

DIN 1055-4

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 loads

Action 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

12.5	Kraftbeiwerte für Bauteile mit kantigem Querschnitt	44
12.6	Kraftbeiwerte für Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt	44
12.7	Kreiszylinder	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

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 Abhängigkeit 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 Kreiszylinder in Abhängigkeit von der Reynoldszahl Re (v_{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 Kreiszylindern	48

Tabelle 13 — Typische Werte für Re , $\alpha_{\min}$, $c_{p,0,\min}$, 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 $v_{crit,i} / v_{m,Lj}$	81
Tabelle D.3 — Wirklänge L_j in Abhängigkeit von der Schwingwegamplitude y_{Fj}	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 $\delta_{\min}$	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: Bodenkenngößen (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

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

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.*

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 Grenzsichtwindkanal (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/m², v in m/s.

(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, offenen 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.

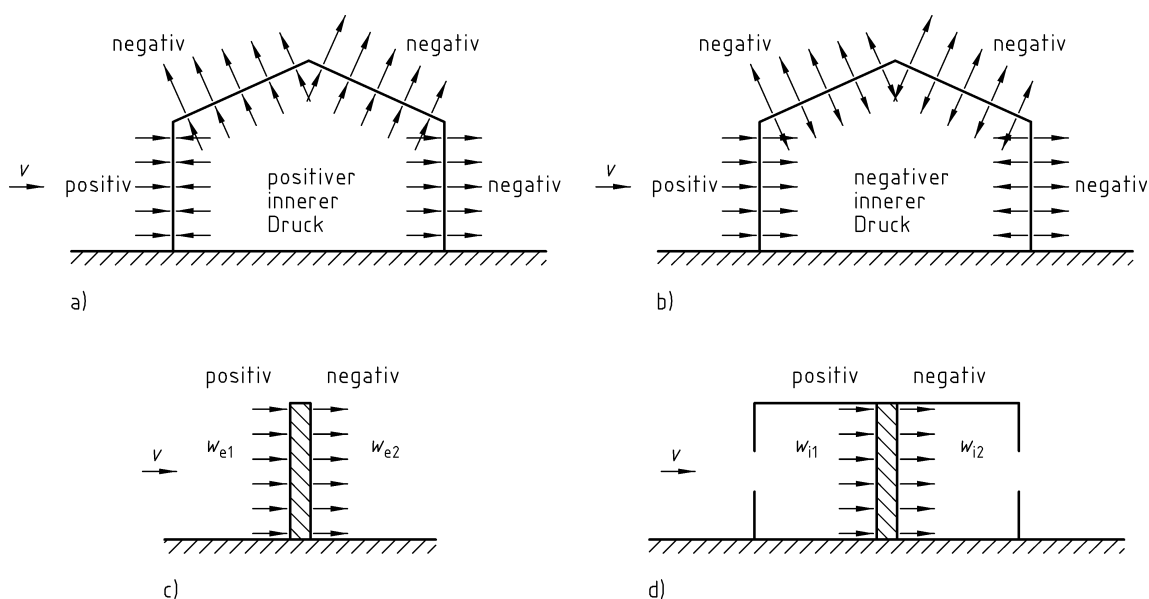


Bild 1 — Druck auf Bauwerksflächen

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:

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

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		
		$h \leq 10$ m	$10 \text{ m} < h \leq 18$ m	$18 \text{ m} < h \leq 25$ 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.

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:

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

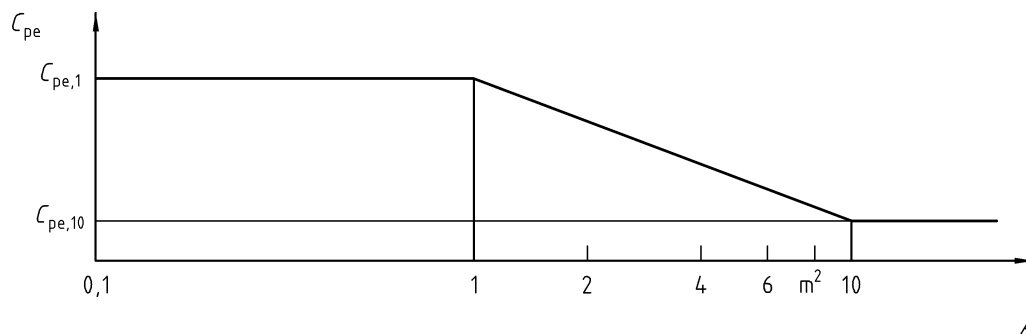


Bild 2 — Außendruckbeiwert für Bauwerke in Abhängigkeit von der Lasteinzugsfläche A

(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.

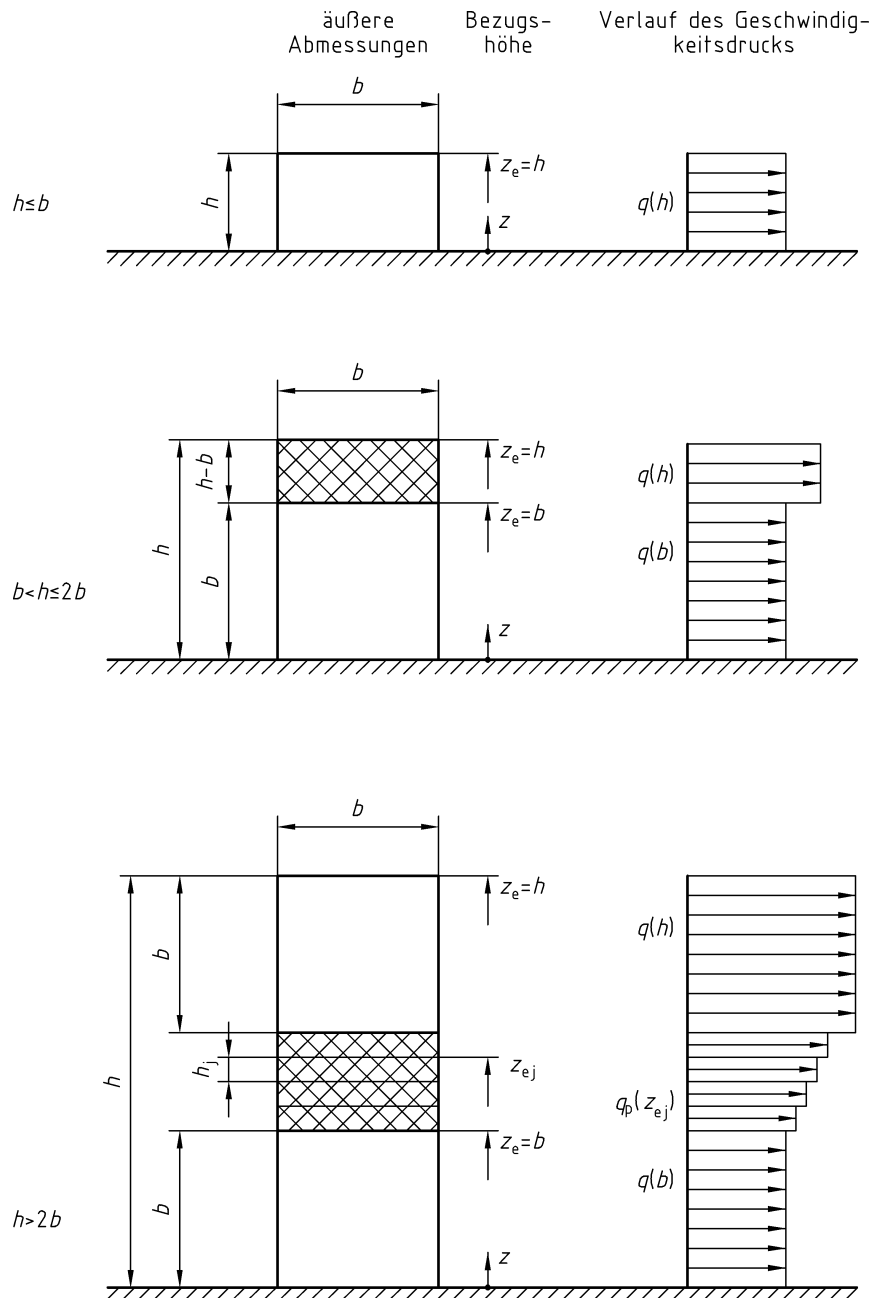


Bild 3 — Bezugshöhe z_e in Abhängigkeit von der Höhe h und der Breite b

(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.

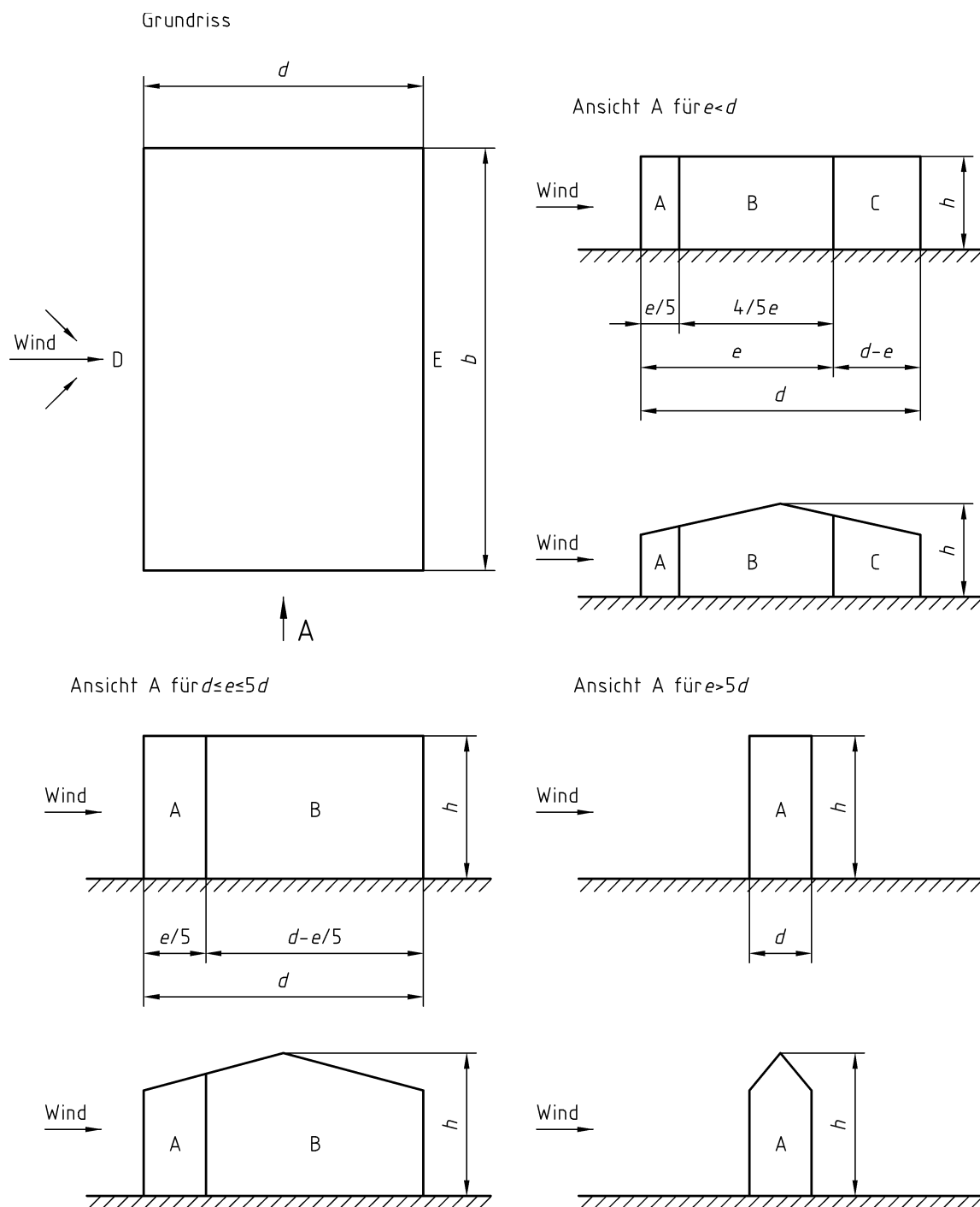


Bild 4 — Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden

Tabelle 3 — Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude

Bereich	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≥ 5	-1,4	-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.

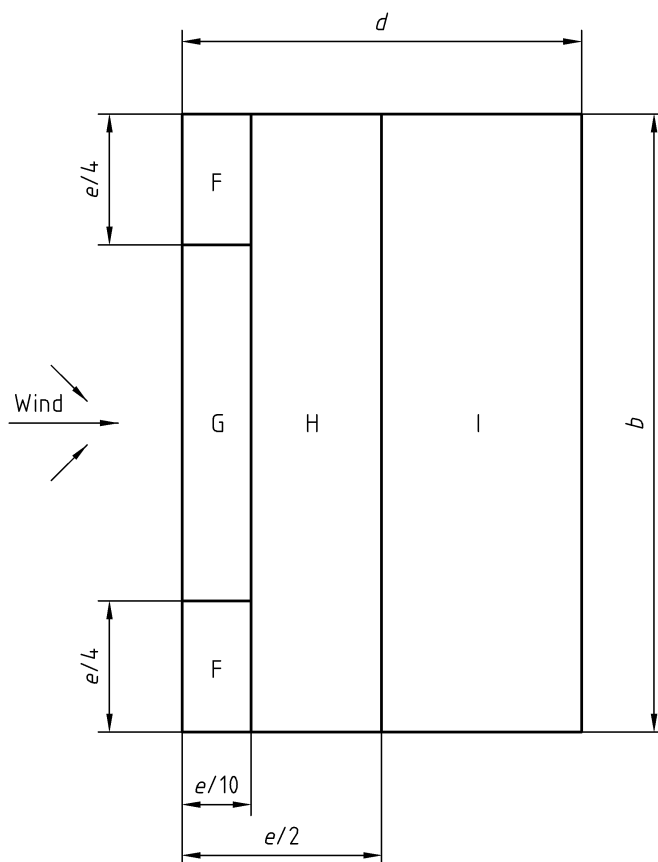
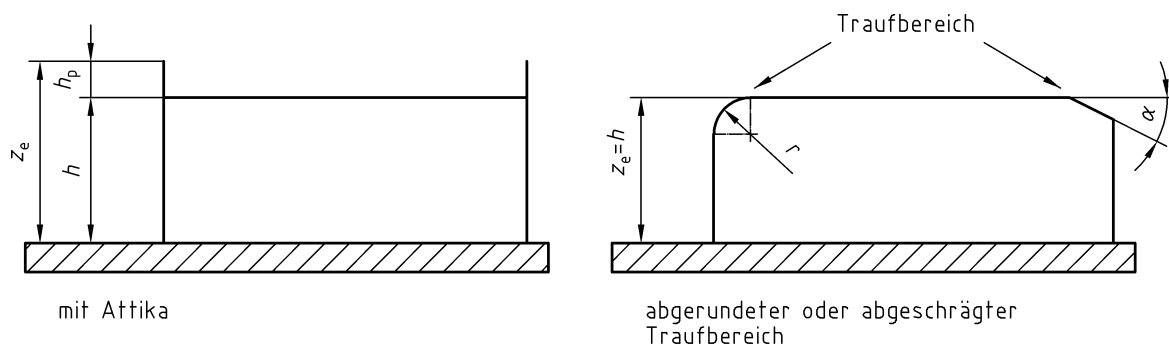
Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

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.



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		± 0,2	
	$r/h = 0,10$	− 0,7	− 1,2	− 0,8	− 1,4	− 0,3		± 0,2	
	$r/h = 0,20$	− 0,5	− 0,8	− 0,5	− 0,8	− 0,3		± 0,2	
Abgeschrägter Traufbereich	$\alpha = 30^\circ$	− 1,0	− 1,5	− 1,0	− 1,5	− 0,3		± 0,2	
	$\alpha = 45^\circ$	− 1,2	− 1,8	− 1,3	− 1,9	− 0,4		± 0,2	
	$\alpha = 60^\circ$	− 1,3	− 1,9	− 1,3	− 1,9	− 0,5		± 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 rechtwinkligem Traufbereich interpoliert werden.

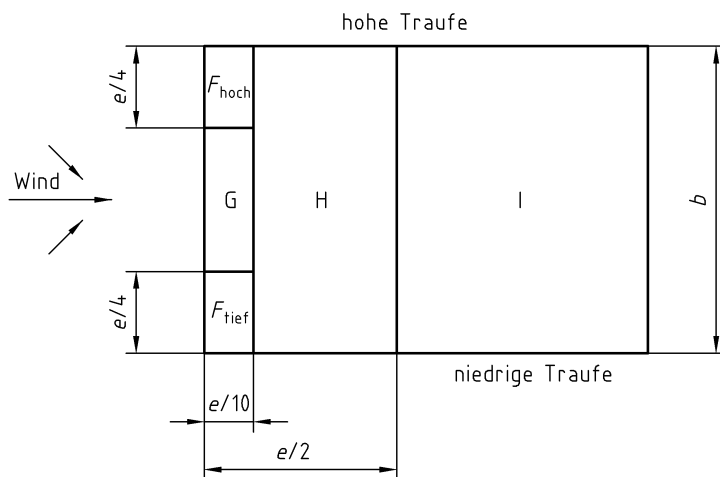
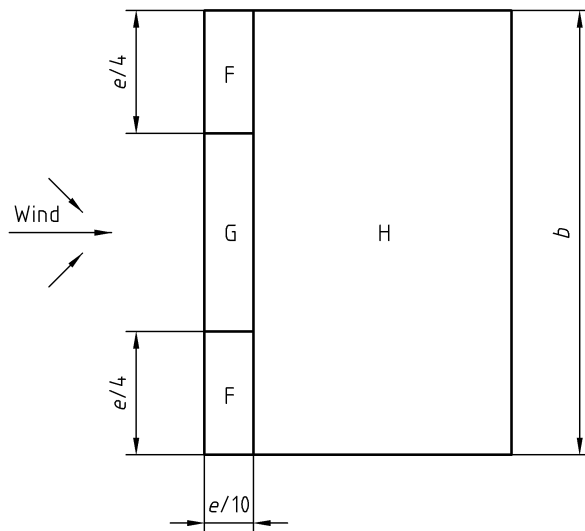
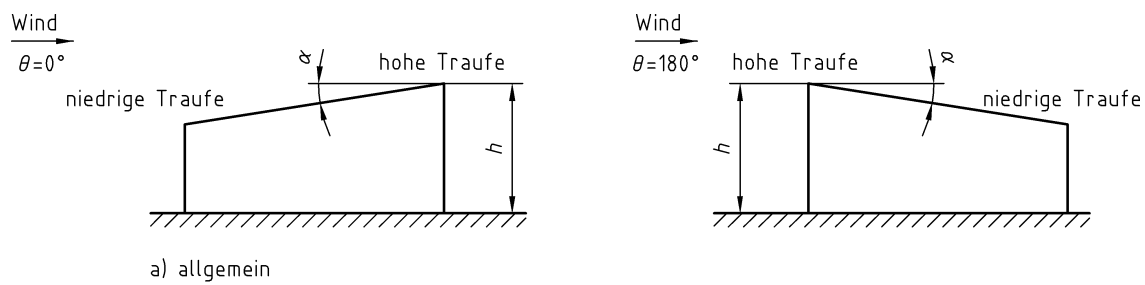
Im Bereich I, für den positive und negative Werte angegeben werden, müssen beide Werte berücksichtigt werden.

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_e ist mit $z_e = h$ anzusetzen. Die Außendruckbeiwerte für jeden Bereich werden in Tabelle 5 angegeben.



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

Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$							Anströmrichtung $\theta = 180^\circ$					
Nei- gungs- winkel α	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)

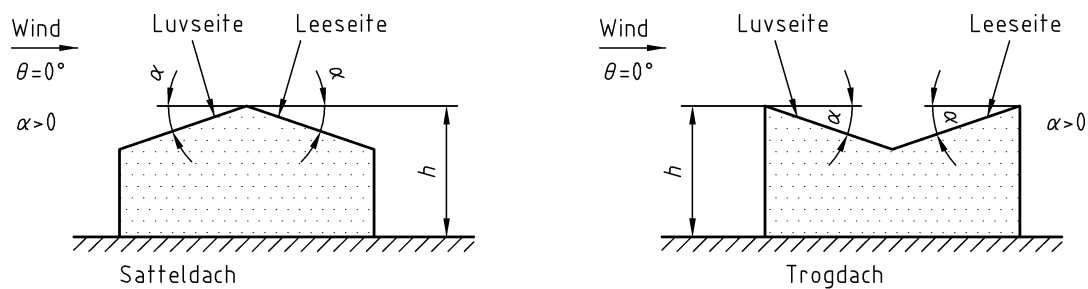
Neigungs- winkel α	Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$									
	Bereich									
	F _{hoch}		F _{tief}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6 / + 0,2	
10°	-2,2	-2,7	-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.

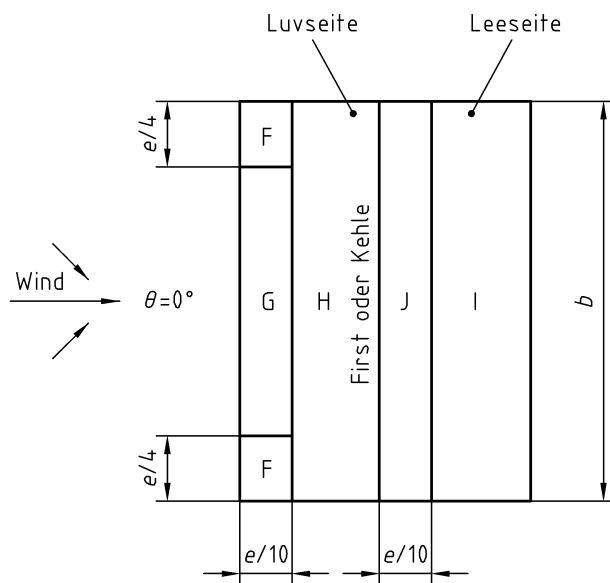
(3) Für Dachneigungen zwischen den angegebenen Werten darf linear interpoliert werden, sofern nicht das Vorzeichen der Druckbeiwerte wechselt.

12.1.5 Sattel- und Trogdächer

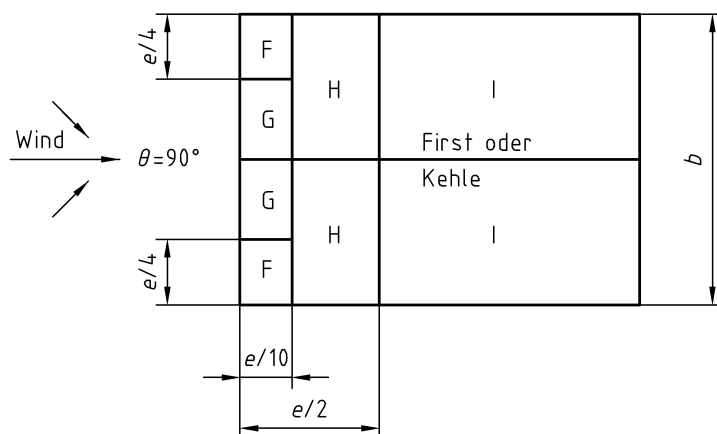
(1) Das Dach ist in Bereiche nach Bild 7 einzuteilen. Die Bezugshöhe z_e ist mit $z_e = h$ anzusetzen. Die Druckbeiwerte für jeden Bereich werden in Tabelle 6 angegeben.



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 $\theta=0^\circ$										
Nei- gungs- 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)

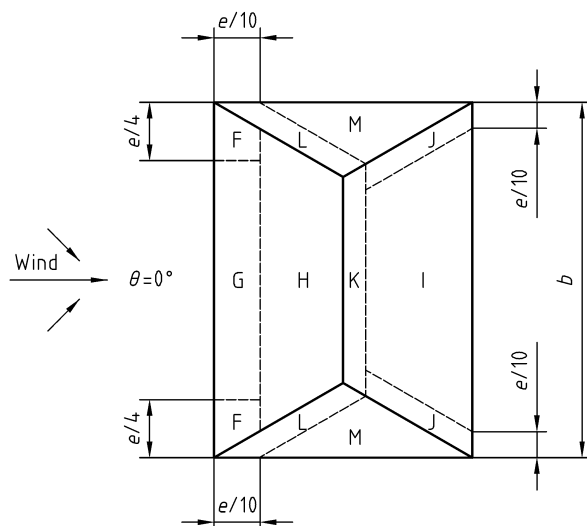
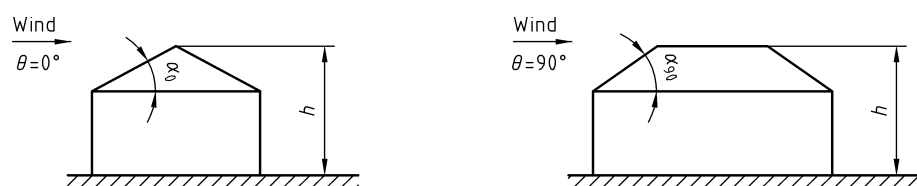
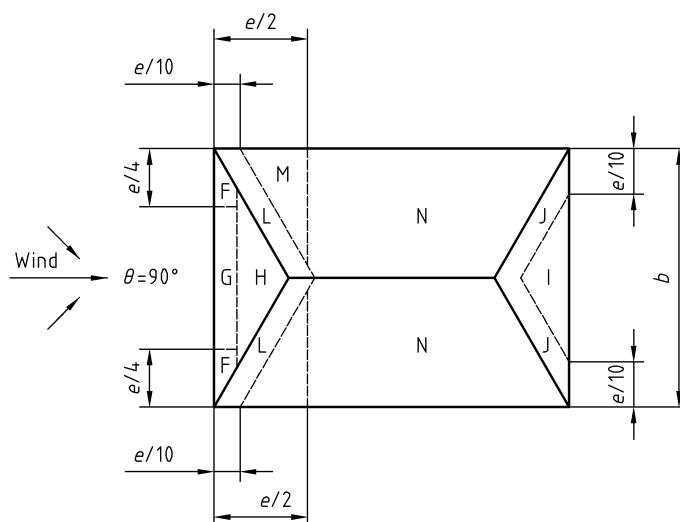
Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$								
Neigungs- winkel α	Bereich							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	- 1,4	- 2,0	- 1,2	- 2,0	- 1,0	- 1,3	- 0,9	- 1,2
-30°	- 1,5	- 2,1	- 1,2	- 2,0	- 1,0	- 1,3	- 0,9	- 1,2
- 15°	- 1,9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

(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 WindrichtungBezugshöhe $z_e = h$ **Bild 8 — Einteilung der Dachflächen bei Walmdächern**