

A Einführung

A1 Europäisches Normenpaket

A1.1 Europäische Entwicklung

In nahezu allen europäischen Ländern werden die Eurocodes, wenn auch zeitverzögert, eingeführt. Die Eurocodes sind ein Normenpaket, bestehend aus derzeit 10 Normen und 58 Teilen.

- EC0 Grundlagen (EN 1990)
- EC1 Einwirkungen (EN 1991)
- EC2 Betonbau (EN 1992)
- EC3 Stahlbau (EN 1993)
- EC4 Verbundbau (EN 1994)
- EC5 Holzbau (EN 1995)
- EC6 Mauerwerksbau (EN 1996)
- EC7 Grundbau (EN 1997)
- EC8 Erdbeben (EN 1998)
- EC9 Aluminiumbau (EN 1999).

Diese Tragwerksnormen für den Ingenieurbau stellen für Planer und Fachingenieure in der Zukunft das umfassendste Paket konstruktiver Normen dar.

Für das Bauwesen ist als Folge des Gemeinsamen Europäischen Binnenmarktes die sog. "Bauproduktenrichtlinie (21.12.1988)" erlassen worden. Ziel ist die Schaffung gemeinsamer Normen und Regeln für die Bemessung, Planung und Ausführung von Bauwerken sowie gemeinsame Anforderungen an die Bauprodukte des Hoch- und Tiefbaus.

Durch die vielen unterschiedlichen Bausysteme im europäischen Ingenieurbau haben sich über Jahrhunderte in den jeweiligen Regionen landesspezifische Entwicklungen durchgesetzt, die zu unterschiedlichen Berechnungs- und Bemessungssystemen geführt haben. Zur Umsetzung der sog. "Bauproduktenrichtlinie" war es daher unerlässlich, die jeweiligen nationalen Bemessungsnormen in einheitlichen europäischen Richtlinien zu diskutieren, zu bewerten und in einer von allen Beteiligten akzeptierten Lösung zusammenzufassen. Die EN Euroco-

des, erarbeitet durch das CEN (European Committee for Standardization), sind das Ergebnis dieser Zusammenarbeit und gelten damit als die Grundlage europäischer einheitlicher technischer Dokumente mit folgenden Schwerpunkten:

- Tragwerksplanung
 - Standsicherheit und Brandschutz
- Vertragsgrundlagen
 - Bau- und Ingenieurleistungen
- Bauprodukte
 - Materialeigenschaften.

Die in den Eurocodes berücksichtigten unterschiedlichsten Aspekte des Ingenieurbaus wie Baumaterialien und Bausysteme werden erweitert durch zusätzliche Festlegungen in den Bereichen der Geotechnik, des Brandschutzes und der Erdbebenbeanspruchung. Für die Planung, Berechnung und Ausführung von Sonderkonstruktionen sind, falls erforderlich, über die 10 Eurocodes hinausgehende Normen und spezifische Regelungen zu berücksichtigen.

Um den vorhandenen unterschiedlichen Bauweisen im europäischen Ingenieurbau Rechnung tragen zu können und um die damit verbundenen geographischen, klimatischen und landschaftsspezifischen Gegebenheiten zu berücksichtigen, erlauben die Eurocodes nationale Festlegungen in Form von nationalen Anhängen (NA). Diese "National determinierten Parameter" (NDP) gelten im Zusammenhang mit den jeweiligen Eurocodes und den darin empfohlenen Werten und Berechnungsverfahren, können aber mehr oder weniger davon abweichen.

Da der Ausschuss CEN/TC250 im Jahr 2008 beschlossen hat bis mindestens 2013-03 keine Überarbeitung der Eurocodes vorzunehmen, dürfen Änderungen und Berichtigungen bis zu diesem Zeitpunkt national als gesonderte Do-

kumente veröffentlicht werden. Zuständig hierfür sind die Gremien innerhalb des Normenausschusses Bauwesen in DIN e.V. Allerdings entfallen nationale Anhänge, wenn die Eurocodes hierfür keine zugelassenen Auswahlmöglichkeiten anbieten.

A1.2 Nationale Umsetzung

Durch den Beschluss der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz sind die europäischen Normen der Reihe DIN EN 1990 bis DIN EN 1999 am 01. Juli 2012 verbindlich anzuwenden. Mit dieser Stichtagsregelung gelten ab diesem Termin nur noch die betreffenden Eurocodes als Technische Baubestimmungen. Die entsprechenden nationalen DIN-Normen werden zeitgleich aus der Liste der Technischen Baubestimmungen gestrichen.

Durch die bauaufsichtliche Einführung des Normenpaketes DIN EN 1990 - 1999 in den einzelnen Bundesländern (Tabelle A.1.1) werden allen am Bau beteiligten, vom Planer über den Tragwerksingenieur bis zu den bauausführenden Firmen Unterlagen zur Verfügung gestellt, um auf der Grundlage der europäischen Regelwerke die erforderliche Planungs- und Ausführungssicherheit zu erhalten. Ebenso werden die Hersteller von Bauprodukten sich diesem Normenpaket anschließen müssen, da sich die Produktnormen auf diese europäischen Regelwerke beziehen.

Tabelle A1.1: Europäisches und nationales Normenpaket

Eurocode	Europäische Norm	Vereinheitlichte Bemessungsregeln	Nationale Norm	Nationaler Anhang
EC0	EN 1990	Grundlagen	DIN EN 1990	DIN EN 1990/NA
EC1	EN 1991	Einwirkungen	DIN EN 1991	DIN EN 1991/NA
EC2	EN 1992	Betonbau	DIN EN 1992	DIN EN 1992/NA
EC3	EN 1993	Stahlbau	DIN EN 1993	DIN EN 1993/NA
EC4	EN 1994	Verbundbau	DIN EN 1994	DIN EN 1994/NA
EC5	EN 1995	Holzbau	DIN EN 1995	DIN EN 1995/NA
EC6	EN 1996	Mauerwerksbau	DIN EN 1996	DIN EN 1996/NA
EC7	EN 1997	Grundbau	DIN EN 1997	DIN EN 1997/NA
EC8	EN 1998	Erdbeben	DIN EN 1998	DIN EN 1998/NA
EC9	EN 1999	Aluminiumbau	DIN EN 1999	DIN EN 1999/NA

A1.3 Normung im Holzbau

Die Normung im Holzbau hat ihren Beginn in den ersten beiden Ausgaben der DIN 1052, Juli 1933 und Mai 1938. In der DIN 1052 Ausgabe Februar 1941 wurden erstmalig grundlegende Hinweise zur Berechnung und Ausführung von Holzbauwerken gemacht. In den folgenden beiden Ausgaben der DIN 1052, Ausgabe Oktober 1947 und August 1965, wurden Teilabschnitte überarbeitet und ergänzt. Angepasst an die seit 1948 durchgeführten Forschungsarbeiten im Holzbau und um der Entwicklung im Holzbau Rechnung zu tragen, wurde die DIN 1052 Ausgabe 1965 erneut überarbeitet und mit dem Anhang "Bestimmungen für Dübelverbindungen besonderer Bauart" ergänzt.

Eine vollständige Überarbeitung zu zwei DIN-Blättern war der nächste Schritt in der Normung im Holzbau und führte zu der Neufassung

*DIN 1052 Ausgabe Oktober 1969
Holzbauwerke
Berechnung und Ausführung*

Ein weiterer Schritt in der Normung im konstruktiven Holzbau war der Ersatz der Ausgabe DIN 1052:1969-10 durch die DIN 1052 Ausgabe April 1988, die auch bauaufsichtlich eingeführt wurde.

Gegliedert war die Ausgabe DIN 1052:1988-04 in die Teile

DIN 1052 Teil 1 Berechnung und Ausführung

Teil 2 Mechanische Verbindungen

Teil 3 Holzhäuser in Tafelbauart,

Änderungen und Ergänzungen zu diesen drei Teilen wurden vom Normenausschuss Bauwesen, Fachbereich 04 "Holzbau" mit Datum im Oktober 1996 veröffentlicht.

Der Normenausschuss Bauwesen hat 1997 beschlossen, die Neufassungen der deutschen DIN-Normen auf der Grundlage der europäischen Normen (EN) zu erarbeiten. Der erste Schritt war DIN 1052-2004, die sich an die europäische Vornorm DIN V ENV 1995 Teil 1-1: Eurocode 5 - Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken -, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau, Ausgabe 1994-06 angelehnt hat. Die endgültige Verabschiedung des europäischen Normenpaketes und damit des EC5 - EN 1995 und der nationalen Holzbau-Norm DIN EN 1995 (Tabelle A.1.2) ist daher die Grundlage dieses Buches.

Behandelt werden in DIN EN 1995-1-1 ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen. Gleichzeitig wurden die neueren Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklungen im Holzbau mit seinen technischen Auswirkungen eingearbeitet. Die DIN EN 1995 enthält damit gleichzeitig den abgestimmten nationalen Standpunkt zur europäischen Norm in den Bereichen

- Sicherheitskonzept
- Schnittgrößenermittlung
- Bemessung.

A1.4 Geltungsbereiche

Der Geltungsbereich DIN EN 1995 bezieht sich auf alle Arten von Holzbauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus (Tabelle A1.3). Die Berechnungen und Ausführungen gelten für tragende und aussteifende Bauteile aus Holz, Holzwerkstoffen und Gipskartonplatten. Erfasst werden Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und Hinweise zur Dauerhaftigkeit. Für in dieser Norm nicht geregelte Holzkonstruktionen sind die jeweils geltenden Normen anzuwenden. Normative, datierte und undatierte Verweise beziehen sich auf die jeweils gültigen Normenausgaben.

Tabelle A1.2: Nationale Normung nach Eurocode 5

Nationale Normung	Bemessungsregeln
DIN EN 1995-1-1: 2010-12	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1995-1-1/NA: 2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1995-1-2: 2010-12	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
DIN EN 1995-1-2/NA: 2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
DIN EN 1995-2: 2010-12 ¹⁾	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 2: Brücken
DIN EN 1995-2/NA: 2011-08 ¹⁾	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 2: Brücken
¹⁾ Diese Normenteile sind nicht Inhalt dieses Fachbuches -Ingenieurholzbau nach Eurocode-	

Bei der Berechnung von Konstruktionen mit anderen Baustoffen, z.B. Verbindungen mit Stahlbauteilen, sind die entsprechenden nationalen Bemessungsnormen zu verwenden.

Tabelle A1.3: Geltungsbereiche

Anforderungen werden durch DIN EN 1995	
abgedeckt ¹⁾	abgedeckt ¹⁾
<ul style="list-style-type: none"> • Holzbauwerke • Hochbauten ²⁾ • Holzbrücken ²⁾ • Fliegende Bauten • Bau- und Lehrgerüste • Absteifungen • Schalungsunterstützungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeschutz • Schallschutz • Brandschutz ³⁾ • Erdbebeneinwirkungen ⁴⁾ • Hygiene • Gesundheit
<p>¹⁾ soweit betreffenden Normen nichts anderes bestimmen, ²⁾ nicht für zusätzliche Anforderungen unter nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen, ³⁾ nicht für Temperaturen von über 60° C, abgesehen von veränderlichen Klimaeinwirkungen, ⁴⁾ wenn zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen sind.</p>	

In den bautechnischen Unterlagen sind alle bauwerks- und bauteilbezogenen Angaben zusammenzustellen (Tabelle A1.4). Die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit mit den erforderlichen Lastannahmen und Materialangaben sind durch Konstruktionszeichnungen zu ergänzen. Anweisungen für Transport und Montage sollten ebenso wenig fehlen wie Hinweise für die Bauausführung und die spätere Bauwerksunterhaltung.

Tabelle A1.4: Bautechnische Anforderungen

Anforderungen an		
Personal	Konstruktion	Ausführung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ erfahren und ausreichend qualifiziert für Berechnung und Bemessung ▪ ausreichende Ausbildung und Erfahrung für die Herstellung, Fertigung und Montage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verwendung der Baustoffe entsprechend den Vorschriften, Zulassungen, bzw. Prüfzeugnissen ▪ Nutzung entsprechend der Baubeschreibung ▪ sachgemäße Unterhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konstruktion entsprechend der Berechnung und Bemessung ▪ Überwachung der <ul style="list-style-type: none"> -Baustoffe -Fertigung -Montage

Die Materialkennwerte der Holzbauteile für tragende Zwecke, die nach ihrer Festigkeit zu bewerten sind, können sowohl für Nadelholz als auch für Laubholz nach DIN EN 338:2010-02 eingeordnet werden. Dabei ist die Zuordnung der Sortierklassen (S-Klassen) nach DIN 4074-1 (Nadelholz) und -5 (Laubholz) zu den Festigkeitsklassen (C-Klassen) in DIN EN 338 zu beachten. Bei einer fehlenden Zuordnung der Hölzer zu den Festigkeitsklassen in DIN EN 338 ist eine Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde erforderlich.

Für das Bauen im Bestand gelten ebenfalls die Bemessungsregeln nach DIN EN 1995-1-1 und -1-2, die sinngemäß anzuwenden sind. Gleichfalls sind die Holzkonstruktionen in Mischbauwerken (Mauerwerks-, Stahlbeton- und Stahlbauten) nach DIN EN 1995-1-1 und -1-2 nachzuweisen.

Die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von bereits bestehenden Holzkonstruktionen (Bauen in Bestand) sind ebenfalls auf der Grundlage von Bestandsaufnahmen der Holzbauteile und ihrer Verbindungen durchzuführen. Die evtl. vorhandenen Schädigungen und Verformungen sind zusätzlich zu bewerten.

A2 Grundlagen der Tragwerksplanung

A2.1 Sicherheitskonzept

A2.1.1 Anwendungsregeln

1. Grundsätze

Grundlagen des neuen Sicherheitskonzeptes sind die Nachweise von Grenzzuständen mit Hilfe von Teilsicherheitsbeiwerten für die bauartspezifischen Normen DIN EN 1992-1996 und DIN EN 1999. Die geforderten Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit von Tragwerken werden auf der Grundlage einer wahrscheinlichkeitsorientierten Betrachtungsweise ermittelt. Die Eurocode-Norm DIN EN 1990 liefert hierfür die erforderlichen Prinzipien und Anforderungen. Probabilistische Vorgaben, mit deren Hilfe für die Nachweismethoden charakteristische Werte durch Teilsicherheitsbeiwerte modifiziert sind werden hierzu herangezogen. An die Zuverlässigkeit von Tragwerken stellt das Sicherheitskonzept folgende Anforderungen:

- qualitative Zuverlässigkeit
Sicherstellung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit während der vorhergesehenen Lebensdauer,
- quantitative Zuverlässigkeit
Einhaltung definierter Grenzzustände.

Die Norm DIN EN 1990 "Grundlagen der Tragwerksplanung" ist das Bindeglied zwischen den deutschen Einwirkungs- und Bemessungsnormen und behandelt die Grundlagen des Sicherheitskonzeptes. Das in DIN EN 1990 für alle Baustoffe gleichermaßen geregelte Sicherheitskonzept wird in DIN EN 1995 holzbauspezifisch umgesetzt. Die Einwirkung bzw. die Schnittgröße infolge einer vorher bestimmten Auswirkung wird dem Bauteilwiderstand gegenübergestellt, allerdings unter Berücksichtigung bestimmter Sicherheiten, den sog. Teilsicherheitsbeiwerten γ .

Sicherheitskonzept

- *Nachweis von Grenzzuständen,*
- *Verfahren der Teilsicherheitsbeiwerte.*

Die geforderten Sicherheiten, die sich bisher in den zulässigen Spannungen wiedergefunden haben, werden jetzt jeweils durch unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte γ in den Einwirkungen und den Widerständen berücksichtigt und in den Nachweisen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit umgesetzt.

Um den gewünschten Nutzungszweck eines Bauwerkes während seiner Nutzungsdauer zu erreichen, gleichzeitig aber auch wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen, sind bestimmte Anforderungen an die Konstruktion (Tabelle A2.1.) zu stellen. Diese haben Auswirkungen auf den Entwurf, die Konstruktion und die Bauausführung des Bauwerkes.

2. Regeln

Basierend auf den in den Eurocodes für alle Baustoffe gleichermaßen geltenden allgemeinen Grundlagen sind in DIN EN 1995 für den Holzbau zusätzliche spezifische Regeln festgelegt worden.

- Verbindliche Regeln (Prinzipien)
Allgemeine Angaben und Festlegungen, die in jedem Fall einzuhalten sind.
- Anwendungsregeln
Anerkannte Regeln, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen. Abweichungen von den Anwendungsregeln sind zulässig.

Damit wurden auf nationaler Ebene Möglichkeiten geschaffen alternative Regeln und Bemessungsverfahren anzuwenden und gleichzeitig die geforderten Sicherheiten in den Bemessungsverfahren zu erfüllen.

Der nationale Anhang DIN EN 1990/NA enthält national festgelegte Parameter, mit denen die Tragwerksplanung von Hoch- und Ingenieurbauten überhaupt erst möglich ist.

Tabelle A2.1: Sicherheitskonzept für Bauwerke

Tragfähigkeit	Sicherheitskonzept für Bauwerke	
	Gebrauchstauglichkeit	Dauerhaftigkeit
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standsicher gegen gewöhnliche und außergewöhnliche Einwirkungen während der Errichtung und Nutzung ▪ Widerstandsfähig gegen innere und äußere Einflüsse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ermöglichung der planmäßigen Nutzung entsprechend festgelegter Bedingungen ▪ Erfüllung nutzungsbedingter Forderungen ▪ Einhaltung geforderter Gebrauchseigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine unvorhersehbare Beeinträchtigung während der geplanten Nutzungsdauer ▪ Beständig gegen Einwirkungen ▪ Dauerhaft gegen Umwelteinflüsse

3. Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer ist direkt abhängig von der Nutzungsart eines Bauwerkes. Die geplante Dauer der Nutzung eines einzelnen Tragwerks oder eines gesamten Gebäudes sollte zu Anfang der Planungsphase festgelegt werden. Die folgenden Faktoren

- Überalterung (z.B. baulich, technisch),
- äußere Einflüsse (z.B. Witterung),
- Abnutzung, Verschleiß,
- Instandhaltung (z.B. Wartung, Pflege),
- Strukturveränderung (z.B. Nutzung)

spielen hierbei eine maßgebende Rolle. Weitere Anhaltspunkte der Anforderungen zur Nutzungsdauer nach DIN EN 1990 sind in der Tabelle A2.2 zusammengestellt. Die Werte dieser Tabelle können als Grundlage einer Abschätzung für Dauerhaftigkeitsnachweise verwendet werden, um Aussagen über zeitabhängige Veränderungen von Tragwerken zu

treffen. Gleichzeitig kann damit das Verhalten eines Tragwerks während der geplanten Nutzung besser beurteilt werden.

A2.1.2 Grenzzustände

1. Bemessungssituation

Um sowohl für die Tragfähigkeit als auch für die Gebrauchstauglichkeit das notwendige Sicherheitsniveau zu erreichen, werden die Bemessungen nach unterschiedlich definierten Grenzzuständen vorgenommen. Als Grenzzustand wird die Situation eines Bauteils oder eines Bauwerkes bezeichnet, bei der ein gefordertes Leistungskriterium, d.h. die Entwurfsanforderungen, gerade noch erfüllt, aber nicht überschritten wird. Grundsätzlich ist eine bauliche Anlage so zu bemessen, dass die vorgesehene Nutzung mit ausreichender Wahrscheinlichkeit sichergestellt ist. Hierbei ist der Wirtschaftlichkeit und der Lebensdauer ein angemessener Rahmen zu setzen.

Tabelle 2.2: Klassifizierung der Nutzungsdauer

Klasse der Nutzungsdauer	Planungsgröße der Nutzungsdauer (in Jahren)	Beispiele
1	10	Tragwerke mit befristeter Standzeit ¹⁾
2	10 - 25	Austauschbare Tragwerksteile
3	15 - 30	Landwirtschaftlich genutzte oder ähnliche Tragwerksteile
4	50	Gebäude und andere gewöhnliche Tragwerke
5	100	Monumentale Gebäude, Brücken und andere Ingenieurbauwerke

¹⁾ Tragwerke oder Teile eines Tragwerks, die mit der Absicht der Wiederverwendung demontiert werden können, sollten nicht als Tragwerke mit befristeter Standzeit betrachtet werden.

Anforderungen an das Bauwerk

- Grundlegende Anforderungen,
 - Grenzzustände der Tragfähigkeit
 - Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
- Anforderungen an die Dauerhaftigkeit.

Diese Anforderungen an das Bauwerk sind im Entwurf, in der Konstruktion, in der Ausführung und in der Unterhaltung eines Bauwerkes durchgängig zu erfüllen. Für die Nachweisverfahren von baulichen Anlagen gelten grundsätzlich die in Tabelle A2.3 dargestellten drei Bemessungssituationen: ständig, vorübergehend und außergewöhnlich. Diese Bemessungssituationen müssen alle Wahrscheinlichkeiten während der Herstellung und der Nutzung des Tragwerks erfassen.

Die Bemessungsregeln in DIN EN 1990 beschränken sich auf Einwirkungen aus statischen Lasten. Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind daher Eingrenzungen und Vereinfachungen möglich. Dynamische Effekte können durch den Ansatz quasi-statischer Lasten und dynamischer Vergrößerungsfaktoren (z.B. für Wind) abgeschätzt werden.

Für die maßgebenden Bemessungssituationen von Bauteilen und Konstruktionen dürfen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nicht überschritten werden.

2. Grenzzustände der Tragfähigkeit

Die geforderte Bemessungssituation hat das Ziel sicherzustellen, dass die Tragfähigkeit eines Bauteils mit hoher Wahrscheinlichkeit

größer ist, als die aus der Belastung herrührenden Einwirkungen. Im Besonderen ist sicherzustellen, dass im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Bemessungswerte der Bauteilwiderstände R_d nicht überschritten werden.

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{Bemessungswert} \\ \text{der} \\ \text{Auswirkung} \end{array}} \leq \boxed{\begin{array}{c} \text{Bemessungswert} \\ \text{des} \\ \text{Tragwiderstandes} \end{array}}$$

Für die Grenzzustände der Tragfähigkeit gelten die Nachweisbedingungen in Tabelle A2.4.

3. Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Um die Gebrauchstauglichkeit einer Konstruktion zu gewährleisten, ist der Nennwert der Gebrauchstauglichkeit C_d das entscheidende Kriterium. Im Besonderen ist sicherzustellen, dass im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Bemessungswerte der Lastauswirkungen die vorgegebenen Grenzwerte nicht überschreiten und damit die vorher festgelegten Bedingungen für die Gebrauchstauglichkeit eingehalten werden.

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{Bemessungswert} \\ \text{der} \\ \text{Auswirkung} \end{array}} \leq \boxed{\begin{array}{c} \text{Bemessungswert} \\ \text{des} \\ \text{Gebrauchstauglichkeitskriterium} \end{array}}$$

Für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit gilt die Nachweisbedingung in Tabelle A2.4.

Tabelle A2.3: Bemessungssituationen

Bemessungssituationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit		
Grundkombination		
ständig	vorübergehend	außergewöhnlich
bei normaler Nutzung eines Bauteils / Bauwerks, z.B. übliche Nutzungsbedingungen	zeitlich begrenzte Zustände eines Bauteils / Bauwerks z.B. Bauzustand, Instandsetzung	außergewöhnliche Einwirkungen z.B. Brand, Erschütterungen, Anprall, Folgen lokalen Versagens

A2.1.3 Ablaufschema der Nachweise

Die Nachweisverfahren nach den alten und neuen Normen sind im Prinzip gleich geblieben und beinhalten mit einem jeweils vorgegebenen Sicherheitsniveau die gleiche Forderung

$$\text{Beanspruchung} \leq \text{Widerstand} \quad (\text{A.1})$$

Allerdings werden die geforderten Sicherheiten in den Ansätzen der Einwirkungen (= Lasten)

und der Widerstände (= Festigkeiten) berücksichtigt.

$$E_d \leq R_d \quad (\text{A.2})$$

Zur schnelleren Übersicht soll die Tabelle A2.5 dienen, zur leichteren Einarbeitung dagegen für die Führung der Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit die Tabelle A2.6.

Tabelle A2.4: Nachweisbedingungen in den Grenzzuständen

Nachweisbedingung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit - Nachweise der Lagesicherheit und des Versagens des Tragwerks -		
$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$	$E_d \leq R_d$	$E_{d,dst} - E_{d,stb} \leq R_d$
Statisches Gleichgewicht, Lagesicherheit, Verformung	Bruch, übermäßige Verformung	Lagesicherung einer Verankerung
Nachweisbedingung in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit - Nachweise der Gebrauchstauglichkeit -		
$E_d \leq C_d$		
E_d	Bemessungswert einer Auswirkung;	
R_d	Bemessungswert eines Widerstandes;	
$E_{d,dst}$	Bemessungswert der destabilisierenden Auswirkung der Einwirkungen;	
$E_{d,stb}$	Bemessungswert der stabilisierenden Auswirkung der Einwirkungen;	
C_d	Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums.	

Tabelle A2.5: Ablaufschema der Nachweise

Nachweisverfahren der Tragwerksplanung			
Planung		Ausführung	
Kapitel A2.2	Einwirkungen	Kapitel A2.4	Festigkeitseigenschaften
Kapitel A2.3	Auswirkungen	Kapitel A2.5	Tragwiderstände
Kapitel A2.6 Nachweise der Grenzzustände			

Tabelle A2.6: Konzept der Nachweise

NACHWEISE DER TRAGFÄHIGKEIT UND DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT MIT ZUORDNUNG ZU DEN ENTSPRECHENDEN KAPITELN A2.2 - A2.6		
Konzept einer Vorgehensweise		Kapitel
■ Ermittlung der charakteristischen Werte der Einwirkungen	$G_k \quad Q_k \quad A_k$	A2.2.1
■ Festlegung der Teilsicherheitsbeiwerte	$\gamma_G \quad \gamma_Q$	A2.2.2
■ Festlegung der Kombinationsbeiwerte	$\Psi_0 \quad \Psi_1 \quad \Psi_2$	A2.2.3
■ Ermittlung der Bemessungswerte der Einwirkungen	F_d	A2.3.2
■ Berechnung der Bemessungswerte der Auswirkungen für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen		
Grundkombination	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i}$	A2.3.3
■ Zuordnung der Lasteinwirkungsdauer		A2.3.1
■ Festlegung der charakteristischen Baustoffwerte	X_k	A2.4.1
■ Festlegung des Teilsicherheitsbeiwertes	γ_M	A2.4.2
■ Festlegung der Nutzungsklassen	1-3	A2.4.3
■ Bestimmung des Modifikationsbeiwertes	k_{mod}	A2.5.1
■ Bestimmung des Verformungsbeiwertes	k_{def}	A2.5.1
■ Ermittlung des Bemessungswertes des Baustoffes	X_d	A2.5.2
■ Berechnung des Bemessungswertes X_d der Festigkeitseigenschaft		
	$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$	A2.5.2
■ Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit		
	Bemessungswert der Auswirkung \leq Bemessungswertes des Tragwiderstandes	
	$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$	
	$E_d \leq R_d$	A2.6.5
	$E_{d,dst} - E_{d,stb} \leq R_d$	
■ Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit		
	Bemessungswert der Beanspruchung \leq Nennwert des Gebrauchtauglichkeitskriteriums	
	$E_d \leq C_d$	A2.6.6

A2.2 Einwirkungen

A2.2.1 Charakteristische Werte F_k

1. Lastannahmen

Grundsätzlich ist ein Tragwerk so zu bemessen, dass die vorgesehene Nutzung mit ausreichender Wahrscheinlichkeit und für eine ausreichende Dauer zuverlässig erreicht wird. Durch die Einhaltung konstruktiver Regeln und unter Beachtung der Wahl geeigneter Baustoffe werden diese Forderungen erfüllt.

Das in DIN EN 1995 "Bemessung und Konstruktion von Holzbauten" umgesetzte Sicherheitskonzept für die Einflüsse der Einwirkungen auf das Tragwerk und damit auf die jeweilige Bemessung basiert auf den Festlegungen in DIN EN 1990 "Grundlagen der Tragwerksplanung" und DIN EN 1991 "Einwirkungen auf Tragwerke". Für den konstruktiven Holzbau sind besonders folgende Teile von Bedeutung, die in Teil A3 -Einwirkungen auf Tragwerke- behandelt werden:

- DIN EN 1991-1-1
Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten
- DIN EN 1991-1-3
Schneelasten
- DIN EN 1991-1-4
Windlasten

Die weiteren Teile der Norm DIN EN 1991 wie Teil 1-2 (Brandeinwirkungen), Teil 1-5 (Temperatureinwirkungen), Teil 1-6 (Einwirkungen während der Bauausführung) und Teil 1-7 (Außerordentliche Einwirkungen) werden im Teil B -Konzepte zur Berechnung- behandelt.

Damit werden die grundlegenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Tragwerken baustoffübergreifend sowohl auf der Einwirkungs-, als auch auf der Bauteilwiderstandsseite geregelt.

Unter Einwirkungen (F) werden Lasten, Kräfte oder Verformungen verstanden, die auf ein Tragwerk bzw. Bauwerk einwirken, es also beanspruchen. Grundsätzlich werden zwei Arten von Einwirkungen (F) unterschieden:

- direkte Einwirkungen
auf das Tragwerk einwirkende Lasten und Kräfte,
- indirekte Einwirkungen
aufgezwungene oder behinderte Verformungen oder Bewegungen.

Die Einwirkungen (F) werden nach ihrer zeitlichen Veränderlichkeit unterschieden in:

- ständige Einwirkungen (G)
z.B. Eigenlasten des Tragwerks (zeitlich unveränderlich: statische und vorübergehend ruhende Einwirkungen),
- veränderliche Einwirkungen (Q)
z.B. Nutz-, Wind-, Schneelasten (zeitlich veränderlich: dynamische und quasi-statische Einwirkungen),
- außergewöhnliche Einwirkungen (A)
z.B. Anprall, Explosion, Erdbeben (zeitlich veränderliche Einwirkungen),
- vorübergehende Einwirkungen
z.B. Bauzustand, Montagelast.

Die Einwirkungen (F) werden nach ihrer räumlichen Veränderlichkeit unterschieden in:

- ortsfeste Einwirkungen
z.B. Eigenlasten, ortsfeste Einwirkungen,
- freie (ortsveränderliche) Einwirkungen
z.B. bewegliche Nutzlasten, Wind- und Schneelasten.

Die Einwirkungen (F) werden nach ihrer Natur oder der Bauwerksreaktion unterschieden in:

- statische Einwirkungen
z.B. Eigenlasten, Schnee, Wind,
- dynamische Einwirkungen
z.B. Anprall, Explosion, Erdbeben.

Die Einwirkungen (F) und die Baustoffeigenschaften (X), definiert in DIN EN 1990, werden in den Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweisen zur Ermittlung der charakteristischen Werte weiter unterschieden in

Einwirkung F

F_k charakteristischer Wert einer Einwirkung

F_{rep}	repräsentativer Wert einer veränderlichen Einwirkung
F_d	Bemessungswert einer Einwirkung
Tragwiderstand X	
X_k	charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaft
X_d	Bemessungswert der Baustoffeigenschaft.

2. Charakteristische Werte F_k

Charakteristische Werte der Einwirkungen (F_k) sind diejenigen Werte, die mit einer vorher definierten Wahrscheinlichkeit während der Nutzungsdauer des Bauwerkes nicht überschritten werden. Unterschieden werden:

G_k ¹⁾	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung (i. Allg. als einziger Wert)
Q_k ²⁾	charakteristischer Wert einer veränderlichen Einwirkung (i. Allg. als fester Nennwert oder als oberer/unterer Wert)
A_k	charakteristischer Wert einer außergewöhnlichen Einwirkung (i. Allg. als festgelegter Wert)

¹⁾ bei Empfindlichkeit des Tragwerkes gegen Änderungen der ständigen Einwirkung können nach einem oberen $G_{k,\text{sup}}$ (95%-Fraktile) und nach einem unteren $G_{k,\text{inf}}$ (5%-Fraktile) charakteristischen Wert einer ständigen Einwirkung als Quantilwert der Lastnorm unterschieden werden

²⁾ in Ausnahmefällen kann auch ein unterer Wert von Bedeutung sein.

Die charakteristischen Werte der Einwirkungen (G_k , Q_k , A_k) werden aus den Angaben der Lastnorm DIN EN 1991 oder anderer einschlägiger Normen, die Angaben zu Einwirkungen enthalten, ermittelt und sind erforderlichenfalls mit bauaufsichtlichen Anforderungen zu ergänzen. Vorgaben des Bauherrn oder des Entwurfsverfassers können berücksichtigt werden, sofern die o.a. Mindestanforderungen der Normen oder der bauaufsichtlichen Forderungen Beachtung finden.

A2.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte γ_F

Zur Absicherung der Lastannahmen gegenüber auftretenden Lasten und damit zur Einhaltung des erforderlichen Sicherheitsniveaus werden die charakteristischen Werte der Einwirkungen (G_k , Q_k , A_k) mit zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_F \geq 1$ multipliziert, d.h. sie werden erhöht. Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F berücksichtigen damit die unvermeidbaren Streuungen der Einwirkungen. Gleichzeitig wird die Möglichkeit von Abweichungen in den Lastannahmen berücksichtigt, die durch Unsicherheiten in der Festlegung bei der Bestimmung der Auswirkungen auftreten können. In Tabelle A2.7 sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für die charakteristischen Werte der Einwirkungen festgelegt. Sie werden unterschieden in

γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen.

A2.2.3 Repräsentative Werte von Einwirkungen F_{rep}

Der repräsentative Wert F_{rep} einer ständigen Einwirkung ist der charakteristische Wert F_k .

Ständige Einwirkung G_k

G_k repräsentativer Wert F_{rep} der ständigen Einwirkungen.

Der repräsentative Wert einer veränderlichen Einwirkung F_{rep} ist der Wert, der dem Nachweis in den Grenzzuständen zu Grunde liegt. Da es sehr unwahrscheinlich ist, dass alle veränderlichen Einwirkungen zur gleichen Zeit und in voller Größe das Tragwerk belasten, sind auf der Grundlage statistischer Betrachtungen so genannte Kombinationsbeiwerte ψ_i (≤ 1) eingeführt worden. In den verschiedenen Bemessungssituationen der veränderlichen Einwirkungen werden daher Beiwerte ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 zur Kombination der veränderlichen Einwirkungen zugelassen (Tabelle A2.8).

Die repräsentativen Werte für die veränderlichen Einwirkungen F_{rep} bzw. die charakteristischen Werte F_k werden aus dem Produkt des charakteristischen Wertes Q_k mit dem entsprechenden Kombinationsbeiwert ψ_i gebildet. Repräsentative Werte F_{rep} der veränderlichen Einwirkungen sind

$$F_k = Q_k \quad \begin{array}{l} \text{wichtigster Wert} \\ = \text{charakteristischer Wert} \end{array} \quad (\text{A.3a})$$

$$F_{\text{rep},0} = \psi_0 \cdot Q_k \quad \text{Kombinationswert} \quad (\text{A.3b})$$

$$F_{\text{rep},1} = \psi_1 \cdot Q_k \quad \text{häufiger Wert} \quad (\text{A.3c})$$

$$F_{\text{rep},2} = \psi_2 \cdot Q_k \quad \text{quasi-ständiger Wert} \quad (\text{A.3d})$$

Tabelle A2.7: Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen (Auszug aus DIN EN 1990/NA)

Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für charakteristische Werte der Einwirkungen ¹⁾ für ständige und vorübergehende Bemessungssituation		
Grenzzustand	Auswirkungen	Beiwert
Nachweiskriterium: Ständige Einwirkungen Eigenlast des Tragwerks und von nicht tragenden Bauteilen		
Tragfähigkeit	stabilisierend (günstig)	$\gamma_{G,\text{stb}} = 0,90$
	destabilisierend (ungünstig)	$\gamma_{G,\text{dst}} = 1,10$
Nachweiskriterium: Ständige Einwirkungen, aber kleine Schwankungen Unter- bzw. Überschreitung ist mit hinreichender Sicherheit auszuschließen		
Tragfähigkeit	stabilisierend (günstig)	$\gamma_{G,\text{stb}} = 0,95$
	destabilisierend (ungünstig)	$\gamma_{G,\text{dst}} = 1,05$
Nachweiskriterium: Ständige Einwirkungen, für den kombinierten Nachweis Nachweis der Lagesicherheit, der den Widerstand der Bauteile einschließt		
Tragfähigkeit	stabilisierend (günstig)	$\gamma_{G,\text{stb}} = 1,15$
	destabilisierend (ungünstig)	$\gamma_{G,\text{dst}} = 1,35$
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen		
Tragfähigkeit	destabilisierend (ungünstig)	$\gamma_Q = 1,50$
Gebrauchstauglichkeit	günstig / ungünstig	$\gamma_G = \gamma_Q = 1,00$

¹⁾ für außergewöhnliche Einwirkungen ist $\gamma_A = 1,0$.

Die Kombinationsbeiwerte ψ_i sind in allen nationalen Normen, die auf den Eurocodes aufbauen, gleich. Damit sind die Kombinationsbeiwerte ψ_i und die Kombinationsregeln baustoffübergreifend identisch. Zur Reduzierung der Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens mehrerer von einander unabhängiger veränderlicher Einwirkungen mit ihrem vollen charakteristischen Wert Q_k bietet die Norm DIN EN 1990/NA Kombinationsbeiwerte ψ_i an.

Bei der Anwendung der ψ_i - Werte ($\psi_i \leq 1$) ist zu beachten, dass diese Kombinationswerte für alle Nachweise in den Einwirkungskombinationen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit gelten. Bei dem gleichzeitigen Auftreten mehrerer Nutzlasten oder Verkehrslasten ist der jeweils größte Bei-

wert ψ_i nach Tabelle A2.8 zu verwenden. Damit werden die Nutz- und Verkehrslasten nur als eine unabhängige veränderliche Einwirkung betrachtet.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit ergibt sich damit eine Vereinfachung der Berechnung durch die Zusammenfassung der Nutz- und Verkehrslasten zu einer unabhängigen veränderlichen Einwirkung. Für die meisten Fälle sind dann nur noch die Einwirkungen aus Nutz- und Verkehrslast mit den Schnee- und Windlasten zu kombinieren: $Q_{k,N} + Q_{k,S} + Q_{k,W}$.

Tabelle A2.8: Kombinationsbeiwerte ψ_i für Einwirkungen (Auszug aus DIN EN 1990/NA)

Einwirkungen		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten $Q_{k,N}$				
Kategorie A	- Wohn- und Aufenthaltsräume	0,7	0,5	0,3
Kategorie B	- Büros	0,7	0,5	0,3
Kategorie C	- Versammlungsräume	0,7	0,7	0,6
Kategorie D	- Verkaufsräume	0,7	0,7	0,6
Kategorie E	- Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten $Q_{k,N}$				
Kategorie F	Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G	Verkehrsflächen, 30 kN \leq Fahrzeuglast ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H	Dächer	0	0	0
Schnee- und Eislasten $Q_{k,S}$				
Orte bis zu NN	+ 1000 m	0,5	0,2	0
Orte über NN	+ 1000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten $Q_{k,W}$				
Temperatureinwirkungen (nicht Brand)		0,6	0,2	0
Baugrundsetzungen		1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen		0,8	0,7	0,5
ψ_0 Kombinationswerte einer veränderlichen Einwirkung; ψ_1 Beiwert für häufige Werte der veränderlichen Einwirkungen; ψ_2 Beiwert für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkungen.				

A2.3 Auswirkungen

A2.3.1 Lasteinwirkungen

Im Gegensatz zu anderen Baustoffen wie Beton und Stahl weist der Baustoff Holz, als natürlich gewachsener Rohstoff, wesentliche Abhängigkeiten von äußeren Einflüssen auf. Die Materialeigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen sind in ihrem Festigkeits- und Steifigkeitsverhalten sowohl von umgebenden klimatischen Bedingungen als auch von der zeitlichen Dauer der Beanspruchungen abhängig.

1. Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Das besondere Verhalten der Tragwerke aus Holz und Holzwerkstoffen während der Dauer ihrer Belastung wird durch eine Zuordnung zu Klassen der Lasteinwirkungsdauer berücksichtigt. Durch die Festlegung der Lasteinwirkungsdauer (ständig, lang, mittel, kurz und sehr

kurz) in Verbindung mit den klimatischen Bedingungen ist es damit möglich, die entsprechende Beanspruchbarkeit (= Baustoffwiderstände) zu modifizieren. Die Festlegung der Lasteinwirkungsdauer ist eine der Voraussetzungen für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit (Tabelle A2.9).

2. Zuordnung der Lasteinwirkungsdauer

Die Einteilung in Klassen der Lasteinwirkungsdauer dient dazu, Anhaltspunkte für den Einfluss der Dauer der Einwirkungen auf die Materialeigenschaften holzhaltiger Baustoffe zu liefern. Die in Tabelle A2.10 genannten Zeiträume der Lasteinwirkungsdauer geben die Auswirkungen auf die Baustoffeigenschaften wieder und sind nicht als Aussage für die Zeitdauer der Einwirkungen zu verstehen.

Tabelle A2.9: Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach DIN EN 1995-1-1

Klassen der Lasteinwirkungsdauer ¹⁾	Größenordnung der akkumulierten Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung	Beispiele
ständig ²⁾	länger als 10 Jahre	Eigenlast
lang	6 Monate bis 10 Jahre	Lagerstoffe, Nutzlast
mittel ³⁾	1 Woche bis 6 Monate	Verkehrslast, Schnee
kurz	kürzer als eine Woche	Schnee, Wind
sehr kurz ⁴⁾		Wind, außergewöhnliche Einwirkungen

¹⁾ Der Einfluss von Temperaturänderungen in Holzkonstruktionen darf bei Holz und Holzwerkstoffen vernachlässigt werden;
²⁾ gilt auch für indirekte Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen;
³⁾ gilt auch für indirekte Einwirkungen aus Temperatur- und Feuchteänderungen;
⁴⁾ Lasteinwirkungen weniger als 1 Minute auf Bauteile und Verbindungen.

A2.3.2 Bemessungswerte für Einwirkungen

1. Allgemeine Bemessungswerte F_d

Der Bemessungswert einer Einwirkung F_d ist das Produkt aus dem repräsentativen Wert der Einwirkung F_{rep} und dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F (≥ 1). Als maßgebende Bemessungssituation gilt die Einhaltung aller Bedingungen, die während der Ausführung und der Nutzung des Bauwerkes auftreten können. Die den Schnittkräften zugrunde liegenden Bemessungswerte F_d werden für verschiedene Lastfälle und Lastfallkombinationen ermittelt und den Beanspruchungen und Lastauswirkungen baustoffneutral

gegenübergestellt. Allgemein gilt für die Festlegung des Bemessungswertes F_d einer Einwirkung:

$$F_d = \gamma_F \cdot \psi \cdot F_{rep} \quad (A.4)$$

γ_F Teilsicherheitsbeiwert der betrachteten Einwirkung

ψ = 1,00 oder ψ₀, ψ₁, ψ₂

F_{rep} repräsentativer Wert der Einwirkung.

Hierfür sind jeweils für ständige Einwirkungen die Werte G_k und für veränderliche Einwirkungen die Werte F_k oder F_{rep,i} = ψ_i · Q_k einzusetzen.

Tabelle A2.10: Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach DIN EN 1995-1-1/NA

Einwirkungen	KLED
Wichten und Flächenlasten nach DIN 1055-1	ständig
Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone nach DIN 1055-3	
A Spitzböden, Wohn- und Aufenthaltsräume	mittel
B Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	mittel
C Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	kurz
D Verkaufsräume	mittel
E Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lagerräume und Zugänge, Flächen mit erheblichen Menschenansammlungen	lang
F Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast ≤ 25 kN), Zufahrtsrampen zu diesen Flächen	mittel kurz
G Flächen für den Betrieb mit Gegengewichtstaplern	mittel
H nicht begehbare Dächer, außer für übliche Erhaltungsmaßnahmen, Reparaturen	kurz
K Hubschrauber-Regellasten	kurz
T Treppen und Treppenpodeste	kurz
Z Zugänge, Balkone und Ähnliches	kurz
Horizontale Nutzlasten nach DIN 1055-3	
Horizontale Nutzlasten infolge von Personen auf Brüstungen, Geländern und anderen Konstruktionen, die als Absperrung dienen	kurz
Horizontallasten zur Erzielung einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit	a)
Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken - für horizontale Nutzlasten - für den Überrollschutz	kurz sehr kurz
Windlasten nach DIN 1055-4	kurz / sehr kurz ^{b)}
Schneelast und Eislast nach DIN 1055-5 - Geländehöhe des Bauwerksstandortes über NN ≤ 1000 m - Geländehöhe des Bauwerksstandortes über NN > 1000 m	kurz mittel
Anpralllasten nach DIN 1055-9	sehr kurz
Horizontallasten aus Kran- und Maschinenbetrieb nach DIN 1055-10	kurz

a) Entsprechend den zugehörigen Lasten;
b) Bei Wind darf für k_{mod} das Mittel aus kurz und sehr kurz verwendet werden.

Die Bemessungswerte einer veränderlichen Einwirkung als repräsentative Bemessungswerte F_d können sich dann ergeben zu

$$\begin{aligned} & \gamma_Q \cdot Q_k && \text{(A.5a)} \\ \text{oder} & \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k && \text{(A.5b)} \\ \text{oder} & \gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k && \text{(A.5c)} \\ \text{oder} & \gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k && \text{(A.5d)} \end{aligned}$$

Die Bemessungssituationen unterscheiden sich in folgende zeitlich unterschiedliche Nutzungsbedingungen:

- ständige Situationen
normale Nutzungsbedingungen des Tragwerkes, z.B. Eigengewicht + Nutzlast

- vorübergehende Situationen
zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerkes, z.B. Bauzustand, Instandsetzung

- außergewöhnliche Situationen
außergewöhnliche Einwirkungen auf das Tragwerk, z.B. Brand, Explosion, Anprall.

2. Bemessungswerte der Einwirkungen

Die Bemessungswerte für die ständigen, veränderlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen errechnen sich zu:

- Bemessungswert einer ständigen Einwirkung
- $$G_d = \gamma_G \cdot G_k \quad (A.6)$$

- Bemessungswert einer veränderlichen Einwirkung

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k \quad (\text{A.7a})$$

$$\text{und } Q_{d,i>1} = \gamma_Q \cdot \psi_i \cdot Q_{k,i} \quad (\text{A.7b})$$

- Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung

$$A_d = \gamma_A \cdot A_k \quad (\text{A.8})$$

- ¹⁾ für ständige Einwirkungen, die sich während der Nutzungsdauer ändern können oder ständige Einwirkungen mit großem Variationskoeffizient gilt:

- oberer Bemessungswert

$$G_{d,\text{sup},j} = \gamma_{G,\text{sup}} \cdot G_{k,j} \quad (\text{A.9a})$$

$$\text{oder } G_{d,\text{sup},j} = \gamma_{G,\text{sup}} \cdot G_{k,\text{sup},j} \quad (\text{A.9b})$$

- unterer Bemessungswert

$$G_{d,\text{inf},j} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot G_{k,j} \quad (\text{A.10a})$$

$$\text{oder } G_{d,\text{inf},j} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot G_{k,\text{inf},j} \quad (\text{A.10b})$$

A2.3.3 Bemessungswerte für Auswirkungen

1. Reaktionen des Tragwerks

Die Beanspruchung eines Tragwerks oder eines Tragwerksteils ist die Summe der gleichzeitig zu betrachtenden Einwirkungen bzw. Einwirkungskombinationen. Allgemein sind die Auswirkungen E die Reaktion des Tragwerkes auf die Einwirkungen. Unter der maßgebenden Auswirkung eines Tragwerks wird der Bemessungswert einer Auswirkung E_d verstanden. Die Bemessungswerte der Auswirkungen E_d wie Schnittkräfte, Spannungen, Verformungen sind dann die Antwort des Tragwerkes oder einzelner Tragwerksteile auf die Bemessungswerte der Einwirkungen F_d . Der Bemessungswert der Auswirkungen E_d für eine Einwirkungskombination besteht aus folgenden Parametern:

$$E_d = E(\gamma_{F,1} \cdot F_{\text{rep},1}; \gamma_{F,2} \cdot F_{\text{rep},2}; \gamma_{F,3} \cdot F_{\text{rep},3}; a_{d,1}; a_{d,2};) \\ \text{mit } E_{F_d,i} = \gamma_F \cdot E_{\text{rep},i} \quad (i \geq 1) \quad (\text{A.11})$$

Hierbei bedeuten:

- E Auswirkung der Einwirkung
- E_d Bemessungswert einer Auswirkung
- $\gamma_{F,i}$ Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen
- $F_{d,i}$ Bemessungswerte der Einwirkungen
- $a_{d,i}$ geometrische Größen (i.Allg. $a_d = a_{\text{nom}}$)

2. Grundkombination

Die Bemessungswerte E_d der Beanspruchungen (z.B. Lasten) sind für jede zu betrachtende Einwirkungskombination mit den Kombinationsregeln zu bestimmen. Auf dieser Grundlage kann die Kombinationsregel für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit (nicht der Materialermüdung) folgendermaßen dargestellt werden

Grundkombination ¹⁾

$$E_d = \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i} \right\} \quad (\text{A.12})$$

¹⁾ γ_G, γ_Q Tabelle A2.7

ψ_i Tabelle A2.8

Aus der Gleichung der Grundkombination ist ersichtlich, dass eine Reduzierung der Einwirkungen durch Anwendung des Kombinationsbeiwertes $\psi_{0,i}$ erst ab der zweiten veränderlichen Einwirkung $Q_{k,i}$ möglich ist. Damit ist festgelegt, dass neben dem Anteil der ständigen Einwirkung G_k immer mindestens eine veränderliche Einwirkung Q_k in voller Größe zu berücksichtigen ist.

Für die Nachweise der Auswirkungen sind folgende Einwirkungskombinationen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit nach Tabelle A2.11 und der Gebrauchstauglichkeit nach Tabelle A2.12 zu bestimmen.

3. Lastfallkombinationen

$g + q$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,q} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,q} \quad (\text{A.13a})$$

$g + s$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,s} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,s} \quad (\text{A.13b})$$

$g + w$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,w} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,w} \quad (\text{A.13c})$$

$g + q + s$ ($q > s$)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,q} + \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot Q_{k,s} \\ = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,q} + \psi_{0,s} \cdot Q_{k,s}) \quad (\text{A.14a})$$

$g + q + s$ ($s \geq q$)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,s} + \gamma_Q \cdot \psi_{0,q} \cdot Q_{k,q} \\ = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,s} + \psi_{0,q} \cdot Q_{k,q}) \quad (\text{A.14b})$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + q + w \ (q > w)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,q} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot Q_{k,w} \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,q} + \psi_{0'} \cdot Q_{k,w}) \quad (A.14c)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + q + s + w \ (w > q, s)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,w} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot (Q_{k,q} + Q_{k,s}) \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot [Q_{k,w} + \psi_{0'} \cdot (Q_{k,q} + Q_{k,s})] \quad (A.15c)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + q + w \ (w > q)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,w} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot Q_{k,q} \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,w} + \psi_{0'} \cdot Q_{k,q}) \quad (A.14d)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + s + w \ (s > w)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,s} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot Q_{k,w} \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,s} + \psi_{0'} \cdot Q_{k,w}) \quad (A.14e)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + s + w \ (w > s)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,w} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot Q_{k,s} \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,w} + \psi_{0'} \cdot Q_{k,s}) \quad (A.14e)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + q + s + w \ (q > s, w)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,q} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot (Q_{k,s} + Q_{k,w}) \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot [Q_{k,q} + \psi_{0'} \cdot (Q_{k,s} + Q_{k,w})] \quad (A.15a)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{g + q + s + w \ (s > q, w)} \\
 & \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,s} + \gamma_Q \cdot \psi_{0'} \cdot (Q_{k,q} + Q_{k,w}) \\
 & = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot [Q_{k,s} + \psi_{0'} \cdot (Q_{k,q} + Q_{k,w})] \quad (A.15b)
 \end{aligned}$$

Kombinationsbeiwert ψ_0 nach Tabelle A2.8

Bei der Berechnung der Gebrauchstauglichkeitsnachweise sind für die Ermittlung der Bemessungswerte der Beanspruchungen die Teilsicherheitswerte $\gamma_F = 1,0$ (Tabelle A2.7) zu setzen (Tabelle A2.12). Dieses bedeutet eine Unterscheidung gegenüber den Teilsicherheitsbeiwerten für den Nachweis der Tragfähigkeit mit $\gamma \geq 1$. Der Grund für die Reduzierung von γ_F liegt in der unterschiedlichen Schadensbeurteilung bei einer Nichtbeachtung der Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit.

Tabelle A2.11: Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit

Grenzzustände der Tragfähigkeit	
Bemessungssituation	Kombinationsregel
ständige und vorübergehende	$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i}$
außergewöhnliche	$E_{dA} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot E_{Gk,j} + E_{Ad} + \gamma_{QA,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{QA,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i}$
Erdbeben	$E_{dE} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{AEd} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i}$

Tabelle A2.12: Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	
Bemessungssituation	Kombinationsregel
charakteristische	$E_{d,char} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i}$
häufige	$E_{d,frequ} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + \psi_{1,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i}$
quasi - ständige	$E_{d,perm} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i}$

A2.4 Festigkeitseigenschaften

A2.4.1 Charakteristische Werte X_k

Die charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften beschreiben die Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte des Holzes und der Holzwerkstoffe. Im Gegensatz zur früheren Festlegung der zulässigen Baustoffkennwerte, die auf Erfahrungswerten und auf Beobachtungen von ausgeführten Bauwerken beruhte, werden die Baustoffeigenschaften in DIN EN 1995 auf der Grundlage genormter Baustoffprüfungen ermittelt. Damit stehen einheitliche Materialkennwerte zur Verfügung, die nachvollziehbar und vergleichbar sind.

Als natürlicher Rohstoff unterliegen die Materialkennwerte des Holzes einer z.T. großen Streuung. Daher ist es nicht möglich, einheitliche und konstante Festigkeits- und Steifigkeitswerte anzugeben. Um trotzdem feste Rechenwerte für die Materialeigenschaften angeben zu können, werden statistische Verteilungen zugrunde gelegt, die zu sog. charakteristischen Kennwerten zusammengefasst werden.

Die ermittelten Baustoffeigenschaften entsprechen im Allgemeinen einem Quantilwert in einer angenommenen statistischen Verteilung der betrachteten Eigenschaften und werden als charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaften X_k den Berechnungen zugrunde gelegt. Hierbei entsprechen die charakteristischen Werte der Materialkenngrößen folgender angenommener statistischen Verteilung:

- Charakteristischer Wert der Festigkeitskenngrößen und der Rohdichte
5% Quantilwert
- Charakteristischer Wert der Steifigkeitkennwerte
5% Quantilwert
oder Mittelwert.

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nichtlinearer elastischer Berechnungen und im Ersatzstabverfahren ist in einzelnen Fällen der 5% - Quantilwert der Steifigkeitskenngrößen als charakteristischer Wert zu wählen.

Um die streuenden Eigenschaften des Holzes (z.B Festigkeit, Steifigkeit) als feste Rechenwerte für die Bemessung charakterisieren zu können, wird zwischen zwei Werten unterschieden (Tabelle A2.13):

5%-Quantile

die 5%-Quantile $X_{0,05}$ ist derjenige angenommene Wert, der in nur 5% aller Fälle unterschritten wird. Damit kann dieser Wert als unterer Grenzwert einer Baustoffeigenschaft dienen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% nicht unterschritten wird.

Mittelwert

Der Mittelwert X_{mean} ist derjenige Wert, der im statistischen Mittel von allen Prüfkörpern erreicht wird. Damit wird der Mittelwert bei einer angenommenen symmetrischen Verteilung in der Hälfte der Fälle über- bzw. unterschritten.

Tabelle A2.13: Quantile- / Mittelwerte der Materialkenngrößen von Baustoffen

Bemessungssituation	Baustoffeigenschaften	charakteristischer Wert
Grenzwerte der Tragfähigkeit	Festigkeitswerte	5%-Quantil
	Steifigkeitswerte	
	Rohdichte	
Grenzwerte der Gebrauchstauglichkeit	Steifigkeitswerte	Mittelwert
	Rohdichte	5%-Quantil

Die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitswerte X_k in N/mm^2 und die charakteristischen Rohdichtekennwerte ρ_k in kg/m^3 sind für die genormten Holzbaustoffe, Holzwerkstoffe und Gipsbauplatten nach DIN EN 1995 in den einzelnen Produktnormen und ausschnittsweise in der beiliegenden CD-ROM tabellarisch zusammengefasst. Die folgende Übersicht soll die Zuordnung der Baustoffkennwerte zu den entsprechenden Produktnormen aufzeigen. Die für die Nachweise in den Grenzzuständen benötigten Kennwerte sind den folgenden Normen zu entnehmen:

Nadelholz	DIN EN 338
Laubholz	DIN EN 338
Brettschichtholz	DIN EN 1194
Furnierschichtholz	DIN EN 13986
Sperrholz	DIN EN 636
OSB-Platten	DIN EN 13986
Spanplatten	DIN EN 13986
Faserplatten	DIN EN 13986
Gipskartonplatten	DIN 18180

Tabelle A2.14: Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

Baustoffe	Teilsicherheitsbeiwert
Vollholz, Spanplatten, harte Faserplatten, mittelharte Faserplatten, MDF Faserplatten, weiche Faserplatten, Furnierschichtholz, Sperrholz, OSB, Brettschichtholz	$\gamma_M = 1,3$
Stahl in Verbindungen	$\gamma_M = 1,3$
- auf Biegung beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel	$\gamma_M = 1,3$
- auf Zug oder Scheren beanspruchte Teile beim Nachweis gegen die Streckgrenze im Nettoquerschnitt	$\gamma_M = 1,3$
- Plattennachweis auf Tragfähigkeit für Nagelplatten	$\gamma_M = 1,25$
Balkenschichtholz, Brettsperrholz, Massivholzplatten, faserverstärkte Gipsplatten, Gipsplatten, zementgebundene Spanplatten	$\gamma_M = 1,3$

A2.4.3 Nutzungsklassen 1 - 3

Die Angaben der Nutzungsklassen (Tabelle A2.15) geben den Bezug zwischen der geplanten bzw. vorhandenen Holzkonstruktion auf der einen Seite und dem Feuchtegehalt der klimati-

A2.4.2 Teilsicherheitsbeiwerte γ_M

In gleicher Art, wie bei der Festlegung der Teilsicherheitsbeiwerte γ_F ($\gamma_G \geq 1$, $\gamma_Q \geq 1$) der Einwirkungen werden auch für die Materialseite Teilsicherheitsbeiwerte γ_M definiert. Um bei der Festlegung der Bemessungswerte und der Tragwiderstände der Baustoffe Materialschwankungen berücksichtigen zu können ist es erforderlich, durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_M eine Abminderung vorzunehmen. Hinzu kommt, dass die ermittelten charakteristischen Baustoffkennwerte für ein Bezugsklima mit einer Temperatur von 20°C , einer Luftfeuchte von 65% und einer Belastungsdauer von 5 min gelten.

Aus Tabelle A2.14 ist zu ersehen, dass für den Tragfähigkeitsnachweis die charakteristischen Baustoffkennwerte X_k , dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M > 1,0$, abgemindert werden, während für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis mit $\gamma_M = 1,0$ keine Abminderung vorgenommen wird. Bei den Nachweisen in den Grenzzuständen sind als Steifigkeitskennwerte die Mittelwerte ebenfalls durch $\gamma_M > 1,0$ zu dividieren.

sehen Umweltbedingungen auf der anderen Seite wieder, der auf das Bauwerk einwirkt. Die systematische Einteilung der Nutzungsklassen

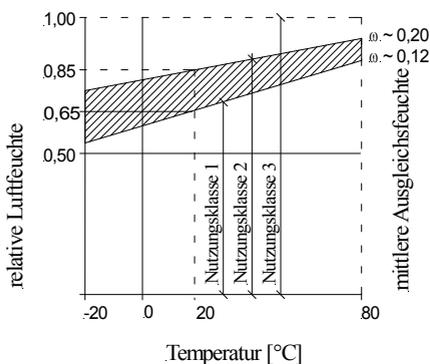
Tabelle A2.15: Nutzungsklassen

Nutzungs-klasse	Gleichgewichts-feuchte des Holzes	Umgebungsklima	Beispiele
1	$u \leq 12\%$	20°C und 65% rel. Luftfeuchte, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	allseits geschlossene und beheizte Innenräume
2	$u \leq 20\%$	20°C und 85% rel. Luftfeuchte, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird	überdachte, offene Bauwerke ¹⁾
3	$u > 20\%$	Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen, als in der Nutzungsklasse 2	frei der Witterung ausgesetzte Konstruktionen

¹⁾ in Ausnahmefällen auch in die Nutzungsklasse 3 einordnen.

dient vor allem der Festlegung der Festigkeitswerte in der Bemessung und der Berechnung der Verformung. Für die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit werden die Nutzungsklassen in Verbindung mit der Lasteinwirkungsdauer (Abschnitt A2.3.1) zur Ermittlung der Materialmodifikationen (Abschnitt A2.5.1) benötigt.

Holzfeuchte ist die Masse des im Holz enthaltenen Wassers, definiert als Anteil der Trockenmasse des Holzes. Im Bild A2.1 sind Nutzungsklassen 1-3 dargestellt, die für die Feuchteklassen 1 und 2 in den meisten Fällen bei Nadelhölzern zu einer mittleren Gleichgewichtsfeuchte zwischen 12% und 18% führen.

**Bild A2.1.** Nutzungsklassen

Unter der Ausgleichsfeuchte ist die Holzfeuchte zu verstehen, bei der Holz weder Feuchte an

die umgebende Luft abgibt, noch Feuchte aus der umgebenden Luft aufnimmt. Im Bauwerk wird als Ausgleichsfeuchte die mittlere Feuchte bezeichnet, die sich während der Nutzung einstellt. Zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen durch Feuchteänderungen im Bauwerk sollte bei Holzkonstruktionen die Einbaufeuchte möglichst der später zu erwartenden Ausgleichsfeuchte entsprechen.

Für die Gleichgewichtsfeuchte, die sich in Abhängigkeit von den vorliegenden Nutzungsbedingungen im Holz und in den Holzwerkstoffen einstellt, sind in Tabelle A2.16 Grenzwerte angegeben.

Durch zu große Unterschiede zwischen der Einbaufeuchte und der Gleichgewichtsfeuchte von Holz und Holzwerkstoffen kann das Trag- und Verformungsverhalten im Bauwerk durch Schwinden und Quellen nachteilig beeinflusst werden. Im Bereich zwischen 5% und 20% Holzfeuchte verläuft die Holzquellung nahezu linear. Trotzdem bestehen keine Bedenken, dieses lineare Verhalten auch für den Feuchtebereich zwischen 20% bis 30% anzunehmen.

Rechenwerte der Schwind- und Quellmaße zur Führung der Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Holz und von Holzwerkstoffen sind in Tabelle A2.17 angegeben.

Tabelle A2.16: Gleichgewichtsfeuchten von Holzbaustoffen

Nutzungsklasse	1	2	3
Holzfeuchte	(5 bis 15%) ¹⁾	(10 bis 20%) ²⁾	(12 bis 24%) ³⁾
¹⁾ in den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 1 eine mittlere Gleichgewichtsfeuchte von 12% nicht überschritten; ²⁾ in den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 2 eine mittlere Gleichgewichtsfeuchte von 20% nicht überschritten; ³⁾ Die Nutzungsklasse 3 schließt auch Bauwerke ein, in denen sich höhere Gleichgewichtsfeuchten einstellen können.			

Tabelle A2.17: Rechenwerte für das Schwind- und Quellmaß rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes bzw. in Plattenebene ¹⁾ bei ungehindertem Quellen und Schwinden

Baustoffe	Schwind- und Quellmaß in % für Änderung der Materialfeuchte um 1% unterhalb der Fasersättigung
Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche, Douglasie, Western Hemlock, Afzelia, Southern Pine, Eiche	0,25 ²⁾
Buche	0,30 ²⁾
Teak, Yellow Cedar	0,20 ²⁾
Azobé (Bongossi), Ipe	0,36 ²⁾
Sperrholz	0,02
Brettsperrholz	0,02
Furnierschichtholz ohne Querfurniere	
- in Faserrichtung der Deckfurniere	0,01
- rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere	0,32
Furnierschichtholz mit Querfurnieren	
- in Faserrichtung der Deckfurniere	0,01
- rechtwinklig zur Faserrichtung der Deckfurniere	0,03
kunstharzgebundene Spanplatten und Faserplatten	0,035
zementgebundene Spanplatten	0,03
OSB-Platten, Typ OSB/2 und OSB/3	0,03
OSB-Platten, Typ OSB/4	0,015
¹⁾ Werte gelten für etwa gleichförmige Feuchteänderung über den Querschnitt; ²⁾ für Hölzer gilt in Faserrichtung des Holzes ein Rechenwert 0,01% / %.	

A2.5 Tragwiderstände

A2.5.1 Materialmodifikationen k_{mod} , k_{def}

Der Tragwiderstand (= Beanspruchbarkeit) eines verwendeten Baustoffes kennzeichnet seine Fähigkeit, bestimmten Beanspruchungen zu widerstehen und wird festgelegt durch die charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften und die Nennwerte der Querschnittsgrößen. Das in DIN EN 1995 umgesetzte neue Sicherheitskonzept berücksichtigt sowohl die Dauer der Lasteinwirkungen (Tabelle A2.9) und die Zuordnung der Lasteinwirkungen (Tabelle A2.10), als auch die klimatischen Umweltbedingungen durch die Festlegung von Nutzungsklassen (Tabelle A2.16). Folgerichtig wird die Lasteinwirkungsdauer und das Umgebungsklima mit unterschiedlichen Materialmodifikationsbeiwerten k_{mod} und k_{def} in den Nachweisen der Grenzzustände berücksichtigt (Tabelle 2.18).

Tabelle A2.18: Materialmodifikatoren

Bemessungssituation	Faktor
Grenzzustand der Tragfähigkeit	k_{mod}
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	k_{def}

Das wichtigste Ziel, die Werte der Baustoffeigenschaften zu modifizieren, ist die Vermeidung von Versagen unter hohen Dauerlasten sowie von Formänderungen zum Nachteil der Konstruktion. Das Langzeitverhalten von Holzkonstruktionen zeigt, dass unter ständiger Belastung ein Festigkeitsverlust bis zu 40% gegenüber im Labor ermittelten Werten auftreten kann.

Hinzu kommt die Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften des Holzes von der Feuchte. Geringere Festigkeits- und Steifigkeitswerte sind die Folge einer Zunahme der Holzfeuchte (Tabelle A2.19). In dem baupraktischen Bereich zwischen 8% und 20% Feuchtegehalt kann der Zusammenhang zwischen Holzfeuchte und Festigkeiten linear angenommen werden. Die Einflüsse der Holzfeuchte auf die mechanischen Festigkeiten des Holzes, gemessen an

fehlerfreien Proben sind in Tabelle A2.19 dargestellt.

Tabelle A2.19: Festigkeitsänderung bei Feuchteänderung um 1% Holzfeuchte

Eigenschaften		
Festigkeit	parallel zur Faserrichtung	rechtwinklig zur Faserrichtung
Zug	2,5%	2%
Druck	6%	5%
Biegung	4%	
Schub	2,5%	
Elastizitätsmodul	1,5%	

1. Modifikationsbeiwert k_{mod}

Für den Nachweis der Tragfähigkeit werden die Baustoffeigenschaften sowohl mit der Lasteinwirkungsdauer als auch mit den Nutzungsklassen durch den Faktor k_{mod} (Tabelle A2.20) modifiziert. Berücksichtigt werden damit die baustoffbezogenen Einflüsse aus den Einwirkungen und den klimatischen Bedingungen des Bauwerkes. Der Einfluss von k_{mod} wirkt sich daher auf die Ermittlung der Festigkeitseigenschaften aus. Die Folge daraus kann sein, dass eine Kombination von Einwirkungen für den Bemessungswert der Festigkeitseigenschaft X_d maßgebend werden kann, die nicht den maximalen Bemessungswert liefert. Daher ist es erforderlich, sämtliche Lastfallkombinationen zu überprüfen. Keine Berücksichtigung dagegen findet k_{mod} bei der Ermittlung des Rohdichtekennwertes ρ_k .

2. Verformungsbeiwert k_{def}

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird der Verformungsbeiwert k_{def} (Tabelle A2.21) zur genaueren Bestimmung der Einflüsse aus der Lasteinwirkungsdauer und der Nutzungsklasse verwendet. Mit dem Faktor k_{def} werden daher die wesentlichen Einflüsse auf die Langzeitverformung berücksichtigt und hierbei im Besonderen die Auswirkungen des Kriechverhaltens von Bauteilen und Verbindungen.

Tabelle A2.20: Rechenwerte für die Modifikationsbeiwerte k_{mod} ¹⁾²⁾

Klassen der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungs-klasse			Klassen der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungs-klasse		Klassen der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungs-klasse	
	1	2	3		1	2		1	2
Vollholz, Brettschichtholz Furnierschichtholz, Sperrholz, Balkenschichtholz ⁴⁾ , Brettsperrholz ⁴⁾ , Massivholzplatten ⁴⁾				OSB-Platten OSB/2			OSB-Platten OSB/3, OSB/4		
ständig	0,60	0,60	0,50	ständig	0,30	---	ständig	0,40	0,30
lang	0,70	0,70	0,55	lang	0,45	---	lang	0,50	0,40
mittel	0,80	0,80	0,65	mittel	0,65	---	mittel	0,70	0,55
kurz	0,90	0,90	0,70	kurz	0,85	---	kurz	0,90	0,70
sehr kurz	1,10	1,10	0,90	sehr kurz	1,10	---	sehr kurz	1,10	0,90
Spanplatten Typ P4 ³⁾ , P5 Zementgebundene Spanplatten				Spanplatten Typ P6 ³⁾ , P7			Gipsplatten (Typen GKB ³⁾ , GKF ³⁾ , GKBI, GKFI) Gipsfaserplatten		
ständig	0,30	0,20	---	ständig	0,40	0,30	ständig	0,20	0,15
lang	0,45	0,30	---	lang	0,50	0,40	lang	0,40	0,30
mittel	0,65	0,45	---	mittel	0,70	0,55	mittel	0,60	0,45
kurz	0,85	0,60	---	kurz	0,90	0,70	kurz	0,80	0,60
sehr kurz	1,10	0,80	---	sehr kurz	1,10	0,90	sehr kurz	1,10	0,80
Holzfaserplatten, hart HB.LA ³⁾ , HB.LA1 oder 2				Holzfaserplatten, mittelhart MBH.LA1 ³⁾ oder 2 ³⁾ MBH.HLS1 oder 2			Holzfaserplatten, MDF MDF.LA ³⁾ , MDF.HLS		
ständig	0,30	0,20	---	ständig	0,20	---	ständig	0,20	---
lang	0,45	0,30	---	lang	0,40	---	lang	0,40	---
mittel	0,65	0,45	---	mittel	0,60	---	mittel	0,60	---
kurz	0,85	0,60	---	kurz	0,80	0,45	kurz	0,80	0,45
sehr kurz	1,10	0,80	---	sehr kurz	1,10	0,80	sehr kurz	1,10	0,80

¹⁾ Bei Lastkombinationen aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, gilt die Einwirkung mit der kürzesten Dauer als maßgebend;
²⁾ bei unterschiedlichen Modifikationsbeiwerten $k_{mod,1}$ und $k_{mod,2}$ in Holzwerkstoff - Holz- Verbindungen kann der Wert $k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$ angenommen werden;
³⁾ nur anzuwenden in der Nutzungsklasse 1;
⁴⁾ nur anzuwenden in den Nutzungsklassen 1 und 2.

A2.5.2 Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften X_d

Die charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften X_k können, ähnlich wie die charakteristischen Werte der Einwirkungen F_k nicht ohne sie zu modifizieren, also durch Faktoren nochmals abzumindern, als Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften für die Bemessung ihrer Festigkeitseigenschaften herangezogen werden.

Der Bemessungswert X_d einer Baustoff- oder Festigkeitseigenschaft ist wie folgt definiert:

$$X_d = \eta \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (A.16a)$$

- η Umrechnungsfaktor für die Auswirkungen von Lastdauer, Feuchte, Temperatur u.a.
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Festigkeitseigenschaften (Tabelle A2.14)

Grundsätzlich werden die der Bemessung zugrunde liegenden Werte der Baustoffeigenschaften X_d durch Berücksichtigung baustoffabhängiger Faktoren γ_M und k_{mod} ermittelt. Bei der Festlegung der Bemessungswerte der Baustoffeigenschaften X_d werden daher die charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften X_k zum einen mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_M und zum anderen auf der Basis der Lasteinwirkungsdauer und der Holzfeuchte der Baustoffe mit k_{mod} modifiziert.

Bemessungswert einer Baustoff- oder Festigkeitseigenschaft (holzspezifisch)

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (A.16b)$$

k_{mod} modifizierender Faktor für den Einfluss der Lasteinwirkungsdauer und der Nutzungsklasse (Feuchtegehalt des Bauteils) auf die Festigkeitseigenschaften eines Baustoffes (Tabelle A2.20).

Besteht ein Bauteil aus unterschiedlichen Baustoffen mit unterschiedlichen Festigkeitseigenschaften X_i , so sollte mit dem niedrigsten Baustoffkennwert gerechnet werden, sofern kein genauere Nachweis geführt wird.

Tabelle A2.21: Rechenwerte für die Verformungsbeiwerte k_{def} für Holz und Holzwerkstoffe

Baustoff	Nutzungsklasse			Baustoff	Nutzungsklasse		
	1	2	3		1	2	3
Vollholz, Brettschichtholz, Furnierschichtholz (LVL), Balkenschichtholz ¹⁾ , Brettsperrholz ¹⁾ , Massivholzplatten ¹⁾				Sperrholz			
				Typ EN 636-1	0,80	---	---
				Typ EN 636-2	0,80	1,00	---
	0,60	0,80	2,00	Typ EN 636-3	0,80	1,00	2,50
OSB-Platten				Holzfaserplatten, mittelhart			
OSB/2	2,25	---	---	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	---	---
OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	---	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	---
Spanplatten				Holzfaserplatten, MDF			
Typ 4	2,25	---	---	MDF.LA	2,25	---	---
Typ 5	2,25	3,00	---	MDF.HLS	2,25	3,00	---
Typ 6	1,50	---	---	Zementgebundene Spanplatte			
Typ 7	1,50	2,25	---		2,25	3,00	---
Holzfaserplatten, hart				Gipsplatten (Typen GKB ²⁾ , GKF ²⁾ , GKBI, GKFI), Gipsfaserplatten			
HB.LA	2,25	---	---				
HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	---				
					3,00	4,00	---

¹⁾ nicht in der Nutzungsklasse 3 zugelassen;
²⁾ nicht in der Nutzungsklasse 2 und 3 zugelassen.

A2.5.3 Bemessungswerte des Tragwiderstandes R_d

Zur Ermittlung des Bemessungswertes des Tragwiderstandes R_d sind zwei Vorgehensweisen möglich.

1. Zur Bestimmung des Bemessungswertes des Bauteilwiderstandes R_d wird ein mechanisches Modell verwendet, das sowohl den Bemessungswert der Festigkeitseigenschaften X_d als auch die geometrischen Größen a_d berücksichtigt

$$R_d = R (X_{d,1}, X_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, \dots) \quad (A.17)$$

a_d Bemessungswert der geometrischen Größe (= Nennwert a_{nom})

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (A.18)$$

2. Zur Bestimmung des Bemessungswertes des Bauteilwiderstandes R_d kann der durch Versuche ermittelte charakteristische Wert eines Tragwiderstandes R_k dividiert durch einen Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwi-

derstand γ_R angewendet werden

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} \quad (\text{A.19})$$

Zu diesen Festlegungen kann auch eine Zustimmung der obersten Baubehörde erforderlich werden.

γ_R Teilsicherheitsbeiwert nach Abstimmung mit der obersten Baubehörde

A2.6 Nachweise der Grenzzustände

A2.6.1 Anforderungen

Als Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit werden diejenigen Tragwerksituationen verstanden, bei deren Überschreiten die Entwurfsanforderungen für das Bauwerk nicht mehr erfüllt sind. Um das Bemessungsziel zu erreichen und damit die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nicht zu überschreiten, müssen alle maßgebenden Lastfälle und Bemessungssituationen (Tabelle A.2.22) berücksichtigt werden.

DIN EN 1990 definiert Grenzzustände, bei denen das Tragwerk gerade noch die gewünschten Entwurfsanforderungen erfüllt und die geforderte Sicherheit einhält. Aufgrund der Schadenswahrscheinlichkeit werden die Schadensfolgen aus einer Überschreitung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit höher eingeschätzt als bei einer Überschreitung der Gebrauchstauglichkeit. Der Verlust der Tragfähigkeit eines Bauteiles hat die Gefährdung der Sicherheit zur Folge, während der Verlust der Gebrauchstauglichkeit meist "nur" wirtschaftliche Nachteile mit sich bringt.

Tabelle A2.22: Bemessungssituationen

Grenzzustand	Tragfähigkeit	Gebrauchstauglichkeit
Bemessungssituation	ständige und vorübergehende ¹⁾ außergewöhnliche Erdbeben	charakteristische (seltene) ¹⁾ häufige quasi-ständige ¹⁾
¹⁾ im Holzbau zu betrachtende übliche Grenzzustände.		

A2.6.2 Lastgrößen

Zur Erleichterung der Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise ist es sinnvoll, zuerst die Schnittgrößen (M, N, Q) als Basisschnittgrößen mit den charakteristischen Werten für Lasten G_k, Q_k, A_k zu ermitteln. Erst anschließend sollte der Einfluss der Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen (Tabelle A2.7) zur Ermittlung der Bemessungswerte G_d, Q_d, A_d berücksichtigt werden (Tabelle A2.23).

Als Hinweis auf die Zuordnung der Einwirkungen G_k, Q_k, A_k zur Ermittlung der Basisschnittgrößen M_k, N_k, Q_k und der Bemessungsgrößen M_d, N_d, Q_d dient Tabelle A2.24. Zur Ermittlung der Basisschnittgrößen M_k, N_k, Q_k sind die Angaben der Normenreihe DIN EN 1991, Einwirkungen auf Tragwerke, zugrunde zu legen.

A2.6.3 Lastverteilung

Unter lastverteilenden Systemen wird eine Anordnung von Einzelteilen und Baugliedern

verstanden, bei denen für eine zusammenhängende Lastabtragung ein Zusammenwirken erforderlich ist. Durch das Zusammenwirken von Holzkonstruktionen in Haupt- und Nebenrichtung kann die Tragfähigkeit der Einzelbauteile erhöht werden. Voraussetzung ist allerdings ein durchgehendes Lastverteilungssystem über mehre lastabtragende Bauteile.

Tabelle A2.23: Nachweisverfahren

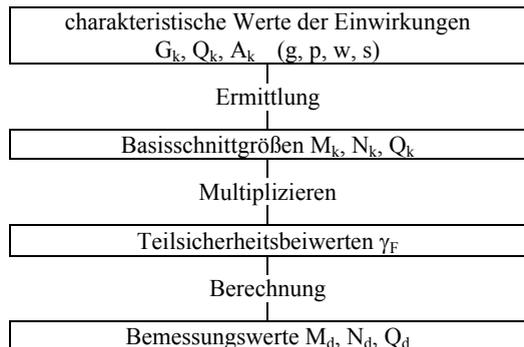


Tabelle A2.24: Einwirkungen auf Tragsysteme

Einwirkungen			charakteristische Lasten	Belastungen		
				Flächenlasten kN/m ²	Linienlasten kN/m	Punktlasten kN
ständige Einwirkungen	G_k	γ_F 0,90 - 1,35	Eigenlasten	Dach Decken Treppen	Träger Wände	Stützen
veränderliche Einwirkungen	Q_k	γ_F 0 - 1,50	Nutzlasten Windlasten Schneelasten			
außergewöhnliche Einwirkungen	A_k	γ_F 1,0	Anprall Stoß Brand Erdbeben			

Lastverteilungsfaktoren ermöglichen die Erhöhung der Bemessungswerte der Tragfähigkeit von Holzbauteilen durch Lastweiterleitung zu benachbarten Bauteilen und damit zur Entlastung der am meisten beanspruchten Bauteile. Die Einflüsse einer Lastverteilung, die zu einer Erhöhung führen können, sind:

- geringe Wahrscheinlichkeit, dass ein Bauteil mit geringer Festigkeit an der Stelle mit besonders hoher Beanspruchung eingebaut wird,
- Lastkonzentration auf Bauteile mit besonders großer Steifigkeit und damit großer Belastbarkeit und dadurch Reduzierung des Lastanteiles auf Bauteile mit geringerer Steifigkeit und geringerer Belastbarkeit.

Der Nachweis für das Lastverteilungssystem im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf für die Lasteinwirkungsdauer kurz und mit dem Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaften den $\gamma_M = 1,0$ geführt werden.

Werden ähnliche Bauteile bei gleichem gegenseitigen Abstand durch ein kontinuierliches Lastverteilungssystem seitlich miteinander verbunden, dürfen die Festigkeitskennwerte der Bauteile um einen Systembeiwert k_1 erhöht in Rechnung gestellt werden. Hierbei darf der Systembeiwert zu $k_1 = 1,1$ angenommen werden. Eine Gegenüberstellung von Systemen mit

Bauteilen und ihren Lastverteilungssystemen zeigt Tabelle A2.25.

Tabelle A2.25: Lastverteilungssysteme

Bauteil	Lastverteilungssystem
Flachdach Balken	Schalung, Beplankung
Flachdach Holztafeln	Rippen mit ein- und zweiseitiger Beplankung
Dach Sparren	Dachlatten, Schalung, Beplankung
Dach Binder	Dachlatten, Pfetten, Schalung, Beplankung
Decken Balken	Schalung, Beplankung
Decken Holztafeln	Rippen mit ein- und zweiseitiger Beplankung
Wände Holztafeln	Rippen mit ein- und zweiseitiger Beplankung

A2.6.4 Lastfallkombinationen

Die Norm DIN EN 1991-1, Einwirkungen auf Tragwerke im Hochbau, enthält in den Teilen 1-7 die Einteilung und Klassifizierung der allgemeinen Einwirkungen auf Tragwerke. Die Begriffe im Zusammenhang mit den Einwirkungen werden in DIN EN 1990 erläutert. Ein Auszug aus DIN EN 1991-1 ist in Abschnitt A2.2.1 zusammengestellt.

Teil 1 Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten
Eigengewicht: ständig, ortsfest
Nutzlast: veränderlich, frei¹⁾

- Teil 2 Brandeinwirkung auf Tragwerke
außergewöhnlich
 - Teil 3 Schneelasten
veränderlich, ortsfest
 - Teil 4 Windlasten
veränderlich, frei¹⁾
 - Teil 5 Temperatureinwirkungen
veränderlich, indirekt
 - Teil 6 Bauausführung
vorübergehend, außergewöhnlich
 - Teil 7 Außergewöhnliche Einwirkungen
außergewöhnlich
- ¹⁾ freie Einwirkung bedeutet ortsveränderlich,

werte ψ_i (Tabelle A2.8). Ein Auszug dieser Werte der verschiedenen Lasteinwirkungsdauern für die im Hochbau üblichen Einwirkungen aus Eigen-, Schnee-, Wind- und Verkehrslasten ist in Tabelle A2.26 und Tabelle A2.27 enthalten.

Für die Bemessungssituationen von üblichen Hochbauten in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit ist die Nachweissituation für ständige und vorübergehende Bemessungssituation maßgebend. Weitere Bemessungssituationen sind in Tabelle A2.11 gegenübergestellt.

Für die einzelnen Bemessungsverfahren ist die Festlegung der zu betrachtenden Einwirkungen ausschlaggebend. Die Beanspruchungen sind nicht nur von der Größe der Einwirkungen, sondern auch von ihrer Art und Dauer abhängig. Faktoren sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F (Tabelle A2.7), sowie die Kombinationsbeiwerte

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gkj} + \gamma_{Q1} \cdot E_{Qk1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qki} \quad (A.20)$$

Hierbei darf die jeweils wirtschaftlichere Kombinationsregel Grundkombination oder vereinfachte Kombinationsregeln (allerdings mit dem größeren Wert) gewählt werden.

Tabelle A2.26: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen in Grenzzustand der Tragfähigkeit

Einwirkung	Versagen des Tragwerks			Verlust der Lagesicherheit		
	ständig γ_G	veränderlich γ_Q	außergewöhnlich γ_A	ständig γ_G	veränderlich γ_Q	außergewöhnlich γ_A
destabilisierend (ungünstig)	1,35	1,5	1,0	1,1	1,5	1,0
stabilisierend (günstig)	1,0	0	0	0,9	0	0

Tabelle A2.27: Kombinationsbeiwerte ψ_i in Abhängigkeit von den Einwirkungen

Einwirkungen ¹⁾		Kombinationsbeiwerte ψ_i		
		ψ_0	ψ_1	ψ_2
s ²⁾	kurz	0,5	0,2	0
	mittel	0,7	0,5	0,2
w	kurz	0,6	0,2	0
p ³⁾	kurz	0,7	0,7	0,6
	mittel	0,7	0,5	0,3
	lang	1,0	0,9	0,8

¹⁾ Einteilung der Einwirkungen nach DIN EN 1995-1-1/NA;
²⁾ über NN < 1000 m ist die Lasteinwirkungsdauer mittel anzusetzen;
³⁾ Lasteinwirkungsdauer nach DIN EN 1995-1-1/NA Tabelle NA.1.

Zur Berücksichtigung der verschiedenen Lastfälle mit unterschiedlichen Lastkombinationen, wie z.B. nach Tabelle A2.27 sind Abminderungen mit sog. Kombinationsbeiwerten ψ_i zuläs-

sig. Diese Kombinationsbeiwerte ψ_i für die Einwirkungen aus g, s, w, und p für die Kombinationen nach Tabelle A2.27 sind in Tabelle A2.28 gegenübergestellt.

Eine Vereinfachung der Nachweisverfahren zur Berechnung der Bemessungswerte der Auswirkungen E_d kann durch die Berücksichtigung der vorgegebenen Festwerte γ_G , γ_F und γ_M erfolgen.

Zuzüglich können auch die Modifikationsbeiwerte k_{mod} für die Nutzungsklassen 1-3 als Lasterhöhungsfaktoren zusammengefasst werden (Tabelle A2.29).

Tabelle A2.28: Kombinationen der Einwirkungen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit

Eigenlast	Nutzlast Kombinationen der Lastfälle		
	$\gamma_G \cdot g \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot s \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot w \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$
$\gamma_G \cdot g \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot w \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot s \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot p \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$
$\gamma_G \cdot g \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot p \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot s \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$	$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot w \cdot \frac{\gamma_M}{k_{mod}}$

Tabelle A2.29: Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit

Einwirkungen	Lasteinwirkungs- dauer ¹⁾	Einwirkungskombinationen
		Grundkombination
		$\sum \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
g	ständig	1,35 · g
s ²⁾	kurz	1,5 · s
w	kurz	1,5 · w
p ²⁾	mittel	1,5 · p
g+s	kurz	1,35 · g + 1,5 · s
g+w	kurz	1,35 · g + 1,5 · w
g+p	mittel	1,35 · g + 1,5 · p
g+s+w	kurz	1,35 · g + 1,5 · s + 1,5 · $\psi_0 \cdot w$ 1,35 · g + 1,5 · $\psi_0 \cdot s$ + 1,5 · w
g+s+p	kurz	1,35 · g + 1,5 · s + 1,5 · $\psi_0 \cdot p$ 1,35 · g + 1,5 · $\psi_0 \cdot s$ + 1,5 · p
g+w+p	kurz	1,35 · g + 1,5 · w + 1,5 · $\psi_0 \cdot p$ 1,35 · g + 1,5 · $\psi_0 \cdot w$ + 1,5 · p
g+s+w+p	kurz	1,35 · g + 1,5 · s + 1,5 · ($\psi_0 \cdot w$ + $\psi_0 \cdot p$) 1,35 · g + 1,5 · w + 1,5 · ($\psi_0 \cdot s$ + $\psi_0 \cdot p$) 1,35 · g + 1,5 · p + 1,5 · ($\psi_0 \cdot s$ + $\psi_0 \cdot w$)

¹⁾ Einteilung nach DIN EN 1991;
²⁾ Hierbei ist die Zuordnung nach Tabelle A2.27 zu beachten.

A2.6.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit

Der Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit wird mit den Bemessungswerten der Einwirkungen F_d und den Bemessungswerten der Festigkeiten der Baustoffe X_d geführt (Tabelle A2.30). Ein systematischer Ablauf der

Nachweisverfahren ist im Tabelle A2.31 dargestellt.

Die Grenzzustände der Tragfähigkeit kennzeichnen ein durch Tragwerksversagen ausgehendes Gefährdungspotential. Zu untersuchen

ist daher die Einhaltung der folgenden drei Nachweisbedingungen:

Fall 1 zu untersuchen ist der Grenzzustand des statischen Gleichgewichtes oder der Lagesicherheit des Tragwerkes, die Festigkeit der Baustoffe ist dabei von untergeordneter Bedeutung (z.B. Umkippen).

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (A.21)$$

$E_{d,dst}$ Bemessungswert der ungünstigen (destabilisierenden) Einwirkung

$E_{d,stab}$ Bemessungswert der günstigen (stabilisierenden) Einwirkung

Fall 2 zu untersuchen ist der Grenzzustand des Versagens des Tragwerkes als Ganzes oder einzelner Tragwerksteile einschließlich der Verbindungen durch Bruch oder übermäßige Verformung.

Diese Versagensform ist abhängig von den Festigkeitswerten der Baustoffe.

$$E_d \leq R_d \quad (A.22)$$

E_d Bemessungswert der Auswirkung (Schnittgrößen)

R_d Bemessungswert des Tragwiderstandes (Tragfähigkeit)

Fall 3 zu untersuchen ist die Lagesicherheit einer Verankerung. Die Gleichung Fall 1 ist hierzu umgeformt. Der Nachweis nach Gleichung (Fall 2) ist zusätzlich zu führen.

$$E_{d,dst} - E_{d,stab} \leq R_d \quad (A.23)$$

R_d Bemessungswert des Widerstandes der Verankerung

Tabelle A2.30: Nachweiskonzept Tragfähigkeit

Allgemeines Nachweiskonzept – Grenzzustände der Tragfähigkeit			
Charakteristischer Wert der Einwirkungen	F_k		Charakteristischer Wert der Festigkeitseigenschaften
Bemessungswert der Einwirkungen	F_d		Bemessungswert der Festigkeitseigenschaften
Bemessungswert der Beanspruchungen	E_d	≤	Bemessungswert des Tragwiderstandes
Ablauf: 1. Festlegung des Tragwerks- und des Lastmodells; 2. Bestimmung der charakteristischen und repräsentativen Werte für Einwirkungen und Baustoffeigenschaften; 3. Berechnung der Bemessungswerte für Einwirkungen und Baustoffeigenschaften; 4. Berechnung der Bemessungswerte für Beanspruchungen und Tragwerkswiderstände ; 5. Berechnung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit.			

A2.6.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit hat das Ziel einen Tragwerkszustand zu beschreiben, bei dessen Überschreitung die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerkes nicht mehr gegeben ist und damit die an das Tragwerk gestellten Nutzungsanfor-

derungen nicht mehr erfüllt werden. Ein systematischer Ablauf der Nachweisverfahren ist in Tabelle A2.32 dargestellt.

Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit legen Bedingungen fest, bei denen entweder wegen zu großer Verformung bzw. Durchbiegung oder wegen Schwingungen eine geförder-

te geforderte Nutzung nicht möglich ist. Der Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit muss daher folgende Bedingung erfüllen:

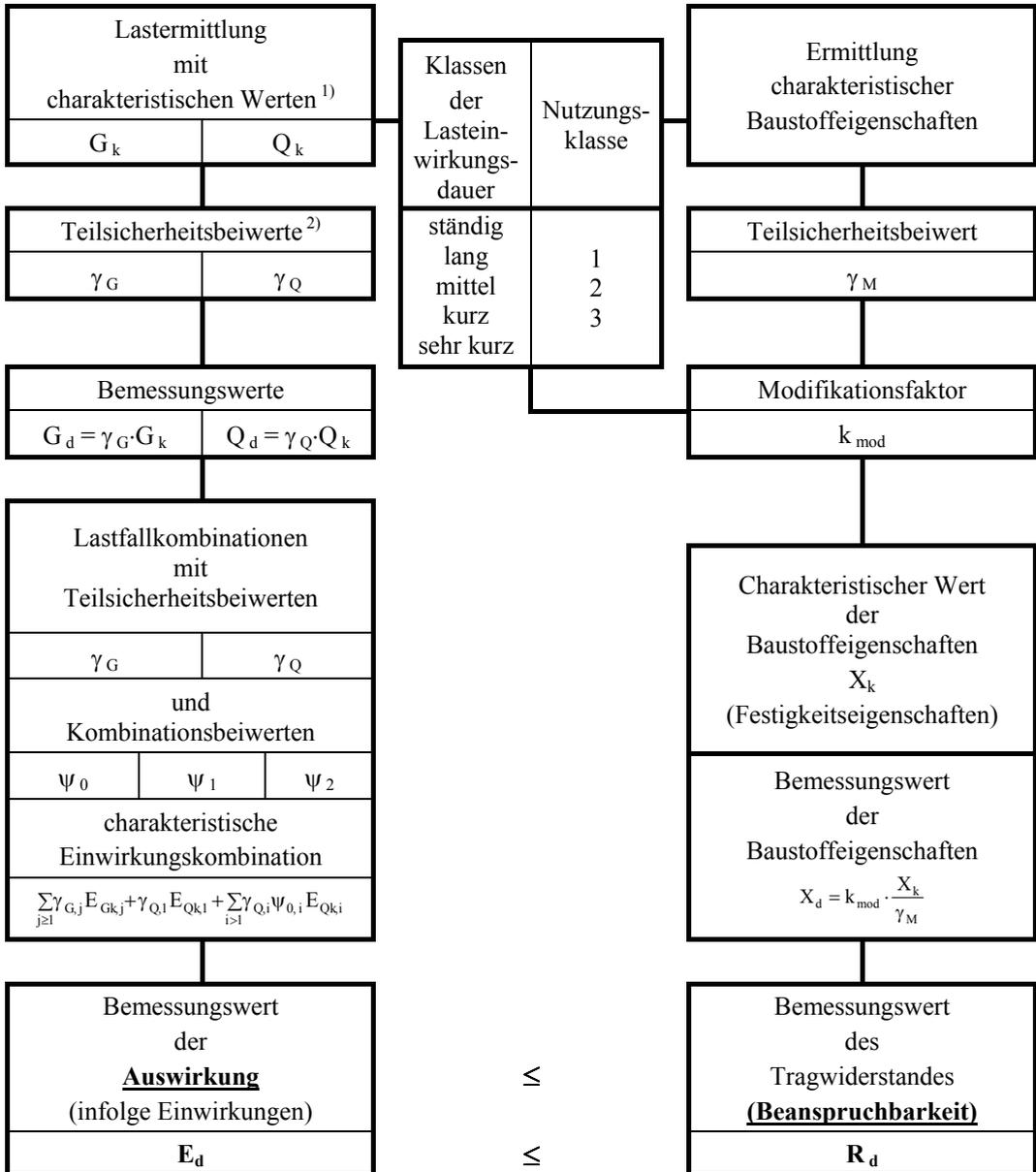
$$E_d \leq C_d \quad (\text{A.24})$$

E_d Bemessungswert der Auswirkung
z.B. Durchbiegungen

C_d maßgebender einzuhaltender
Nennwert, z.B. Grenzwert der
Durchbiegung

Bei der Führung der Nachweise ist zu beachten, dass die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F der Einwirkungen und die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für die Steifigkeitseigenschaften mit dem Wert $\gamma_i = 1,0$ anzusetzen sind. Diese Festsetzungen berücksichtigen die unterschiedlichen Auswirkungen von Schäden bei einer Überschreitung der jeweiligen Grenzzustände. Aus dem gleichen Grund sind bei der Ermittlung der repräsentativen Werte der veränderlichen Einwirkungen reduzierte Kombinationsbeiwerte ψ_i zugelassen.

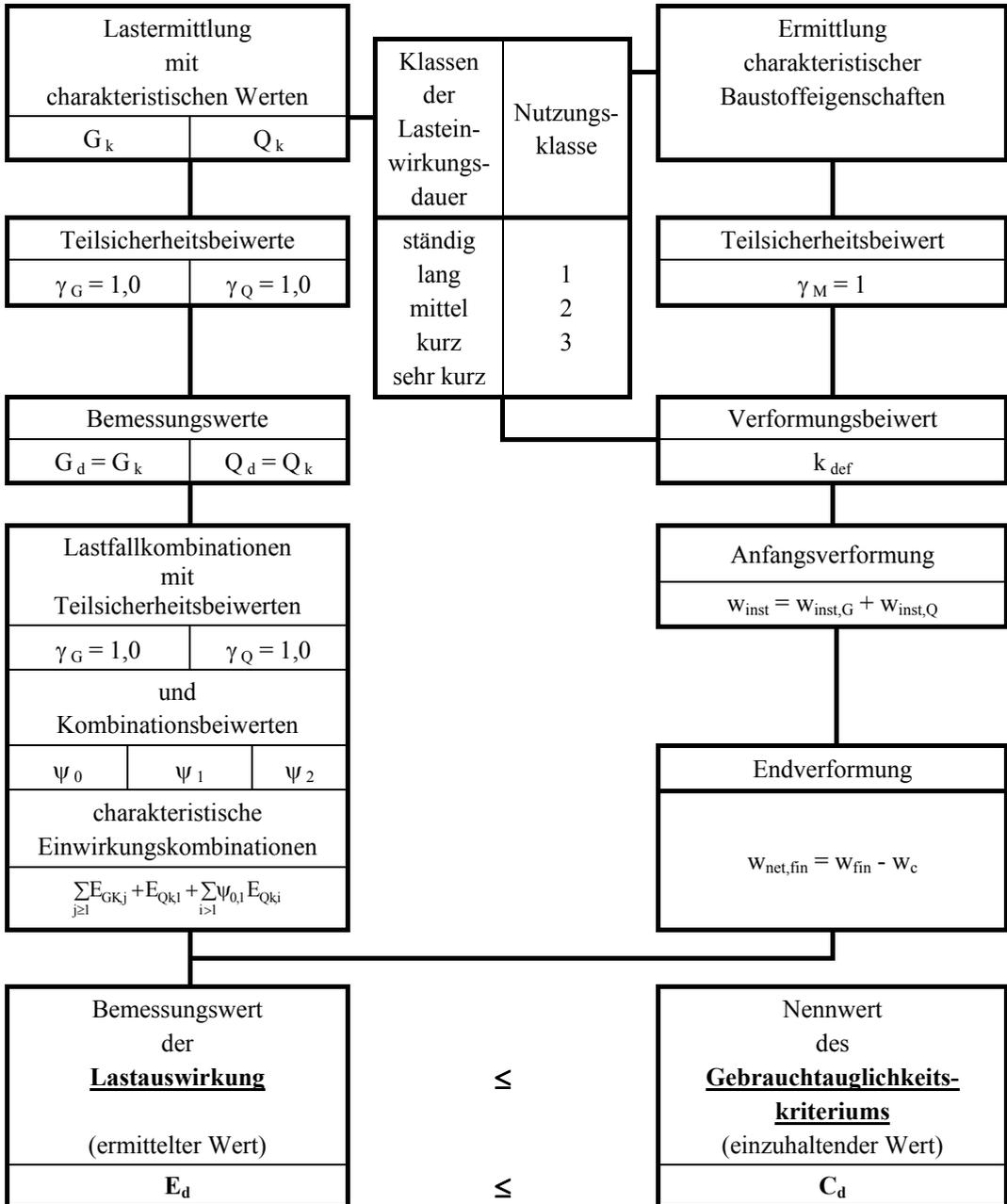
Tabelle A2.31: Ablaufschema für Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen
Ablaufschema für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)



¹⁾ A außergewöhnliche Einwirkungen sind gesondert zu berücksichtigen

²⁾ γ_A Teilsicherheitsbeiwert für außergewöhnliche Einwirkungen ist besonders zu berücksichtigen

Tabelle A2.32: Ablaufschema für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) für charakteristische (seltene) Bemessungssituationen
Ablaufschema für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)



A3 Einwirkungen auf Tragwerke

A3.1 Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten

A3.1.1 Bemessungssituation

Das Eigengewicht eines Bauwerks gilt als ständige ortsfeste Einwirkung, die Nutzlasten dagegen als veränderliche freie (ortsunabhängige) Einwirkungen. In DIN EN 1991-1-1 werden folgende Angaben über Einwirkungen für die Tragwerksplanung von Hochbauten festgelegt:

- Wichten von Baustoffen und Lagergütern
- Eigengewicht von Bauteilen¹⁾
- Nutzlasten von Hochbauten

¹⁾ ermittelt aus dem charakteristischen Wert der Wichte γ multipliziert mit den Abmessungen.

Die charakteristischen Werte von Nutzlasten für Decken und Dächer werden weiterhin unterschieden nach den Nutzungsbedingungen:

- Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume
- Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr
- Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung
- Dächer
- Hubschrauberlandeflächen.

A3.1.2 Eigenlasten von Hochbauten

Die charakteristischen Werte der Eigenlasten werden aus den Wichten γ in kN/m^3 (Gesamtwicht je Volumeneinheit eines Stoffes) bzw. den Flächenlasten der Baustoffe ermittelt. Diese Werte stellen Mittelwerte dar, bei starken Abweichungen können die Werte allerdings auch projektbezogen festgelegt werden. Die Raum- und Flächengewichte von üblichen Baustoffen und Bauteilen werden in DIN EN 1991-1-1/NA geregelt. In der Tabelle A3.1 sind einige der für den Holzbau wichtigen Wichten und Flächenlasten zusammengestellt. Ergänzend dazu sind folgende Gruppen von Wichten und Flächenlasten in DIN EN 1991-1-1 geregelt:

- Lagerstoffe (Tab. A.12)
- Mauerwerk (Tab. A.13)
- Bau- und Planplatten (Tab. A.14)
- Bewehrte Porenbetonplatten (Tab. A.15)
- Gipsplatten (Tab. A.16)
- Putze (Tab. A.17)
- Fußboden- und Wandbeläge (Tab. A.18)
- Lose Stoffe (Tab. A.19)
- Platten, Matten, Bahnen (Tab. A.20)
- Dachdeckungen (Tab. A.21)
- Schieferdeckung (Tab. A.22)
- Metalldeckungen (Tab. A.23)
- Faserzement-Dachplatten (Tab. A.24)
- Faserzement-Wellplatten (Tab. A.25)
- Sonstige Deckungen (Tab. A.26)
- Dach-, Bauwerksabdichtungen (Tab. A.27).

Weichen die vorgegebenen Werte allerdings wesentlich von den genormten Werten ab, so müssen diese Abweichungen berücksichtigt werden. Bei zeitlichen Veränderungen des Eigengewichtes ist mit dem oberen und unteren charakteristischen Wert zu rechnen. Die Ortsveränderlichkeit von Eigengewichten (z.B. versetzbare Trennwände) ist als zusätzliche Nutzlast zu berücksichtigen

Eigenlasten sind ständig vorhandene und in der Regel unveränderliche Einwirkungen. Sie setzen sich zusammen aus den dauernd aufzunehmenden Einwirkungen (z.B. Dachdeckungen, Fußbodenaufbauten, Wandputz, Decken- und Wandverkleidungen) und den Gewichten der tragenden und/oder stützenden Bauteile. Alle bei der Bemessung anzusetzenden Eigenlasten werden als unabhängige ständige Einwirkungen G_k betrachtet.

Das Eigengewicht von Bauwerken umfasst sowohl das Tragwerk, als auch die nichttragenden Bauteile sowie die ortsfesten Versorgungseinrichtungen. Die nichttragenden Bauteile umfassen:

- Dachabdeckungen
- Oberflächenbeschichtungen, Abdeckungen
- Zwischenwände, Ausfütterungen
- Handläufe, Geländer
- Fassaden, Wandbekleidungen
- Untergehängte Decken
- Isolierungen
- ortsfeste Versorgungseinrichtungen.

Tabelle A3.1: Wichten und Flächenlasten (Auszug aus DIN EN 1991-1-1)

Holz	Wichte γ in kN/m ³							
	C24	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D60
	4,2	4,6	4,8	5,0	6,4	6,7	7,0	8,4
Brettschichtholz	GL24h	GL24c	GL28h	GL28c	GL32h	GL32c	GL36h	GL36d
	3,7	3,5	4,0	3,7	4,2	4,0	4,4	4,2
Sperrholz	Weichholz-Sperrholz				Birken-Sperrholz			
	5,0				7,0			
Spanplatten	Spanplatten			zementgebundene Spanplatten		Sandwichplatten		
	7,0 bis 8,0			12,0		7,0		
Holzfaserplatten	Hartfaserplatten			Faserplatten mittlerer Dichte		Leichtfaserplatten		
	10,0			8,0		4,0		

A3.1.3 Nutzlasten von Hochbauten

1. Lotrechte Nutzlasten q_k , Q_k

Alle bei der Bemessung anzusetzenden Nutzlasten werden als unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_k betrachtet. Die anzusetzenden Nutzlasten q_k (kN/m²) und Q_k (kN) gelten als "vorwiegend ruhende", "statische" Einwirkungen, d.h. diese Einwirkungen erzeugen keine bemerkenswerten Beschleunigungen des Tragwerks oder der Bauteile. Im Gegensatz dazu sind dynamische Einwirkungen als "nicht vorwiegend ruhend" zu betrachten, wenn sie bemerkenswerte Beschleunigungen des Tragwerks oder der Bauteile erzeugen. Allerdings dürfen sie als quasi-statische Lasten betrachtet werden, wenn sie durch äquivalente statische Ersatzeinwirkungen (z.B. Windlasten) bei der Berechnung beschrieben werden können.

Bei Nachweisen mit Nutzlasten (Verkehrslasten) wird unterschieden nach Einwirkungen aus gleichmäßig verteilten Lasten q_k in kN/m² und Einzelnachweisen für konzentrierte Einzellasten Q_k in kN. Für q_k (verteilt auf m²) und Q_k (verteilt auf eine quadratische Fläche mit $a = 5$ cm) sind getrennte Nachweise zu führen.

Die charakteristischen Werte für Nutzlasten für Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume sind in DIN EN 1991-1-1/NA Tabelle 6.1DE "Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone" und für Dächer in DIN EN 1991-1-1/NA Tabelle 6.10DE "Nutzlasten für Dächer" zusammengestellt. Geordnet sind diese Lasten nach den einzelnen Nutzungskategorien A, B, C, D, E, F, G, H, K, T, Z, in Tabelle A2.10 einzeln aufgelistet. Eine Übersicht über die lotrechten Nutzlasten enthält Tabelle A3.2.

Bei der Ermittlung der Nutzlasten sind folgende Vorgaben zu berücksichtigen:

- bei unterschiedlichen Nutzungsarten ist für den ungünstigsten Lastfall zu bemessen
- bei dem Zusammenwirken von Nutzlast und anderen veränderlichen Einwirkungen ist die Gesamtheit als eine einzige Einwirkung anzusehen
- auf Dächern müssen Nutzlasten nicht in Kombination mit Schnee- und/oder Windwirkung angesetzt werden
- die Nutzlast aus einer einzelnen Nutzungskategorie darf in einzelnen Fällen mit dem

Abminderungsbeiwert α_A abgemindert werden.

2. Lotrechte Einzellasten $Q_{k,N}$ für Dächer

Für die Nachweise der Mindesttragfähigkeit von Einzellasten für Dächer gelten folgende Ansätze:

- Einzelne Tragglieder
charakteristischer Wert für eine Einzellast $Q_k = 1,0$ kN ohne Überlagerung mit q_k aus gleichmäßig verteilten Lasten
- Dachlatten
charakteristischer Wert für zwei Einzellast-

ten von je $Q_k = 0,5$ kN in den äußeren Viertelpunkten der Stützweiten

Erfahrungswerte

$b/d = 24/48$ mm für $a < 70$ cm

$b/d = 30/50$ mm für $a < 80$ cm

$b/d = 40/60$ mm für $a < 100$ cm

- Sprossen
charakteristischer Wert für eine Einzellast $Q_k = 0,5$ kN in ungünstigster Stellung, wenn die Dächer nur mit Hilfe von Bohlen und Leitern begehbar sind.

Tabelle A3.2: Lotrechte Nutzlasten (Auszug aus DIN EN 1991-1-1/NA)

Kategorie ¹⁾	Nutzung	Beispiel	q_k (kN/m ²)	Q_k kN	
A	A1	Spitzboden	1,0	1,0	
	A2	Wohn- und	Decke mit ausreichender Querverteilung	1,5	---
	A3	Aufenthaltsräume	Decke ohne ausreichende Querverteilung	2,0 ²⁾	1,0
B	B1	Büro-, Arbeitsflächen,	Büro, Praxis, Aufenthaltsräume ³⁾	2,0	2,0
	B2	Flure	Krankenhaus, Hotel, Altenheim ³⁾	3,0	3,0
H	Dach	nicht begehbares Dach		1,0	
T	T1	Treppen und Treppenpodeste	Wohn-, Bürogebäude, Praxis	3,0	2,0
	T2		Nutzung die nicht zu T1 und T3 gehören	5,0	2,0
	T3		Tribünenzugänge ohne feste Sitzplätze	7,5	3,0
Z	Balkon, Zugang	Dachterrasse, Laubengang, Loggia usw.	4,0	2,0	

¹⁾ Kategorie C (Versammlungsräume usw.), D (Verkaufsräume), E (Lager, Fabriken usw.), F (Verkehrsflächen für leichte Fahrzeuge), G (Flächen für Gegengewichtstapler), siehe DIN EN 1991-1-1;
²⁾ für die Weiterleitung darf um 0,5 kN/m² abgemindert werden;
³⁾ Nutzung mit schwerem Gerät: $q_k = 5,0$ kN/m², $Q_k = 4,0$ kN.

3. Trennwandzuschlag

Die Berücksichtigung leichter unbelasteter Trennwände kann durch einen gleichmäßig verteilten Zuschlag (in kN/m²) zur Nutzlast

erfolgen. Maßgebend hierfür ist die Wandlast je lfm Wandlänge (Tabelle A3.3).

Tabelle A3.3: Leichte unbelastete Trennwände

Nutzlast kN/m ²	Wandlasten je Wandlänge ¹⁾ kN/m	gleichmäßiger Zuschlag zur Nutzlast kN/m ²
≤ 5,0	≤ 3,0	0,8
	> 3,0 ≤ 5,0 ²⁾	1,2
> 5,0	Zuschlag zur Nutzlast kann entfallen	

¹⁾ Lasten infolge beweglicher Trennwände müssen als Nutzlast behandelt werden;
²⁾ Ausgenommen sind Wände mit Lasten von > 3 kN/m Wandlänge, die parallel zu Balken von Decken ohne ausreichende Querverteilung stehen.

4. Horizontale Nutzlasten

Die charakteristischen Werte gleichmäßig verteilter Nutzlasten q_k infolge von Personen auf

Brüstungen, Geländer und anderen Konstruktionen (Tabelle A3.4), die als Abspernung dienen, sind in einer Höhe $\leq 1,20$ m anzusetzen.

Tabelle A3.4: Horizontale Nutzlasten auf Zwischenwände und Absturzsicherungen

Nutzung nach Kategorie (Auszug aus DIN EN 1991-1-1/NA) ¹⁾	Horizontale Nutzlast q_k ^{2),3)} kN/m
A: Spitzböden, Wohn und Aufenthaltsräume (A1-A3) B: Büro, Arbeitsflächen, Flure (nur B1) F: Verkehrsflächen für leichte Fahrzeuge (F1-F4) H: Dächer T: Treppen und Treppenpodeste (nur T1) Z: Zugänge, Balkone und ähnliches ⁴⁾	0,5
B: Büro, Arbeitsflächen, Flure (B2 und B3) C: Versammlungsräume usw. (C1 bis C4) D: Verkaufsräume (D1 bis D3) E: Lager, Fabriken usw. (E1.1, E1.2, E2.1 bis E2.5) F: Verkehrs- und Parkflächen für Gesamtlast ≤ 30 kN (FL1-FL6) HC: Dachflächen Kategorie K mit Hubschrauberlandemöglichkeit T: Nutzung die nicht zu T1 und T3 gehören (nur T2) Z: Zugänge, Balkone und ähnliches ⁴⁾	1,0
C: Versammlungsräume usw. (nur C5 und C6) T: Treppen und Treppenpodeste (nur T3)	2,0

¹⁾ Kategorie nach Tabelle A2.10 und DIN EN 1991-1-1/NA Tabelle 6.1DE;
²⁾ Horizontale Nutzlasten zur Absturzsicherung sind in voller Höhe und in Gegenrichtung mit 0,5 kN/m anzusetzen;
³⁾ Wind und horizontale Nutzlasten sind nicht zu überlagern;
⁴⁾ Zuordnung entsprechend der maßgebenden Nutzungskategorie.

A3.2 Schneelasten

A3.2.1 Bemessungssituation

Schnee wird als veränderliche, ortsfeste und statische Einwirkung klassifiziert. Außergewöhnliche Schneelasten sind als außergewöhnliche Einwirkung nachzuweisen. Dagegen sind Schneeverwehungen z.B. auf Dächern nicht als außergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln. Auftretende "örtliche" Effekte (Verwehungen an Wänden und Aufbauten, Dachtraufen, Schneegitter) sind in der Regel als ständige bzw. vorübergehende Bemessungssituation zu behandeln.

Die Wichte γ von Schnee kann sehr stark schwanken und von der zeitlichen Dauer der Schneebedeckung, der Geländehöhe und dem Klima abhängen. Die mittlere Wichte von Schnee ist wie folgt festgelegt:

- frischer Schnee $\gamma = 1,0 \text{ kN/m}^3$
- gesetzter Schnee $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$
(mehrere Stunden oder Tage nach dem Schneefall)
- alter Schnee $\gamma = 2,5 - 3,5 \text{ kN/m}^3$
(mehrere Wochen oder Monate nach dem Schneefall)
- feuchter Schnee $\gamma = 4,0 \text{ kN/m}^3$.

Die in DIN EN 1991-1-3/NA enthaltenen Rechenwerte für Schnee dienen der Berechnung und Bemessung baulicher Anlagen des Hoch- und Ingenieurbaus mit Ausnahme von Orten, die höher als 1500 m ü. NN liegen. Die Rechenwerte für Bauwerke in einer Höhenlage über 1500 m ü. NN sind jeweils mit der zuständigen Behörde festzulegen.

Nicht enthalten in der Norm DIN EN 1991-1-3 sind Angaben und Regelungen zu:

- anprallende Schneelasten
(Abrutschen oder Herunterfallen von höher liegenden Dächern)
- ganzjährige Schneelast
(z.B. Gletschergebiete)
- seitlich anfallenden Schneelasten
(z.B. Schneeverwehungen)

- künstliche Schneeanhäufungen
(Abräumung, örtliche Verlagerung)
- Schneelasten auf Brücken
- Eislasten.

Zusätzliche Windlasten, die durch Änderungen der Größe oder des Umrisses von Bauwerken durch Schnee- oder Eisablagerungen entstehen, sowie Lastminderungen durch abschmelzenden Schnee werden ebenfalls in DIN EN 1991-1-3 nicht geregelt

A3.2.2 Schneelast auf dem Boden

Die Einwirkungen aus Schneelast sind nach DIN EN 1990 für die maßgebende Bemessungssituation zu ermitteln. Der charakteristische Wert der Schneelast auf dem Boden s_k ist mit einer jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeit von 2% festgelegt.

Der Grundwert der Schneelast als charakteristischer Wert s_k (kN/m^2) bezieht sich auf die Schneelast am Boden des entsprechenden Bauwerkes. Entsprechend der Geländehöhe über dem Meeresspiegel und der regionalen Gegebenheit sind Schneelastzonen 1 bis 3 bzw. 1a und 2a festgelegt (Tabelle A3.5). Die sich daraus ergebenden Rechenwerte s_k gelten ausschließlich für eine natürliche Schneelastverteilung. Für künstliche Schneeanhäufungen wie Abräumen oder Umlagerung sind gesonderte Lastansätze zu berücksichtigen. Eine Übersicht der charakteristischen Werte in Abhängigkeit von den Schneelastzonen zeigt Tabelle A3.6.

Das Auftreten von außergewöhnlichen Schneelasten auf dem Boden mit einer außergewöhnlich seltenen Auftretenswahrscheinlichkeit darf in folgender Form nachgewiesen werden:

$$s_{Ad} = C_{est} \cdot s_k \quad (\text{A.25})$$

mit $C_{est} = 2,0$. Allerdings kann die zuständige Behörde auch höhere Werte festlegen.

Tabelle A3.5: Charakteristische Werte der Schneelasten s_k auf dem Boden

Zonen ¹⁾	Sockelbetrag	Charakteristischer Wert
Zone 1	0,65 kN/m ² (bis 400 m ü. d. M.)	$s_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2$
Zone 2	0,85 kN/m ² (bis 285 m ü. d. M.)	$s_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2$
Zone 3	1,10 kN/m ² (bis 255 m ü. d. M.)	$s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2$

¹⁾ in den Zonen 1a, 2a mit den zugehörigen Sockelbeträgen werden die Werte der Zonen 1 und 2 um den Faktor 1,25 angehoben;
 s_k charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden, in kN/m²;
 A Geländehöhe über Meeresniveau, in m.

Tabelle A3.6: charakteristische Schneelast s_k (kN/m²)

Höhe ü. NN in m	Zone		
	1	2	3
0	0,65	0,85	1,10
100			
200			
255		0,89	1,22
285			
300		1,21	1,29
400			
500	0,84	1,60	2,37
600	1,05	2,06	3,07
700	1,30	2,58	3,86
800	1,58	3,17	4,76
900		3,83	5,76
1000		4,55	6,86
1100		5,33	8,06
1200		6,19	9,36
1300			10,76
1400			12,26
1500			13,86

Eine graphische Auswertung der Formeln für die Schneelasten am Boden s_k in Tabelle A3.5 kann auch dem Bild NA.2 der Norm DIN EN 1991-1-3/NA entnommen werden.

A3.2.3 Schneelast auf Dächern

- Grundsätzlich sind für Schneelasten auf Dächern die folgenden zwei Lastanordnungen zu berücksichtigen

- unverwehte Schneelasten auf dem Dach

▪ verwehte Schneelasten auf dem Dach.
 Die Schneelast auf Dächern s (kN/m²) wird in Abhängigkeit von den Formbeiwerten der Dachformen μ_i und der jeweiligen charakteristischen Schneelast s_k auf dem Boden ermittelt für die Bemessungssituation

- ständige und veränderliche Bemessungssituation

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (A.26)$$

- außergewöhnliche Bemessungssituation

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad} \quad (A.27)$$

s Schneelast auf dem Dach in kN/m²

μ_i Formbeiwert der Schneelast nach Tabelle A3.7

s_k charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden, in kN/m²

C_e Umgebungskoeffizient

C_t Temperaturkoeffizient

Nach DIN EN 1991-1-3/NA ist $C_e = 1,0$ und $C_t = 1,0$ zu setzen. Hiermit vereinfachen sich die Bemessungssituationen wie folgt:

- ständige und veränderliche Bemessungssituation

$$s = \mu_i \cdot s_k \quad (A.28)$$

- außergewöhnliche Bemessungssituation

$$s = \mu_i \cdot s_{Ad} \quad (A.29)$$

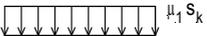
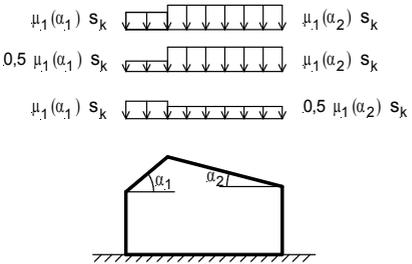
Lastbilder und Formbeiwerte ¹⁾²⁾	
Flache und geneigte Dächer	Satteldächer (Walmdach)
	
<p>¹⁾ Lastanhäufungen, die durch nicht funktionsfähige Dachentwässerungssysteme (z.B. Verstopfungen durch Schnee und Eis) entstehen, müssen durch gesonderte Lastannahmen berücksichtigt werden;</p> <p>²⁾ Lastbilder und Formbeiwerte für gereichte Satteldächer, Sheddächer und Tonnendächer sind in DIN EN 1991-1-3 gesondert aufgeführt.</p>	

Bild A3.1. Lastbilder und Formbeiwerte

Die in Bild A3.1. dargestellten Lastbilder der Schneelasten sind vereinfachende Annahmen, die in ihrer Wirkung näherungsweise die tatsächlich möglichen Schneeverteilungen wiedergeben. Die Schneelast s ist hierbei lotrecht wirkend anzunehmen und bezieht sich auf die waagerechte Projektion der Dachfläche.

Die für Regelfälle angegebenen Formbeiwerte μ_i decken die folgenden drei Lastbilder ab und berücksichtigen sowohl Schneelastverteilungen mit als auch und ohne Verwehungen:

- gleichmäßige Vollast (Schneefall bei geringer Luftbewegung)
- ungleichmäßige Verteilung (Schneeablagerung bei starker Luftbewegung)
- Umverteilung von Schnee (Abrutschen).

Von den in Bild A3.1 dargestellten Lastfällen der verschiedenen Dachformen sowie den weiteren Dachformen in DIN EN 1991-1-3 ist jeweils der ungünstigere Formbeiwert zu berücksichtigen.

- Sheddächer und Fensterband geneigt (DIN EN 1991-1-3/NA Abschnitt 5.3.4)
- Sheddächer und Fensterband lotrecht (DIN EN 1991-1-3/NA Abschnitt 5.3.4)
 - Tonnendächer (DIN EN 1991-1-3/NA Abschnitt 5.3.5).

Die Formbeiwerte μ_i der Schneelasten für flache und geneigte Dächer sind in Tabelle A3.7 zusammengestellt. Diese Formbeiwerte gelten sowohl für unverwehte als auch für verwehte Lastverteilung. Hierbei berücksichtigen die Formbeiwerte für Dächer eine ausreichend wärme gedämmte Konstruktion ($U < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) mit üblicher Dacheindeckung.

Weitere repräsentative Werte für Schneelasten auf Dächern sind folgende:

- Kombinationsbeiwerte $\psi_0 \cdot s$
- häufiger Wert $\psi_1 \cdot s$
- quasi-ständiger Wert $\psi_2 \cdot s$

Die Werte für ψ_0 , ψ_1 und ψ_2 können der Tabelle A2.8 entnommen werden.

Tabelle A3.7: Formbeiwerte der Schneelast für flache und geneigte Dächer (abhängig von Dachform und Dachneigung)

Dachneigung α	$0^0 \leq \alpha \leq 30^0$	$30^0 < \alpha \leq 60^0$	$\alpha > 60^0$
Formbeiwert μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0
Formbeiwert μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	---
Kann der Schnee nicht ungehindert von der Dachfläche abrutschen z.B. durch Brüstung, Schneefanggitter so ist ein Formbeiwert der Schneelast $\geq 0,8$ zu wählen.			

Zur Verdeutlichung sind in Tabelle A3.8 einige der charakteristischen Werte der Schneelast s gegenübergestellt.

Tabelle A3.8: Schneelast auf Dächern

Höhe ü. NN	Dach- neigung α_i	$\mu_i \cdot s_k$		
		Zone		
		1	2	3
400	0^0-30^0	0,52	0,97	1,42
	35^0	0,43	0,81	1,19
	40^0	0,35	0,65	0,95
	45^0	0,26	0,49	0,71
	50^0	0,17	0,32	0,47
	55^0	0,09	0,16	0,24
500	60^0	0,00	0,00	0,00
	0^0-30^0	0,67	1,28	1,90
	35^0	0,56	1,07	1,58
	40^0	0,45	0,86	1,27
	45^0	0,33	0,64	0,95
	50^0	0,22	0,43	0,63
	55^0	0,11	0,21	0,32
	60^0	0,00	0,00	0,00

Zusätzliche Hinweise mit Lastbildern und Formbeiwerten sind für weitere Konstruktionen in den folgenden Abschnitten der DIN EN 1991-1-3 festgelegt.

Weitere Formbeiwerte für Dächer:

- Dächer (Abschn. 5.3.6)

Anhäufung von Schnee auf Dachflächen unterhalb des Höhengsprunges durch Anwehen und/oder Abrutschen von Schnee vom oben liegenden Dach.

Örtliche Effekte:

- Verwehungen an Wänden und Aufbauten (Abschn. 6.2)

Schneeanhäufungen durch Windverwehungen

- Schneeüberhang Dachtraufen (Abschn. 6.3)

Zusätzliche Berücksichtigung von überhängendem Schnee an den auskragenden Teilen eines Daches, durch Ansetzen einer Linienlast an der Trauflinie

- Schneelasten an Schneefanggittern und Dachaufbauten (Abschn. 6.4)

Die rutschgefährdete Schneemasse ist in Gleitrichtung zu berücksichtigen, da die Reibung zwischen Schnee und Dachfläche vernachlässigt wird.

A3.3 Windlasten

A3.3.1 Bemessungssituation

1. Anwendungsbereich

Die Regelungen in DIN EN 1991-1-4 legen die Einwirkungen aus natürlichem Wind auf die Lasteinzugsflächen für Gebäude und ingenieurtechnische Anlagen fest. Hierzu gehören ganze Tragwerke, Teile davon und Bauelemente, die mit dem Tragwerk verbunden sind. Nicht berücksichtigt werden in DIN EN 1991-1-4

- Torsionsschwingungen
- Schwingungen, bei denen die Berücksichtigung der Grundschwingungsformen nicht ausreicht
- Windeinwirkungen auf Brücken und Brückenüberbauten infolge Windturbulenz
- Abgespannte Maste sowie Fachwerk- und Lichtmaste

2, Klassifizierung

Windeinwirkungen sind eingestuft als über die Zeit veränderliche freie (ortsveränderliche) Einwirkungen. Erfasst werden die Windeinwirkungen durch eine vereinfachte Anordnung von Winddrücken oder Windkräften. Der Winddruck wirkt senkrecht zur Oberfläche und wird wie folgt unterschieden:

- Druck auf die Außenflächen umschlossener Gebäude
- Druck auf die Innenflächen von Gebäuden infolge Durchlässigkeit der äußeren Hülle
- Direkteinwirkung auf die Innenflächen offener Gebäude.

Die in DIN EN 1991-1-4 vorgegebenen Windeinwirkungen sind charakteristische Werte die mit der Basiswindgeschwindigkeit (charakteristische Größe einer jährlichen Überschreitenswahrscheinlichkeit von 2% innerhalb einer mittleren Wiederkehrperiode von 50 Jahren) oder dem entsprechenden Geschwindigkeitsdruck bestimmt werden.

Die Einwirkungen aus Winddruck w und Windkraft F_w werden für Bauteile und/oder Tragwerke, die ausreichend ausgesteift sind, als

statische Ersatzlast in folgender Form erfasst für:

- nicht schwingungsanfällige Bauteile und Tragwerke
als statische Ersatzlast auf der Grundlage von Böenwindgeschwindigkeiten,
- schwingungsanfällige Bauteile und Tragwerke
als statische Ersatzlast aus der um den Böenreaktionsfaktor vergrößerten gemittelten Windlast.

Der Nachweis der Einwirkungen aus Wind auf das Gesamtbauwerk kann bei Bauwerken entfallen, die mit massiven Wänden und Decken erfahrungsgemäß ausreichend ausgesteift sind. Ist ein Nachweis der Einwirkungen aus Wind zu führen, so gelten folgende Grundsätze:

- Festlegung, ob es sich um ein nicht schwingungsanfälliges oder um ein schwingungsanfälliges Bauwerk handelt
- Nachweis der Gebäude für Windlast im Allgemeinen in Richtung der Gebäudehauptachsen, in besonderen Fällen können Nachweise für andere Achsen (über Eck) erforderlich werden.
- Nachweis aller belasteten Bereiche des gesamten Tragwerkes und aller einzelnen Bauteile einschließlich der Befestigungen
- Die Windrichtung kann im Allgemeinen waagrecht angenommen werden. Die Windlast ist unabhängig von der Himmelsrichtung, ist in jeder Richtung mit dem vollen Rechenwert des Geschwindigkeitsdruckes q anzusetzen und wirkt rechtwinklig zur betrachteten Oberfläche.
- Bei parallel angeströmten flächenartigen Baukörpern kann es erforderlich werden, die auf die Fläche wirkenden parallelen oder tangentialen Reibungskräfte zu berücksichtigen.
- Bei nicht ausreichend kipp- und gleitsicheren Bauwerken ist die Sicherheit gegen Kippen und Gleiten nachzuweisen.

Als nicht schwingungsanfällig gelten Bauteile und Bauwerke, deren Verformung unter Berücksichtigung der dynamischen Wirkung der Windlasten die Verformung aus der statischen Ersatzlast für Wind um nicht mehr als 10% überschreitet. Hierzu zählen in der Regel übliche Wohn-, Büro- und Industriegebäude mit einer Höhe bis zu 40 m und in ihrer Form oder Konstruktion ähnliche Gebäude.

Zur Beurteilung der Schwingungsanfälligkeit von Bauwerken und Bauteilen sind die Verformungen unter Windeinwirkungen abzuschätzen. Als Kriterium hierfür gilt die Bestimmung des Resonanzfaktors c_d . Hierzu werden in DIN EN 1991-1-4 sowie im nationalen Anhang Hinweise gegeben.

A3.3.2 Windeinwirkungen

1. Winddruck auf Oberflächen w, F_w

Die Gesamtwindeinwirkungen sind sowohl für Bauwerke als auch für einzelne Bauteile von Bauwerken zu ermitteln. Der zu bestimmende Winddruck w wirkt auf die Außenflächen eines Bauwerks w_e und auf Oberflächen im Innern eines Bauwerks w_i (Bild A3.2). Weiterhin wird der Winddruck unterschieden in einen positiven (Druckbeanspruchung) und einen negativen Winddruck (Sogbeanspruchung).

Der Winddruck w für einzelne Bauteile, Verkleidungen und Befestigungen wird ermittelt zu:

- Außenwinddruck w_e in kN/m^2
- $w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$

- Innenwinddruck w_i in kN/m^2

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \tag{A.31}$$

- c_{pe} aerodynamischer Beiwert für Außendruck
- c_{pi} aerodynamischer Beiwert für Innendruck
- $q_p(z_e)$ Böengeschwindigkeitsdruck
- $q_p(z_i)$ Spitzengeschwindigkeitsdruck
- z_e Bezugshöhe für den Außendruck
- z_i Bezugshöhe für den Innendruck.

Die Windkraft F_w auf das gesamte Bauwerk kann auf zwei Arten ermittelt werden:

- F_w ermittelt aus Kraftbeiwerten

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \tag{A.32}$$

- F_w ermittelt aus Druck- und Reibungsbeiwerten durch vektorielle Addition:

$$F_w = F_{w,2} + F_{w,i} + F_{fr,j} \tag{A.32}$$

aus Außenwinddruck

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{Oberfläche}} w_e \cdot A_{ref} \tag{A.33a}$$

aus Innenwinddruck

$$F_{w,i} = \sum_{\text{Oberfläche}} w_i \cdot A_{ref} \tag{A.33b}$$

aus Reibungskraft

$$F_{fr,j} = c_{fr,j} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr,j} \tag{A.33c}$$

- c_s c_d Strukturbeiwert
- c_f Kraftbeiwert für Baukörper/Bauteil
- w_e Außendruck in der Höhe z_e
- w_i Innendruck in der Höhe z_i
- A_{ref} Bezugsfläche für Baukörper/Bauteil
- c_{fr} Reibungsbeiwert
- Oberfläche glatt $c_{fr} = 0,01$
- Oberfläche rau $c_{fr} = 0,02$
- Oberfläche sehr rau $c_{fr} = 0,04$

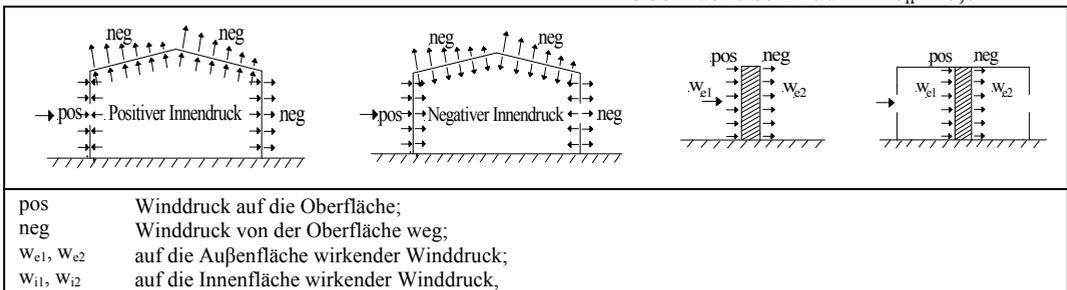


Bild A3.2. Druck auf Oberflächen

Der Strukturbeiwert c_{s,c_d} für nicht schwingungsanfällige Bauwerke und Bauteile kann mit $c_{s,c_d} = 1,0$ angesetzt werden. Für schwingungsanfällige Konstruktionen enthält DIN EN 1991-1-4/NA Anhang NA.C weitere Hinweise.

2. Böengeschwindigkeitsdruck q_p

Zur Ermittlung des Böengeschwindigkeitsdruckes q_p sind drei Verfahren angegeben:

- vereinfachtes Verfahren
Bauwerkshöhe bis 25 m
- genaues Verfahren mit Mischprofilen
Bauwerkshöhe bis 300 m
- genaues Verfahren mit Geländekategorien
Bauwerkshöhe bis 300 m.

Im nationalen Anhang DIN EN 1991-1-4/NA Anhang NA.A ist die Bundesrepublik Deutschland in vier Windzonen eingeteilt. Damit werden die regionalen unterschiedlichen Gegebenheiten mit ihren Einflüssen auf Windgeschwindigkeit und Windbelastung berücksichtigt. In der Windzonenkarte sind gleichzeitig die Grundwerte der Basiswindgeschwindigkeit $v_{b,0}$ und die zugehörigen Geschwindigkeitsdrücke

$q_{b,0}$ angegeben. Diese Werte gelten für die Geländekategorie II (Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z.B. landwirtschaftliches Gebiet).

Die Windlast w ist als von der Himmelsrichtung unabhängig wirkend mit dem vollen Wert des Geschwindigkeitsdruckes zu berechnen. Bei Bauwerken bis zur Höhe von 25 m darf der Geschwindigkeitsdruck q_p zur Vereinfachung über diese Höhe als konstant angenommen werden. Für höhere Bauwerke ist eine genauere Nachweissituation erforderlich, u.a. durch Berücksichtigung der Geländetopographie. Für nicht schwingungsanfällige Bauwerke sind die vereinfachten Annahmen für den Böengeschwindigkeitsdruck q_p bei Bauwerkshöhen bis 25 m in Tabelle A3.9 zusammengestellt.

Weiterhin sind Abminderungen der Geschwindigkeitsdrücke q_p bei vorübergehenden Zuständen möglich. Diese beziehen sich auf Bauwerke, die nur zeitweilig bestehen. Hierfür sind in DIN EN 1991-1-4/NA Tabelle NA.B5 Abminderungswerte zwischen $0,1 \cdot q$ bis $0,7 \cdot q$ zulässig.

Tabelle A3.9: Vereinfachte Annahmen für Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

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

A3.3.3 Druckbeiwerte für Konstruktionen

1. Aerodynamische Druckbeiwerte c_{pe} , c_{pi}

Der Außendruckbeiwert c_{pe} hängt von der Größe der Lasteinflussfläche A ab. Die Abhängigkeit der Außendruckbeiwerte c_{pe} von den Lasteinflussflächen A ist in Tabelle A3.10

dargestellt. In DIN EN 1991-1-4 Abschnitt 7.2 sind für die verschiedenen Gebäudeformen Tabellenwerte angegeben, die sich auf Lasteinflussflächen von 1 m^2 mit dem Beiwert $c_{pe,1}$ und auf 10 m^2 mit dem Wert $c_{pe,10}$ beziehen. Die $c_{pe,1}$ -Werte dienen dem Entwurf kleiner Bautei-

Tabelle A3.10: Außendruckbeiwerte c_{pe} in Abhängigkeit von den Lasteinflussflächen

Lasteinflussfläche A	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$1 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2$	$A > 10 \text{ m}^2$
Außendruckbeiwert c_{pe}	$c_{pe} = c_{pe,1}$	$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log A$	$c_{pe} = c_{pe,10}$

le und deren Verankerungen mit einer Lasteinflussfläche von kleiner oder gleich 1 m^2 , die $c_{pe,10}$ -Werte dagegen der Bemessung eines ganzen Tragwerk.

2. Druckbeiwerte für Gebäude

Die im Folgenden angegebenen Druckbeiwerte $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ dienen im Zusammenhang mit dem Spitzengeschwindigkeitsdruck q_p der Ermittlung des Winddruckes w für Bauwerke und Bauteile. Die empfohlenen Außendruckbeiwerte $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ werden in DIN EN 1991-1-4 wie folgt angegeben:

- Tabelle 7.1 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss
- Tabelle 7.2 Flachdächer
- Tabelle 7.3 Pultdächer (und Sheddächer)
- Tabelle 7.4 Sattel- und Trogdächer
- Tabelle 7.5 Walmdächer
- Bild 7.11 gekrümmte Dächer
- Bild 7.12 Kuppeln.

Für Wände und Baukörper mit rechteckigem Grundriss dürfen die Außendrucke über die Bauwerkshöhe gestaffelt angesetzt werden (Bild A3.3). Die Staffelung der Bezugshöhe z_e erfolgt in Abhängigkeit von Verhältnis Bauwerkshöhe zu Bauwerksbreite h/b . Die Außendruckbeiwerte $c_{pe,10}$ und $c_{pe,1}$ sind in den Bereichen A bis E in Bild A3.3 definiert und in Tabelle A3.11 in der Größe beziffert. Die Werte der Tabelle A3.11 gelten auch für Gebäude mit geneigten Dächern wie z.B. Sattel-, Pult- oder Walmdächer.

Die Beiwerte in den Tabellen 7.1 bis 7.5 werden für die orthogonale Anströmung 0^0 , 90^0 und 180^0 angegeben mit einer max. Abweichung von $\pm 45^0$ zur angegebenen orthogonalen Anströmrichtung.

3. Dachüberstände

Eine vereinfachende Regelung wurde für den

Winddruck bei einem Dachüberstand getroffen. Der Winddruck auf der Unterseite kann dem Wert der angrenzenden Wand entsprechen, der Winddruck auf der Oberseite dem Wert der angrenzenden Dachfläche.

4. Mehrschalige Konstruktionen

Bei der Berücksichtigung des Winddruckes auf mehrschalige Wand- und Dachflächen ist zu beachten, dass jede Schale getrennt beachtet werden muss. Folgende Fälle für Wände und Dächer sind zu unterscheiden:

- poröse Außenschale - dichte Innenschale
- dichte Außenschale - poröse Innenschale
- dichte Außenschale - dichtere und steifere Innenschale
- dichte Innenschale - dichtere und steifere Außenschale.

Eine Schale ist als dicht anzusehen, wenn die Porosität μ kleiner als 0,1% ist. Unter der Porosität μ ist das Verhältnis der Summe aller Öffnungsflächen zur Gesamtfläche der Schale definiert. Weitere Hinweise sind in DIN EN 1991-1-4 7.2.10 enthalten.

Bei Räumen mit durchlässigen Außenwänden ist der Innendruck zu berücksichtigen, wenn er ungünstig wirkt. Der Innendruck c_{pi} ist von der Größe und der Verteilung der Öffnungen in der Gebäudehülle abhängig. Bei üblichen Wohn- und Geschäftsgebäuden sowie bei einer Grundundichtigkeit von $\leq 1\%$ und einer über die Außenwände gleichmäßigen Verteilung der Öffnungen ist der Innendruck $w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$ nicht nachzuweisen.

Für folgende weitere Konstruktionen sind Hinweise zur Berücksichtigung der Windeinwirkung in DIN EN 1991-1-4 enthalten:

- freistehende Dächer (7.3)
- freistehende Wände, Brüstungen, Zäune und Anzeigetafeln (7.4).

Bezugshöhe z_e in Abhängigkeit von h und b und Winddruckverteilung								
$h \leq b$			$b < h \leq 2b$			$h > 2b$		
äußere Abmessungen	Bezugshöhe	Geschwindigkeitsdruck	äußere Abmessungen	Bezugshöhe	Geschwindigkeitsdruck	äußere Abmessungen	Bezugshöhe	Geschwindigkeitsdruck
	$z_e = h$	$q_p(z) = q_p(z_e)$		$z_e = h$ $z_e = b$	$q_p(z) = q_p(h)$ $q_p(z) = q_p(b)$		$z_e = h$ $z_e = z_{strip}$ $z_e = b$	$q_p(z) = q_p(h)$ $q_p(z) = q_p(z_{strip})$ $q_p(z) = q_p(b)$

Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden			
Grundriss	Ansicht für $e \geq d$	Ansicht für $e < d$	Ansicht für $e \geq 5d$

Bild A3.3. Geschwindigkeitsdruck und Einteilung der Wandflächen bei vertikalen Wänden

Tabelle A3.11: Außendruckbeiwerte c_{pe} für vertikale Wände rechteckiger Gebäude

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

-Für einzelne 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 mittels Kraftbeiwerten c_f nach DIN EN 1991-1-4 zu ermitteln.

A4 Zusammenfassung

A4.1 Grundlagen

Tabelle A4.1: Grundlagen

Parameter	DIN EN		Abschnitt Fachbuch
	1990	1995-1-1	
<u>Vorgaben</u>			
Europäische Entwicklung	Einführung	Einführung	A1.1
Nationale Umsetzung	Einführung	Einführung	A1.2;A1.3
Geltungsbereiche	Einführung	Einführung	A1.4
<u>Anforderungen</u>			
Bautechnische Anforderungen	2.1	2.1	A1.4
Anforderungen an Tragwerke	2.2	2.1	A1.4
Nutzungsdauer Klasse 1-5	2.3.1.2	2.1.3	A2.1.1
Dauerhaftigkeit	2.4	2.1.3	A2.2.2
Nutzungsklassen 1-3		2.3.1.3	A2.4.3
<u>Einwirkungen</u>			
Einteilung der Einwirkungen	4.1.1		A2.2.1
Charakteristische Werte von Einwirkungen F_k	4.1.2		A2.2.1
Weitere repräsentative Werte F_{rep} von Einwirkungen ψ_i Q_i	4.1.3		A2.2.3
Bemessungswerte für Einwirkungen F_d	6.3.1		A2.3.2
<u>Auswirkungen</u>			
Lasteinwirkungsdauer		2.3.1.2 ²⁾	A2.3.1
Lastfallkombinationen	6.1		A2.3.3
Bemessungssituationen für Auswirkungen E_d	6.3.2		A2.3.3
<u>Geometrische Größen</u>			
Charakteristischer Wert einer geometrischen Größe a_k	4.3		A2.5.3
Bemessungswerte geometrischer Größen a_d	6.3.4		A2.5.3
<u>Baustoffe</u>			
Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen	4.2		A2.4.1
Charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften X_k	4.2		A2.4.1
Bemessungswert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft X_d	6.3.3		A2.5.2
Charakteristischer Wert eines Widerstandes R_k	4.2		A2.5.3
Bemessungswert eines Widerstandes R_d	6.3.5		A2.5.3
<u>Beiwerte</u>			
Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen γ_F	A1.3.1 ¹⁾		A2.2.2
Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffe und Bauteile γ_M	6.5.4	2.4.1 ²⁾	A2.4.2
Kombinationsbeiwerte ψ_i	A1.2.2 ¹⁾		A2.2.3
Modifikationsbeiwert k_{mod}		3.1.3 ²⁾	A2.5.1
Verformungsbeiwert k_{def}		3.1.4 ²⁾	A2.5.1
<u>Bemessungssituationen</u>			
Bemessung mit Grenzzuständen	3.1-3.3		A2.1.1
Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	3.3; 6.4.3.2 ¹⁾ ; 6.4.3.3 ¹⁾	2.2	A2.1.2
Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	3.4;6.5.1; 6.5.2; 6.5.3	2.2.3 ²⁾	A2.1.2 A2.1.3

¹⁾ weitere Angaben in DIN EN 1990/NA

²⁾ weitere Angaben in DIN EN 1995-1-1/NA

A4.2 Einwirkungen

Tabelle A4.2: Einwirkungen

Parameter	DIN EN		Abschnitt Fachbuch
	1991-1	1990	
<u>DIN EN 1991-1-1 Wichte, Eigengewicht, Nutzlasten</u>			
Bemessungssituation	1.1; 3.1	3.2	A3.1.1
Eigenlasten von Hochbauten γ	2.1 ¹⁾ ; 3.2;	1.5.3; 4.1.1; 4.1.2	A3.1.2
Wichten für Baustoffe und Lagergüter	4.1; Anhang A ¹⁾		A3.1.2
Eigengewicht von Bauteilen	5.1; 5.2	4.1.2	A3.1.2
Lotrechte Nutzlasten q_k ; Q_k	2.2 ¹⁾ ; 3.3 ¹⁾	1.5.3; 4.1.1;	A3.1.3
Lotrechte Einzellasten für Dächer $Q_{k,N}$	6.1; 6.2; 6.3	1.5.3.13; 5.1.3	A3.1.3
Trennwandzuschlag q_k	6.3.4		A3.1.3
Horizontale Nutzlasten q_k	6.3.1.2 ¹⁾		A3.1.3
	6.4 ¹⁾		A3.1.3
<u>DIN EN 1991-1-3 Schneelasten</u>			
Bemessungssituation	1.1; 1.6.3; 1.6.10; 2; 3.1; 3.2; 3.3	3.5; 4.1.1	A3.2.1
Schneelast auf dem Boden s_k	4.1 ¹⁾ ; 4.2; 4.3	4.1.2; 4.1.3	A3.2.2
Schneelast auf Dächern s	5.1; 5.2 ¹⁾ ;		A3.2.3
Formbeiwerte für Dächer μ	5.3 ¹⁾		A3.2.3
<u>DIN EN 1991-1-4 Windlasten</u>			
Bemessungssituation	1.1; 2; 3.1; 3.2; 3.3; 3.4	3.2; 4.1.1; 4.1.2	A3.3.1
Böengeschwindigkeitsdruck q_p	4.5 ¹⁾		A3.3.2
Aerodynamische Druckbeiwerte c_{pe}	7.1 ¹⁾ ; 7.2 ¹⁾		A3.3.3
Winddruck auf Oberflächen w , F_w	5.2; 5.3		A3.3.2
Dachüberstände	7.2.1		A3.3.3
Mehrschalige Konstruktionen	7.2.10		A3.3.3

¹⁾ weitere Angaben in DIN EN 1990