

DIN EN 1991-1-4

ICS 91.010.30

Ersatzvermerk
siehe unten

**Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen –
Windlasten;
Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010**

Eurocode 1: Actions on structures –
Part 1-4: General actions –
Wind actions;
German version EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010

Eurocode 1: Actions sur les structures –
Partie 1-4: Actions générales –
Actions du vent;
Version allemande EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1991-1-4:2005-07;
mit DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 Ersatz für DIN 1055-4:2005-03 und DIN 1055-4 Berichtigung 1:2006-03;
Ersatz für DIN EN 1991-1-4 Berichtigung 1:2010-01

Gesamtumfang 153 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Dieses Dokument beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ (Sekretariat BSI, Vereinigtes Königreich) ausgearbeiteten EN 1991-1-4:2005, die durch die Änderung A1:2010 modifiziert wurde.

Die Arbeiten wurden auf nationaler Ebene vom Arbeitsausschuss NA 005-51-02 AA „Einwirkungen auf Bauten (Sp CEN/TC 250/SC 1)“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) begleitet.

Dieses Dokument enthält die Europäische Änderung EN 1991-1-4:2005/A1:2010, die vom CEN am 18. Februar 2010 angenommen wurde. Dieses Dokument enthält weiterhin die Europäische Berichtigung EN 1991-1-4:2005/AC:2010, welche vom CEN am 2010-01 angenommen wurde.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch die Textmarkierungen **A1** **A1**, der durch die Berichtigung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angegeben.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1991-2-4:1996-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Vornormstatus wurde aufgehoben;
- b) die Norm wurde umnummeriert in DIN EN 1991-1-4;
- c) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet und der Text vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1991-1-4:2005-07, DIN EN 1991-1-4 Berichtigung 1:2010-01, DIN 1055-4:2005-03 und DIN 1055-4 Berichtigung 1:2006-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Änderung 1 und der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt;
- e) zusätzliche Abschnitte in die Liste der nationalen Wahlmöglichkeiten aufgenommen;
- f) Unterabschnitte 7.2.3(2), 7.2.3(4), 7.2.4(1), 7.2.4(3), 7.2.5(1), 7.2.5(3), 7.2.6(1), 7.2.6(3), 7.2.7(4) und 7.9.2(2) durch neue Unterabschnitte ersetzt;
- g) Unterabschnitt 7.2.3(5) entfällt;

- h) in Tabellen 7.2, 7.3a, 7.3b, 7.4a, 7.4b und 7.5 die Titel ergänzt und die Tabellen in Anmerkungen verschoben;
- i) in Tabelle 7.14 die 1. Spalte, 2. Zeile geändert;
- j) nationale Festlegungen aus DIN 1055-4 übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN 1055-4: 1938xxx-06, 1977-05, 1986-08, 2005-03
DIN 1055-4/A1: 1987-06
DIN 1055-4 Berichtigung 1: 2006-03
Beiblatt zu DIN 1055-4: 1939-06, 1941-02
DIN EN 1991-1-4: 2005-07
DIN EN 1991-1-4 Berichtigung 1: 2010-01
DIN V ENV 1991-2-4: 1996-12

— Leerseite —

Deutsche Fassung

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

Eurocode 1: Actions on structures —
Part 1-4: General actions —
Wind actions

Eurocode 1: Actions sur les structures —
Partie 1-4: Actions générales —
Actions du vent

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. Juni 2004 angenommen.

Die Änderung A1 wurde vom CEN am 18. Februar 2010, die Berichtigung AC am 27. Januar 2010 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B- 1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Vorwort zur Änderung A1	5
1 Allgemeines	11
1.1 Anwendungsbereich	11
1.2 Normative Verweisungen	12
1.3 Annahmen	12
1.4 Unterscheidung zwischen Grundsätzen und Anwendungsregeln	12
1.5 Belastungsansätze basierend auf Versuchen und Messungen	12
1.6 Begriffe	12
1.7 Symbole und Abkürzungen	13
2 Bemessungssituationen	17
3 Erfassung der Windeinwirkungen	18
3.1 Allgemeines	18
3.2 Erfassung von Windeinwirkungen	18
3.3 Klassifizierung der Windeinwirkungen	18
3.4 Charakteristische Werte	18
3.5 Modelle	18
4 Windgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsdruck	19
4.1 Berechnungsgrundlagen	19
4.2 Basiswindgeschwindigkeit	19
4.3 Mittlerer Wind	20
4.3.1 Höhenabhängigkeit	20
4.3.2 Geländerauhigkeit	20
4.3.3 Topographie	22
4.3.4 Einfluss höherer Nachbargebäude	22
4.3.5 Nahe Gebäude oder Hindernisse mit geringen Abständen	23
4.4 Windturbulenz	23
4.5 Böengeschwindigkeitsdruck (Spitzengeschwindigkeitsdruck)	24
5 Windeinwirkungen	26
5.1 Allgemeines	26
5.2 Winddruck auf Oberflächen	27
5.3 Windkräfte	28
6 Strukturbeiwert c_{scd}	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Ermittlung von c_{scd}	29
6.3 Ausführliches Verfahren	30
6.3.1 Strukturbeiwert c_{scd}	30
6.3.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweise	31
6.3.3 Interferenzfaktor für hohe Bauwerke	31
7 Aerodynamische Beiwerte	32
7.1 Allgemeines	32
7.1.1 Bestimmung der aerodynamischen Beiwerte	32
7.1.2 Exzentrisch und günstig wirkende Drücke und Kräfte	33
7.1.3 Auswirkungen von Eis und Schnee	33
7.2 Druckbeiwerte für Gebäude	34
7.2.1 Allgemeines	34
7.2.2 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss	35
7.2.3 Flachdächer	38
7.2.4 Pultdächer	41
7.2.5 Sattel- und Trogdächer	44

7.2.6	Walmdächer	47
7.2.7	Sheddächer	49
7.2.8	Gekrümmte Dächer und Kuppeln	51
7.2.9	Innendruck	52
7.2.10	Druck auf mehrschalige Wand- und Dachflächen	54
7.3	Freistehende Dächer	56
7.4	Freistehende Wände, Brüstungen, Zäune und Anzeigetafeln	63
7.4.1	Freistehende Wände und Brüstungen	63
7.4.2	Abschattungsfaktoren für Wände und Zäune	64
7.4.3	Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln	66
7.5	Reibungsbeiwerte	66
7.6	Kraftbeiwerte für Bauteile mit rechteckigem Querschnitt	68
7.7	Kraftbeiwerte für Bauteile mit kantigem Querschnitt	69
7.8	Kraftbeiwerte für Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt	70
7.9	Kreiszyylinder	72
7.9.1	Außendruckbeiwerte	72
7.9.2	Kraftbeiwerte	74
7.9.3	Kraftbeiwerte für vertikale Zylinder in Reihenanordnung	76
7.10	Kraftbeiwerte für Kugeln	77
7.11	Kraftbeiwerte für Fachwerke, Gitter und Gerüste	79
7.12	Flaggen	81
7.13	Effektive Schlankheit λ und Abminderungsfaktor ψ_λ zur Berücksichtigung der Schlankheit	83
8	Windeinwirkungen auf Brücken	85
8.1	Allgemeines	85
8.2	Berechnungsmethode für die Systemantwort	88
8.3	Kraftbeiwerte	88
8.3.1	Kraftbeiwerte in x-Richtung (allgemeine Methode)	88
8.3.2	Kräfte in x-Richtung — Vereinfachtes Verfahren	91
8.3.3	Windkräfte auf Brückenüberbauten in z-Richtung	92
8.3.4	Windkräfte auf Brückenüberbauten in y-Richtung	94
8.4	Brückenpfeiler	94
8.4.1	Windrichtungen und Bemessungssituationen	94
8.4.2	Windeinwirkungen auf Brückenpfeiler	94
Anhang A (informativ)	Einfluss von Geländerauhigkeit und Topographie	95
A.1	Darstellung der größten Rauigkeiten der unterschiedlichen Geländekategorien	95
A.2	Übergänge zwischen den Rauigkeitskategorien 0, I, II, III und IV	96
A.3	Numerische Berechnung der Topographiebeiwerte	98
A.4	Einfluss eines höheren Nachbargebäudes	103
A.5	Versatzhöhe	104
Anhang B (informativ)	Berechnungsverfahren 1 zur Bestimmung des Strukturbeiwertes $c_s c_d$	105
B.1	Windturbulenz	105
B.2	Strukturbeiwert $c_s c_d$	106
B.3	Anzahl der Überschreitungen von niedrigen Niveaus der Böenreaktion	108
B.4	Verformungen und Beschleunigungen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit vertikaler Bauwerke	109
Anhang C (informativ)	Berechnungsverfahren 2 zur Bestimmung des Strukturbeiwertes $c_s c_d$	111
C.1	Windturbulenz	111
C.2	Strukturbeiwert $c_s c_d$	111
C.3	Anzahl der Überschreitungen verschiedener Niveaus der Böenreaktion	112
C.4	Verformungen und Beschleunigungen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit vertikaler Bauwerke	112
Anhang D (informativ)	$c_s c_d$ -Werte für unterschiedliche Gebäudetypen	114
Anhang E (informativ)	Wirbelerregte Querschwingungen und aeroelastische Instabilitäten	117

	Seite
E.1 Wirbelerregte Querschwingungen	117
E.1.1 Allgemeines	117
E.1.2 Kriterien für wirbelerregte Querschwingungen	117
E.1.3 Grundlegende Parameter für wirbelerregte Schwingungen	118
E.1.4 Beanspruchung durch wirbelerregte Schwingungen	121
E.1.5 Berechnung der Querschwingungsamplitude	121
E.1.6 Maßnahmen gegen wirbelerregte Querschwingungen	131
E.2 Galloping	132
E.2.1 Allgemeines	132
E.2.2 Einsetzgeschwindigkeit	132
E.2.3 Klassisches Galloping gekoppelter Zylinder	134
E.3 Interferenzgalloping von zwei oder mehr freistehenden Zylindern	136
E.4 Divergenz und Flattern	137
E.4.1 Allgemeines	137
E.4.2 Bedingungen für plattenförmige Tragwerke	137
E.4.3 Divergenzgeschwindigkeit	137
Anhang F (informativ) Dynamische Eigenschaften von Bauwerken	139
F.1 Allgemeines	139
F.2 Die Grundeigenfrequenz	139
F.3 Die Grundbiegeschwingsform	144
F.4 Äquivalente Masse	146
F.5 Das logarithmische Dämpfungsdekrement	146
Literaturhinweise	149

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1991-1-4:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Dieses Dokument ersetzt die ENV 1991-2-4:1995

CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau verantwortlich.

Vorwort zur Änderung A1

A1 Dieses Dokument (EN 1991-1-4:2005/A1:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 1991-1-4:2005 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2011, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern. **A1**

Hintergrund des Eurocode Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerungskomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80'er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EEC zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EEC, 92/50/EEC und 89/440/EEC zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990	<i>Eurocode:</i>	<i>Grundlagen der Tragwerksplanung</i>
EN 1991	<i>Eurocode 1:</i>	<i>Einwirkung auf Tragwerke</i>
EN 1992	<i>Eurocode 2:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten</i>
EN 1993	<i>Eurocode 3:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten</i>
EN 1994	<i>Eurocode 4:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten</i>
EN 1995	<i>Eurocode 5:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten</i>
EN 1996	<i>Eurocode 6:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung von Mauerwerksbauten</i>
EN 1997	<i>Eurocode 7:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik</i>
EN 1998	<i>Eurocode 8:</i>	<i>Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben</i>
EN 1999	<i>Eurocode 9:</i>	<i>Entwurf, Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen</i>

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeit der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EEC, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanischer Widerstand und Stabilität und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (EN's und ETA's)

Die Eurocodes haben, soweit sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Beziehung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, obwohl sie anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für Europäische Zulassungen selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und soweit erforderlich die technische Grundlagen für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
- b) Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offengelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, indem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,
- Landesspezifische Daten (geographische-, klimatische Daten usw.) z.B. Windkarten;
- die zu benutzende Vorgehensweise, wenn der Eurocode mehrere Vorgehensweisen anbietet.

Des weiteren dürfen enthalten sein:

- Entscheidungen über die Anwendung der informativen Anhänge, und
- Verweise zu ergänzenden, nicht widersprechenden Informationen, die dem Nutzer bei der Anwendung des Eurocodes helfen.

Beziehung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Weiterhin soll die Kennzeichnung an den Bauprodukten mit CE-Zeichen, die sich auf die Eurocodes beziehen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Zusätzliche Informationen besonders für EN 1991-1-4

EN 1991-1-4 gibt Hinweise zur Bemessung und zur Belastung von Gebäuden und ingenieurtechnischen Bauwerken

EN 1991-1-4 ist an Bauherren, Konstrukteure, Bauunternehmer und beteiligte Behörden gerichtet.

⁴⁾ Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie, sowie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2, und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1.

EN 1991-1-4 ist für die Anwendung mit der EN 1990, den anderen Teilen der EN 1991 und EN 1992-1999 für die Bauwerksbemessung vorgesehen.

Nationaler Anhang von EN 1991-1-4

Diese Norm beinhaltet alternative Verfahren, Werte und Empfehlungen für Abschnitte mit dem Hinweis auf nationale Wahlmöglichkeiten. Aus diesem Grund ist der nationalen Norm, die den Eurocode EN 1991-1-4 einführt, ein Nationaler Anhang anzufügen, in dem angegeben wird, welche Verfahren und Werte für die Bemessung von Gebäuden und ingenieurtechnischen Bauwerken national anzusetzen sind.

Eine nationale Wahlmöglichkeit ist in EN 1991-1-4 für die folgenden Abschnitte gegeben:

AC gestrichener Text **AC**

1.5 (2)

4.1 (1)

4.2 (1)P Anmerkung 2

4.2 (2)P Anmerkungen 1, 2, 3 und 5

4.3.1 (1) Anmerkungen 1 und 2

4.3.2 (1)

4.3.2 (2)

4.3.3 (1)

4.3.4 (1)

4.3.5 (1)

4.4 (1) Anmerkung 2

4.5 (1) Anmerkungen 1 und 2

5.3 (5)

6.1 (1)

6.3.1 (1) Anmerkung 3

6.3.2 (1)

7.1.2 (2)

7.1.3 (1)

7.2.1 (1) Anmerkung 2

7.2.2 (1)

7.2.2 (2) Anmerkung 1

A1 7.2.3(2) **A1**

A1 7.2.3(4) **A1**

A1 7.2.4(1) **A1**

A1 7.2.4(3) **A1**

A1 7.2.4(1) **A1**

A1 7.2.5(1) **A1**

A1 7.2.5(3) **A1**

A1 7.2.6(1) **A1**

A1 7.2.6(3) **A1**

A1 7.2.7 **A1**

7.2.8 (1)

7.2.9 (2)

7.2.10 (3) Anmerkungen 1 und 2

A1 7.3(6) **A1**

7.4.1 (1)

7.4.3 (2)

7.6 (1) Anmerkung 1

7.7 (1) Anmerkung 1

7.8 (1)

A1 7.9.2(2) **A1**

7.10 (1) Anmerkung 1

7.11 (1) Anmerkung 2

7.13 (1)

7.13 (2)

 Tabelle 7.14 

8.1 (1) Anmerkungen 1 und 2

8.1 (4)

8.1 (5)

8.2 (1) Anmerkung 1

8.3 (1)

8.3.1 (2)

8.3.2 (1)

8.3.3 (1) Anmerkung 1

8.3.4 (1)

8.4.2 (1)  gestrichener Text 

A.2 (1)

E.1.3.3 (1)

E.1.5.1 (1) Anmerkungen 1 und 2

E.1.5.1 (3)

E.1.5.2.6 (1) Anmerkung 1

E.1.5.3 (2) Anmerkung 1

E.1.5.3 (4)

E.1.5.3 (6)

E.3 (2)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) EN 1991-1-4 liefert Regeln zur Bestimmung der Einwirkungen aus natürlichem Wind auf für die Bemessung von Gebäuden und ingenieurtechnischen Anlagen betrachteten Lasteinzugsflächen. Damit werden ganze Tragwerke oder Teile davon oder Bauelemente, die mit dem Tragwerk verbunden sind, erfasst, z. B. Komponenten, Fassadenteile und deren Verankerungen, Anprallschutz- und Lärmschutzwände.

(2) Diese Norm gilt für:

- Gebäude und ingenieurtechnische Bauwerke mit einer Höhe bis 200 m. Siehe auch Absatz (11);
- Brücken mit einer Spannweite bis zu 200 m, vorausgesetzt, sie erfüllen die Abgrenzungskriterien hinsichtlich dynamischer Wirkungen, siehe AC (12) AC und 8.2.

(3) Dieser Teil dient zur Bestimmung der charakteristischen Windlasten auf Bauwerke an Land, deren Bauteile und Anbauten.

(4) Verschiedene Aspekte, die für die Bestimmung von Windeinwirkungen auf ein Bauwerk berücksichtigt werden müssen, hängen von der Örtlichkeit und der Verfügbarkeit und Qualität von meteorologischen Daten, der Geländekategorie usw. ab.

Diese Angaben sind im Nationalen Anhang und im informativen Anhang A, entsprechend den nationalen Wahlmöglichkeiten, die in den Anmerkungen eröffnet sind, enthalten. Die Anmerkungen und informativen Anhänge enthalten Empfehlungen für Zahlenwerte und Methoden.

(5) Der informative Anhang A enthält Darstellungen der Geländekategorien und liefert Regeln zur Berücksichtigung von Topographieeffekten einschließlich der Versatzhöhe, Rauigkeitswechsel, Einfluss der Landschaft und benachbarter Bauwerke.

(6) Die informativen Anhänge B und C liefern alternative Verfahren zur Berechnung des Strukturbeiwertes $c_s c_d$.

(7) Der informative Anhang D liefert $c_s c_d$ Faktoren für verschiedene Bauwerkstypen.

(8) Der informative Anhang E enthält Regeln zur Abschätzung von wirbelerregten Bauwerksantworten und Hinweise zur Berücksichtigung von anderen aeroelastischen Effekten.

(9) Der informative Anhang F enthält Hinweise zum dynamischen Verhalten von Bauwerken mit linearer Charakteristik.

(10) Diese Norm enthält keine Hinweise zur Berücksichtigung von örtlichen thermischen Effekten auf die Windcharakteristik, wie z. B. starke arktische Inversionslagen, Kanalisierungen oder Wirbelstürme.

AC (11) Abgespannte Maste sowie Fachwerkmaste und -türme werden in EN 1993-3-1 und Lichtmaste in EN 40 behandelt.

(12) Diese Norm enthält keine Hinweise zu folgenden Aspekten:

- Torsionsschwingungen, z.B. von hohen Gebäuden mit zentralem Kern
- Schwingungen von Brückenüberbauten infolge Windturbulenz
- Windeinwirkungen auf Schrägseilbrücken und Hängebrücken
- Schwingungen, bei denen die Berücksichtigung der Grundschwingungsform nicht ausreicht. AC

1.2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

EN 1991-1-6, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Einwirkungen während der Bauausführung*

EN 1991-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken*

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

1.3 Annahmen

(1)P Es gelten die allgemeinen Annahmen in EN 1990, 1.3.

1.4 Unterscheidung zwischen Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1)P Es gelten die Regeln in EN 1990, 1.4.

1.5 Belastungsansätze basierend auf Versuchen und Messungen

(1) In Ergänzung zu dieser Norm können Windkanalversuche und bewährte und/oder anerkannte numerische Verfahren zur Bestimmung von Lasten und Systemreaktionen angewandt werden, wenn die Struktur und der natürliche Wind zutreffend modelliert werden.

(2) Lasten, Systemantworten und Geländeparameter können auch durch Originalmessungen ermittelt werden.

ANMERKUNG Zu weiteren Informationen zu Windkanalversuchen und Messungen siehe Nationaler Anhang

1.6 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe nach ISO 2394, ISO 3898 und ISO 8930 und die folgenden Begriffe. Auch die Liste der Begriffe in EN 1990, 1.5 gilt für diese Norm.

1.6.1

Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit

die mittlere 10-minütige Windgeschwindigkeit mit einer jährlichen Auftretenswahrscheinlichkeit von 2 % unabhängig von der Windrichtung, bezogen auf eine Höhe von 10 m über flachem offenem Gelände unter Berücksichtigung der Meereshöhe (falls erforderlich)

1.6.2

Basiswindgeschwindigkeit

der modifizierte Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit zur Berücksichtigung der Richtung des betrachteten Windes und der Jahreszeit (falls erforderlich)

1.6.3

Mittlere Windgeschwindigkeit

die Basiswindgeschwindigkeit modifiziert zur Berücksichtigung von Geländerauhigkeit und Topographie

1.6.4

Druckbeiwert

Außendruckbeiwerte geben die Windeinwirkung auf Außenflächen von Bauwerken wieder, Innendruckbeiwerte geben die Windeinwirkung auf Innenflächen in Bauwerken wieder.

Die Außendruckbeiwerte werden aufgeteilt in globale Beiwerte und lokale Beiwerte. Die lokalen Beiwerte liefern die Druckbeiwerte für belastete Flächen mit einer Größe von 1 m^2 oder weniger, z. B. für die Bemessung von kleinen Bauteilen oder Befestigungen; die globalen Beiwerte liefern die Druckbeiwerte für belastete Flächen mit einer Größe von mehr als 10 m^2 .

Nettodruckbeiwerte liefern die resultierende Windeinwirkung auf Bauwerke, Bauteile oder Komponenten je Flächeneinheit.

1.6.5

Kraftbeiwert

Kraftbeiwerte geben die Gesamteinwirkung infolge Wind auf Bauwerke, Bauteile oder Komponenten wieder. Sie enthalten auch Reibungseffekte, außer wenn diese besonders ausgeschlossen werden.

1.6.6

Beiwert für den Böengrundanteil

der Beiwert für den Böengrundanteil erfasst die Reduktion des effektiven Oberflächendrucks durch die räumliche Mittelung (abnehmende Korrelation)

1.6.7

Beiwert für den Resonanzanteil

der Beiwert für den Resonanzanteil erfasst die dynamische Resonanzüberhöhung einer Schwingungsform bei Erregung durch Turbulenz

1.7 Symbole und Abkürzungen

(1) Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole.

ANMERKUNG Die verwendete Bezeichnungsweise basiert auf ISO 3898:1999. In diesem Teil symbolisiert der Punkt das Multiplikationszeichen. Diese Schreibweise wurde verwendet, um Verwechslungen mit Funktionstermen vorzubeugen.

(2) Eine allgemeine Übersicht der Bezeichnungsweise ist in EN 1990, 1.6 angegeben. Die weiteren, unten aufgeführten Bezeichnungen gelten nur für EN 1991-1-4.

lateinische Großbuchstaben

A	Fläche
A_{fr}	Summe der vom Wind überströmten Flächen (benetzte Fläche)
A_{ref}	Bezugsfläche
B^2	Böengrundanteil
C	Windlastbeiwert für Brücken
E	Elastizitätsmodul
F_{fr}	resultierende Reibungskraft
F_j	wirbelerregte Kraft am Punkt j des Bauwerks
F_w	Gesamtwindkraft, die auf ein Gebäude wirkt
H	Meereshöhe in m
I_v	Turbulenzintensität
K	Beiwert der Schwingungsform; Schwingungsform Parameter

$\boxed{\text{AC}} K_a$	der aerodynamische Dämpfungsparameter $\boxed{\text{AC}}$
K_{iv}	Interferenzfaktor für wirbelerregte Querschwingung
K_{rd}	Reduktionsfaktor für Brüstungen
K_W	Wirklängenfaktor
K_x	dimensionsloser Beiwert
L	Spannweite des Brückenüberbaus, Integrallängenmass der Turbulenz
L_d	tatsächliche Länge einer leeseitigen Steigung
L_e	effektive Länge der luvseitigen Steigung
L_j	Wirklänge
L_u	tatsächliche Länge der luvseitigen Steigung
N	Anzahl Schwingungsspiele verursacht durch wirbelerregte Querschwingungen
N_g	Anzahl der Böenlasten der Tragwerksantwort
R^2	Resonanzanteil der Böenreaktion
Re	Reynoldszahl
R_h, R_b	aerodynamische Übertragungsfunktionen
S	Windeinwirkung
Sc	Scrutonzahl
S_L	dimensionslose Spektraldichtefunktion
St	Strouhalzahl
W_s	Masse der konstruktiven steifigkeitsbeitragenden Bauteile eines Schornsteins
W_t	Gesamtmasse des Schornsteins

lateinische Kleinbuchstaben

a_G	Beiwert für Galloping-Instabilität
a_{IG}	kombinierter Stabilitätsbeiwert für Interferenzgalloping
b	Breite des Bauteils oder Bauwerks
c_{alt}	Höhenbeiwert
c_d	dynamischer Beiwert
c_{dir}	Richtungsbeiwert
$c_e(\mathbf{z})$	Beiwert für den Außendruck
c_f	aerodynamischer Kraftbeiwert
$c_{f,o}$	aerodynamischer Kraftbeiwert für Bauwerke oder Bauteile mit unendlicher Schlankheit
$c_{f,l}$	aerodynamischer Auftriebsbeiwert
c_{fr}	aerodynamischer Reibungsbeiwert
c_{lat}	aerodynamischer Erregerkraftbeiwert
c_M	Momentenbeiwert
c_p	aerodynamischer Beiwert für Druck
$\boxed{\text{AC}} c_{pe}$	Außendruckbeiwert
c_{pi}	Innendruckbeiwert

$c_{p,net}$	Nettodruckbeiwert AC
c_{prob}	Wahrscheinlichkeitsbeiwert
c_r	Rauhigkeitsbeiwert
c_o	Topographiebeiwert
c_s	Größenbeiwert
c_{season}	Jahreszeitenbeiwert
d	Abmessung parallel zur Anströmrichtung
e	Ausmitte einer Kraft quer zur Körperachse oder Randabstand
f_L	dimensionslose Frequenz
h	Höhe des Bauwerks
h_{ave}	durchschnittliche Höhe mehrerer Gebäude
h_{dis}	Versatzhöhe
k	äquivalente Rauhigkeit
AC k_l	Turbulenzfaktor AC
k_p	Spitzenbeiwert
k_r	Rauhigkeitsfaktor
k_{Θ}	Torsionssteifigkeit
l	Länge eines horizontalen Bauwerks
m	längenbezogene Masse
m_1	äquivalente längenbezogene Masse
n_i	Bauwerkseigenfrequenz der i-ten Schwingungsform
$n_{1,x}$	Grundeigenfrequenz in Windrichtung
$n_{1,y}$	Grundeigenfrequenz der Schwingungsform quer zum Wind
n_0	Frequenz für ovalisierende Schwingungen
p	jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit
q_b	mittlerer (Grund) Bezugsgeschwindigkeitsdruck
q_p	Spitzengeschwindigkeitsdruck
r	Radius
s	Faktor, Koordinate
t	Mittelungsintervall der Bezugswindgeschwindigkeit, Plattenstärke
v_{CG}	Einsetzgeschwindigkeit für Galloping
v_{CIG}	kritische Windgeschwindigkeit für Interferenzgalloping
v_{crit}	kritische Windgeschwindigkeit für wirbelerregte Querschwingungen
v_{div}	Windgeschwindigkeit für Divergenzinstabilität
v_m	mittlere Windgeschwindigkeit
$v_{b,0}$	Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit
v_b	Basiswindgeschwindigkeit

w	Winddruck
x	horizontaler Abstand des Ortes von der Kante des Geländesprunges
x -Richtung	horizontale Richtung, senkrecht zur Spannweite
y -Richtung	horizontale Richtung entlang der Spannweite
$y_{\max}$	maximale Schwingungsamplitude bei der kritischen Windgeschwindigkeit
z	Höhe über Grund
z_{ave}	durchschnittliche Höhe
z -Richtung	vertikale Richtung
z_0	Rauhigkeitslänge
z_e, z_i	Bezugshöhe für den Außendruck, bzw. Innendruck oder Kraftbeiwert
z_g	Abstand vom Boden zum betrachteten Bauteil
$z_{\max}$	maximale Höhe
$z_{\min}$	minimale Höhe
z_s	Bezugshöhe zur Bestimmung des Strukturbeiwertes

griechische Großbuchstaben

Φ	luvseitige Steigung
$\Phi_{1,x}$	Grundschwingungsform in Windrichtung

griechische Kleinbuchstaben

α_G	Beiwert für Galloping-Instabilität
α_{IG}	kombinierter Stabilitätsbeiwert für Interferenzgalloping
δ	logarithmisches Dämpfungsdekrement
δ_a	AC logarithmisches Dekrement der aerodynamischen Dämpfung AC
δ_d	logarithmisches Dämpfungsdekrement infolge besonderer Maßnahmen
δ_s	AC logarithmisches Dekrement der strukturellen Dämpfung AC
ε	Beiwert
ε_0	Bandbreitenbeiwert
ε_1	Frequenzbeiwert
η	Variable
φ	Völligkeitsgrad, Grad der Versperrung bei freistehenden Dächern
λ	Schlankheit
μ	Flächenparameter, Porosität einer Schale
ν	Erwartungswert der Böenreaktion, Querdehnzahl, kinematische Zähigkeit
θ	Torsionswinkel
ρ	Luftichte
σ_v	Standardabweichung der Turbulenz
$\sigma_{a,x}$	Standardabweichung der Beschleunigung in Windrichtung

ψ_{mc}	Abminderungsbeiwert für freistehende Sheddächer
ψ_r	Abminderungsfaktor des Kraftbeiwertes für Rechteckquerschnitte mit abgerundeten Ecken
ψ_{λ}	Abminderungsfaktor für den aerodynamischen Kraftbeiwert zur Berücksichtigung der Umströmung freier Enden von Bauwerken und Bauteilen endlicher Schlankheit
$\psi_{\lambda\alpha}$	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Umströmung von freien Enden eines Kreiszylinders
ψ_s	Abschattungsfaktor für Wände und Zäune
ζ	Exponent der Schwingungsform

Indizes

crit	kritisch
e	Außen-, Belastung
fr	Reibung
i	Innen-, Ordnung der Eigenfrequenz oder Eigenform
j	Nummer des Abschnittes oder eines Punktes eines Bauwerks oder Bauteils
m	mittlerer
p	Spitze, Brüstung
ref	Bezug
v	Windgeschwindigkeit
x	in Windrichtung
y	quer zur Windrichtung
z	in vertikaler Richtung

2 Bemessungssituationen

(1) P Die maßgebenden Windeinwirkungen sind entsprechend der Bemessungssituation nach EN 1990, 3.2 für jeden belasteten Bereich zu ermitteln.

(2) In Übereinstimmung mit EN 1990, 3.2 (3)P sind die Folgen anderer Einwirkungen (wie Schnee, Verkehr oder Eis), die sich auf die Bezugsfläche oder die aerodynamischen Beiwerte erheblich auswirken, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG AC Siehe auch EN 1991-1-3, EN 1991-2 und ISO 12494 AC

(3) In Übereinstimmung mit EN 1990, 3.2 (3)P sind Veränderungen des Bauwerks während der Bauausführung (wie z.B. unterschiedliche Bauwerksformen während verschiedener Bauzustände, unterschiedliche dynamische Eigenschaften, usw.), welche die Windeinwirkungen beeinflussen können, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991-1-6

(4) Fenster und Türen sind im Fall von Sturmereignissen als geschlossen anzunehmen. Die Wirkung geöffneter Fenster und Türen sollte als außergewöhnliche Bemessungssituation berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1990, 3.2 (2) (P)

(5) Ermüdungsbeanspruchungen infolge von Windeinwirkungen sind bei ermüdungsempfindlichen Bauwerken oder Bauteilen zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Anzahl der Belastungszyklen kann den Anhängen B, C und E entnommen werden.

3 Erfassung der Windeinwirkungen

3.1 Allgemeines

(1) Windeinwirkungen sind über die Zeit veränderlich. Sie wirken in Form von Druck auf die Außenflächen umschlossener Baukörper und infolge der Durchlässigkeit der äußeren Hülle auch auf die Innenflächen. Sie können auch direkt auf die Innenflächen offener Gebäude einwirken. Der Winddruck wirkt normal zur betrachteten Oberfläche. Wenn der Wind an größeren Flächen vorbeistreicht, kann es erforderlich werden, auch die Reibungskräfte parallel zur Oberfläche zu berücksichtigen.

3.2 Erfassung von Windeinwirkungen

(1) Die Windeinwirkungen werden durch eine vereinfachte Anordnung von Winddrücken oder Windkräften erfasst, deren Wirkungen äquivalent zu den maximalen Wirkungen des turbulenten Windes sind.

3.3 Klassifizierung der Windeinwirkungen

(1) Falls nicht anders angegeben, werden Windeinwirkungen als veränderliche, freie Einwirkungen eingestuft, siehe EN 1990, 4.1.1.

3.4 Charakteristische Werte

(1) Die mit den Regeln dieser Norm ermittelten Windeinwirkungen sind charakteristische Werte (siehe EN 1990, 4.1.2). Sie werden mit der Basiswindgeschwindigkeit oder dem entsprechenden Geschwindigkeitsdruck bestimmt. Die Basiswerte sind charakteristische Größen mit einer jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeit von 2 %, die einer mittleren Wiederkehrperiode von 50 Jahren entspricht.

ANMERKUNG Alle Beiwerte oder Modelle zur Herleitung von Windeinwirkungen aus Basiswerten sind derart gewählt, dass die Wahrscheinlichkeit der berechneten Windeinwirkungen die Wahrscheinlichkeit der Basiswerte nicht überschreitet.

3.5 Modelle

(1) Die Auswirkung des Windes auf das Bauwerk (d.h. die Reaktion des Bauwerks), hängt von der Größe, der Form und den dynamischen Eigenschaften des Bauwerks ab. Diese Norm erfasst auch die dynamische Reaktion des Bauwerks infolge der longitudinalen Komponente der Turbulenz durch Resonanzüberhöhung anhand der Grundbiegeschwingungsform (gleiche Schwingungsrichtung über die gesamte Bauwerkshöhe) in Windrichtung.

Die Reaktion des Bauwerks ist nach Abschnitt 5 mit dem Spitzengeschwindigkeitsdruck, q_p , in der Bezugshöhe der ungestörten Windströmung mit den Kraft- oder Druckbeiwerten sowie mit dem Strukturbeiwert c_{scd} (siehe Abschnitt 6) zu berechnen. q_p hängt vom Windklima, der Geländerauhigkeit und der Topographie sowie der Bezugshöhe ab. q_p ist gleich dem mittleren Geschwindigkeitsdruck plus einem Beitrag aus den fluktuierenden Druckanteilen.

(2) Aeroelastische Reaktionen sind in der Regel bei flexiblen Strukturen wie Kabeln, Masten, Schornsteinen und Brücken zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Vereinfachte Regeln zur Bestimmung aeroelastischer Reaktionen liefert der Anhang E.

4 Windgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsdruck

4.1 Berechnungsgrundlagen

(1) Die Windgeschwindigkeit und der der Windgeschwindigkeit zugeordnete Geschwindigkeitsdruck enthalten einen konstanten und einen veränderlichen Anteil.

Die mittlere Windgeschwindigkeit v_m wird mit der Basiswindgeschwindigkeit v_b , die vom Windklima (siehe 4.2) und vom Höhenprofil des Windes abhängt, bestimmt. Das Höhenprofil des Windes hängt von der Geländerauhigkeit und der Topographie ab (siehe 4.3). Der Spitzengeschwindigkeitsdruck wird in 4.5 bestimmt.

Der veränderliche Anteil des Windes wird durch die Turbulenzintensität nach 4.4 beschrieben.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann nationale Klimainformationen angeben, mit denen die mittlere Windgeschwindigkeit v_m , der Spitzengeschwindigkeitsdruck q_p und zusätzliche Werte für die maßgebenden Geländekategorien bestimmt werden können.

4.2 Basiswindgeschwindigkeit

(1)P Der Grundwert $v_{b,0}$ der Basiswindgeschwindigkeit ist der charakteristische Wert der mittleren 10-Minuten-Windgeschwindigkeit. Sie ist unabhängig von Windrichtung und Jahreszeit, und ist bezogen auf 10 m Höhe über Boden in ebenem, offenem Gelände mit niedriger Vegetation (wie Gras und vereinzelter Hindernisse mit Abständen von mindestens der 20-fachen Hindernishöhe).

ANMERKUNG 1 Dieses Gelände entspricht der Kategorie II nach Tabelle 4.1.

ANMERKUNG 2 Die Werte $v_{b,0}$ der Basiswindgeschwindigkeit können im Nationalen Anhang angegeben sein.

(2)P Die Basiswindgeschwindigkeit ist

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.1)$$

Dabei ist

- v_b Basiswindgeschwindigkeit, definiert als Funktion der Windrichtung und Jahreszeit, in 10 m Höhe über Bodenniveau für die Geländekategorie II;
- $v_{b,0}$ Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit, siehe (1)P;
- c_{dir} Richtungsfaktor, siehe Anmerkung 2;
- c_{season} Jahreszeitenbeiwert, siehe Anmerkung 3.

ANMERKUNG 1 Falls der Einfluss der Meereshöhe auf die Basiswindgeschwindigkeit v_b nicht im angegebenen Grundwert $v_{b,0}$ berücksichtigt ist, kann der Nationale Anhang eine Methode zur Berücksichtigung des Einflusses der Meereshöhe angeben.

ANMERKUNG 2 Der Wert des Richtungsfaktors c_{dir} für verschiedene Windrichtungen kann im Nationalen Anhang angegeben werden. Der empfohlene Wert ist 1,0.

ANMERKUNG 3 Der Jahreszeitenbeiwert c_{season} , kann im Nationalen Anhang angegeben werden. Der empfohlene Wert ist 1,0.

ANMERKUNG 4 Die mittlere 10-Minuten-Windgeschwindigkeit kann für eine jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit p bestimmt werden, indem die Basiswindgeschwindigkeit v_b nach 4.2 (2)P mit dem Wahrscheinlichkeitsfaktor c_{prob} nach Gleichung (4.2) multipliziert wird (siehe auch EN 1991-1-6).

$$c_{\text{prob}} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n \quad (4.2)$$

Dabei ist

K Formbeiwert abhängig vom Variationskoeffizienten der Extremwertverteilung;

n Exponent.

ANMERKUNG 5 Die zu verwendenden Werte für K und n können im Nationalen Anhang angegeben werden. Die empfohlenen Werte sind 0,2 für K und 0,5 für n .

(3) Für temporäre Bauwerke und alle im Bauzustand befindlichen Bauwerke darf der Jahreszeitenbeiwert c_{season} verwendet werden. Für bewegliche Bauwerke (z. B. fliegende Bauten oder Gerüste), die zu jeder Jahreszeit verwendet werden können, ist für c_{season} ein Wert von 1,0 anzusetzen.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991-1-6.

4.3 Mittlerer Wind

4.3.1 Höhenabhängigkeit

(1) Die mittlere Windgeschwindigkeit $v_m(z)$ in der Höhe z über Grund hängt von der Geländerauhigkeit, der Topographie und der Basiswindgeschwindigkeit v_b ab. Sie ist

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b \quad (4.3)$$

Dabei ist

$c_r(z)$ Rauigkeitsbeiwert nach 4.3.2;

$c_o(z)$ Topographiebeiwert; nach 4.3.3.

ANMERKUNG 1 Angaben zu c_o können im Nationalen Anhang angegeben werden. Wenn die Topographie in der Basiswindgeschwindigkeit berücksichtigt ist, ist der empfohlene Wert 1,0.

ANMERKUNG 2 Karten oder Tabellen zur Bestimmung von $v_m(z)$ können im Nationalen Anhang angegeben werden.

(2) Der Einfluss benachbarter Bauwerke auf die Windgeschwindigkeit sollte berücksichtigt werden (siehe 4.3.4).

4.3.2 Geländerauhigkeit

(1) Der Rauigkeitsfaktor $c_r(z)$ berücksichtigt die Veränderlichkeit der mittleren Windgeschwindigkeit $v_m(z)$ am Standort des Bauwerks in Abhängigkeit von:

- der Höhe über Grund
- der Geländerauhigkeit in Luv des Bauwerkes für die betrachtete Windrichtung

ANMERKUNG Das Verfahren zur Bestimmung von $c_r(z)$ kann im Nationalen Anhang angegeben werden. Empfohlen wird das folgende Verfahren, das auf einem logarithmischen Geschwindigkeitsprofil basiert und durch den Ausdruck (4.4) gegeben ist.

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{für} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.4)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{für} \quad z \leq z_{\min}$$

Dabei ist

z_0 Rauigkeitslänge

k_r Rauigkeitsfaktor abhängig von der berechneten Rauigkeitslänge z_0 nach folgender Gleichung:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad (4.5)$$

Dabei ist

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$ (Geländekategorie II, Tabelle 4.1)

$z_{\min}$ Mindesthöhe nach Tabelle 4.1

$z_{\max}$ 200 m

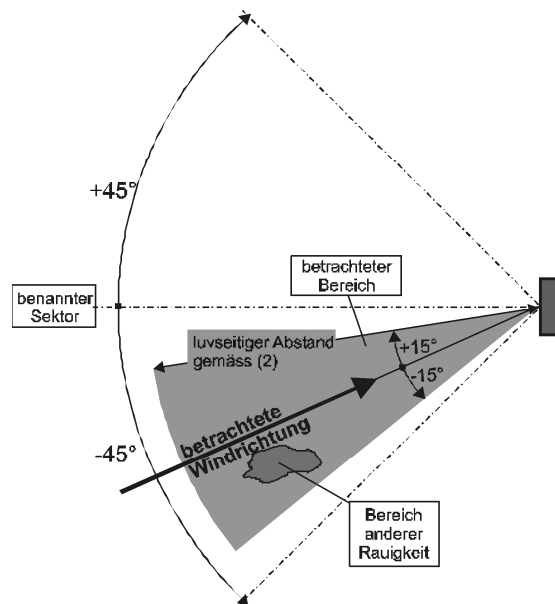
z_0 , $z_{\min}$ sind von der Geländekategorie abhängig. Empfohlene Werte sind in Tabelle 4.1 für die fünf typischen Geländekategorien angegeben.

Gleichung (4.4) ist gültig, wenn die luvseitige Strecke mit konstanter Geländerauhigkeit lang genug zur Ausbildung eines stabilen Geschwindigkeitsprofils ist (siehe (2)).

Tabelle 4.1 — Geländekategorien und Geländeparameter

Geländekategorie		z_0 m	$z_{\min}$ m
0	See, Küstengebiete, die der offenen See ausgesetzt sind	0,003	1
I	Seen oder Gebiete mit niedriger Vegetation und ohne Hindernisse	0,01	1
II	Gebiete mit niedriger Vegetation wie Gras und einzelne Hindernisse (Bäume, Gebäude) mit Abständen von min. 20-facher Hindernishöhe	0,05	2
III	Gebiete mit gleichmäßiger Vegetation oder Bebauung oder mit einzelnen Objekten mit Abständen von weniger als der 20-fachen Hindernishöhe (z. B. Dörfer, vorstädtische Bebauung, Waldgebiete)	0,3	5
IV	Gebiete, in denen mindestens 15 % der Oberfläche mit Gebäuden mit einer mittleren Höhe größer als 15 m bebaut sind.	1,0	10
Die Geländekategorien sind in Anhang A.1 illustriert.			

(2) Die Geländerauhigkeit, die für eine vorgegebene Windrichtung zu verwenden ist, hängt von der Bodenrauhigkeit und der luvseitigen Strecke (Abstand) mit konstanter Geländerauhigkeit in einem bestimmten Winkelbereich um die betrachtete Windrichtung ab. Kleine Flächen (weniger als 10% der betrachteten Fläche) mit abweichenden Rauigkeiten können vernachlässigt werden. Siehe Bild 4.1.



ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann den Winkelbereich und den luvseitigen Abstand angeben. Ein Winkelbereich in Form eines 30°-Sektors mit $\pm 15^\circ$ um die betrachtete Windrichtung wird empfohlen. Der empfohlene Wert für den luvseitigen Abstand kann A.2 entnommen werden.

Bild 4.1 — Bewertung der Geländerauhigkeit

(3) Falls ein Druck- oder Kraftbeiwert für einen bestimmten Winkelbereich definiert ist, ist die geringste Rauigkeitslänge innerhalb jedes 30°-Windsektors anzusetzen.

(4) Falls es innerhalb des zu untersuchenden Winkelbereichs zwei oder mehrere Geländekategorien gibt, ist die geringste Rauigkeitslänge zu verwenden.

4.3.3 Topographie

(1) Dort, wo die Topographie (z. B. Berge, Klippen etc.) die Windgeschwindigkeit um mehr als 5 % erhöht, ist die Vergrößerung durch den Topographiebeiwert c_0 zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Bestimmung von c_0 kann im Nationalen Anhang angegeben werden. Das empfohlene Verfahren ist in A.3 angegeben.

(2) Topographieeffekte können vernachlässigt werden, wenn die mittlere Neigung des Geländes auf der Luvseite geringer als 3° ist. Das luvseitige Gelände ist bis zu einem Abstand der 10-fachen Höhe des herausragenden Topographieelementes zu berücksichtigen.

4.3.4 Einfluss höherer Nachbargebäude

(1) Falls das Bauwerk dicht an ein anderes Bauwerk angrenzt, das mindestens doppelt so hoch ist wie die mittlere Höhe der benachbarten Bebauung, dann kann es (abhängig von den Eigenschaften des Bauwerks) bei bestimmten Windrichtungen erhöhten Windgeschwindigkeiten ausgesetzt sein. Diese Fälle sind zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Verfahren zur Berücksichtigung der Nachbarbebauung angeben. Eine empfohlene, konservative erste Näherung ist in A.4 beschrieben.

4.3.5 Nahe Gebäude oder Hindernisse mit geringen Abständen

(1) Die Wirkung eng beieinander stehender Gebäude oder Hindernisse darf berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann ein Verfahren angeben. Ein empfohlenes Verfahren ist in A.5 angegeben. In rauhem Gelände verändern nahe gelegene, eng beieinander stehende Bauwerke die Windströmung in Bodennähe so, als wäre das Bodenniveau in eine als Versatzhöhe h_{dis} bezeichnete Höhe angehoben worden.

4.4 Windturbulenz

(1) Die Turbulenzintensität $I_v(z)$ in der Höhe z ist definiert als die Standardabweichung der Turbulenz geteilt durch die mittlere Windgeschwindigkeit.

ANMERKUNG 1 Die turbulente Komponente der Windgeschwindigkeit hat einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von σ_v . Die Standardabweichung der Turbulenz σ_v ist

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l \quad (4.6)$$

Dabei ist

k_r Geländefaktor nach Gleichung (4.5),

v_b Basiswindgeschwindigkeit nach Gleichung (4.1)

k_l Turbulenzfaktor siehe Anmerkung 2

ANMERKUNG 2 Zur Bestimmung von $I_v(z)$ wird der folgende Ausdruck (4.7) empfohlen.

$$\begin{aligned} I_v(z) &= \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} & \text{für } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ I_v(z) &= I_v(z_{\min}) & \text{für } z < z_{\min} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Dabei ist

k_l Turbulenz-Faktor. Der Wert k_l kann in dem Nationalen Anhang angegeben werden. Der empfohlene Wert ist $k_l = 1,0$.

c_o Topographiebeiwert nach 4.3.3

z_0 Rauigkeitslänge nach Tabelle 4.1

4.5 Böengeschwindigkeitsdruck (Spitzengeschwindigkeitsdruck)

(1) Der Böengeschwindigkeitsdruck $q_p(z)$ in der Höhe z , der die mittleren und kurzzeitigen Geschwindigkeitsänderungen beinhaltet, ist zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann Regeln zur Bestimmung von $q_p(z)$ angeben. Die empfohlene Regel ist

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.8)$$

Dabei ist

ρ Dichte der Luft, die von der Meereshöhe, der Temperatur und dem barometrischen Druck abhängt. Der Wert ist regional für ein Sturmereignis zu bestimmen.

$c_e(z)$ Geländefaktor, nach Gleichung (4.9)

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (4.9)$$

Dabei ist

q_b Basisgeschwindigkeitsdruck nach Gleichung (4.10)

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.10)$$

ANMERKUNG 2 Die national zu verwendenden Werte für ρ können im Nationalen Anhang angegeben werden. Der empfohlene Wert ist $1,25 \text{ kg/m}^3$.

ANMERKUNG 3 Der Wert 7 in Gleichung (4.8) entspricht einem Spitzenbeiwert k_p von 3,5 und passt zu den Druck- und Kraftbeiwerten in Abschnitt 7. Für flaches Gelände mit $c_o(z) = 1,0$ (siehe 4.3.3), ist der Geländefaktor $c_e(z)$ in Bild 4.2 als eine Funktion der Höhe (über Gelände) und der Geländekategorie (wie in Tabelle 4.1 definiert) dargestellt.

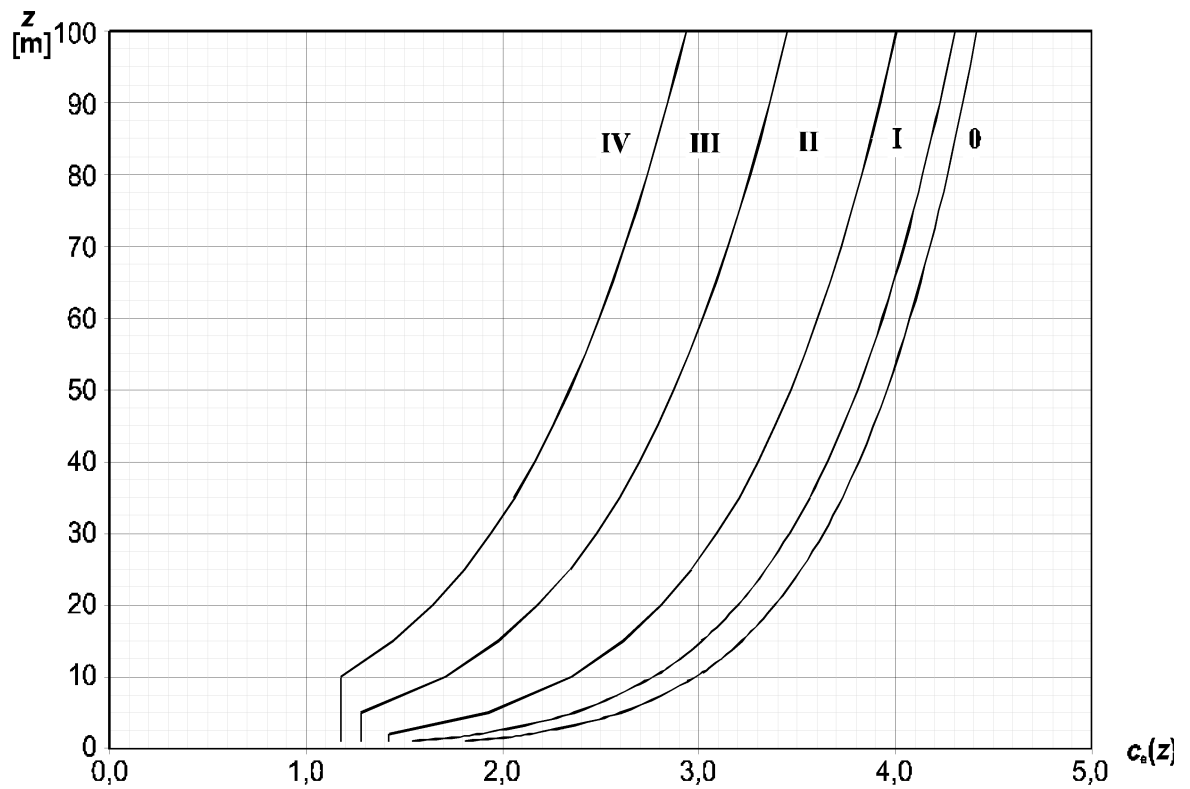


Bild 4.2 — Darstellung des Geländefaktor $c_e(z)$ für $c_0=1,0$, $k_1=1,0$

5 Windeinwirkungen

5.1 Allgemeines

(1)P Die Gesamtwindeinwirkungen auf Bauwerke und Bauteile sind unter Berücksichtigung der äußeren und inneren Winddrücke zu bestimmen.

ANMERKUNG Einen Überblick über die Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Windeinwirkungen gibt Tabelle 5.1.

Tabelle 5.1 —Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Windeinwirkungen

Parameter	Verweis
Böengeschwindigkeitsdruck q_p	
Basiswindgeschwindigkeit v_b	4.2 (2)P
Bezugshöhe z_e	Abschnitt 7
Geländekategorie	Tabelle 4.1
charakteristischer Böengeschwindigkeitsdruck q_p	4.5 (1)
Turbulenzintensität I_v	4.4
mittlere Windgeschwindigkeit v_m	4.3.1
Topographiebeiwert $c_o(z)$	4.3.3
Rauhigkeitsbeiwert $c_r(z)$	4.3.2
Winddruck z. B. für Verkleidungen, Befestigungen und Bauteile	
aerodynamischer Beiwert für den Außendruck c_{pe}	Abschnitt 7
aerodynamischer Beiwert für den Innendruck c_{pi}	Abschnitt 7
aerodynamischer Beiwert für die Nettodruckbelastung	Abschnitt 7
Außenwinddruck: $w_e = q_p c_{pe}$	5.2 (1)
Innenwinddruck: $w_i = q_p c_{pi}$	5.2 (2)
Windkraft auf Bauwerke, z. B. für Gesamtschnittgrößen im Tragwerk	
Strukturbeiwert: c_{scd}	6
Windkraft F_W berechnet aus Kraftbeiwerten	5.3 (2)
Windkraft F_W berechnet aus Druckbeiwerten	5.3 (3)

5.2 Winddruck auf Oberflächen

(1) Der auf die Außenflächen einwirkende Winddruck w_e ist nach (5.1)

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (5.1)$$

Dabei ist

$q_p(z_e)$ Böengeschwindigkeitsdruck;

z_e Bezugshöhe für den Außendruck nach Abschnitt 7;

c_{pe} aerodynamische Beiwert für den Außendruck nach Abschnitt 7.

ANMERKUNG $q_p(z)$ ist in 4.5 definiert.

(2) Der Winddruck w_i , der auf eine Oberflächen im Inneren eines Bauwerks wirkt, ist nach (5.2):

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (5.2)$$

Dabei ist

$q_p(z_i)$ Spitzengeschwindigkeitsdruck;

z_i Bezugshöhe für den Innendruck nach Abschnitt 7;

c_{pi} aerodynamischer Beiwert für den Innendruck nach Abschnitt 7.

ANMERKUNG $q_p(z)$ ist in 4.5 definiert.

(3) Die Nettodruckbelastung infolge Winddruck auf eine Wand, ein Dach oder ein Bauteil ist die Resultierende von Außen- und Innendruck. Druck auf eine Oberfläche wird positiv angenommen, Druck von der Oberfläche weg als negativ. Beispiele für die Überlagerung sind in Bild 5.1 angegeben.

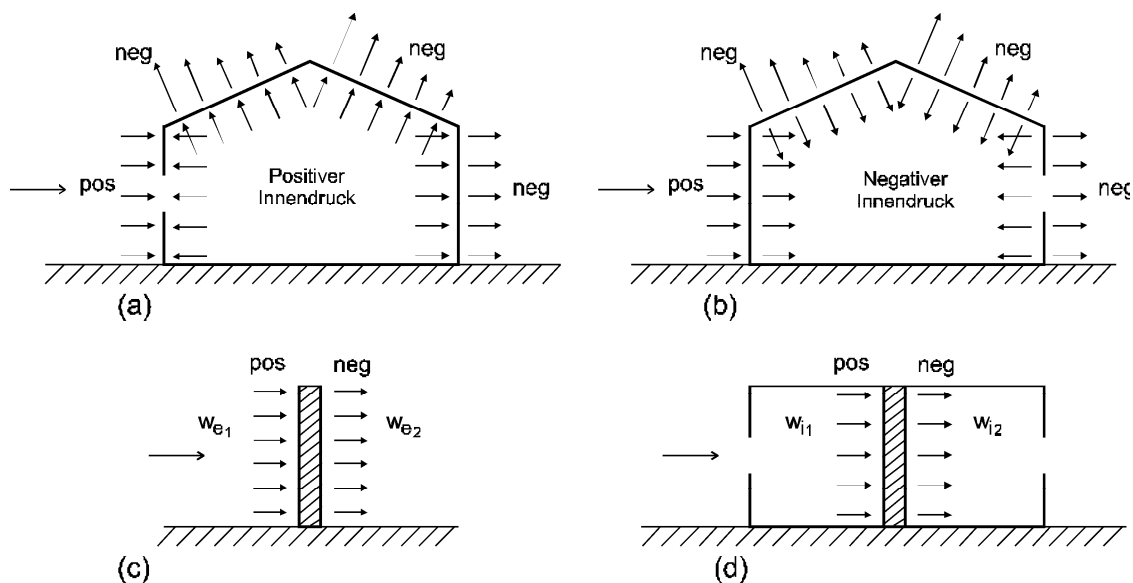


Bild 5.1— Druck auf Oberflächen

5.3 Windkräfte

(1) Die Gesamtwindkraft, die auf einen Baukörper oder Körperteil einwirkt, wird wie folgt berechnet:

- aus Kräften ermittelt mit Kraftbeiwerten (siehe (2))
- aus Kräften ermittelt mit Winddrücken und Reibungsbeiwerten (siehe (3))

(2) Die Windkraft F_w , die mit Kraftbeiwerten berechnet wird, kann durch

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}} \quad (5.3)$$

oder durch vektorielle Addition der auf die Körperabschnitte wirkenden Windkräfte (wie in 7.2.2 angegeben)

$$F_{w,j} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{Abschnitte}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}} \quad (5.4)$$

bestimmt werden.

Dabei ist

$c_s c_d$	Strukturbeiwert nach Abschnitt 6
c_f	Kraftbeiwert für einen Baukörper oder Baukörperabschnitt, nach Abschnitt 7 oder Abschnitt 8
$q_p(z_e)$	Böengeschwindigkeitsdruck (nach 4.5) in der Bezugshöhe z_e (nach Abschnitt 7 oder Abschnitt 8)
A_{ref}	Bezugsfläche für einen Baukörper oder Baukörperabschnitt, nach Abschnitt 7 oder Abschnitt 8

ANMERKUNG In Abschnitt 7 sind c_f -Werte für Baukörper und Bauabschnitte wie Prismen, Zylinder, Dächer, Anzeigentafeln, Flaggen und Fachwerke angegeben. Abschnitt 8 liefert c_f -Werte für Brücken. Die Werte c_f beinhalten bereits den Einfluss von Reibungseffekten.

(3) Wird die Windkraft F_w mit Winddrücken und Reibungsbeiwerten ermittelt, kann sie durch vektorielle Addition der Kräfte $F_{w,e}$, $F_{w,i}$ und F_{fr} bestimmt werden. Die Kräfte $F_{w,e}$ und $F_{w,i}$ werden aus den äußeren und inneren Drücken mit den Gleichungen (5.5) und (5.6) berechnet. Die Reibungskräfte infolge Windeinwirkung parallel zu den Außenflächen werden nach Gleichungen (5.7) berechnet.

Die Kraft $F_{w,e}$ aus dem Außenwinddruck ist

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{Oberflächen}} w_e \cdot A_{\text{ref}} \quad (5.5)$$

Die Kraft $F_{w,i}$ aus dem Innenwinddruck ist

$$F_{w,i} = \sum_{\text{Oberflächen}} w_i \cdot A_{\text{ref}} \quad (5.6)$$

Die Reibungskraft F_{fr} lautet

$$F_{fr,j} = c_{fr,j} \cdot q_p(z_e)_j \cdot A_{fr,j} \quad (5.7)$$

Dabei ist

$c_s c_d$	Strukturbeiwert nach Abschnitt 6;
-----------	-----------------------------------

- w_e Außenwinddruck auf einen Körperabschnitt in der Höhe z_e , nach (5.1);
- w_i Innenwinddruck auf einen Körperabschnitt in der Höhe z_i , nach (5.2);
- A_{ref} Bezugsfläche des Körperabschnitts;
- c_{fr} Reibungsbeiwert nach 7.5;
- A_{fr} Außenfläche die parallel vom Wind angeströmt wird, nach 7.5.

ANMERKUNG 1 Die Windkraft auf ein Bauteil (z. B. Wände oder Dächer) wird aus der Differenz der Außenwindkraft und Innenwindkraft berechnet.

ANMERKUNG 2 Reibungskräfte F_{fr} wirken in Richtung der Windkräfte parallel zu den Außenflächen.

(4) Der Reibungseffekt auf der Bauteiloberfläche kann vernachlässigt werden, wenn die Gesamtfläche aller windparallelen Oberflächen (und Flächen mit geringer Winkelabweichung zur Parallelen) gleich oder geringer ist als das 4-fache aller Flächen, die senkrecht zum Wind orientiert sind (luv- und leeseitig).

(5) Bei der Addition der Windkräfte, die auf Bauwerke einwirken, darf die Wirkung der Korrelation zwischen dem luvseitigen und leeseitigen Winddruck berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann festlegen, ob die Wirkung der Korrelation generell oder nur eingeschränkt angesetzt werden darf (z. B. wie in 7.2.2 (3)). Es wird empfohlen, die Wirkung der Korrelation nur bei Wänden zu berücksichtigen (siehe 7.2.2 (3)).

6 Strukturbeiwert $c_s c_d$

6.1 Allgemeines

(1) Der Strukturbeiwert $c_s c_d$ berücksichtigt, dass Spitzenwinddrücke nicht gleichzeitig auf der gesamten Oberfläche auftreten können (Anteil c_s), sowie die dynamische Überhöhung durch resonanzartige Bauwerksschwingungen infolge Windturbulenz (Anteil c_d).

ANMERKUNG Der Strukturbeiwert darf unter Berücksichtigung von 6.3 in einen Größenfaktor c_s und in einen dynamischen Faktor c_d aufgeteilt werden. Der Nationale Anhang kann angeben, ob eine Trennung von $c_s c_d$ vorgenommen werden darf oder nicht.

6.2 Ermittlung von $c_s c_d$

(1) $c_s c_d$ darf wie folgt bestimmt werden:

- Bei Gebäuden mit einer Höhe $h < 15$ m gilt $c_s c_d = 1$
- Bei Fassaden und Dachelementen mit einer Eigenfrequenz $f > 5$ Hz gilt $c_s c_d = 1$
- Bei Gebäuden in Skelettbauweise mit aussteifenden Wänden, die niedriger als 100 m sind und deren Höhe kleiner als das vierfache der Gebäudetiefe ist, gilt $c_s c_d = 1$.
- Bei Schornsteinen mit kreisförmigem Querschnitt und einer Höhe $h < 60$ m oder $h < 6,5 \cdot d$ mit

d Durchmesser,

gilt $c_s c_d = 1$.

e) In den Fällen a), b), c) und d) dürfen die Werte für $c_s c_d$ auch anhand des 6.3.1 bestimmt werden.

- f) Bei Ingenieurbauten (außer Brücken, die in Abschnitt 8 behandelt werden) Schornsteinen und Bauwerken außerhalb der Anwendungsgrenzen nach c) und d) ist $c_s c_d$ nach 6.3 zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 Die Eigenfrequenzen von Fassaden und Dachelementen können mit Anhang F berechnet werden (Glasflächen mit einer Spannweite von weniger als 3 m führen gewöhnlich zu Eigenfrequenzen über 5 Hz).

ANMERKUNG 2 Die Bilder in Anhang D liefern Richtwerte für $c_s c_d$ für verschiedene Bauwerke und Bauweisen. Die Werte sind konservativ und wurden mit Modellen unter Berücksichtigung von 6.3.1 berechnet.

6.3 Ausführliches Verfahren

6.3.1 Strukturbeiwert $c_s c_d$

(1) Die genaue Berechnung zur Bestimmung des Strukturbeiwertes $c_s c_d$ erfolgt nach Gleichung (6.1). Voraussetzung für die Anwendung ist, dass die Bedingungen aus 6.3.1 (2) zutreffen.

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad (6.1)$$

Dabei ist

- z_s Bezugshöhe für die Bestimmung des Strukturbeiwertes siehe Bild 6.1. Bei Bauwerken, für die Bild 6.1 nicht zutrifft, darf $z_s = h$ gesetzt werden, wobei h die Bauwerkshöhe ist;
- k_p Spitzenbeiwert als Verhältnis des Größtwertes des veränderlichen Teils der Bauwerksantwort zu ihrer Standardabweichung;
- I_v Turbulenzintensität nach 4.4;
- B^2 Böengrundanteil als quasi statischer Anteil der Böenreaktion, der die Reduktion des effektiven Oberflächendrucks durch die abnehmende Korrelation bei großen Lasteinzugsflächen erfasst;
- R^2 Resonanz-Anteil der Böenreaktion zur Berechnung der resonanzartigen Vergrößerung der Bauwerksreaktion infolge Turbulenz.

ANMERKUNG 1 Der Größenbeiwert c_s berücksichtigt die reduzierte Windeinwirkung infolge des nicht-gleichzeitigen Auftretens der Spitzenwinddrücke auf der gesamten Oberfläche und kann wie folgt berechnet werden:

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot I_v(z_e) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_e)} \quad (6.2)$$

ANMERKUNG 2 Der dynamische Beiwert c_d berücksichtigt die dynamische, resonanzartige Vergrößerung der Bauwerksreaktion infolge Windturbulenz und kann wie folgt berechnet werden:

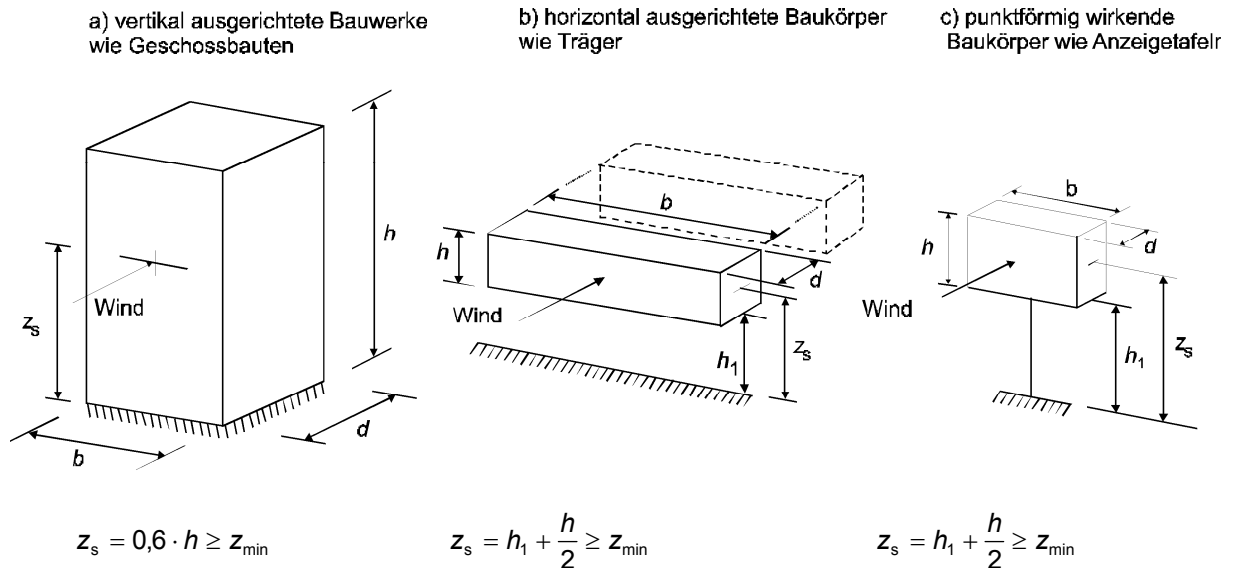
$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_e) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_e) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

ANMERKUNG 3 Das Verfahren zur Bestimmung von k_p , B und R kann im Nationalen Anhang angegeben sein. Ein empfohlenes Verfahren ist in Anhang B angegeben. Ein alternatives Verfahren liefert Anhang C. Die Bestimmung von $c_s c_d$ unter Verwendung von Anhang C liefert, verglichen mit Anhang B, Werte, die maximal um etwa 5 % größer sind.

(2)P Das genaue Verfahren nach (6.1) gilt unter folgenden Bedingungen:

- der Baukörper entspricht einer der Formen in Bild 6.1,
- die Grundbiegeschwingungsform in Windrichtung ist maßgebend und diese Schwingungsform führt zu Verschiebungen in nur einer Richtung (keine Änderung des Vorzeichens).

ANMERKUNG Der Beitrag höherer Schwingungsmoden in Windrichtung ist vernachlässigbar.



ANMERKUNG Zu Anwendungsgrenzen siehe auch 1.1 (2).

Bild 6.1 —Bedingungen für Bauwerksformen mit Abmessungen und Bezugshöhen z_s

6.3.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweise

(1) Für Gebrauchstauglichkeitsnachweise kann die maximale Auslenkung und die Standardabweichung der charakteristischen Beschleunigung in der Höhe z des Bauwerks verwendet werden. Zur Bestimmung der Auslenkung in Windrichtung wird die äquivalente statische Windkraft nach **AC** 5.3 **AC** verwendet.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann ein Verfahren zur Bestimmung der Auslenkung und der Standardabweichung der Beschleunigung in Windrichtung angeben. Das Verfahren in Anhang B wird empfohlen. Alternativ kann auch das Verfahren in Anhang C verwendet werden.

6.3.3 Interferenzfaktor für hohe Bauwerke

(1) Bei schlanken Bauwerken ($hld > 4$) und bei Schornsteinen ($hld > 6,5$) in Reihen- oder in Gruppenanordnung ist der Einfluss der erhöhten Turbulenz infolge der Nachlaufturbulenz benachbarter Bauwerke (Interferenz hoher Bauwerke) zu berücksichtigen.

(2) Die Wirkung der Nachlaufturbulenz kann vernachlässigt werden, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Der Abstand zwischen zwei Bauwerken oder Schornsteinen ist größer als das 25-fache der Abmessung quer zur Anströmrichtung des luvseitig gelegenen Gebäudes oder Schornsteins.
- Die Eigenfrequenz des leeseitig gelegenen Gebäudes ist größer als 1 Hz.

ANMERKUNG Für Fälle außerhalb der Gültigkeit von 6.3.3 (2) werden Sonderuntersuchungen empfohlen.

7 Aerodynamische Beiwerte

7.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt dient zur Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte für Baukörper. In Abhängigkeit von der Bauwerksform werden die aerodynamischen Beiwerte angegeben als:

- Innen- und Außendruckbeiwerte, siehe 7.1.1 (1)
- Gesamtdruckbeiwerte, siehe 7.1.1 (2)
- Reibungsbeiwerte, siehe 7.1.1 (3)
- Kraftbeiwerte, siehe 7.1.1 (4)

7.1.1 Bestimmung der aerodynamischen Beiwerte

(1) Druckbeiwerte werden angegeben für:

- Baukörper als Innen- und Außendruckbeiwerte in 7.2
- Kreiszylinder als Innendruckbeiwerte in 7.2.9 und Außendruckbeiwerte in 7.9.1.

ANMERKUNG 1 Außendruckbeiwerte beschreiben die Windeinwirkung auf außenliegende Gebäudeflächen, Innendruckbeiwerte beschreiben die Windeinwirkung auf innenliegende Gebäudeflächen.

ANMERKUNG 2 Die Außendruckbeiwerte werden als globale und lokale Druckbeiwerte angegeben. Die lokalen Beiwerte beschreiben die Windeinwirkung auf eine 1 m² große Lasteinflussfläche und können zur Bemessung kleiner Bauteile oder Verankerungen herangezogen werden. Die globalen Druckbeiwerte beschreiben die Windeinwirkung auf Lasteinflussflächen von 10 m². Diese können auch für Lasteinflussflächen genutzt werden, die größer als 10 m² sind.

(2) Gesamtdruckbeiwerte werden angegeben für:

- freistehende Dächer in 7.3
- freistehende Wände Brüstungen und Zäune in 7.4

ANMERKUNG: Gesamtdruckbeiwerte beschreiben die Windeinwirkung auf ein Bauwerk, einen Bauteil oder einen Abschnitt pro Flächeneinheit.

(3) Reibungsbeiwerte für Wände und Oberflächen nach 5.3 (3) und 5.3 (4) werden in 7.5 angegeben.

(4) Kraftbeiwerte werden angegeben für:

- Anzeigetafeln, in 7.4.3
- Bauteile mit rechteckigem Querschnitt, in 7.6
- Bauteile mit scharfkantigem Querschnitt, in 7.7
- Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt, in 7.8
- Kreiszylinder, in 7.9.2 und 7.9.3
- Kugeln, in 7.10
- Fachwerke und Gerüste, in 7.11

— Flaggen, in 7.12

7.13 liefert Abminderungsfaktoren zur Berücksichtigung der Schlankheit des Baukörpers.

ANMERKUNG Kraftbeiwerte beschreiben die Gesamtwindkraft, die auf ein Bauwerk, ein Bauteil oder einen Abschnitt einwirkt, einschließlich der Reibungskraft, wenn diese nicht ausdrücklich ausgeschlossen wird.

7.1.2 Exzentrisch und günstig wirkende Drücke und Kräfte

(1) Verursachen veränderliche Windeinwirkungen signifikante asymmetrische Belastungen und ist das Tragwerk empfindlich für solche Belastungen (z. B. bei Torsion von symmetrischen Gebäuden mit nur einem Aussteifungskern), dann sind diese zu berücksichtigen.

(2) Für Gebäude, freistehende Dächer und Anzeigetafeln gelten 7.3 und 7.4

ANMERKUNG: Der Nationale Anhang kann Verfahren für andere Tragwerke angeben. Es werden folgende Verfahren empfohlen:

a) Bei torsionsanfälligen, rechteckigen Bauteilen kann zur Ermittlung der Torsionsbelastung infolge schräger Anströmung oder infolge fehlender Korrelation zwischen Windeinwirkungen auf verschiedene Tragwerksteile die Druckverteilung nach Bild 7.1 angenommen werden.

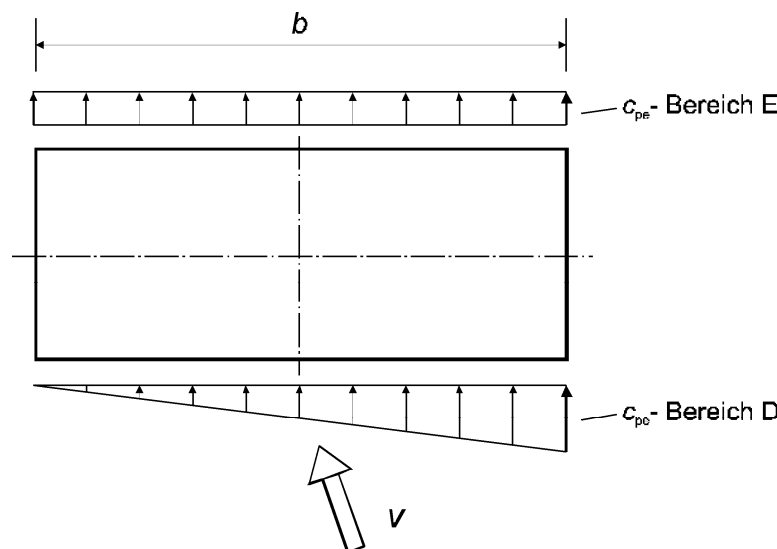


Bild 7.1 — Druckverteilung zur Berücksichtigung von Torsionseffekten. Die Druckzonen und Druckbeiwerte sind in Tabelle 7.1 und Bild 7.5 angegeben.

b) Andernfalls ist eine asymmetrische Belastung dadurch zu erzeugen, dass die günstig wirkenden Windlasten auf die Bauteile eines Tragwerks vernachlässigt werden.

7.1.3 Auswirkungen von Eis und Schnee

(1) Bewirken Eis oder Schnee eine Änderung der Abmessungen eines Bauteils, so dass sich dessen Bezugsfläche oder Umriss ändert, so ist dies zu berücksichtigen.

ANMERKUNG: Weitere Informationen können dem Nationalen Anhang entnommen werden.

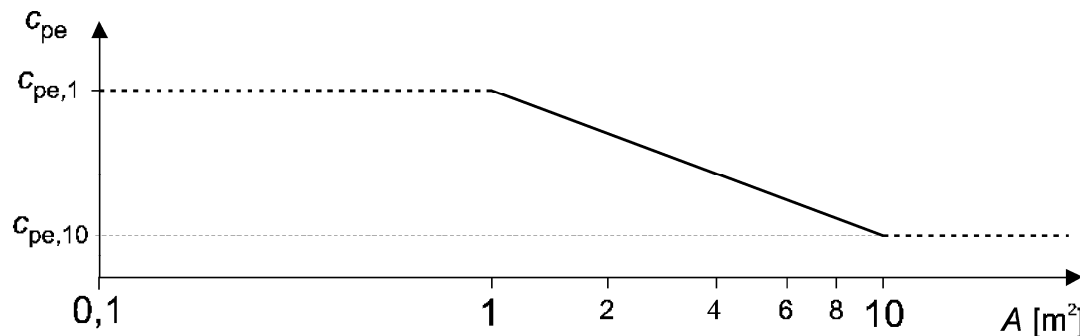
7.2 Druckbeiwerte für Gebäude

7.2.1 Allgemeines

(1) Die Außendruckbeiwerte c_{pe} für Bauwerke und Gebäudeabschnitte hängen von der Größe der Lasteinflussfläche A ab. Sie werden in den für die entsprechende Gebäudeform maßgebenden Tabellen für Lasteinflussflächen von 1 m^2 und von 10 m^2 als $c_{pe,1}$ bzw. $c_{pe,10}$ angegeben.

ANMERKUNG 1 $c_{pe,1}$ -Werte dienen dem Entwurf kleiner Bauteile und deren Verankerungen, mit einer Lasteinflussfläche kleiner oder gleich 1 m^2 , wie z. B. Verkleidungs- und Dachelementen. $c_{pe,10}$ -Werte werden zur Bemessung des gesamten Tragwerks verwendet.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang kann das Verfahren zur Bestimmung der Außendruckbeiwerte für Lasteinflussflächen größer als 1 m^2 angeben. Bild 7.2 zeigt das empfohlene Verfahren für Lasteinflussflächen bis 10 m^2 .



Das Bild liefert folgenden Zusammenhang:

für $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$ $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$

Bild 7.2 — Außendruckbeiwerte c_{pe} für Gebäude in Abhängigkeit von der Lasteinflussfläche A

(2) Die Beiwerte $c_{pe,10}$ und $c_{pe,1}$ in den Tabellen 7.1 bis 7.5 werden für die orthogonalen Anströmrichtungen 0° , 90° und 180° angegeben, geben jedoch den höchsten auftretenden Wert innerhalb des Bereichs $\Theta = \pm 45^\circ$ um die angegebene orthogonale Anströmrichtung wieder.

(3) Bei Dachüberständen kann für den Unterseitendruck der Wert der anschließenden Wandfläche angenommen werden, auf der Oberseite der Druck der angrenzenden Dachfläche (siehe Bild 7.3).

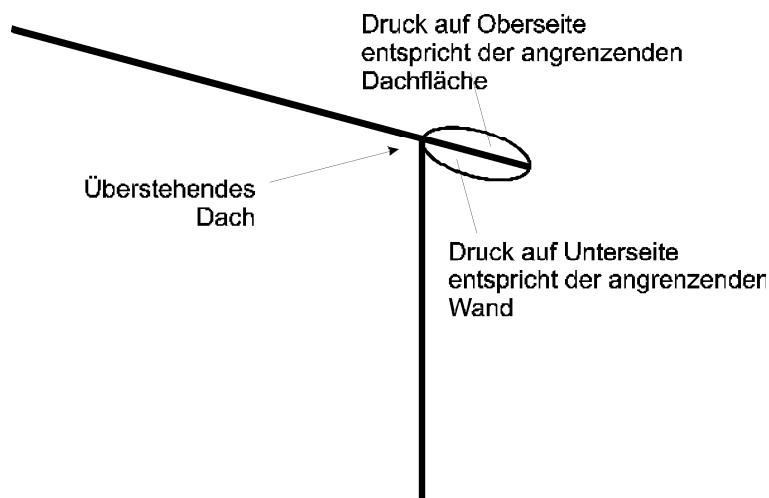


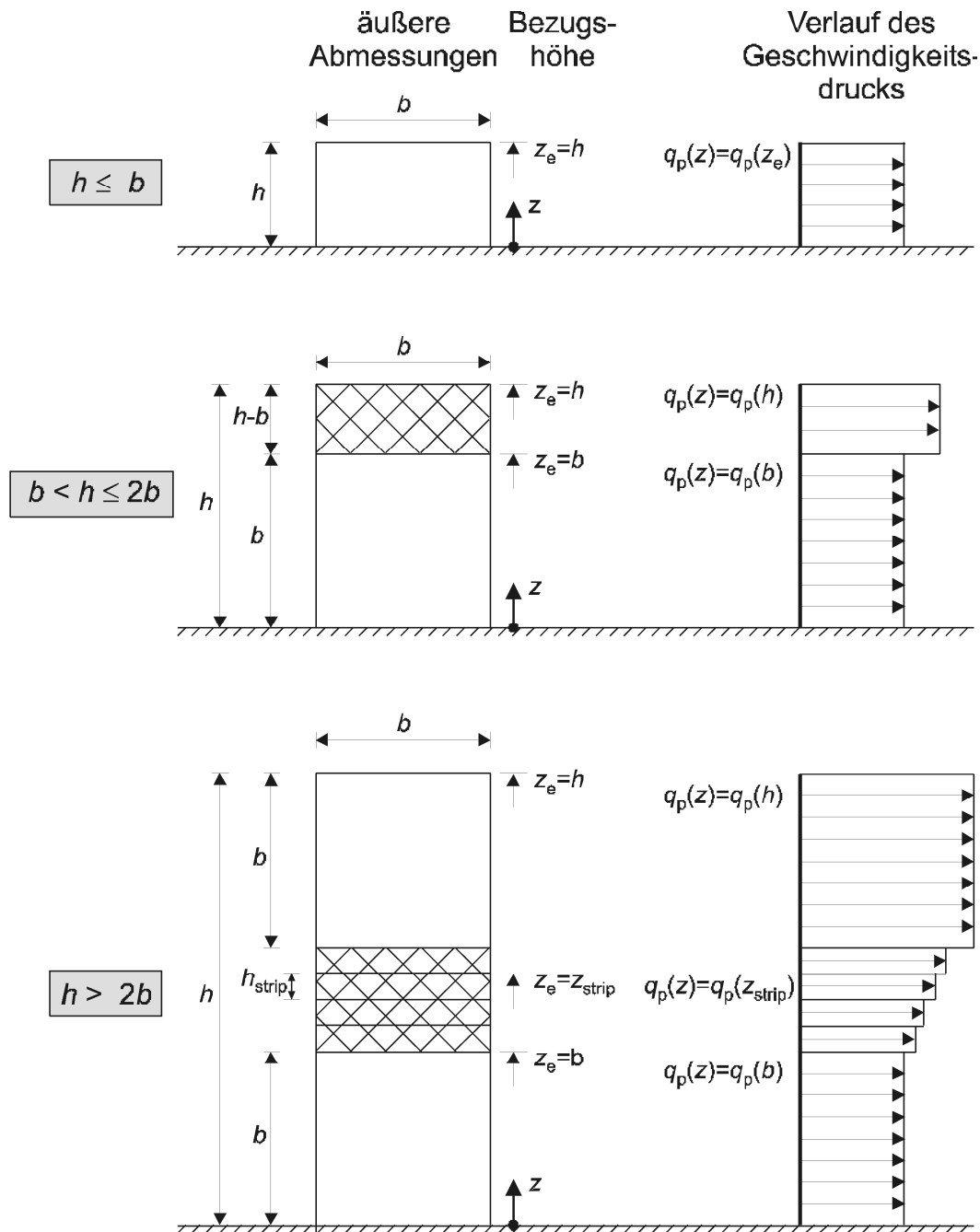
Bild 7.3 — Drücke bei Dachüberständen

7.2.2 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

(1) Für Wände und Baukörper mit rechteckigem Grundriss (Bereich D in Bild 7.5) dürfen die Außendrücke über die Baukörperhöhe gestaffelt nach Bild 7.4 angesetzt werden. 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 Baukörperbreite h/b in folgender Weise

- Für Baukörper, mit $h \leq b$ wird ein einziger Streifen der Höhe h angenommen.
- Für Baukörper mit $b < h \leq 2 \cdot b$ 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 mit den Höhen h_{strip} unterteilt, siehe Bild 7.4.

ANMERKUNG Die Regeln zur Verteilung des Geschwindigkeitsdruckes auf leeseitigen und windparallelen Wänden (Bereiche A, B, C und E, siehe Bild 7.5) können im Nationalen Anhang angegeben werden oder dürfen individuell für das Bauvorhaben definiert werden. Es wird empfohlen, die Gebäudehöhe als Bezugshöhe anzunehmen.



ANMERKUNG: Der Geschwindigkeitsdruck ist für jeden horizontalen Streifen gleichmäßig verteilt anzunehmen.

Bild 7.4 — Bezugshöhe z_e in Abhängigkeit von h und b und Winddruckverteilung

(2) Die Außendruckbeiwerte $c_{pe,10}$ und $c_{pe,1}$ sind für die Bereiche A bis E in Bild 7.5 definiert.

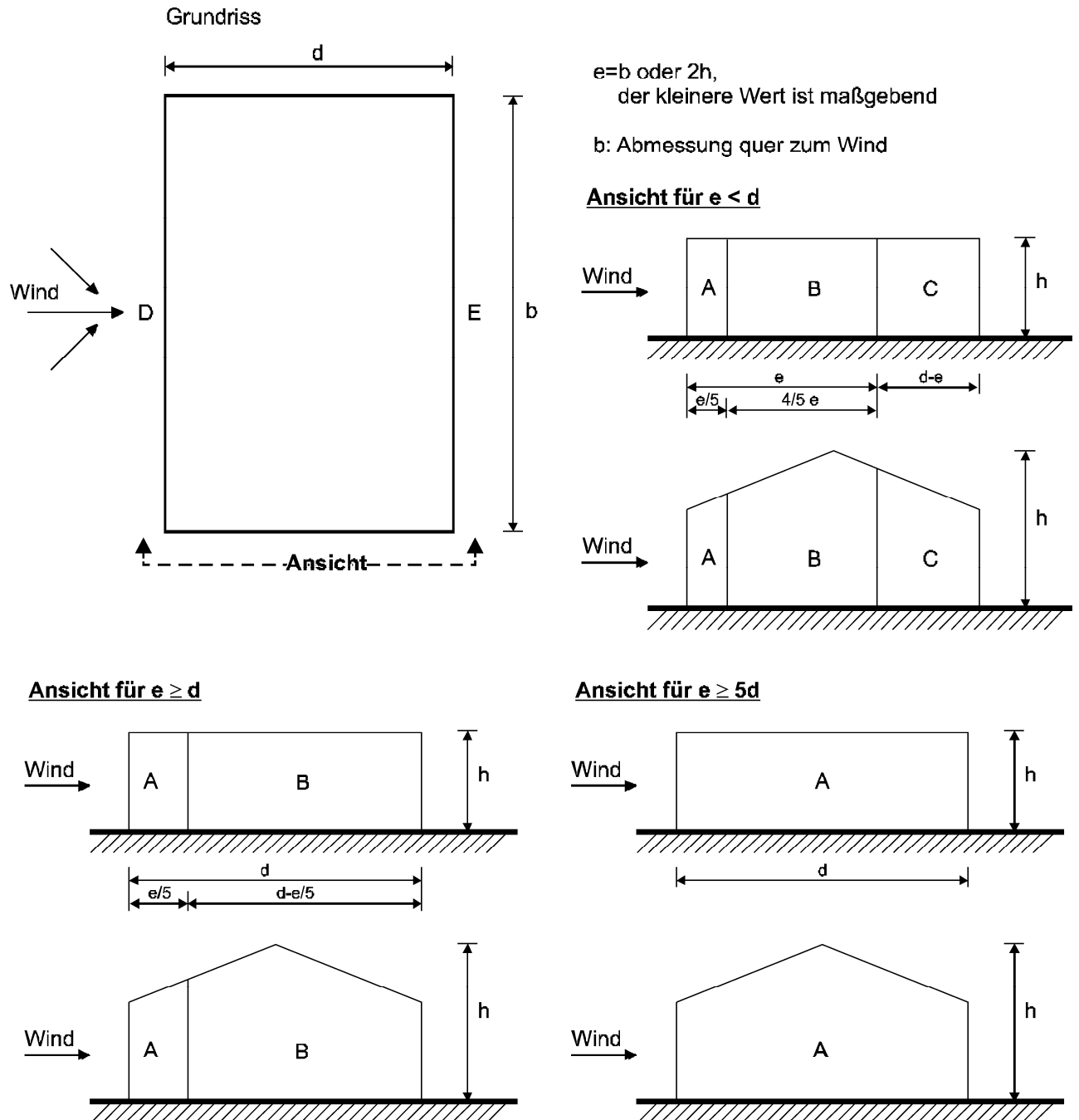


Bild 7.5 — Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden

ANMERKUNG 1: Die Werte für $c_{pe,10}$ und $c_{pe,1}$ können im Nationalen Anhang angegeben sein. Die empfohlenen Werte sind in Tabelle 7.1 abhängig von h/d angegeben. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die Werte der Tabelle 7.1 gelten auch für Gebäude mit geneigten Dächern wie z. B. Sattel- oder Pultdächern.

Tabelle 7.1 — Empfohlene 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	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-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	

ANMERKUNG 2: Für Gebäude mit $h/d > 5$ wird die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus 7.6 bis 7.8 und 7.9.2 ermittelt

(3) Wird die Windlast auf Bauwerke mit gleichzeitigem Ansatz der Druckbeiwerte auf die lee- und luvseitigen Wände (Bereiche D und E) ermittelt, darf die Korrelation des Winddruckes auf die lee- und luvseitigen Wände mit berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die fehlende Korrelation zwischen der Luv- und Leeseite darf wie folgt berücksichtigt werden: Für Gebäude mit $h/d \geq 5$ ist die resultierende Kraft mit 1 zu multiplizieren. Für Gebäude mit $h/d \leq 1$, darf die resultierende Kraft mit 0,85 reduziert werden. Für Zwischenwerte von h/d darf linear interpoliert werden.

7.2.3 Flachdächer

(1) Flachdächer sind Dächer, die weniger als $\pm 5^\circ$ geneigt sind.

A1 (2) Das Dach sollte in Bereiche unterteilt werden.

ANMERKUNG Die Bereiche dürfen im Nationalen Anhang definiert werden. Die empfohlenen Bereiche sind in Bild 7.6 angegeben. **A1**

(3) Die Bezugshöhe z_e für Flachdächer mit abgerundeten Ecken oder mansardenartigen Abschrägungen ist mit $z_e = h$ anzusetzen, bei Flachdächern mit Attika gilt nach Bild 7.6 $z_e = h + h_p$.

A1 (4) Die Druckbeiwerte sollten für jeden Bereich definiert werden.

ANMERKUNG 1 Die Druckbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die empfohlenen Werte sind in Tabelle 7.2 angegeben.

ANMERKUNG 2 Der Druckbeiwert für die Attika sollte nach 7.4 ermittelt werden. **A1**

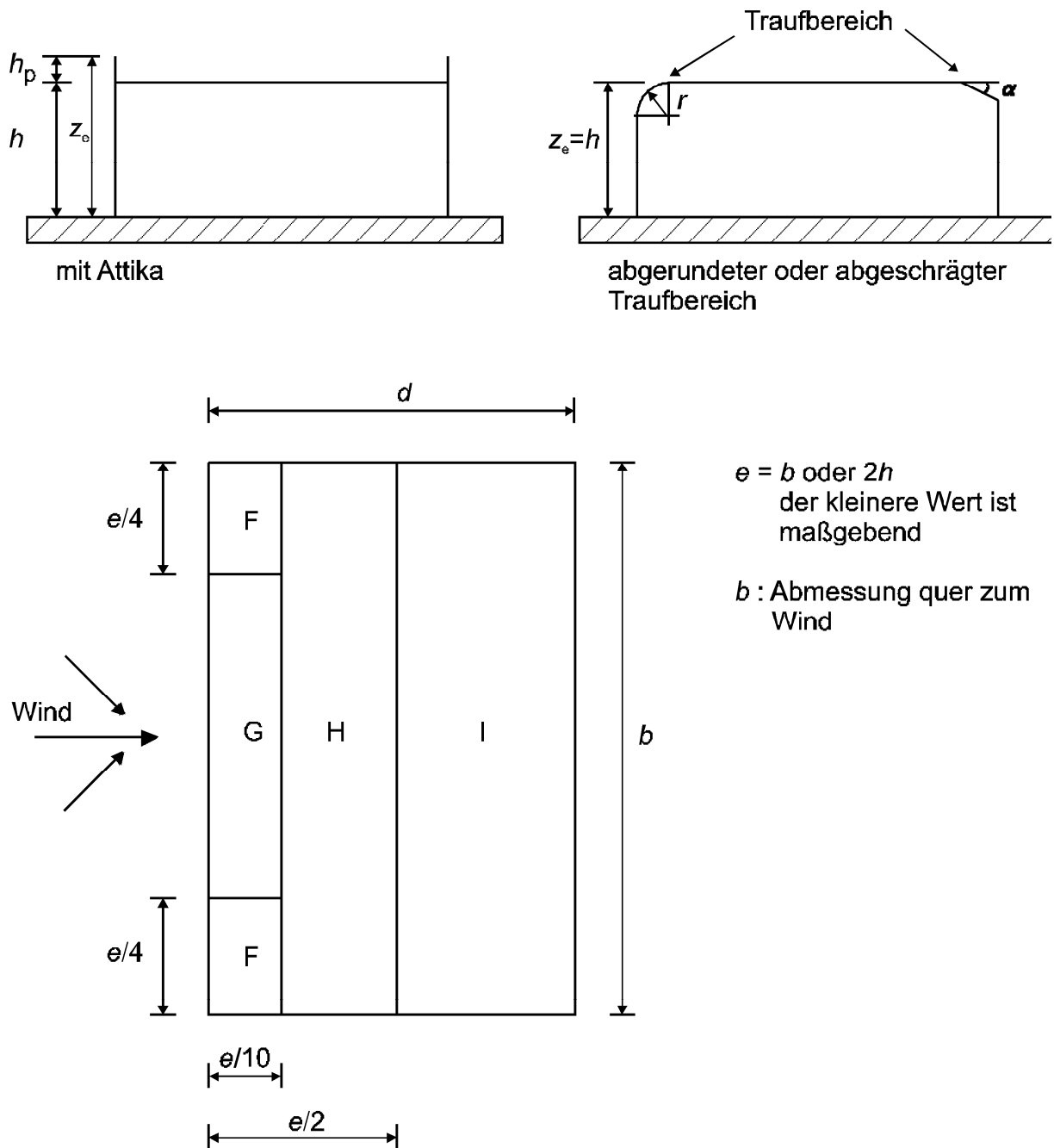


Bild 7.6 — Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern

Tabelle 7.2 — **A1** Empfohlene Werte für Außendruckbeiwerte für Flachdächer **A1**

Dachtyp		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	
								-0,2	
mit Attika	h _p /h=0,025	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
	h _p /h=0,05	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
	h _p /h=0,10	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
Abgerundeter Traufbereich	r/h = 0,05	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	
								-0,2	
	r/h = 0,10	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	
								-0,2	
	r/h = 0,20	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	
								-0,2	
mansarden-artig abgeschrägter Traufbereich	α = 30°	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	
								-0,2	
	α = 45°	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	
								-0,2	
	α = 60°	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	
								-0,2	

ANMERKUNG 1 Bei Dächern mit Attika oder abgerundetem Traufbereich darf für Zwischenwerte h_p/h und r/h linear interpoliert werden.

ANMERKUNG 2 Bei Dächern mit mansardendachartigem 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 scharfkantigem Traufbereich linear interpoliert werden.

ANMERKUNG 3 Im Bereich I, für den positive und negative Werte angegeben werden, **A1** sollten **A1** beide Werte berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 4 Für die Schräge des mansardendachartigen Traufbereichs selbst werden die Außendruckbeiwerte in Tabelle 7.4a "Außendruckbeiwerte für Satteldächer und Trogdächer" Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$, Bereich F und G, in Abhängigkeit von dem Neigungswinkel des mansardendachartigen Traufbereichs angegeben.

ANMERKUNG 5 Für den abgerundeten Traufbereich selbst werden die Außendruckbeiwerte entlang der Krümmung durch lineare Interpolation entlang der Kurve zwischen den Werten der vertikalen Wand und auf dem Dach ermittelt

A1 ANMERKUNG 6 Bei mansardenartigen abschrägten Traufbereichen mit einem horizontalen Maß weniger als $e/10$ sollten die Werte für scharfkantige Traufbereiche verwendet werden. Für die Definition von e siehe Bild 7.6. **A1**

7.2.4 Pultdächer

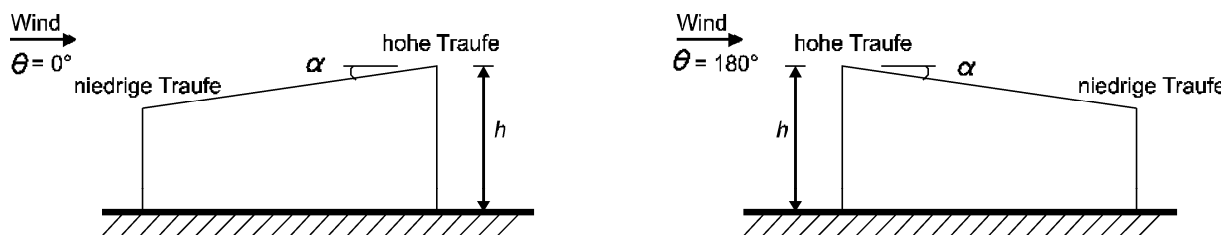
▣_{A1} (1) Das Dach einschließlich der überstehenden Teile sollte in Bereiche unterteilt werden.

ANMERKUNG Die Bereiche dürfen im Nationalen Anhang definiert werden. Die empfohlenen Bereiche sind in Bild 7.7 angegeben. ▣_{A1}

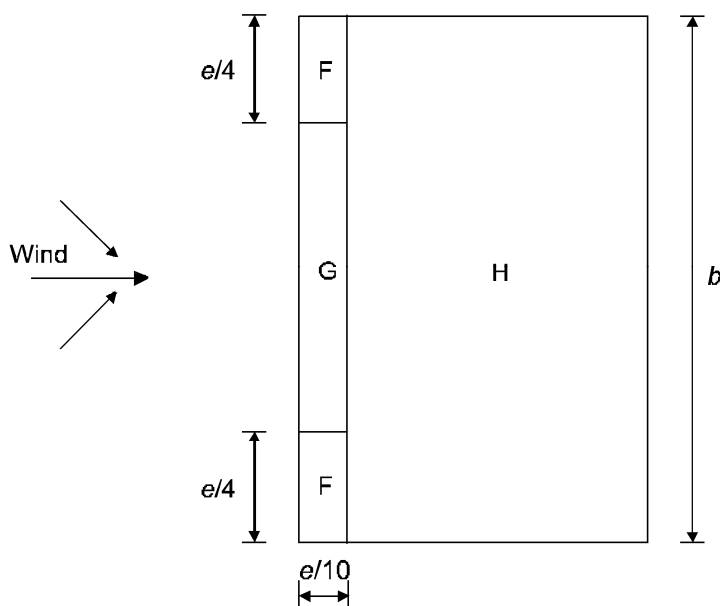
(2) Die Bezugshöhe z_e ist mit $z_e = h$ anzunehmen.

▣_{A1} (3) Die Druckbeiwerte sollten für jeden Bereich definiert werden.

ANMERKUNG Die Druckbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die empfohlenen Werte sind in Tabelle 7.3a und Tabelle 7.3b angegeben. ▣_{A1}



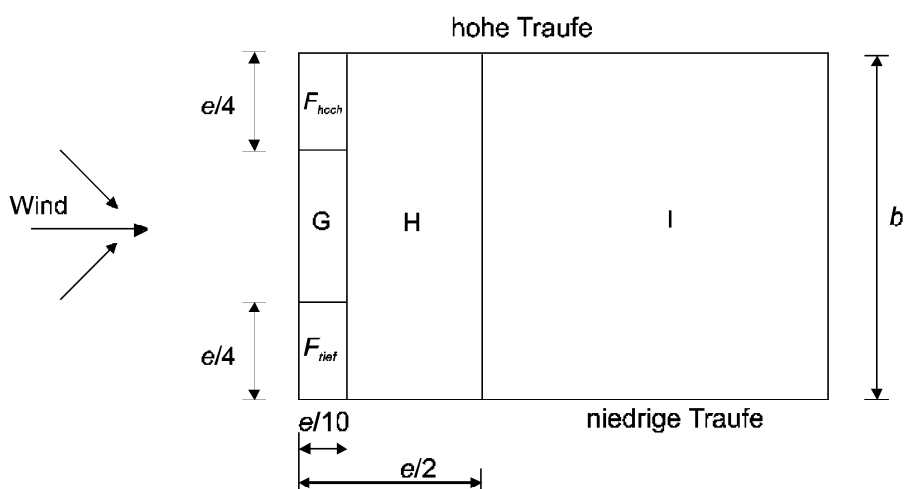
(a) allgemein



(b) Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und $\theta = 180^\circ$

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

b : Abmessung quer zum Wind



(c) Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$

Bild 7.7 — Einteilung der Dachflächen bei Pultdächern