen

(1) Dieser Abschnitt gibt Empfehlungen für die Bestimmung von Verformungen und Beschleunigungen von sich überwiegend vertikal erstreckenden Baukörpern im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unter Ansatz verschiedener Windgeschwindigkeiten im Hinblick auf verschiedene Überschreitenswahrscheinlichkeiten.

(2) Die größte Verformung in Windrichtung $\max x(z)$ und die Standardabweichung der Beschleunigung in Windrichtung $\sigma_{\ddot{x}}(z)$ in der Höhe z ergeben sich zu:

$$\max x(z) = \Phi_{1,x}(z) \times \frac{\rho \times b \times c_f \times v_m^2(z_e)}{2 \times m_{1,x} \times (2 \times \pi \times n_{1,x})^2} \times G \times K_x \quad (\text{C.17})$$

$$\sigma_{\ddot{x}} = \Phi_{1,x}(z) \times \frac{\rho \times b \times c_f \times v_m^2(z_e)}{m_{1,x}} \times I_v(z_e) \times R_x \times K_x \quad (\text{C.18})$$

Dabei ist

$\Phi_{1,x}(z)$ die Grundswingungsform in Windrichtung nach Anhang F;

G der Böenreaktionsfaktor nach Gleichung (C.4);

ρ die Luftdichte $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$;

b die Breite des Baukörpers nach Bild C.1;

c_f der Kraftbeiwert in Windrichtung nach Abschnitt 12;

$v_m(z_e)$ die mittlere Windgeschwindigkeit $v_m(z)$ für $z = z_e$ nach Tabelle B.2 bzw. B.3;

$I_v(z_e)$ die Turbulenzintensität $I_v(z)$ in Windrichtung für $z = z_e$ nach Tabelle B.2 bzw. B.3;

$n_{1,x}$ die Grundeigenfrequenz der Bauwerksschwingungen in Windrichtung (Näherungsformeln werden in Anhang F angegeben);

DIN 1055-4:2005-03

- $m_{1,x}$ die äquivalente Masse für Schwingungen in Windrichtung nach Anhang F;
 R_x der Resonanz-Antwortanteil nach Gleichung (C.11);
 K_x der dimensionslose Koeffizient nach Gleichung (C.19).

(3) Der Koeffizient K_x ist wie folgt definiert:

$$K_x = \frac{\int_0^h v_m^2(z) \times \Phi_{1,x}(z) \times dz}{v_m^2(z_e) \times \int_0^h \Phi_{1,x}^2(z) \times dz} \quad (\text{C.19})$$

Dabei ist

h die Höhe des Baukörpers (siehe Bild C.1).

(4) Unter Ansatz von $\Phi_{1,x}(z) = (z/h)^\zeta$ (siehe F.3) kann Gleichung (C.19) bei voll ausgebildeten Windprofilen nach Tabelle B.2 wie folgt angenähert werden:

$$K_x = 0,60^{-2\alpha} \times \frac{1+2\zeta}{1+\zeta+2\alpha} \quad (\text{C.20})$$

Dabei ist

α der Profilexponent in Abhängigkeit von der Geländekategorie nach Tabelle C.2;

ζ der Exponent der Grundbiegeschwingsform (siehe F.3).

Diese Näherung ist in Bild C.7 dargestellt.

Tabelle C.2 — Profilexponent α

Geländekategorie	I	II	III	IV
Profilexponent α	0,12	0,16	0,22	0,30

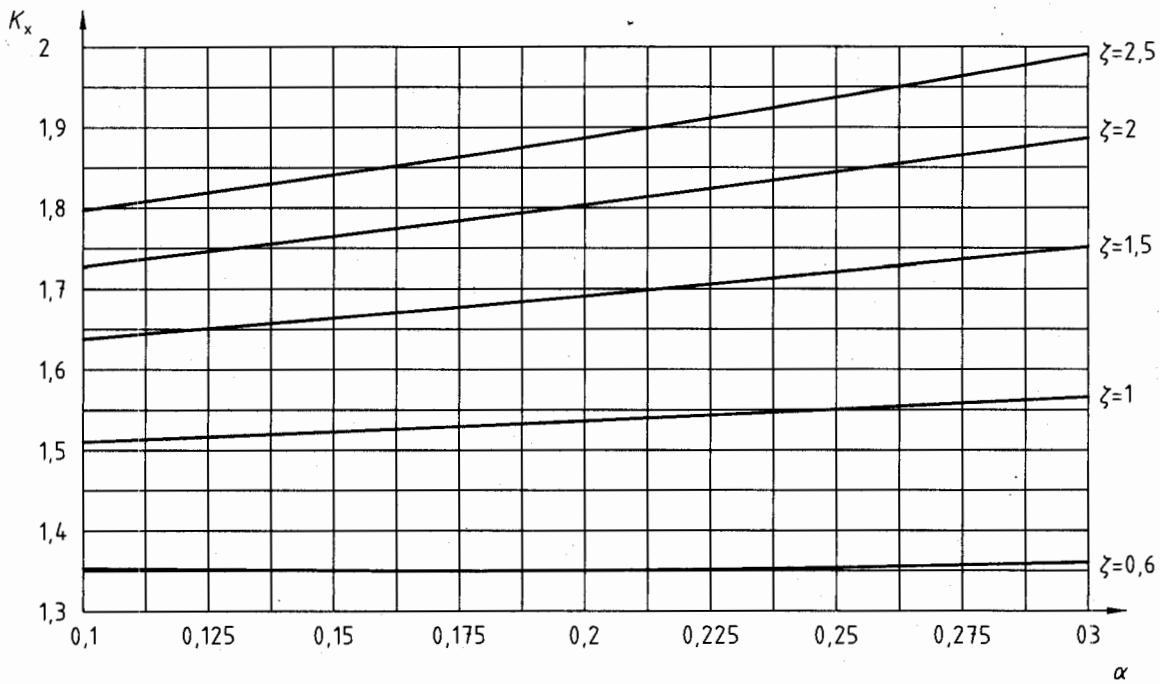
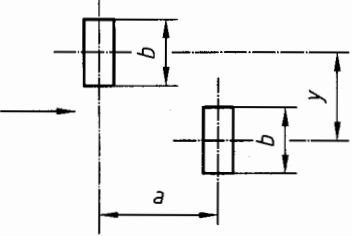
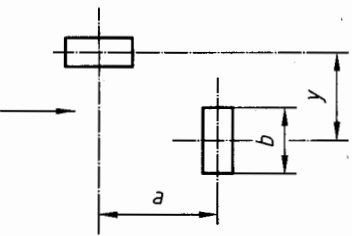
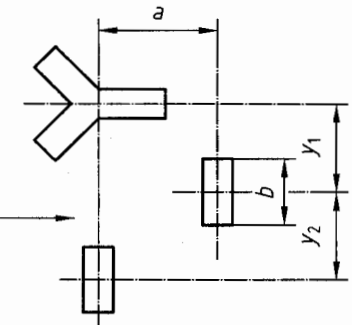


Bild C.7 — Näherung des Koeffizienten K_x nach Gleichung (C.20)

C.5 Interferenzeffekte

- (1) Bei Bauwerken in Reihen- oder Gruppenanordnung können die Windwirkungen durch den Strömungsnachlauf hinter luvseitig liegenden Bauwerken vergrößert werden.
- (2) In einfachen Fällen kann die Vergrößerung auf der sicheren Seite abgeschätzt werden, indem die Windkraft sowie die Beschleunigung eines freistellenden Gebäudes mit den Interferenzfaktoren K_i nach Tabelle C.3 multipliziert werden.
- (3) Für andere Fälle sind Windkanalversuche bzw. Beratungen mit Fachleuten durchzuführen.

Tabelle C.3 — Beispiele für Interferenzfaktoren K_i für hohe Bauwerke in Reihen- oder Gruppenanordnung

Bauwerksanordnung	a/b	y/b	Verformung/ Windkraft in Windrichtung $K_{i,x}$	Beschleunigung in Windrichtung $K_{i,\ddot{x}}$
	≤ 15	1,2	1,5	3,0
	≥ 25		1,0	1,0
	≤ 15	0,3	1,3	2,5
	≥ 25		1,0	1,0
	≤ 15	$y_1/b = 1,5$	1,4	3,0
	≥ 25	$y_2/b = 1$	1,0	1,0

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden!

C.6 Überschreitungshäufigkeit von niedrigeren Niveaus der Böenreaktion

(1) Ein Einwirkungseffekt S_e , der durch die Böenbelastung hervorgerufen wird, erreicht oder überschreitet seinen charakteristischen Wert S_k im statistischen Mittel einmal in 50 Jahren.

(2) Die entsprechende Anzahl der Überschreitungen N_g eines niedrigeren Niveaus $S_e(N_g)$ ist größer. Bild C.8 zeigt den Zusammenhang zwischen $S_e(N_g)$ als Prozentsatz von $S_{e,k}$ und der Anzahl der Niveauüberschreitungen N_g .

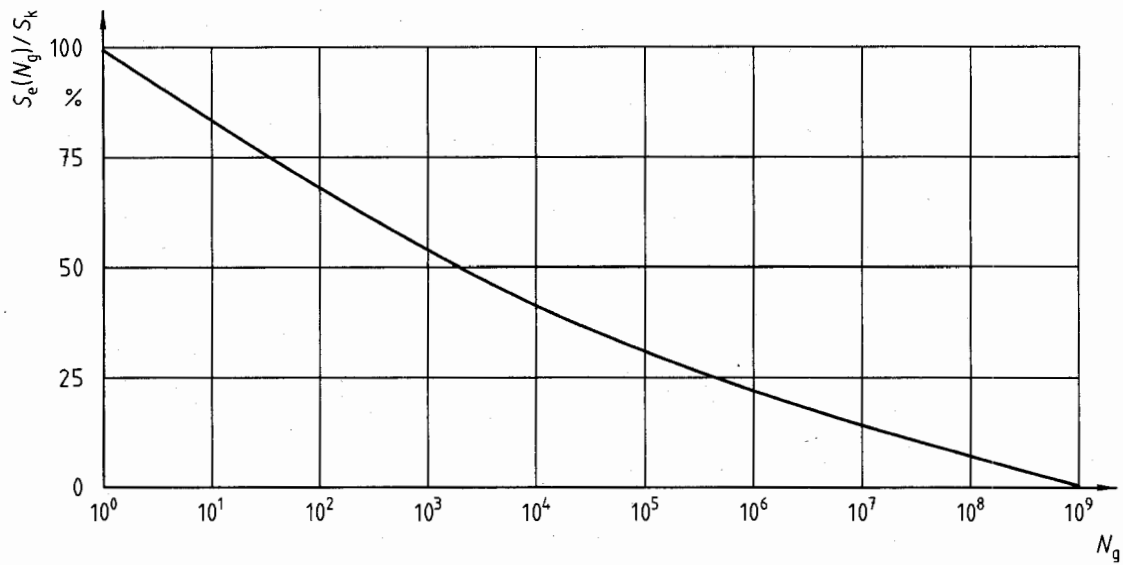


Bild C.8 — Anzahl der Überschreitungen N_g des Niveaus $S_e(N_g)$ einer Böenreaktion S innerhalb eines Zeitraums von 50 Jahren

Die Beziehung zwischen $S_e(N_g)/S_{e,k}$ und N_g ist wie folgt definiert:

$$\frac{S_e(N_g)}{S_{e,k}} = 0,7 \times [\lg(N_g)]^2 - 17,4 \times \lg(N_g) + 100 \quad (\text{C.21})$$

Anhang D (normativ)

Wirbelerregte Schwingungen

D.1 Allgemeines

Wirbelerregte Schwingungen rechtwinklig zur Windrichtung können bei schlanken, stabförmigen Bauwerken und Bauteilen auftreten. In D.2 wird ein Berechnungsverfahren für den Resonanzfall angegeben, bei dem die Wirbelablösefrequenz mit einer Eigenfrequenz der Struktur übereinstimmt.

D.2 Berechnungsverfahren für wirbelerregte Querschwingungen

D.2.1 Kritische Windgeschwindigkeit

(1) Die kritische Windgeschwindigkeit $v_{\text{crit},i}$, für die die Wirbelablösefrequenz gleich einer Eigenfrequenz des Bauteils ist, wird nach Gleichung (D.1) ermittelt.

$$v_{\text{crit},i} = \frac{b \times n_{i,y}}{St} \quad (\text{D.1})$$

Dabei ist

- b die maßgebende Breite des Querschnitts im Bereich der Wirbelerregung. Bei zylindrischen Querschnitten ist für b der Außendurchmesser anzusetzen;
- $n_{i,y}$ die Eigenfrequenz der i -ten Schwingungsform für Schwingungen quer zur Windrichtung. Näherungsformeln werden im Abschnitt F angegeben;
- St die Strouhalzahl nach Tabelle D.1 und Bild D.1.

(2) Ein kritischer Resonanzfall kann nicht auftreten, wenn

$$v_{\text{crit},i} > 1,25 \times v_{m,L_j} \quad (\text{D.2})$$

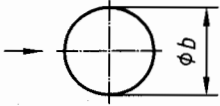
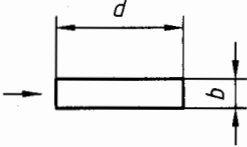
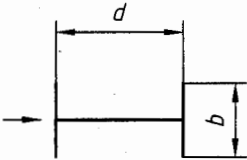
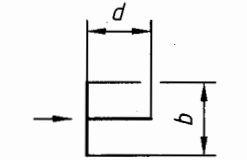
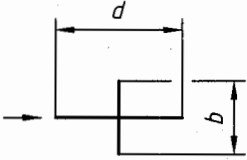
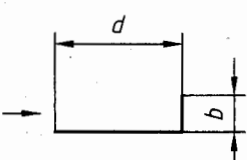
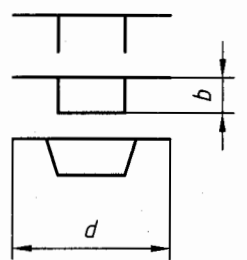
Dabei ist

- $v_{\text{crit},i}$ siehe Gleichung (D.1);
- v_{m,L_j} die mittlere Windgeschwindigkeit, wie in Tabelle B.2 bzw. B.3 definiert, ermittelt auf Höhe des Mittelpunktes der Wirklänge L_j , in der die Wirbelerregung auftritt. Anwendungsbeispiele werden in Bild D.3 gegeben.

D.2.2 Strouhalzahl

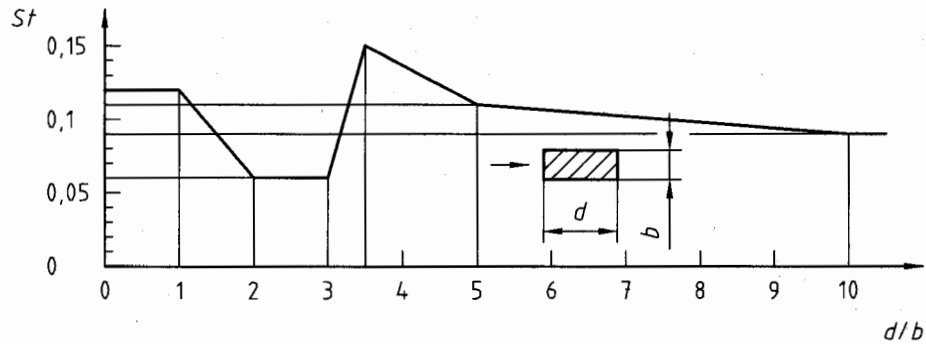
Die Strouhalzahl St für unterschiedliche Querschnittsformen kann Tabelle D.1 entnommen werden.

Tabelle D.1 — Strouhalzahl St und Grundwert des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes $c_{lat,0}$ für verschiedene Querschnittsformen

Querschnittsform		St	$c_{lat,0}$
 <p>für alle Reynoldszahlen</p>		0,18	aus Bild D.2
	$0,5 \leq d/b \leq 10$	aus Bild D.1	1,1
	$d/b = 1$	0,11	0,8
	$d/b = 1,5$	0,10	1,2
	$d/b = 2$	0,14	0,3
	$d/b = 1$	0,13	1,6
	$d/b = 2$	0,08	2,3
	$d/b = 1$	0,16	1,4
	$d/b = 2$	0,12	1,1
	$d/b = 1,3$	0,11	0,8
	$d/b = 2,0$	0,07	1,0
Brücken 	$d/b \leq 5$	0,15	$0,12 d/b$
	$5 < d/b < 10$	$\frac{1}{1,1 \times \frac{d}{b} + 1}$	$5 \times \frac{d}{b} \times \left(\frac{1}{1,1 \times \frac{d}{b} + 1} \right)^2$
	$d/b \geq 10$	0,083	$0,035 d/b$

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

DIN 1055-4:2005-03

Bild D.1 — Strouhalzahl St für scharfkantige rechteckige Querschnittsformen

D.2.3 Einwirkung infolge wirbelerregter Querschwingungen

Die Beanspruchungen infolge wirbelerregter Querschwingungen resultieren aus den Massenträgheitskräften des in Resonanz erregten Systems. Im Punkt j errechnen sich die Massenträgheitskräfte $F_i(s_j)$ senkrecht zur Windrichtung nach folgender Gleichung:

$$F_i(s_j) = M_j \times (2 \times \pi \times n_{i,y})^2 \times \Phi_{i,y}(s_j) \times \max y_F \quad (\text{D.3})$$

Dabei ist

- M_j die schwingende Masse im Punkt $s = s_j$;
- $n_{i,y}$ die Eigenfrequenz der i -ten Schwingungsform quer zur Windrichtung (Näherungsgleichungen zur Berechnung der Eigenfrequenz $n_{i,y}$ finden sich in F.2);
- $\Phi_{i,y}(s_j)$ die normierte Schwingungsform i quer zur Windrichtung als Verhältnis der Schwingwegamplitude y im Punkt $s = s_j$ zur größten Schwingwegamplitude $\max y_F$ (siehe Tabelle D.4);
- $\max y_F$ die größte Schwingwegamplitude nach D.2.4;
- s die Laufoordinate über die Struktur. Für sich vorwiegend vertikal erstreckende Bauwerke gilt $s \equiv z$.

D.2.4 Berechnung der Querschwingungsamplitude

(1) Die größte rechnerische Schwingwegamplitude $\max y_F$ bei kritischer Windgeschwindigkeit $v_{\text{crit},i}$ ergibt sich zu:

$$\frac{\max y_F}{b} = K_W \times K \times c_{\text{lat}} \times \frac{1}{St^2} \times \frac{1}{Sc} \quad (\text{D.4})$$

Dabei ist

- b die maßgebende Breite des Querschnittes im Bereich der Wirbelerregung. Bei zylindrischen Querschnitten ist b der Außendurchmesser;
- K_W der Wirklängenfaktor (siehe D.2.7);
- K der Beiwert der Schwingungsform (siehe D.2.8);
- c_{lat} der aerodynamische Erregerkraftbeiwert (siehe D.2.5);
- St die Strouhalzahl nach Tabelle D.1 und Bild D.1;
- Sc die Scrutonzahl nach Gleichung (D.5).

(2) Die Scrutonzahl berechnet sich zu:

$$Sc = \frac{2 \times m_{i,y} \times \delta}{\rho \times b^2} \quad (D.5)$$

Dabei ist

ρ die Luftdichte $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$;

$m_{i,y}$ die äquivalente Masse je Längeneinheit nach Gleichung (F.6);

δ das logarithmische Dämpfungsdekrement nach Gleichung (F.7), jedoch ohne den aeroelastischen Dämpfungsanteil δ_a .

(3) Die Gleichung (D.4) ist mit Hilfe der Gleichung (D.7) bzw. mit der Tabelle D.3 und Tabelle D.4 iterativ zu lösen.

D.2.5 Aerodynamischer Erregerkraftbeiwert

Der aerodynamische Erregerkraftbeiwert c_{lat} ist Tabelle D.2 zu entnehmen.

Tabelle D.2 — Aerodynamischer Erregerkraftbeiwert c_{lat} in Abhängigkeit vom Verhältnis der kritischen Windgeschwindigkeit zur mittleren Windgeschwindigkeit $v_{crit,i} / v_{m,Lj}$

Kritisches Windgeschwindigkeitsverhältnis	c_{lat}
$\frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \leq 0,83$	$c_{lat} = c_{lat,0}$
$0,83 \leq \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \leq 1,25$	$c_{lat} = \left(3,0 - 2,4 \times \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \right) \times c_{lat,0}$
$1,25 \leq \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}}$	$c_{lat} = 0$
Mit: $c_{lat,0}$	Grundwert des Erregerkraftbeiwertes c_{lat} nach Tabelle D.1 bzw. Bild D.2;
$v_{crit,i}$	kritische Windgeschwindigkeit nach Gleichung (D.1);
$v_{m,Lj}$	mittlere Windgeschwindigkeit nach Tabelle B.2 bzw. B.3, die je Jahr mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,02 überschritten wird, in der Mitte der Wirklänge nach D.2.6.

In Bild D.2 ist die Reynoldszahl Re bei kritischer Windgeschwindigkeit zu benutzen:

$$Re(v_{crit,i}) = \frac{b \times v_{crit,i}}{\nu} \quad (D.6)$$

Dabei ist

b die maßgebende Breite des Querschnittes; bei zylindrischen Querschnitten ist b der Außendurchmesser;

ν die kinematische Zähigkeit der Luft, $\nu = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$;

$v_{crit,i}$ die kritische Windgeschwindigkeit nach Gleichung (D.1).

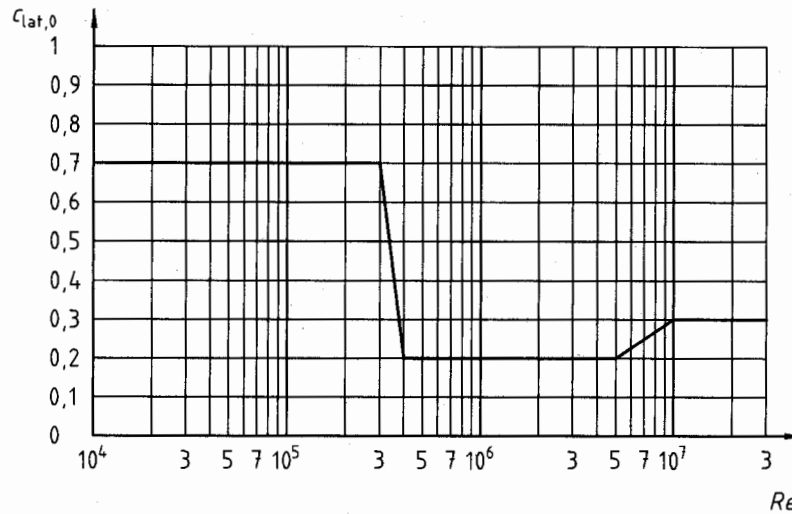


Bild D.2 — Grundwert des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes $c_{lat,0}$ für Kreiszyylinder in Abhängigkeit von der Reynoldszahl Re (v_{crit})

D.2.6 Wirklänge

- (1) Die Wirklänge L_j ist im Bereich der Schwingungsbäuche anzusetzen. Beispiele werden in Bild D.3 gegeben. Für abgespannte Maste und über mehrere Felder durchlaufende Brücken sind besondere Überlegungen erforderlich.
- (2) Das Verhältnis L_j/b ist nach Tabelle D.3 definiert, wobei $y_{F,j}$ die Schwingwegamplitude im Punkt ist. In den meisten Fällen ist die Schwingwegamplitude im Schwingungsbauch gleich der maximalen Amplitude $\max y_F$.

$L_1 \leq l_1$

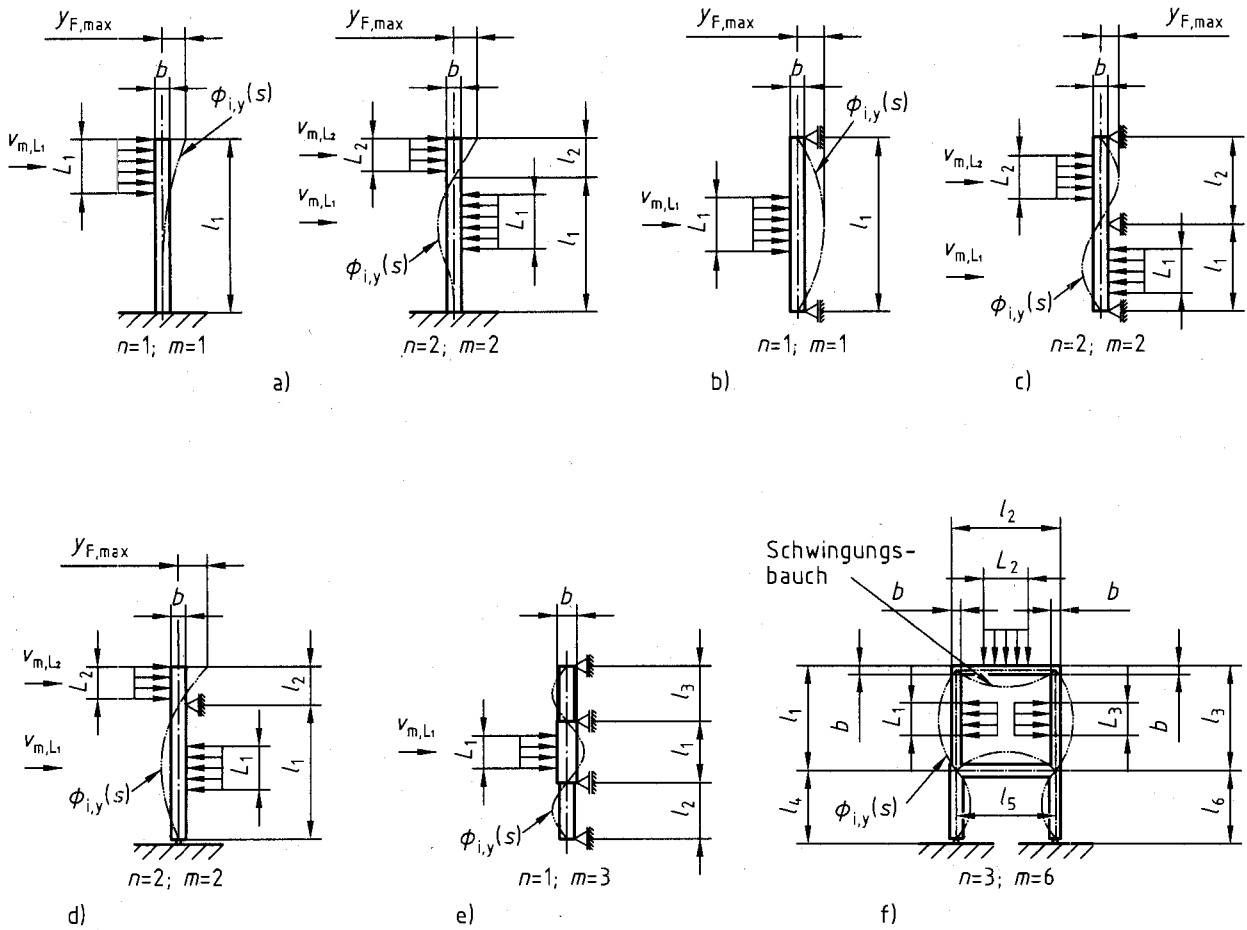


Bild D.3 — Beispiele für den Ort der anzusetzenden Wirklänge

Tabelle D.3 — Wirklänge L_j in Abhängigkeit von der Schwingwegamplitude $y_{F,j}$

$y_{F,j} / b$	L_j / b
$< 0,1$	6
$0,1 \dots 0,6$	$4,8 + 12 \times \frac{y_{F,j}}{b}$
$> 0,6$	12

DIN 1055-4:2005-03**D.2.7 Wirklängenfaktor K_w**

(1) Der Wirklängenfaktor K_w ist nach Gleichung (D.7) definiert:

$$K_w = \frac{\sum_{j=1}^n \int_{L_j} |\Phi_{i,y}(s)| ds}{\int_l |\Phi_{i,y}(s)| ds} \leq 0,6 \quad (\text{D.7})$$

Dabei ist

$\Phi_{i,y}$ normierte i -te Schwingungsform (siehe D.2.3);

L_j Wirklänge (siehe D.2.6);

n Anzahl der Bereiche, in denen Wirbelablösung gleichzeitig auftritt;

l gesamte abgewickelte Stablänge. Für kragarmartige Bauwerke ist l gleich der Bauwerkshöhe.

(2) Für einige einfache Strukturen, die in der Grundform schwingen und bei denen die Erregerkräfte wie in Tabelle D.4 angreifen, kann der Wirklängenfaktor K_w näherungsweise mit den Gleichungen der Tabelle D.4 ermittelt werden.

Tabelle D.4 — Wirklängenfaktor K_w und Beiwert der Schwingungsform

Bauwerk/Bauteil	Schwingungsform $\Phi_{i,y}(s)$	K_w	K
	<p>siehe F.3 mit $n = 1$ und $\zeta = 2,0$</p>	$3 \times \frac{L_j/b}{\lambda} \times \left[1 - \frac{L_j/b}{\lambda} + \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_j/b}{\lambda} \right)^2 \right]$	0,13
	<p>siehe Tabelle F.1 mit $n = 1$</p>	$\cos \left[\frac{\pi}{2} \times \left(1 - \frac{L_j/b}{\lambda} \right) \right]$	0,10
	<p>siehe Tabelle F.1 mit $n = 1$</p>	$\frac{L_j/b}{\lambda} + \frac{1}{\pi} \times \sin \left[\pi \times \left(1 - \frac{L_j/b}{\lambda} \right) \right]$	0,11
	<p>nach Modalanalyse mit $n = 3$</p>	$\frac{\sum_{j=1}^n \int_{L_j} \Phi_{i,y}(s) ds}{\int_l \Phi_{i,y}(s) ds}$	0,10

$\lambda = l/b$ (Schlankheit);
 n Anzahl der Bereiche, in denen Wirbelablösung gleichzeitig auftritt.
 Die Schwingungsform $\Phi_{i,y}(s)$ kann nach F.3 ermittelt werden.

DIN 1055-4:2005-03**D.2.8 Beiwert der Schwingungsform K**

(1) Der Beiwert der Schwingungsform K ist definiert als:

$$K = \frac{\int_l |\Phi_{i,y}(s)| ds}{4\pi \cdot \int_l \Phi_{i,y}^2(s) ds} \quad (\text{D.8})$$

Dabei ist

$\Phi_{i,y}(s)$ i -te normierte Schwingungsform für Querschwingungen (siehe F.3);

l gesamte abgewickelte Stablänge.

(2) Für einige einfache Strukturen, die in der Grundswingungsform schwingen, ist der Beiwert in der Tabelle D.4 angegeben.

D.2.9 Anzahl N der Spannungsschwingspiele

(1) Die Anzahl N der Spannungsschwingspiele, die durch wirbelerregte Querschwingungen hervorgerufen werden, kann nach Gleichung (D.9) ermittelt werden.

$$N = 6,3 \times 10^7 \times T \times n_{i,y} \times \varepsilon_0 \times \left(\frac{v_{\text{crit},i}}{v_0} \right)^2 \times e^{-\left(\frac{v_{\text{crit},i}}{v_0} \right)^2} \geq 200 \times T \quad (\text{D.9})$$

Dabei ist

$n_{i,y}$ die Eigenfrequenz in Hz der i -ten Querschwingungsform des Bauwerks; Näherungsverfahren sind in F.2 angegeben;

$v_{\text{crit},i}$ die kritische Windgeschwindigkeit in $\text{m} \cdot \text{s}$ der i -ten Querschwingungsform nach D.2.1;

v_0 nach Gleichung (D.10); v_0 ist das $\sqrt{2}$ fache des häufigsten Wertes (Modalwert v_{mod}) der Wahrscheinlichkeitsverteilung der mittleren Windgeschwindigkeit in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;

T die Entwurfslebensdauer in Jahren;

ε_0 der Bandbreitenfaktor der Wirbelresonanz; er kann zu $\varepsilon_0 = 0,3$ angesetzt werden.

(2) Soweit nicht im Anhang A anders definiert, kann der Wert v_0 näherungsweise angesetzt werden zu:

$$v_0 = v_{m,L_j} \times \frac{1}{5} \quad (\text{D.10})$$

Dabei ist

v_{m,L_j} die mittlere Windgeschwindigkeit in m/s nach Tabelle B.2 bzw. B.3 am Ort der Mitte der Wirklänge L_j der betrachteten Schwingungsform (siehe Bild D.3).

(3) Wirbelresonanzschwingungen von Zylindern in Reihen- oder Gruppenanordnung werden in E.2.2 beschrieben.

D.2.10 Maßnahmen gegen wirbelerregte Querschwingungen

(1) Wirbelresonanzamplituden können mit Hilfe aerodynamischer Maßnahmen unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. für Scrutonzahlen $Sc \geq 8$) mit dämpfungserhöhenden Maßnahmen generell verringert werden.

(2) Bei Anwendung aerodynamischer Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass der aerodynamische Kraftbeiwert bis zu einem Wert von $c_f = 1,4$ anwachsen kann. Aerodynamische und dämpfungserhöhende Maßnahmen erfordern besondere Überlegungen. Hierzu wird auf die bauartspezifischen Regelungen verwiesen.

D.2.11 Ovalisierende Schwingungen zylinderförmiger Schalen

(1) Die kritische Windgeschwindigkeit für ovalisierende Schwingungen zylinderförmiger Schalen $v_{\text{crit,o}}$ ergibt sich zu:

$$v_{\text{crit,o}} = \frac{b \times n_o}{2 \times St} \quad (\text{D.11})$$

Dabei ist

b der äußere Durchmesser der Schale m ;

St die Strouhalzahl nach D.2.2;

n_o die Eigenfrequenz in Hz der Schalenschwingung, siehe Anhang F.

(2) Ovalisierende Schwingungen können nicht auftreten, wenn:

$$v_{\text{crit,o}} > 1,25 \times v_m(s) \quad (\text{D.12})$$

Dabei ist

$v_m(s)$ die mittlere Windgeschwindigkeit in m/s nach Tabelle B.2 bzw. B.3, ermittelt in der Höhe der größten Amplitude der Ovalisierungsschwingung.

Anhang E (normativ)

Aeroelastische Instabilitäten und Interferenzeffekte

E.1 Galloping

E.1.1 Allgemeines

(1) Galloping ist eine selbsterregte Schwingung eines elastischen Bauwerks oder Bauteils in einer Biegeschwingsform. Nicht kreisförmige Querschnitte einschließlich I-, U-, L- und T-förmige Querschnitte können durch Galloping gefährdet sein. Eisansatz kann bewirken, dass ein gegenüber Galloping stabiler Querschnitt instabil wird.

(2) Galloping-Schwingungen beginnen bei einer bestimmten Einsetzgeschwindigkeit v_{CG} ; die Amplituden wachsen mit zunehmender Windgeschwindigkeit schnell an.

E.1.2 Einsetzgeschwindigkeit

(1) Die Einsetzgeschwindigkeit für Galloping v_{CG} ist nach Gleichung (E.1) definiert:

$$v_{CG} = \frac{2 \times Sc}{a_G} \times n_{1,y} \times b \quad (E.1)$$

Dabei ist

Sc die Scrutonzahl nach Gleichung (D.5);

$n_{1,y}$ die Grundeigenfrequenz des Bauwerks für Querschwingungen; Näherungsgleichungen zur Ermittlung der Grundeigenfrequenz sind in Anhang F angegeben;

b die maßgebende Breite des Querschnitts nach Tabelle E.1;

a_G der Stabilitätsbeiwert für Galloping (siehe Tabelle E.1). Wenn kein Wert bekannt ist, kann mit $a_G = 10$ gerechnet werden.

(2) Es ist nachzuweisen, dass die Einsetzgeschwindigkeit für Galloping größer als der 1,25fache Wert der mittleren Windgeschwindigkeit ist (siehe Gleichung E.2):

$$v_{CG} > 1,25 \times v_m \quad (E.2)$$

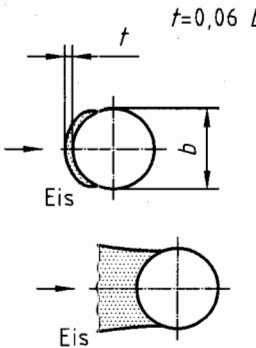
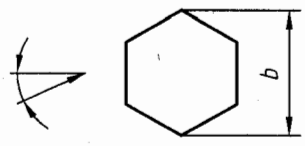
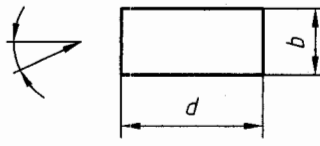
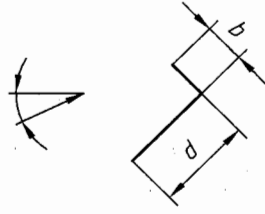
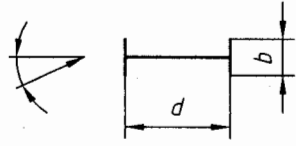
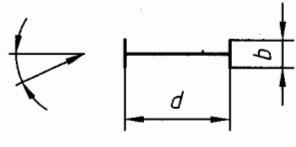
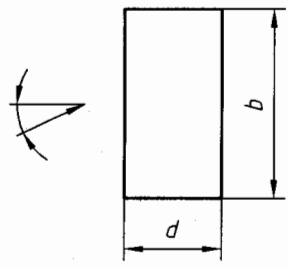
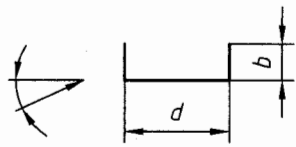
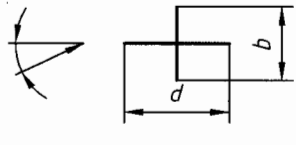
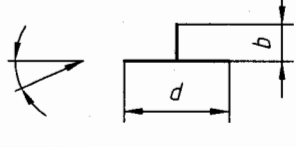
Dabei ist

v_m die mittlere Windgeschwindigkeit in m/s nach Tabelle B.2 bzw. B.3 ermittelt in der Höhe, in der die größten Galloping-Erregerkräfte erwartet werden; dieses ist im Allgemeinen der Ort, an dem die größten Schwingungsamplituden auftreten.

(3) Falls die kritische Windgeschwindigkeit v_{crit} für wirbelerregte Querschwingungen der Einsetzgeschwindigkeit v_{CG} für Galloping benachbart ist, das heißt innerhalb der in Gleichung (E.3) angegebenen Grenzwerte liegt, müssen Interaktionseffekte zwischen wirbelerregten Querschwingungen und Galloping berücksichtigt werden. In diesem Fall sind Windkanaluntersuchungen oder fachkundige Beratung erforderlich.

$$0,7 < \frac{v_{CG}}{v_{crit}} < 1,5 \quad (E.3)$$

Tabelle E.1 — Stabilitätsbeiwert für Galloping a_G

Querschnitt	Stabilitätsbeiwert a_G	Querschnitt	Stabilitätsbeiwert a_G		
	1,0		1,0		
	$d/b = 2,0$	2,0		$d/b = 2,0$	0,7
	$d/b = 1,5$	1,7		$d/b = 2,7$	5,0
	$d/b = 1,0$	1,2		$d/b = 5,0$	7,0
	$d/b = 2/3$	1,0		$d/b = 3,0$	7,5
	$d/b = 1/2$	0,7		$d/b = 3/4$	3,2
	$d/b = 1/3$	0,4		$d/b = 2,0$	1,0

DIN 1055-4:2005-03

E.2 Interferenzeffekte bei Reihen- oder Gruppenanordnung für Schwingungen quer zur Windrichtung

E.2.1 Allgemeines

Schlanke Bauwerke oder Bauteile wie Schornsteine oder Seile können in Reihe oder als Gruppe angeordnet sein. Sie können gekoppelt oder ungekoppelt sein. In Abhängigkeit vom Verhältnis des Achsabstands zum Durchmesser a/b (siehe Bild E.1) können die folgenden Schwingungserscheinungen auftreten:

- wirbelerregte Querschwingungen (siehe E.2.2),
- Interferenzgalloping (siehe E. 2.3),
- klassisches Galloping (siehe E.2.4).

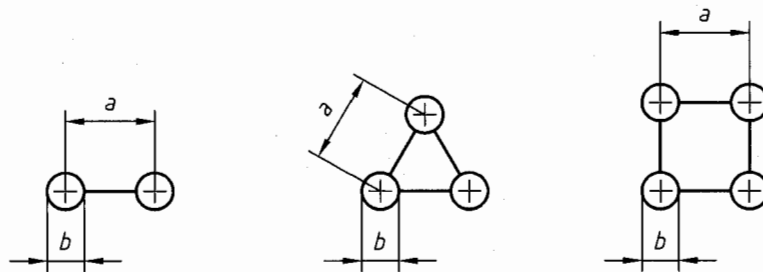


Bild E.1 — Reihen- und Gruppenanordnungen von zylindrischen Baukörpern

E.2.2 Wirbelresonanz

Die größte rechnerische Schwingamplitude kann mit Hilfe der Gleichungen (D.1) und (D.4) berechnet werden. Dabei sind die folgenden Änderungen zu berücksichtigen:

- für Reihenanordnung von Zylindern ohne Kopplung ist der Beiwert c_{lat} für das einzeln stehende Bauwerk nach D.2.5 zu erhöhen. Der Faktor beträgt:

$$\begin{aligned} 1,5 & \quad \text{für} \quad 1 \leq a/b \leq 10 \\ 1,0 & \quad \text{für} \quad a/b \geq 15 \end{aligned} \quad (E.4)$$

Für $10 < a/b \leq 15$ ist linear zu interpolieren. Für die Strouhalzahl ist anzusetzen:

$$\begin{aligned} St = 0,1 + 0,085 \times \lg(a/b) & \quad \text{für} \quad 1 \leq a/b \leq 9 \\ St = 0,18 & \quad \text{für} \quad a/b > 9 \end{aligned} \quad (E.5)$$

Der Faktor 1,5 zur Erhöhung des c_{lat} -Wertes ist eine grobe Abschätzung, die als konservativ angesehen wird.

- für gekoppelte Zylinder in Reihen- oder Gruppenanordnung ist der Beiwert c_{lat} für den Wertebereich des Verhältnisses a/b von $1,0 \leq a/b \leq 3,0$ um den Interferenzfaktor K_{iv} nach Tabelle E.2 zu vergrößern. Die Strouhalzahl und die Scrutonzahl werden nach Tabelle E.2 berechnet. Für gekoppelte Zylinder mit $a/b > 3,0$ sind besondere Betrachtungen erforderlich.

E.2.3 Interferenzgalloping

(1) Interferenzgalloping ist eine selbsterregte Schwingung, die auftreten kann, wenn zwei oder mehr Zylinder mit geringem Abstand voneinander angeordnet sind, ohne untereinander gekoppelt zu sein.

(2) Wenn der Anströmwinkel im Bereich der kritischen Anströmrichtung β_k liegt und für $a/b < 3$ (siehe Bild E.2), kann die Einsetzgeschwindigkeit nach Gleichung (E.6) ermittelt werden.

$$v_{IG} = 3,5 \times n_{1,y} \times b \times \sqrt{\frac{a}{b} \times \frac{Sc}{a_{IG}}} \quad (E.6)$$

Dabei ist

Sc die Scrutonzahl nach Gleichung (D.5);

a_{IG} der kombinierte Stabilitätsparameter; wenn kein anderer Wert vorliegt oder ermittelt wurde, kann mit $a_{IG} = 3,0$ gerechnet werden;

$n_{1,y}$ die Grundeigenfrequenz der Querschwingungsform; Näherungswerte sind in Anhang F angegeben, in Hz;

a, b der Achsabstand bzw. Durchmesser der Zylinder, in m.

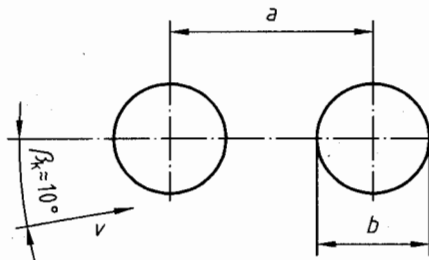


Bild E.2 — Bezeichnungen der geometrischen Parameter für Interferenzgalloping

(3) Das Phänomen des Interferenzgalloping kann durch eine Kopplung der beiden Zylinder unterdrückt werden. Dann kann jedoch klassisches Galloping (siehe E.2.4) auftreten.

(4) Es ist nachzuweisen, dass die Einsetzgeschwindigkeit für klassisches Galloping größer als der 1,25fache Wert der mittleren Windgeschwindigkeit ist:

$$v_{IG} > 1,25 v_m(z) \quad (E.7)$$

Dabei ist

$v_m(z)$ die mittlere Windgeschwindigkeit in $m \cdot s^{-1}$ nach Tabelle B.2 bzw. B.3 an Stelle der maximalen Schwingamplitude.

E.2.4 Klassisches Galloping

(1) Bei gekoppelten Zylindern (siehe Bild E.1) kann klassisches Galloping auftreten.

(2) Die Einsetzgeschwindigkeit v_{CG} für klassisches Galloping gekoppelter Zylinder kann nach Gleichung (E.8) ermittelt werden:

$$v_{IG} = \frac{2 \times Sc}{a_G} \times n_{i,y} \times b \quad (E.8)$$

DIN 1055-4:2005-03

worin die in Tabelle E.2 definierten Werte für Sc , a_G und b einzusetzen sind und $n_{1,y}$ die Grundeigenfrequenz der Biegeschwingung ist.

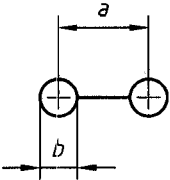
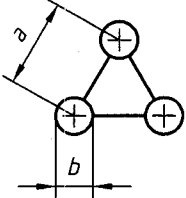
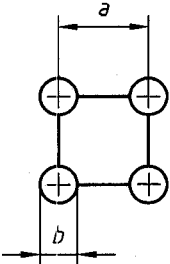
(3) Es ist nachzuweisen, dass die Einsetzgeschwindigkeit für klassisches Galloping größer als der 1,25fache Wert der mittleren Windgeschwindigkeit ist (siehe Gleichung (E.9)):

$$v_{CG} > 1,25 v_m(z) \quad (E.9)$$

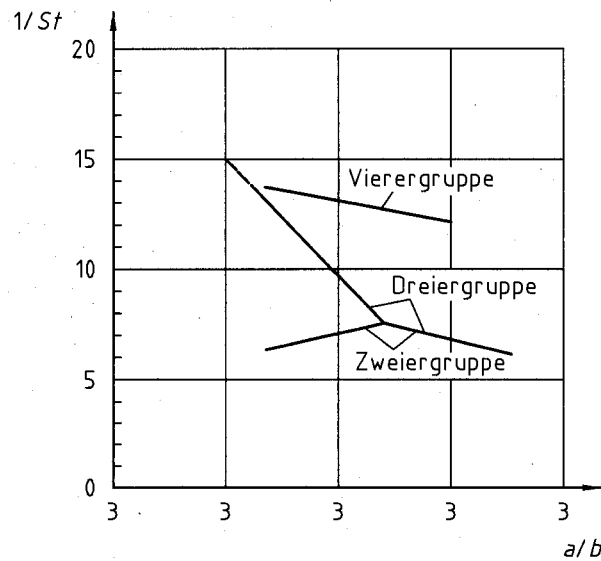
Dabei ist

$v_m(z)$ die mittlere Windgeschwindigkeit in m/s nach Tabelle B.2 bzw. B.3, in Höhe der maximalen Schwingamplitude ermittelt.

Tabelle E.2 — Rechenwerte für die Abschätzung der Antwort quer zur Windrichtung von gekoppelten Zylindern in Reihen- und Gruppenanordnung

Gekoppelte Zylinder	Scrutzahl S_c nach Gleichung (D.5)			
	$a/b = 1$	$a/b \geq 2$	$a/b \leq 1,5$	$a/b \geq 2,5$
	$K_{iv} = 1,5$	$K_{iv} = 1,5$	$a_G = 1,5$	$a_G = 3,0$
	$K_{iv} = 4,8$	$K_{iv} = 3,0$	$a_G = 6,0$	$a_G = 3,0$
	$K_{iv} = 4,8$	$K_{iv} = 3,0$	$a_G = 1,0$	$a_G = 2,0$

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren



DIN 1055-4:2005-03**E.3 Divergenz und Flattern****E.3.1 Allgemeines**

(1) Divergenz und Flattern sind Instabilitäten, die nur bei verformungsfähigen plattenähnlichen Bauwerken oder Bauteilen auftreten können, wie zum Beispiel bei Anzeigetafeln oder Hängebrücken.

(2) Divergenz und Flattern müssen grundsätzlich ausgeschlossen sein.

(3) Die im Folgenden angegebenen Berechnungsverfahren stellen Methoden zur Abschätzung der Empfindlichkeit eines Baukörpers gegenüber diesen Schwingungserscheinungen mit Hilfe geometrischer und dynamischer Bedingungen des Systems dar. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, sind genaue rechnerische Untersuchungen oder Windkanalversuche durchzuführen. Für seilverspannte Brücken dürfen die Abschätzgleichungen der folgenden Abschnitte nicht benutzt werden.

E.3.2 Allgemeine Bedingungen für plattenförmige Baukörper

Um anfällig für Divergenz oder Flattern zu sein, muss ein Baukörper alle der drei folgenden Bedingungen erfüllen. Die Bedingungen sind in der gegebenen Reihenfolge zu prüfen. Wenn eine der Bedingungen nicht erfüllt ist, ist das Bauwerk oder das Bauteil nicht divergenz- oder flattergefährdet.

- a) Das Bauwerk oder ein wesentliches Teil von ihm muss einen langgestreckten Querschnitt aufweisen (ähnlich einer flachen Platte) mit einem Abmessungsverhältnis von $d/b \geq 4$ (siehe Bild E.3).
- b) Die Torsionsachse muss parallel zur Plattenebene und normal zur Windrichtung verlaufen; außerdem muss die Torsionsachse mindestens um das Maß $d/4$ leewärts von der luvseitigen Kante der Platte entfernt sein, wobei d die Breite der Platte in Windrichtung senkrecht zur Torsionsachse ist. Dieses schließt auch den Fall ein, dass die Torsionsachse im Flächenschwerpunkt liegt, wie zum Beispiel bei einer mittig gelagerten Anzeigetafel oder einem mittig gestützten, freistehenden Dach, und den Fall, dass die Torsionsachse mit der leeseitigen Kante identisch ist, wie zum Beispiel bei einem auskragenden, freistehenden Dach.
- c) Die niedrigste Eigenfrequenz muss zu einer Torsionsschwingung gehören oder eine Torsionseigenfrequenz muss weniger als das Doppelte der niedrigsten Eigenfrequenz der translatorischen Schwingung betragen.

E.3.3 Divergenzgeschwindigkeit

(1) Die kritische Windgeschwindigkeit für Divergenz beträgt

$$v_{\text{div}} = \left(\frac{2 \times k_{\theta}}{\rho \times d^2 \times \frac{dc_M}{d\theta}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{E.10})$$

Dabei ist

- k_{θ} die Torsionssteifigkeit;
- $dc_M/d\theta$ die Ableitung des aerodynamischen Koeffizienten für das Moment der Windkraft nach der Verdrehung um die Torsionsachse;
- ρ die Luftdichte $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$;
- d die Breite des Baukörpers in Windrichtung (siehe Bild E.3).

(2) In Bild E.3 werden Werte für $dc_M/d\theta$ von Rechteckquerschnitten angegeben. Das Torsionsmoment ist dabei auf den Flächenschwerpunkt des Querschnitts bezogen.

(3) Es ist sicherzustellen, dass

$$v_{\text{div}} > 2 v_m(z_e) \quad (\text{E.11})$$

Dabei ist

$v_m(z_e)$ die mittlere Windgeschwindigkeit nach Tabelle B.2 bzw. B.3 in der Höhe z_e nach Bild C.1.

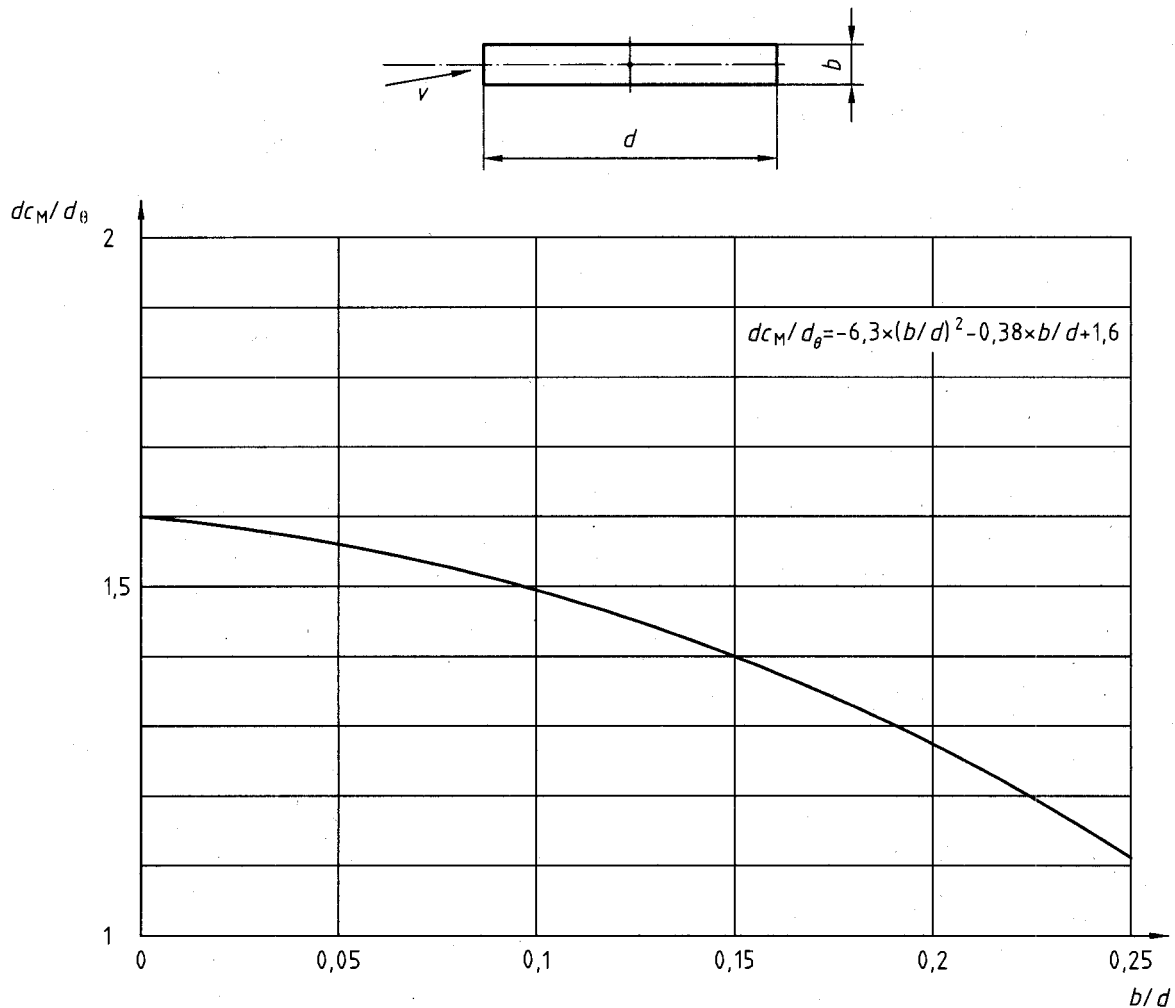


Bild E.3 — Ableitung des aerodynamischen Koeffizienten des Momentes c_M nach der Torsionsverdrehung θ in Abhängigkeit des Seitenverhältnisses b/d

Anhang F (normativ)

Dynamische Grundlagen

F.1 Allgemeines

(1) Die in diesem Abschnitt angegebenen Berechnungsverfahren setzen voraus, dass die Bauwerke linear-elastisches Verhalten und übliche Schwingungsformen aufweisen. Die dynamischen Bauwerkseigenschaften werden dann beschrieben durch die

- Eigenfrequenzen,
- Schwingungsformen,
- äquivalenten Massen,
- logarithmischen Dämpfungsdekremente.

(2) Bei Lastkombinationen (z. B. Wind und Schnee) ist die dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Zusatzmassen durchzuführen.

(3) Für Bauwerke mit üblichen und einfachen Formen können die dynamischen Grunddaten mit Hilfe von Näherungsgleichungen, die aus einfachen Berechnungen oder Erfahrungswerten resultieren, ermittelt werden, sofern diese Gleichungen ausreichend verifiziert sind. Einige dieser Gleichungen werden in F.2 bis F.5 angegeben.

F.2 Grundbiegeeigenfrequenz

(1) Die Grundbiegeeigenfrequenz n_1 in Hz eines Hochhauses kann abgeschätzt werden zu:

$$n_1 = 46 / h \quad (\text{F.1})$$

Dabei ist

h die Bauwerkshöhe, in m.

Der gleiche Ausdruck kann einen Anhaltswert für Türme (ausgenommen abgespannte Maste) liefern.

(2) Die Grundbiegeeigenfrequenz n_1 in Hz von Schornsteinen kann abgeschätzt werden zu

$$n_1 = \frac{\varepsilon_1 \times b}{h_{\text{eff}}^2} \times \sqrt{\frac{W_s}{W_t}} \quad (\text{F.2})$$

Dabei ist

$$h_{\text{eff}} = h_1 + h_2 / 3 \quad (\text{F.3})$$

Dabei ist

- b der obere Durchmesser des Schornsteins, in m;
- h_{eff} die effektive Höhe des Schornsteins, in m, h_1 und h_2 werden in Bild F.1 angegeben;
- W_s die Masse der Bauteile, die einen Beitrag zur Biegesteifigkeit des Schornsteins leisten;
- W_t die Gesamtmasse des Schornsteins;
- ε_1 1 000 für Stahlschornsteine; 700 für Schornsteine in Massivbauweise (Stahlbeton oder Mauerwerk).

ANMERKUNG $h_3 = h_1/3$; h_3 wird in F.4 benötigt.

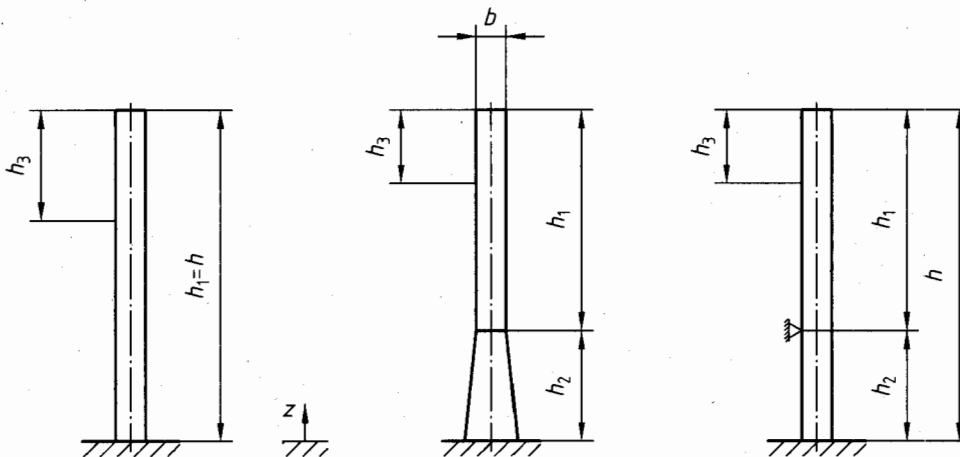


Bild F.1 — Abmessungen bei Schornsteinen

(3) Die Grundbiegeeigenfrequenz n_1 in Hz für ovalisierende Schwingungen einer langen Zylinderschale ohne Aussteifungsringe kann wie folgt ermittelt werden:

$$n_1 = 0,492 \times \sqrt{\frac{t^3 \times E}{m_s \times (1 - \mu^2) \times b^4}} \quad (\text{F.4})$$

Dabei ist

- E der Elastizitätsmodul, in N/m²;
- t die Schalendicke, in m;
- μ die Querkontraktionszahl;
- m_s die Masse der Schale pro Flächeneinheit kg/m²;
- b der Durchmesser der Schale, in m.

Die Gleichung gibt die niedrigste Eigenfrequenz der Schalenschwingung an. Aussteifungsringe führen zu einer höheren Eigenfrequenz n_1 .

DIN 1055-4:2005-03

F.3 Grundbiegeschwingsform

(1) Die Grundbiegeschwingsform $\Phi_1(s)$ von Gebäuden, Türmen und Schornsteinen als Kragbauwerke kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$\Phi_1(s) = \left(\frac{s}{h}\right)^\zeta \quad (\text{F.5})$$

Dabei ist

s die Koordinate ζ in Längsachse des Bauwerks oder Bauteils.

Für den Exponenten ζ können folgende Werte benutzt werden:

- $\zeta = 0,6$ für schlanke Rahmenkonstruktionen mit nichttragender Verkleidung;
- $\zeta = 1,0$ für Gebäude mit aussteigendem Kern und äußeren Stützen oder mit größeren Stützen und versteifender Ausfachung;
- $\zeta = 1,5$ für schlanke auskragende Gebäude und Gebäude, die nur durch einen zentralen Stahlbetonkern getragen werden;
- $\zeta = 2,0$ für Türme und Masten;
- $\zeta = 2,5$ für Türme als stählerne Fachwerkkonstruktion.

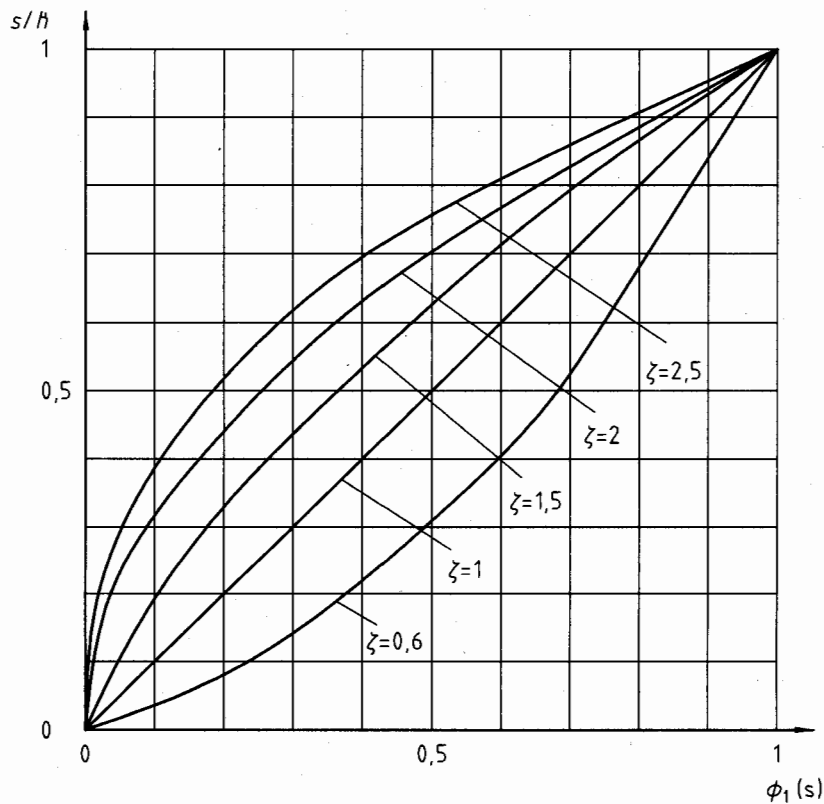
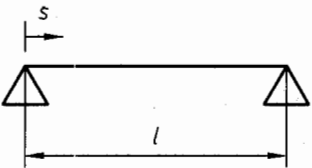
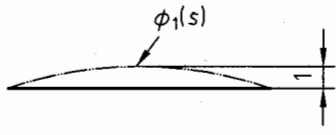
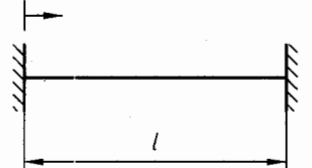
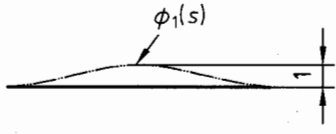


Bild F.2 — Grundbiegeschwingsform für Gebäude, Türme und Schornsteine, die als Kragbauwerke ausgeführt sind

(2) Die Grundbiegeschwingsform $\Phi_1(s)$ von Brücken kann näherungsweise nach Tabelle F.1 bestimmt werden.

Tabelle F.1 — Grundbiegeschwingsform von gelenkig gelagerten oder beidseitig eingespannten Einfeldträgern

System	Schwingungsform	$\Phi_1(s)$
		$\sin\left(\pi \times \frac{s}{l}\right)$
		$\frac{1}{2} \times \left[1 - \cos\left(2 \times \pi \times \frac{s}{l}\right) \right]$

F.4 Äquivalente Masse

(1) Die äquivalente Masse m_i je Längeneinheit ist definiert als:

$$m_i = \frac{\int_0^L m \times \Phi_i^2(s) \, ds}{\int_0^L \Phi_i^2(s) \, ds} \quad (\text{F.6})$$

Dabei ist

m die Masse je Längeneinheit;

L die Höhe h oder Spannweite l des Bauwerks oder Bauteils.

(2) Bei Bauwerken, die eine wenig veränderliche Massenverteilung aufweisen, kann in guter Näherung die mittlere Masse pro Längeneinheit in dem Drittel des Bauwerks, in dem die Schwingungsform Φ_i ihr Maximum aufweist, als m_i angesetzt werden (siehe Tabelle F.1).

F.5 Logarithmisches Dämpfungsdekrement

(1) Das logarithmische Dämpfungsdekrement δ für die Grundbiegeschwingsform kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d \quad (\text{F.7})$$

Dabei ist

δ_s das logarithmische Dekrement der Strukturdämpfung;

δ_a das logarithmische Dekrement der aerodynamischen Dämpfung;

δ_d das logarithmische Dekrement der Dämpfung infolge besonderer Maßnahmen (zum Beispiel Schwingungsdämpfer).

DIN 1055-4:2005-03

(2) Das logarithmische Dekrement der Strukturdämpfung δ_s kann bestimmt werden zu:

$$\delta_s = a_1 n_1 + b_1 \geq \delta_{\min} \quad (\text{F.8})$$

Dabei ist

n_1 die Grundbiegeschwingungsfrequenz, in Hz;

a_1, b_1, δ_{\min} Parameter nach Tabelle F.2 für verschiedene Bauwerkstypen; δ_{\min} gilt für kleine Verformungen.

(3) Das logarithmische Dekrement der aerodynamischen Dämpfung δ_a für Schwingungen in Windrichtung kann abgeschätzt werden zu:

$$\delta_a = \frac{\rho \times b \times c_f}{2 \times n_{1,x} \times m_{1,x}} v_m(z_e) \quad (\text{F.9})$$

Dabei ist

ρ die Luftdichte $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$;

b die Breite der dem Wind ausgesetzten Bauwerksfläche, in m;

c_f der mittlere aerodynamische Kraftbeiwert in Windrichtung (siehe Abschnitt 12);

$v_m(z_e)$ die mittlere Windgeschwindigkeit $v_m(z)$ nach Tabelle B.2 bzw. B.3 für $z = z_e$, in m/s;

z_e die Bezugshöhe (siehe Bild C.1), in m;

$m_{1,x}$ die äquivalente Masse für die Grundschiwingung in Windrichtung, in kg/m (siehe F.4);

$n_{1,x}$ die Eigenfrequenz für die Grundschiwingung in Windrichtung, in Hz (siehe F.2).

Für die Berechnung von wirbelerregten Querschwingungen nach Anhang D darf eine aerodynamische Dämpfung nicht angesetzt werden.

(4) Falls besondere Maßnahmen zur Dämpfungserhöhung angebracht werden, ist das zusätzliche Dämpfungsdekrement δ_d mit Hilfe geeigneter theoretischer oder experimenteller Verfahren zu ermitteln.

Tabelle F.2 — Parameter a_1 , b_1 , und δ_{\min}

Bauwerkstyp		a_1	b_1	δ_{\min}
Gebäude in Massivbauweise		0,045	0,05	0,100
Gebäude in Stahlbauweise		0,045	0	0,050
Gebäude in gemischter Bauweise (Beton und Stahl)		0,080	0	0,080
Türme in Stahlbetonbauweise		0,050	0	0,025
Schornsteine in Massivbauweise		0,075	0	0,030
Stahlschornsteine nach DIN 4133		–	–	–
Stahlbrücken und Türme in Stahlfachwerkbauweise	geschweißt	0	0,020	0
	vorgespannte Schrauben	0	0,030	0
	rohe Schrauben	0	0,050	0
Verbundbrücken		0	0,040	0
Brücken in Massivbauweise	vorgespannt ohne Risse	0	0,040	0
	mit Rissen	0	0,100	0
Seile	Paralleldrahtbündel	0	0,006	0
	spiralförmig angeordnete Drähte	0	0,020	0

Die Tabellenwerte sind als Anhaltswerte zu verstehen. Sofern in Fachnormen anders geregelt, gelten die dort spezifizierten Werte.

DIN 1055-4 Berichtigung 1**DIN**

ICS 91.010.30

Es wird empfohlen, auf der betroffenen Norm
einen Hinweis auf diese Berichtigung
zu machen.

**Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 4: Windlasten,
Berichtigungen zu DIN 1055-4:2005-03**

Action on structures –
Part 4: Wind loads,
Corrigenda to DIN 1055-4:2005-03

Action sur les structures –
Partie 4: Actions du vent,
Corrigenda à DIN 1055-4:2005-03

Gesamtumfang 6 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1055-4 Ber 1:2006-03

In **DIN 1055-4:2005-03** sind die folgenden Berichtigungen vorzunehmen:

zu 9.2 Windkräfte infolge von Reibung

— In Absatz (2) sind die Verweise „12.11“ jeweils durch „12.12“ zu ersetzen.

zu 10.3 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall

— Gleichung (17) muss lauten:

$$q(z) = 1,5 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,19} \text{ kN/m}^2 \text{ für } 2 \text{ m} < z \leq 300 \text{ m}$$

— In Absatz (6) muss es lauten: „... topografisch exponiert...“

zu 12.1.2 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigen Grundriss

— In Bild 4 ist folgende Legende zu ergänzen:

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend

b Abmessung quer zum Wind

— In Tabelle 3 sind die Werte $c_{pe,10}$ in Spalte D mit positivem Vorzeichen anzugeben.

zu 12.1.5 Sattel- und Trogdächer

— In Bild 7 ist bei a), rechte Skizze „ $\alpha > 0^\circ$ “ durch „ $\alpha < 0^\circ$ “ zu ersetzen und die folgende Legende zu ergänzen:

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend

b Abmessung quer zur Anströmrichtung

— In Tabelle 6, Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$, Zeile 10° , Bereich J muss die senkrechte Teilung der Spalte entfallen und es heißt: $-0,8/+0,2$.

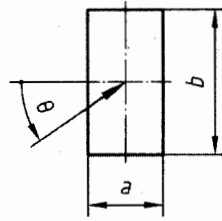
zu 12.1.6 Walmdächer

— In Tabelle 7 sind die Werte im Bereich J, Spalte $c_{pe,1}$, Zeilen $+15^\circ$ und $+30^\circ$ zu ersetzen durch: $-1,5$ bzw. $-1,2$

— In Tabelle 7 sind die Werte im Bereich L, Spalte $c_{pe,1}$ zu ersetzen durch: $-2,0$

zu 12.2 Druckwerte für freistehende Dächer

— In Tabelle 8, Zeile (Ifd. Nr. 1) ist die Skizze zu ersetzen durch:



— In Tabelle 8, Zeile (lfd. Nr. 1), Zeile unter „Abmessungsverhältnisse“ muss lauten: $a \leq b \leq 5 a$

zu 12.3.1 Druckbeiwert für freistehende Wände

— In Bild 12 muss es für den dritten Fall „ $l \leq 2 h$ “ anstatt „ $l \leq h$ “ lauten.

zu 12.3.2 Abschattungsfaktoren für freistehende Wände

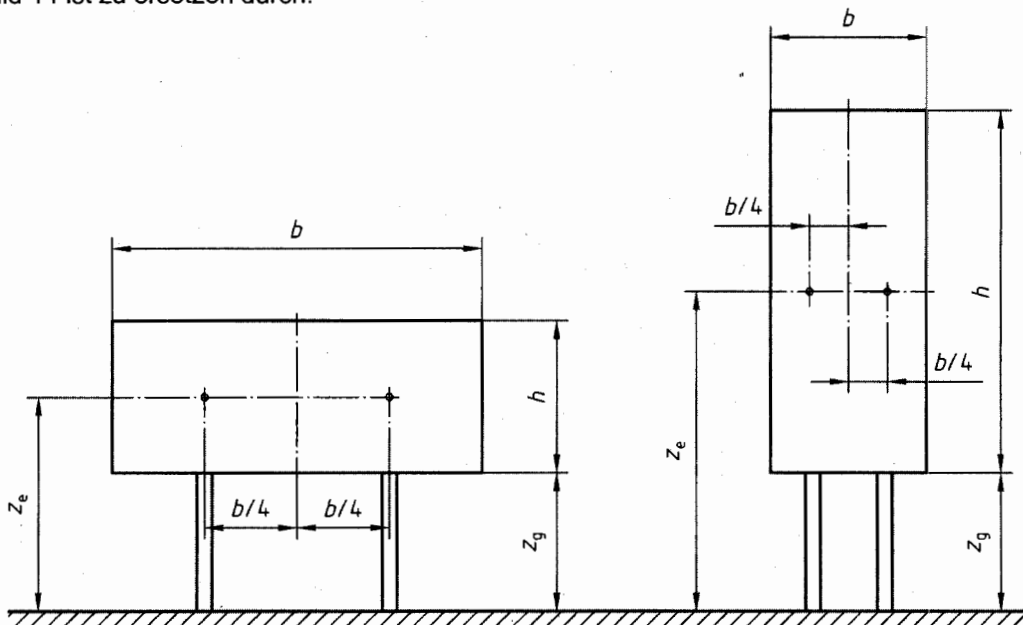
— Absatz (1), zweiter Satz muss lauten: „... der luvseitigen, abschattenden Wand ab.“

— Absatz (1), vierter Satz muss lauten: „Der resultierende Druck auf die abgeschattete Wand...“

— Absatz (2) muss lauten: „Der Endbereich der abgeschatteten Wand...“

zu 12.3.3 Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln

— Bild 14 ist zu ersetzen durch:



Zu 12.4 Kraftbeiwerte für Bauteile mit rechteckigem Querschnitt

— In Bild 15 muss die Legende lauten:

Kurvendefinitionen in den Abschnitten:

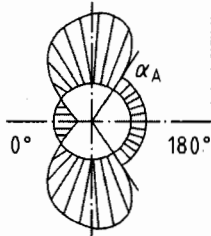
$$A \quad c_{f,0} = 0,3193 \cdot \ln(d/b) + 2,5139$$

$$B \quad c_{f,0} = -0,7121 \cdot \ln(d/b) + 2,1460$$

$$C \quad c_{f,0} = -0,1443 \cdot \ln(d/b) + 1,2322$$

DIN 1055-4 Ber 1:2006-03**Zu 12.7.3 Druckbeiwerte**

- In Absatz (2) muss der Hinweis auf Bild 20 anstatt auf Bild 21 erfolgen.
- In Bild 20 ist die Teilskizze durch wie folgt zu ersetzen:



- In Bild 21 ist die Gleichung durch folgenden Ausdruck zu ersetzen:

$$C_{f,x} = -0,46 \ln(Re) + 6,3$$

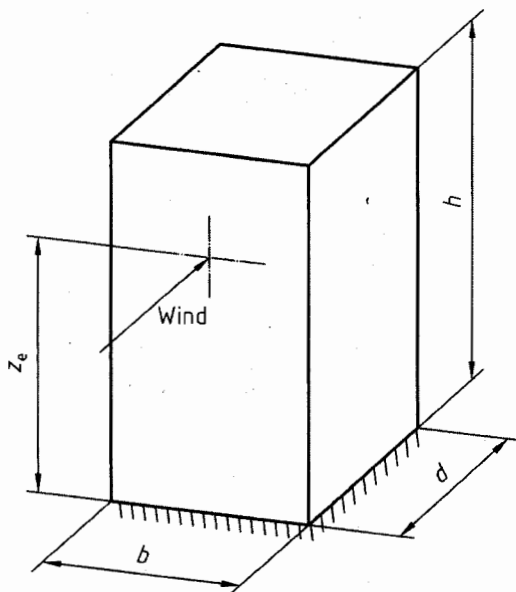
- In Bild 24 muss im rechten unteren Diagramm die Beschriftung am obersten horizontalen Ast der Kurvenschar $\varphi = 0,2$ statt $\varphi = 0,6$ lauten.

Zu Anhang B Einfluss von Geländerauhigkeit und Topographie

- In Tabelle B.2 ist der Wert 0,20 in Spalte „Geländekategorie I, Zeile 1, „ I_v für $z < z_{\min}$ “ durch 0,17 zu ersetzen.
- In Bild B.2 ist die Abzissenbeschriftung x/L_e durch x/L_d zu ersetzen.
- Zu den Gleichungen (B.2) und (B.4) sind die Symbole $v_{m,t}(z)$ bzw. $v_m(z)$ durch folgende Schreibweise zu ersetzen: $v_{m,t}(z)$ bzw. $v_m(z)$

zu Anhang C Verfahren zur Ermittlung der Böenreaktionsfaktors

- In C.1, Bild C.1 ist in der obersten Zeile die Darstellung des Baukörpers durch folgende auszutauschen:



— In C.2, Absatz (3) ist Gleichung (C.3) ist das Symbol v_m durch folgende Schreibweise zu ersetzen: v_m

— In C.2, Absatz (3) ist die Dimension für die Luftdichte ρ mit kg/m^3 anzugeben.

— In C.3, Absatz (2), Erläuterung zu Gleichung (C.5) muss das Symbol v_E durch folgende Schreibweise ersetzt werden: v_E .

Die Achsbezeichnung der Abszisse in Bild C.2 muss entsprechend ersetzt werden: $v_E T$

— In C.3, Absatz (3), ist

1) das Symbol v_E durch folgende Schreibweise zu ersetzen: v_E

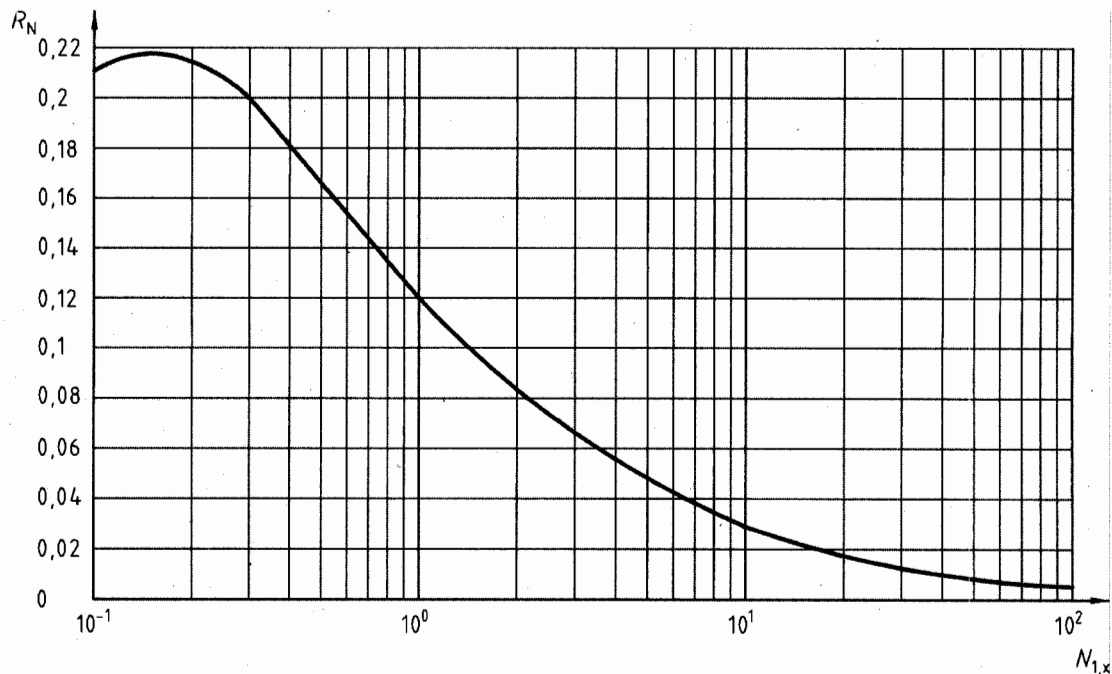
2) in der Erläuterung zu Gleichung (C.6) das Symbol $v_{E,0}$ durch folgende Schreibweise zu ersetzen: $v_{E,0}$.

3) in Gleichung (C.7) ist $v_m(z_e)$ durch folgende Schreibweise zu ersetzen: $v_m(z_e)$.

4) in Gleichung (C.8) der Faktor 1,58 im zweiten additiven Term durch 10,58 zu ersetzen.

— In C.3, Bild C.3 sind im Diagramm die Benummerungen der Kurven 5 und 6 zu vertauschen.

— In C.3 ist das Bild C.5 durch folgendes Bild zu ersetzen:



— In C.4, Absatz (2) ist in der Erläuterung zur Gleichung (C.18) die Dimension der Luftdichte ρ durch kg/m^3 zu ersetzen.

— In C.4, Bild C.7 ist der letzte Abszissenwert „03“ durch „0,3“ zu ersetzen.

— In C.5, Absatz (2) ist „... eines freistellenden Gebäudes“ durch „... eines freistehenden Gebäudes“ zu ersetzen.

— In C.6, Bild C.8 ist in der Bildunterschrift „S“ durch „S_e“ zu ersetzen.

DIN 1055-4 Ber 1:2006-03**Zu Anhang D Wirbelerregte Schwingungen**

- In D.2.4, Absatz (2) ist in der Erläuterung zur Gleichung (D.5) die Dimension der Luftdichte ρ durch kg/m^3 zu ersetzen.
- In D.2.6, Absatz (2) muss es lauten „... im Punkt j ist.“
- In Bild D.3 sind die Angaben zu m am Fuß der Einzelskizzen a) bis f) zu streichen und bei der Einzelskizze e) ist folgende Legende hinzuzufügen: b Breite des mittleren Stabes.
- In D.2.7, Absatz (1) ist in den Erläuterungen zu Gleichung (D.7) hinzuzufügen:
„ s Koordinate entlang der Tragwerkslängsachse, siehe Tabelle D.4“
- In D.2.9, Absatz (1)
 - 1) ist in Gleichung (D.9) „ v_0 “ durch die Schreibweise „ v_0 “ zu ersetzen,
 - 2) ist bei der Erläuterung zu $v_{\text{crit},i}$ die Dimension durch „ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ “ zu ersetzen.

Zu Anhang F Dynamische Grundlagen

- In F.2, Absatz (1) und Absatz (2) muss es „Grundeigenfrequenz“ anstatt „Grundbiege-eigenfrequenz“ lauten.
- In F.3, Absatz (1) ist in der Erläuterung zu „ s “ der griechische Buchstabe ζ zu streichen und beim Exponenten $\zeta = 1,0$ muss es heißen: „... mit aussteifendem Kern...“.