

Holschemacher  
Klug

**NEU**

Jetzt mit  
umfangreichen  
Mediatheks-  
Beiträgen

# Lastannahmen im Bauwesen

Grundlagen, Erläuterungen, Praxisbeispiele

- Sicherheitskonzept
- Einwirkungen auf Tragwerke nach Eurocode 1 und 8:
  - Eigen- und Nutzlasten
  - Wind- und Schneelasten
  - Erdbebenlasten

**2. Auflage**

**Bauwerk  
Beuth**

Lastannahmen

## Mehr zu diesem Titel ... finden Sie in der Beuth-Mediathek



Zu vielen neuen Publikationen bietet der Beuth Verlag nützliches Zusatzmaterial im Internet an, das Ihnen kostenlos bereitgestellt wird. Art und Umfang des Zusatzmaterials – seien es Checklisten, Excel-Hilfen, Audiodateien etc. – sind jeweils abgestimmt auf die individuellen Besonderheiten der Primär-Publikationen.

Für den erstmaligen Zugriff auf die Beuth-Mediathek müssen Sie sich einmalig kostenlos registrieren. Zum Freischalten des Zusatzmaterials für diese Publikation gehen Sie bitte ins Internet unter

**[www.beuth-mediathek.de](http://www.beuth-mediathek.de)**

und geben Sie den folgenden **Media-Code** in das Feld „Media-Code eingeben und registrieren“ ein:

**M217329248**

Sie erhalten Ihren Nutzernamen und das Passwort per E-Mail und können damit nach dem Log-in über „Meine Inhalte“ auf alle für Sie freigeschalteten Zusatzmaterialien zugreifen.

Der Media-Code muss nur bei der ersten Freischaltung der Publikation eingegeben werden. Jeder weitere Zugriff erfolgt über das Log-In.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch in der Beuth-Mediathek.

Ihr Beuth Verlag

Hinweis: Der Media-Code wurde individuell für Sie als Erwerber dieser Publikation erzeugt und darf nicht an Dritte weitergegeben werden. Mit Zurückziehung dieses Buches wird auch der damit verbundene Media-Code ungültig.

# **Lastannahmen im Bauwesen**

## **Grundlagen, Erläuterungen, Praxisbeispiele**

**(Leerseite)**

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher**  
**Dipl.-Ing. (FH) Yvette Klug**

unter Mitarbeit von:

Prof. Dr.-Ing. Eddy Widjaja (Kap. H Komplexbeispiel)

# **Lastannahmen im Bauwesen**

**Grundlagen, Erläuterungen, Praxisbeispiele**

- **Sicherheitskonzept**
- **Einwirkungen auf Tragwerke nach Eurocode 1 und 8:**
  - **Eigen- und Nutzlasten**
  - **Wind- und Schneelasten**
  - **Erdbebenlasten**

2., vollständig überarbeitete Auflage

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

## **Bauwerk**

© 2016 Beuth Verlag GmbH

**Berlin · Wien · Zürich**

Am DIN-Platz

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

E-Mail: [kundenservice@beuth.de](mailto:kundenservice@beuth.de)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Druck und Bindung:

Zakład Graficzny Colonel S.A., Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706.

ISBN 978-3-410-21732-9

# Vorwort

Die sorgfältige und exakte Ermittlung der Einwirkungen auf Bauwerke gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben in der Bauplanung, bei der sich die Vielzahl und Unübersichtlichkeit der dabei zu berücksichtigenden Normen erschwerend auswirkt. Da das Thema Lastannahmen in der Bauingenieurausbildung an deutschen Hochschulen auch eher stiefmütterlich behandelt wird, kommt entsprechender Fachliteratur besondere Bedeutung zu.

Das Buch *Lastannahmen für Bauwerke* widmet sich der Aufgabe, die wichtigsten bei der statischen Berechnung von Bauwerken anzusetzenden Lasten in übersichtlicher Form zusammenzustellen und Hintergründe für die normativen Regelungen anzugeben. Im Einzelnen wird auf das Sicherheitskonzept nach DIN EN 1990, Eigenlasten, Nutzlasten, Windlasten und Schneelasten nach DIN EN 1991 sowie Erdbebenlasten nach DIN EN 1998 eingegangen. Durch zahlreiche Berechnungsbeispiele sowie ein umfangreiches Komplexbeispiel wird das Verständnis des Stoffes erleichtert. Im Anhang wird eine Übersicht zur Zuordnung von Windzonen und Schneelastzonen zu Verwaltungsgrenzen deutscher Gemeinden gegeben. Die für das Territorium der Bundesrepublik Deutschland gültigen Erdbebenzonen, sowie gegebenenfalls Aktualisierungen zu Wind- und Schneelastzonen können der Beuth Mediathek unter [www.beuth-mediathek.de](http://www.beuth-mediathek.de) entnommen werden.

In der vorliegenden Neuerscheinung wird die Normenfortschreibung der gegenwärtig bauaufsichtlich eingeführten Eurocodes und zugehörigen Nationalen Anhänge bis zum Stand Mai 2016 berücksichtigt.

Das Buch ist für Studierende des Bauingenieurwesens die Grundlage für die Einarbeitung in die Thematik Sicherheitskonzept und Lastannahmen und für Praktiker eine wichtige Unterstützung bei der Bewältigung der alltäglich anfallenden Arbeitsaufgaben.

Wir danken Herrn Prof. Widjaja für die Bearbeitung des Komplexbeispiels in Kapitel H und dem Team des Beuth Verlages, insbesondere Herrn Kuhlmann und Frau Brandt-Szikorra für die ausgezeichnete Unterstützung und Zusammenarbeit bei der Erarbeitung dieses Fachbuches.

Leipzig, im Mai 2016

Klaus Holschemacher, Yvette Klug

**(Leerseite)**

**EINFÜHRUNG**

**A**

**GRUNDLAGEN DES SICHERHEITSKONZEPTEES  
NACH DIN EN 1990**

**B**

**EIGENLASTEN VON  
BAUSTOFFEN, BAUTEILEN UND LAGERGÜTERN  
NACH DIN EN 1991-1-1**

**C**

**NUTZLASTEN FÜR HOCHBAUTEN  
NACH DIN EN 1991-1-1**

**D**

**WINDLASTEN  
NACH DIN EN 1991-1-4**

**E**

**SCHNEELASTEN NACH DIN EN 1991-1-3  
& EISLASTEN NACH DIN 1055-5**

**F**

**EINWIRKUNGEN AUS ERDBEBEN  
NACH DIN EN 1998-1**

**G**

**KOMPLEXBEISPIEL**

**H**

**ANHANG**

**I**

WINDZONEN  
SCHNEELASTZONEN  
ERDBEBENZONEN (per Download unter [www.beuth-mediathek.de](http://www.beuth-mediathek.de))  
NORMEN-, LITERATUR- UND STICHWORTVERZEICHNIS

**(Leerseite)**

# A EINFÜHRUNG

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines .....	A.2
2 Eurocodes zum Sicherheitskonzept und zu Einwirkungen .....	A.3

B

C

D

E

F

G

H

I

## 1 Allgemeines

Die Sicherheit von Bauwerken wird maßgeblich von der richtigen Einschätzung der auf eine Tragkonstruktion einwirkenden Beanspruchungen beeinflusst. Insofern kommt den Normen

- DIN EN 1990 „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung“
- DIN EN 1991 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke“
- DIN EN 1998 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“

eine zentrale Bedeutung in der Tragwerksplanung zu, da in ihnen sowohl das Sicherheitskonzept als auch die charakteristischen Werte der wichtigsten Einwirkungen geregelt sind.

Die Eurocodes sind im Regelfall stark untergliedert. So besteht z. B. allein DIN EN 1991 aus 10 Teilen, welche unterschiedlichen Aspekten gewidmet sind, siehe Tafel A.2. Zu jedem einzelnen Normenteil existiert darüber hinaus ein zugehöriger Nationaler Anhang, in dem die für die Bundesrepublik Deutschland zu berücksichtigenden

- national festzulegenden Parameter (nationally determined parameters, NDP)
- ergänzenden, nicht widersprechenden Angaben zum Eurocode (non-contradictory complementary information, NCI)

festgehalten sind. Da eine stetige Normenfortschreibung erfolgt, gibt es mittlerweile auch erste Berichtigungs- und Änderungsblätter zu einzelnen Normen, Normenteilen oder deren Nationalen Anhängen. Sowohl die Nationalen Anhänge als auch die Berichtigungs- und Änderungsblätter sind so aufgebaut, dass nicht der komplette Text des Eurocodes, sondern nur die einen bestimmten Abschnitt betreffenden Ergänzungen oder Korrekturen angegeben werden. Das bedeutet, dass immer alle Dokumente (also eigentlicher Eurocode, Nationaler Anhang und ggf. Berichtigungen sowie Änderungen) im Zusammenhang gelesen werden müssen.

In den Eurocodes wird generell zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln unterschieden, siehe DIN EN 1990:2010.12, (1.4). Prinzipien enthalten

- grundsätzlich geltende allgemeine Festlegungen und Definitionen von Begriffen
- grundsätzlich geltende Anforderungen und Rechenmodelle, soweit nicht ausdrücklich auf die Möglichkeit von Alternativen hingewiesen wird

und werden mit einem der Absatznummer nachgestellten Buchstaben P gekennzeichnet. Unter Anwendungsregeln werden dagegen anerkannte Regeln verstanden, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen. Anwendungsregeln werden in den Eurocodes durch in Klammern gesetzte Absatznummern dargestellt. Das Abweichen von den in den Eurocodes angegebenen Anwendungsregeln ist möglich, wenn nachgewiesen wird, dass die mit den gewählten Anwendungsregeln erzielten Bemessungsergebnisse hinsichtlich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zumindest gleichwertig sind.

Die Anhänge einzelner Eurocodes haben einen unterschiedlichen Verbindlichkeitsgrad. Es wird zwischen informativen und normativen Anhängen unterschieden, letztere sind verbindlich anzuwenden.

Bei der Anwendung der Eurocodes ist der aktuelle Stand der bauaufsichtlichen Einführung der Normen zu beachten, die in der Bundesrepublik Deutschland immer auf Länderebene erfolgt. In den Einführungserrlassen der Länder können zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Anwendung der Eurocodes getroffen werden. So ist z. B. in der Musterliste der Technischen Baubestimmungen [DIBt 2015] die Festlegung getroffen worden, dass die Anhänge B, C und D von DIN EN 1990:2010.12 nicht anzuwenden sind.

Neben den oben aufgeführten Normen DIN EN 1990, DIN EN 1991 und DIN EN 1998 sind gegebenenfalls weitere Normen bei der Bestimmung der Einwirkungen zu beachten, z. B. DIN EN 1997 bei der Ermittlung des Erddrucks.

Eine Hilfe bei der Auslegung der Eurocodes stellen die Auslegungsforen dar, siehe z. B. [www.nabau.din.de](http://www.nabau.din.de), in denen von den Normungsausschüssen einzelne Fragestellungen zum Teil ausführlich beantwortet werden.

## 2 Eurocodes zum Sicherheitskonzept und zu Einwirkungen

In den nachfolgenden Tafeln A.1 bis A.3 wird eine Übersicht zur Struktur von DIN EN 1990, DIN EN 1991 und DIN EN 1998 gegeben. Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass die bauaufsichtliche Einführung einer Norm durch die jeweiligen Bundesländer erfolgt und bekannt gemacht wird. Daher kann es durchaus vorkommen, dass die Einführung einer Norm in den einzelnen Bundesländern zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen wird. Im Zweifelsfall empfiehlt sich eine Nachfrage bei den zuständigen Bauaufsichtsbehörden.

Die in den Tafeln A.1 bis A.3 getroffenen Angaben zur bauaufsichtlichen Einführung einzelner Normen bzw. Normenteile sind mit Stand 05.01.2016 aus [DIBt 2015], [DIBt 2016.1] und [DIBt 2016.2] sowie außerhalb des eigentlichen bauordnungsrechtlichen Bereiches [EBA 2016], [BAW 2015] und [BMVBS 2012] entnommen.

**Tafel A.1: Übersicht zu DIN EN 1990**

Norm	Ausgabe	Bezeichnung (gegenüber dem Originaltext gekürzt)	Bauaufsichtliche Einführung
DIN EN 1990	12.2010	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung	✓
DIN EN 1990/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung	✓
DIN EN 1990/NA/A1	08.2012	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Änderung A1	✓

**Tafel A.2: Übersicht zu DIN EN 1991**

Norm	Ausgabe	Bezeichnung (gegenüber dem Originaltext gekürzt)	Bauaufsichtliche Einführung
DIN EN 1991-1-1	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigenlasten und Nutzlasten im Hochbau	✓
DIN EN 1991-1-1/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1	✓
DIN EN 1991-1-1/NA/A1	05.2015	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1; Änderung A1	✓
DIN EN 1991-1-2	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke, Berichtigung 1	✓
DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1	08.2013	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke	✓
DIN EN 1991-1-2/NA	09.2015	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2	✓

Tafel A.1: Übersicht zu DIN EN 1991 (Fortsetzung)

Norm	Ausgabe	Bezeichnung (gegenüber dem Originaltext gekürzt)	Bauaufsichtliche Einführung
DIN EN 1991-1-3	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten	✓
DIN EN 1991-1-3/A1	12.2015	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Änderung A1	–
DIN EN 1991-1-3/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3	✓
DIN EN 1991-1-4	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten	✓
DIN EN 1991-1-4/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4	✓
DIN EN 1991-1-5	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen – Temperatureinwirkungen	–
DIN EN 1991-1-5/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5	–
DIN EN 1991-1-6	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung	–
DIN EN 1991-1-6 Berichtigung 1	08.2013	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung, Berichtigung 1	–
DIN EN 1991-1-6/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-6	–
DIN EN 1991-1-7	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen	✓
DIN EN 1991-1-7/A1	08.2014	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen, Änderung A1	✓
DIN EN 1991-1-7/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7	✓
DIN EN 1991-2	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken	✓
DIN EN 1991-2/NA	08.2012	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2	✓

Tafel A.1: Übersicht zu DIN EN 1991 (Fortsetzung)

Norm	Ausgabe	Bezeichnung (gegenüber dem Originaltext gekürzt)	Bauaufsichtliche Einführung
DIN EN 1991-3	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen	✓
DIN EN 1991-3 Berichtigung 1	08.2013	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen, Berichtigung 1	✓
DIN EN 1991-3/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3	✓
DIN EN 1991-4	12.2010	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter	✓
DIN EN 1991-4 Berichtigung 1	08.2013	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter, Berichtigung 1	✓
DIN EN 1991-4/NA	12.2010	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4	✓

Tafel A.3: Übersicht zu DIN EN 1998

Norm	Ausgabe	Bezeichnung (gegenüber dem Originaltext gekürzt)	Bauaufsichtliche Einführung
DIN EN 1998-1	12.2010	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebenwirkungen und Regeln für Hochbauten	–
DIN EN 1998-1/A1	05.2013	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebenwirkungen und Regeln für Hochbauten, Änderung A1	–
DIN EN 1998-1/NA	01.2011	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1	–
DIN EN 1998-2	12.2011	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 2: Brücken	–
DIN EN 1998-2/NA	03.2011	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 2	–
DIN EN 1998-3	12.2010	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden	–
DIN EN 1998-3 Berichtigung 1	09.2013	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden, Berichtigung 1	–
DIN EN 1998-4	01.2007	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen	–

A  
EIN-  
FÜH-  
RUNG

B

C

D

E

F

G

H

I

**Tafel A.3: Übersicht zu DIN EN 1998 (Fortsetzung)**

Norm	Ausgabe	Bezeichnung (gegenüber dem Originaltext gekürzt)	Bauaufsichtliche Einführung
DIN EN 1998-5	12.2010	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte	–
DIN EN 1998-5/NA	07.2011	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 5	–
DIN EN 1998-6	03.2006	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 6: Türme, Masten und Schornsteine	–

# **B GRUNDLAGEN DES SICHERHEITS- KONZEPTE NACH DIN EN 1990**

A

**B**

SICHER-  
HEITS-  
KONZEPT

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
<b>1 Allgemeines</b> .....	B.2
<b>2 Grundlegende Begriffe</b> .....	B.3
<b>3 Sicherheitskonzept</b> .....	B.4
3.1 Anforderungen .....	B.4
3.2 Einwirkungen .....	B.5
3.3 Geometrische Größen .....	B.7
3.4 Baustoff- und Produkteigenschaften .....	B.7
3.5 Bemessungswerte der Beanspruchungen .....	B.8
3.6 Bemessungswert des Tragwiderstandes .....	B.8
3.7 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) .....	B.8
3.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) .....	B.11
3.9 Überlagerung von Wind- und Schneelasten bei Hochbauten .....	B.12
3.10 Vereinfachte Kombinationsregeln für Hochbauten .....	B.14

C

D

E

F

G

H

I

# 1 Allgemeines

## Grundlagen

Ein bauartübergreifendes Bemessungskonzept war erstmals in DIN 1055-100:2001.03 Gegenstand normativer Regelungen. Zuvor waren die Sicherheitsanforderungen ausschließlich in den für die einzelnen Bauweisen anzuwendenden Bemessungsnormen (z. B. Stahlbetonbau, Holzbau usw.) enthalten. Mit der bauaufsichtlichen Einführung der Eurocodes ist DIN 1055-100:2001.03 durch DIN EN 1990:2010.12 und den zugehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1990/NA:2010.12 sowie dessen spätere Änderung DIN EN 1990/NA/A1:2012.08 ersetzt worden. Sofern in den folgenden Ausführungen allgemein auf DIN EN 1990 Bezug genommen wird, ist damit immer der gesamte Normenkomplex, bestehend aus DIN EN 1990:2010.12, DIN EN 1990/NA:2010.12 und DIN EN 1990/NA/A1:2012.08 gemeint.

DIN EN 1990 enthält die grundlegenden bauartübergreifenden Regelungen für die Tragwerksplanung von Bauwerken, die die Anforderungen an Tragwerke und das damit zusammenhängende Sicherheitskonzept betreffen. Darüber hinausgehende Festlegungen sind in den einzelnen bauartspezifischen Normen enthalten.

Das Sicherheitskonzept basiert auf der Anwendung der Methode der Teilsicherheitsbeiwerte in einzelnen Grenzzuständen. Dabei werden unterschieden:

- Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT, englisch: ULS – ultimate limit states)
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG, englisch: SLS – serviceability limit states)
- Anforderungen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit.

Die informativen Anhänge B, C, und D der DIN EN 1990 sind nicht anzuwenden, siehe dazu [DIBt 2015].

## Geltungsbereich

Die in DIN EN 1990 angegebenen Regelungen sind für Hoch- und Ingenieurbauwerke einschließlich deren Gründung in allen maßgebenden Bemessungssituationen (inklusive Brand und Erdbeben) anzuwenden. Dies gilt auch für die Tragwerksplanung in Bauzuständen und für Tragwerke mit befristeter Standzeit, sowie – sofern dafür geeignete Regeln in Übereinstimmung mit dem Sicherheitskonzept zur Verfügung stehen – für die Planung von Verstärkungs-, Instandsetzungs- oder Umbaumaßnahmen.

Sind bei speziellen Bauwerken besondere Sicherheitsanforderungen zu erfüllen (z. B. Kernkraftwerke), reichen die in DIN EN 1990 sowie den zugehörigen Einwirkungs- und Bemessungsnormen DIN EN 1991 bis DIN EN 1999 getroffenen Festlegungen unter Umständen nicht aus, um das notwendige Sicherheitsniveau zu gewährleisten. In derartigen Fällen sind erweiterte, auf die konkreten Sicherheitsbedürfnisse bezogene Nachweisverfahren anzuwenden.

Für die Anwendung von DIN EN 1990 gelten folgende Annahmen bzw. Voraussetzungen (DIN EN 1990, 1.1):

- Die Tragwerksplanung und die Bauausführung erfolgen durch qualifiziertes und erfahrenes Personal. Es erfolgt eine unabhängige Prüfung, Ausnahmen sind gesetzlich geregelt.
- Gewährleistung einer sachgerechten Aufsicht und Gütekontrolle bei der Bemessung und Bauausführung in Herstellwerken, Produktionsstätten und auf der Baustelle.
- Nutzung der Tragwerke entsprechend der Planungsannahmen.
- Sachgerechte Instandsetzung der Tragwerke.
- Verwendung von Baustoffen und Erzeugnissen entsprechend den Angaben in DIN EN 1990 oder DIN EN 1991 bis 1999 oder den maßgebenden Ausführungs-, Werkstoff- oder Produktnormen.

## 2 Grundlegende Begriffe

Nachfolgend werden einige Begriffe definiert bzw. erläutert, die die Voraussetzung für das Verständnis der nachfolgend formulierten Regelungen darstellen (DIN EN 1990, 1.5).

Anwendungsregeln (siehe dazu DIN EN 1990, 1.4)	Allgemein anerkannte Regeln, die die Anforderungen der Prinzipien erfüllen. Abweichungen sind nur zulässig, wenn sie mit den maßgebenden Prinzipien übereinstimmen und im Hinblick auf die Bemessungsergebnisse mindestens gleichwertig sind. Anwendungsregeln werden in den Normen durch Absatznummern ohne nachfolgendes P gekennzeichnet (siehe auch Prinzipien).
Auswirkung von Einwirkungen	Beanspruchungen oder Reaktion des Tragwerks infolge von Einwirkungen, z. B. Schnittgröße, Verformung, Rissbreite.
Bauart	Zuordnung zum überwiegend verwendeten tragenden Baustoff (z. B. Holzbau, Stahlbau, Stahlbetonbau).
Bauteil	Physisch abgrenzbarer Teil des Tragwerks, z. B. Stütze, Deckenplatte.
Bauverfahren	Art und Weise der Ausführung des Bauwerks (z. B. Ortbetonbau, Fertigteilbau).
Bauwerk	Alles, was baulich erstellt wird oder von Bauarbeiten herrührt (z. B. Gebäude, Ingenieurbauwerke).
Beanspruchung	Folge gleichzeitig zu betrachtender Einwirkungen bzw. einer Einwirkungskombination (z. B. Schnittgröße, Verformung, Rissbreite).
Bemessungssituation	Für den Nachweis der Einhaltung eines Grenzzustandes vorliegende Bedingungen des Tragwerks (maßgebende Lastfälle, Umweltbedingungen usw.). Es werden vorübergehende, ständige und außergewöhnliche Bemessungssituationen unterschieden.
Duktilität	Verformungsvermögen von Bauteilbereichen aufgrund einer ausreichenden Verformungskapazität.
Einwirkung	Auf das Tragwerk einwirkende Kraft- oder Verformungsgrößen.
Gebäude	Überdeckte bzw. überdachte bauliche Anlage, die selbständig benutzbar ist, von Menschen betreten werden kann und für den Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen geeignet oder bestimmt ist.
Grenzzustand	Zustand des Tragwerks, bei dessen Überschreitung die dem Tragwerksentwurf zugrunde liegenden Anforderungen nicht mehr erfüllt werden. Es werden Grenzzustände der Tragfähigkeit und Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit unterschieden.
Hochbau	Gebäude mit überwiegend oberirdischer Ausdehnung, z. B. für Wohn-, Büro-, Verkaufs-, Parkzwecke oder öffentliche Nutzung (z. B. Schulen, Krankenhäuser).
Prinzipien (siehe dazu DIN EN 1990, 1.4)	Allgemeine Festlegungen, die in jedem Fall gelten und einzuhalten sind sowie Anforderungen und Rechenmodelle, von denen keine Abweichungen erlaubt sind, sofern nicht ausdrücklich auf mögliche Alternativen hingewiesen wird. Prinzipien sind in den Normen durch den Buchstaben P nach der Absatznummer gekennzeichnet.
Statische Berechnung	Methode oder Rechenverfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen in jedem Punkt eines Tragwerks.

A

B

SICHERHEITSKONZEPT

C

D

E

F

G

H

I

Tragfähigkeit	Mechanische Eigenschaft eines Tragwerks, Bauteils oder Bauteilquerschnitts, bestimmten Beanspruchungen zu widerstehen, z. B. Biege- widerstand, Zugwiderstand, Knickwiderstand usw. Die Tragfähigkeit wird durch die verwendeten Baustoffe, deren Anordnung und Verbin- dung im Bauteil sowie durch die Bauteilabmessungen bestimmt.
Tragsystem	Gesamtheit der tragenden Teile eines Bauwerks, einschließlich der Art und Weise ihres Zusammenwirkens.
Tragwerk	Planmäßig miteinander verbundene Bauteile, die ein bestimmtes Maß an Tragwiderstand und Steifigkeit aufweisen.
Tragwerksmodell	Idealisierung des Tragsystems für die Nachweisführung.
Zuverlässigkeit	Fähigkeit eines Tragwerks oder Bauteils, die festgelegten Anforderun- gen innerhalb der geplanten Nutzungszeit zu erfüllen. Die Zuverlässig- keit wird i. d. R. mit probabilistischen Größen ausgedrückt.

### 3 Sicherheitskonzept

#### 3.1 Anforderungen

Die Aufgabe des Sicherheitskonzeptes besteht in der Bereitstellung von Berechnungsvoraussetzungen und -verfahren, die ein Optimum zwischen der notwendigen Bauwerkssicherheit (bzw. umgekehrt der Versagenswahrscheinlichkeit) einerseits und der angestrebten Wirtschaftlichkeit andererseits gewährleisten. Wegen der zahlreichen zufallsbedingten Streuungen auf Einwirkungs- und Widerstandsseite sind Aussagen zur Sicherheit eines Tragwerks nur auf der Basis von probabilistischen Berechnungsmodellen möglich. Unter der Voraussetzung, dass die Beanspruchungen  $E$  und der Bauwerkswiderstand  $R$  Zufallsvariablen sind, ist auch die Grenzzustandsgröße  $g$  eine Zufallsgröße:

$$g = R - E \tag{B.1}$$

Das Tragwerk erfüllt die Anforderungen, solange  $g > 0$  ist. Für eine normalverteilte Grenzzustandsfunktion  $g$  ergibt sich die Versagenswahrscheinlichkeit  $P_f$  zu:

$$P_f = P(g \leq 0) = \Phi(-\beta) \tag{B.2}$$

$\Phi$  kumulative Verteilungsfunktion für die standardisierte Normalverteilung

$\beta$  Zuverlässigkeitsindex

Übersteigen in einem Tragwerk die Beanspruchungen den Tragwiderstand, können die Folgen sehr unterschiedlich sein und z. B. von der Überschreitung der zulässigen Durchbiegung bis zum Einsturz reichen. Entsprechend der unterschiedlichen qualitativen und quantitativen Folgen verschiedener Formen des Tragwerkversagens werden daher Grenzzustände der Tragfähigkeit und Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit voneinander unterschieden und mit unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen belegt.

In DIN EN 1990 werden im informativen Anhang B auf der Grundlage der Versagenswahrscheinlichkeit  $P_f$  Zielwerte für einen Zuverlässigkeitsindex  $\beta$  in Abhängigkeit vom betrachteten Grenzzustand angegeben, siehe Tafeln B.1 und B.2.

**Tafel B.1: Zusammenhang zwischen Versagenswahrscheinlichkeit und Zuverlässigkeitsindex**

Versagenswahrscheinlichkeit $P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
Zuverlässigkeitsindex $\beta$	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

Tafel B.2: Zielwert des Zuverlässigkeitsindex  $\beta$  nach DIN EN 1990, Anhang B

Bezugszeitraum	Grenzzustand		
	Tragfähigkeit	Ermüdung	Gebrauchstauglichkeit
1 Jahr	4,7	-	2,9
50 Jahre	3,8	1,5 bis 3,8 <sup>a)</sup>	1,5
<sup>a)</sup> Abhängig von Zugänglichkeit, Wiederinstandsetzbarkeit und Schadenstoleranz.			

Probabilistische Tragwerksberechnungen unter Zugrundelegung einer Versagenswahrscheinlichkeit  $P_f$  sind in letzter Konsequenz allerdings nur dann möglich, wenn gesicherte Annahmen zur statistischen Verteilung von Einwirkungen und der den Tragwiderstand bestimmenden Größen getroffen werden können. Dies wird, auch wegen des damit verbundenen Berechnungsaufwands, nur in Ausnahmefällen der Fall sein. Für Praxiszwecke wurde in DIN EN 1990 daher ein auf den oben dargestellten Zusammenhängen beruhendes, vereinfachtes Berechnungsverfahren bereitgestellt. Dazu werden die mechanischen Größen (z. B. Einwirkungen, Baustoffeigenschaften) auf der Grundlage von charakteristischen Werten oder Nennwerten beschrieben, die Modellunsicherheiten und Streuungen durch Teilsicherheitsbeiwerte erfasst [Grünberg 2004]. Die charakteristischen Werte bzw. Nennwerte werden durch Multiplikation mit bzw. Division durch Teilsicherheitsbeiwerte(n) in Bemessungswerte der Beanspruchungen bzw. des Tragwiderstandes überführt. Der Vergleich der Bemessungswerte von Beanspruchungen und Tragwiderstand stellt letztlich den Kern der Nachweisführung dar.

### 3.2 Einwirkungen

Ein Tragwerk kann mechanischen, chemischen, biologischen, thermischen und elektromagnetischen Einflüssen ausgesetzt sein. Daraus resultierende, auf das Tragwerk einwirkende Kraft- oder Verformungsgrößen werden als „Einwirkungen“ bezeichnet. Grundsätzlich können die Einwirkungen  $F$  unterteilt werden in:

- ständige Einwirkungen  $G$  (Konstruktionseigengewicht, Ausbaulast, Vorspannung),
- veränderliche Einwirkungen  $Q$  (Nutzlasten, Wind- und Schneelasten, Temperatureinwirkungen, Erd- und Wasserdruck, Baugrundsetzung),
- außergewöhnliche Einwirkungen  $A$  (Anpralllasten, Explosionslasten),
- Einwirkungen infolge von Erdbeben  $A_E$ .

Die charakteristischen Werte der Einwirkungen können den einzelnen Teilen der Normenreihe DIN EN 1991 oder den Projektunterlagen entnommen werden, wobei die in DIN EN 1991 angegebenen Verfahren zu beachten sind. Die charakteristischen Werte der ständigen Einwirkungen werden in der Regel als Mittelwert angegeben, lediglich bei Variationskoeffizienten  $V_G > 0,1$  werden 95 %-Quantile  $G_{k,sup}$  und 5 %-Quantile  $G_{k,inf}$  festgelegt. Wenn keine ausreichenden Kenntnisse zur statistischen Verteilung der Einwirkungen vorliegen, können anstelle der charakteristischen Werte auch auf Erfahrungen beruhende Nennwerte der Einwirkungen in DIN EN 1991 angegeben werden.

Für veränderliche Einwirkungen wird der charakteristische Wert im Allgemeinen als 98 %-Quantilwert mit der Bezugsdauer von einem Jahr festgelegt. Dies entspricht auch einem Wert, der im Durchschnitt einmal in 50 Jahren erreicht oder überschritten wird, siehe Abb. B.1.

Veränderliche Einwirkungen werden hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens in verschiedene repräsentative Werte unterschieden, siehe Tafel B.3. Hinsichtlich der Größe der in diesem Zusammenhang anzusetzenden Kombinationsbeiwerte  $\psi_i$  gilt:

- Beiwert  $\psi_0$ : Der Kombinationswert  $\psi_0 \cdot Q_k$  wird für Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Grenzzustände mit nicht umkehrbaren Auswirkungen

verwendet. Die angestrebte Zuverlässigkeit des Tragwerks wird nicht unterschritten.

- Beiwert  $\psi_1$ : Der häufige Wert  $\psi_1 \cdot Q_k$  wird für Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Grenzzustände mit umkehrbaren Auswirkungen verwendet. Für den Hochbau ist der häufige Wert so festgelegt, dass er in nicht weniger als 1 % des Bezugszeitraums überschritten wird.
- Beiwert  $\psi_2$ : Der quasi-ständige Wert  $\psi_2 \cdot Q_k$  entspricht dem zeitlichen Mittelwert, der eine Überschreitungsdauer von 50 % des Bezugszeitraums aufweist.

Kombinationsbeiwerte für Hochbauten sind in DIN EN 1990/NA, Anhang A angegeben, siehe Tafel B.4.

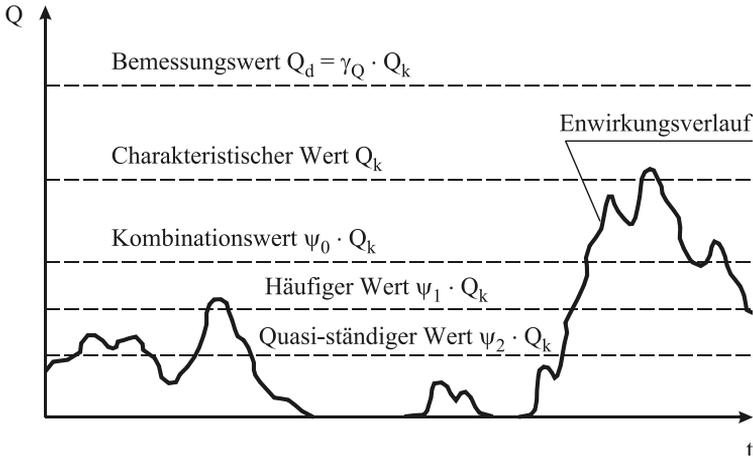


Abb. B.1: Repräsentative Werte der veränderlichen Einwirkungen

Tafel B.3: Für die Nachweisführung maßgebliche Einwirkungswerte

Charakteristische Werte der Einwirkungen $F_k$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- werden in den entsprechenden Normen der DIN EN 1991 oder anderen Normen, die Angaben zu Einwirkungen enthalten, angegeben</li> <li>- bei ständigen Einwirkungen Angabe eines einzigen Wertes (<math>G_k</math>), oder des unteren (<math>G_{k,inf}</math>) und oberen Grenzwertes (<math>G_{k,sup}</math>)</li> </ul>
Repräsentative Werte veränderlicher Einwirkungen $Q_{rep}$	<p>Es werden folgende repräsentative Werte unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- charakteristischer Wert <math>Q_k</math></li> <li>- Kombinationswert <math>\psi_0 \cdot Q_k</math></li> <li>- häufiger Wert <math>\psi_1 \cdot Q_k</math></li> <li>- quasi-ständiger Wert <math>\psi_2 \cdot Q_k</math></li> </ul>
Bemessungswerte der Einwirkungen $F_d = \gamma_F \cdot F_k$ bzw. $Q_d = \gamma_Q \cdot Q_{rep} = \gamma_Q \cdot \psi_i \cdot Q_k$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ergeben sich durch die Multiplikation des charakteristischen Wertes <math>F_k</math> mit dem zugehörigen Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_F</math>, bei veränderlichen Einwirkungen durch die Multiplikation des repräsentativen Wertes <math>Q_{rep}</math> mit dem Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_Q</math></li> <li>- der Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_F</math> kann gegebenenfalls mit einem oberen Wert <math>\gamma_{F,sup}</math> und einem unteren Wert <math>\gamma_{F,inf}</math> angegeben werden</li> </ul>

**Tafel B.4: Kombinationsbeiwerte  $\psi_i$  für Hochbauten nach DIN EN 1990/NA:2010.12, Tabelle NA.A.1.1**

Einwirkung	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1 <sup>a)</sup>			
– Wohn- und Aufenthaltsräume, Büros	0,7	0,5	0,3
– Versammlungsräume, Verkaufsräume	0,7	0,7	0,6
– Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten nach DIN EN 1991-1-1			
– Fahrzeuglast $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
– $30$ kN < Fahrzeuglast $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
– Dachlasten	0	0	0
Schnee- und Eislasten nach DIN EN 1991-1-3			
– Orte bis zu NN +1000 m	0,5	0,2	0
– Orte über NN +1000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten nach DIN EN 1991-1-4	0,6	0,2	0
Temperatureinwirkungen (nicht Brand) nach DIN EN 1991-1-5	0,6	0,5	0
Baugrundsetzungen nach DIN EN 1997	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen <sup>b)</sup>	0,8	0,7	0,5
<sup>a)</sup> Zur Abminderung der Nutzlasten für sekundäre Tragglieder in mehrgeschossigen Hochbauten siehe auch Abschnitt D.3.7. <sup>b)</sup> Flüssigkeitsdruck ist in der Regel als veränderliche Einwirkung zu betrachten, für die die $\psi$ -Beiwerte standortbedingt festzulegen sind. Flüssigkeitsdruck, dessen Größe durch geometrische Verhältnisse begrenzt ist, darf als ständige Einwirkung behandelt werden, wobei alle $\psi$ -Beiwerte gleich 1,0 zu setzen sind. $\psi$ -Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen.			

### 3.3 Geometrische Größen

Die charakteristischen Werte  $a_k$  und die Bemessungswerte  $a_d$  der geometrischen Größen entsprechen im Allgemeinen den bei der Tragwerksplanung als Mittelwerte festgelegten Abmessungen (Nennwerte  $a_{nom}$ ).

$$a_d = a_k = a_{nom} \quad (\text{B.3})$$

Davon abweichende Regelungen können in den bauartspezifischen Bemessungsnormen festgelegt werden.

### 3.4 Baustoff- und Produkteigenschaften

Für den Bemessungswert  $X_d$  einer Baustoff- oder Produkteigenschaft gilt:

$$X_d = \eta \cdot X_k / \gamma_M \quad \text{bzw.} \quad X_d = X_k / \gamma_M \quad (\text{B.4})$$

$X_k$  charakteristischer Wert der Baustoff- bzw. Produkteigenschaft, bei Festigkeitswerten in der Regel auf Basis des 5 %- bzw. 95 %-Quantilwertes, bei Steifigkeitsgrößen als Mittelwert

$\eta$  Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung der Auswirkungen von Lastdauer, Maßstabeffekten, Feuchtigkeits- und Temperatureinwirkungen usw.

$\gamma_m$  Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff- bzw. Produkteigenschaft

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_m$ , in dem bereits der Umrechnungsfaktor  $\eta$  berücksichtigt ist

$X_k$ ,  $\eta$ ,  $\gamma_m$  und  $\gamma_M$  siehe bauartspezifische Bemessungsnormen (DIN EN 1992 bis DIN EN 1999)

### 3.5 Bemessungswerte der Beanspruchungen

Bemessungswerte der Beanspruchungen  $E_d$  (Schnittgrößen, Dehnungen, Verschiebungen) sind aus den Bemessungswerten der Einwirkungen  $F_d$ , der geometrischen Größen  $a_d$  und – sofern erforderlich – der Baustoffeigenschaften  $X_d$  zu bestimmen:

$$E_d = E (F_{d,1}, F_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) \quad (\text{B.5})$$

Im Fall einer linear-elastischen Berechnung des Tragwerks darf der Bemessungswert der Beanspruchungen  $E_d$  durch Überlagerung der Bemessungswerte der voneinander unabhängigen Einwirkungen  $E_{Fd,i}$  ermittelt werden:

$$E_d = E_{Fd,1}(a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) + E_{Fd,2}(a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) + \dots \quad (\text{B.6})$$

### 3.6 Bemessungswert des Tragwiderstandes

Der Bemessungswert des Tragwiderstandes  $R_d$  ist entsprechend der Angaben in den einzelnen bauartspezifischen Bemessungsnormen zu bestimmen. Allgemein gilt:

$$R_d = R (X_{d,1}, X_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, \dots) \quad \text{bzw.} \quad R_d = R_k / \gamma_R \quad (\text{B.7})$$

$R_d$  Bemessungswert des Tragwiderstandes

$X_{d,i}$  Bemessungswert der Baustoff- oder Produkteigenschaft  $i$

$a_{d,i}$  Bemessungswert der geometrischen Größe  $i$

$R_k$  charakteristischer Wert des Tragwiderstandes

$\gamma_R$  Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwiderstand

### 3.7 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)

Grenzzustände der Tragfähigkeit sind Zustände, bei deren Überschreitung es rechnerisch zum Einsturz oder ähnlichen Formen des Tragwerksversagens kommt. Dazu gehören:

- **EQU:** Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder eines seiner Teile, jeweils als starrer Körper betrachtet (Abheben, Umkippen, Aufschwimmen),
- **STR:** Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile infolge Überschreitens der Materialfestigkeit, übermäßige Verformung, Übergang in einen kinematischen Zustand oder in eine instabile Lage,
- **GEO:** Versagen oder übermäßige Verformung des Baugrundes,
- **FAT:** Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile durch Materialermüdung oder andere zeitabhängige Auswirkungen, siehe bauartspezifische Bemessungsnormen,
- **UPL:** Verlust der Lagesicherheit aufgrund von Hebungen durch Wasserdruck oder sonstigen vertikalen Einwirkungen,
- **HYD:** hydraulischer Grundbruch im Baugrund aufgrund hydraulischer Gradienten.

#### 3.7.1 Nachweisformat

##### Versagen des Tragwerks, eines seiner Teile oder einer Verbindung (STR oder GEO)

(z. B. durch Bruch, übermäßige Verformung)

$$E_d \leq R_d \quad (\text{B.8})$$

$E_d$  Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen (z. B. Schnittkraft)

$R_d$  Bemessungswert der zugehörigen Tragfähigkeit. Angaben zur Ermittlung von  $R_d$  finden sich in den bauartspezifischen Bemessungsnormen

##### Nachweis der Lagesicherheit (EQU)

Es ist nachzuweisen:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb} \quad (\text{B.9})$$

$E_{d,dst}$  Bemessungswert der Auswirkung der destabilisierenden Einwirkungen

$E_{d,stb}$  Bemessungswert der Auswirkung der stabilisierenden Einwirkungen

Für Verankerungen zur Gewährleistung der Lagesicherheit gilt davon abweichend:

$$E_{d,dst} - E_{d,stab} \leq R_d \quad (B.10)$$

$R_d$  Bemessungswert des Widerstandes der Verankerung

### 3.7.2 Kombinationsregeln zur Ermittlung der Beanspruchungen in den GZT

Die Ermittlung der Bemessungswerte der Beanspruchungen  $E_d$  erfolgt in den GZT für folgende Einwirkungskombinationen:

- ständige und vorübergehende Bemessungssituation (Grundkombination), gilt nicht für den Nachweis auf Materialermüdung (siehe dazu bauartspezifische Bemessungsnormen):

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (B.11)$$

- außergewöhnliche Bemessungssituation:

$$E_{dA} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (B.12)$$

Ob  $\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$  oder  $\psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}$  in Ansatz zu bringen ist, hängt von der Art der außergewöhnlichen Einwirkung ab (Anprall, Brand usw.), siehe DIN EN 1991 bis DIN EN 1999.

- Bemessungssituation bei Erdbeben:

$$E_{dE} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (B.13)$$

Es bedeuten:

$+$	steht als Symbol für „in Kombination mit ...“
$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen nach Tafel B.5
$\psi_0, \psi_1, \psi_2$	Kombinationsbeiwerte nach Tafel B.4
$G_{k,j}, P_k$	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkungen / Vorspannung
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkung (Leiteinwirkung)
$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert der sonstigen unabhängigen veränderlichen Einwirkungen (Begleiteinwirkung)
$A_d$	Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
$A_{Ed}$	Bemessungswert einer Einwirkung infolge von Erdbeben

Als voneinander unabhängig dürfen Einwirkungen nur dann betrachtet werden, wenn sie durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden, bzw. die zwischen ihnen bestehende Korrelation vernachlässigbar ist. Ist nicht von vornherein offensichtlich, welche der unabhängigen veränderlichen Einwirkungen die für den betrachteten Lastfall vorherrschende ist (Leiteinwirkung), sollte jede unabhängige veränderliche Einwirkung der Reihe nach als vorherrschend untersucht werden.

Im Fall einer linear-elastischen Berechnung können die Beanspruchungen aus den einzelnen Einwirkungen zunächst getrennt berechnet und anschließend überlagert werden. Bei den oben angegebenen Kombinationsregeln dürfen in diesem Fall die Bemessungswerte der unabhängigen Einwirkungen ( $G_{k,j}, P_k, Q_{k,i}, A_d, A_{Ed}$ ) durch die zugehörigen Auswirkungen (Schnittgrößen oder Spannungen)  $E_{G_{k,j}}, E_{P_k}, E_{Q_{k,i}}, E_{A_d}, E_{A_{Ed}}$  ersetzt werden. Die vorherrschende veränderliche Auswirkung  $E_{Q_{k,1}}$  (Leiteinwirkung) lässt sich dann für die verschiedenen Kombinationsregeln aus folgenden Bedingungen bestimmen:

– Grundkombination:  $\gamma_{Q,1} \cdot (1 - \psi_{0,1}) \cdot E_{Qk,1} = \text{Max.}$  (B.14)

– außergewöhnliche Bemessungssituation:  $(\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{Qk,1} = \text{Max.}$  (B.15)

### 3.7.3 Teilsicherheitsbeiwerte im GZT

#### Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermittlung des Tragwiderstandes

Die für die Ermittlung des Tragwiderstandes erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte sind den bauartspezifischen Bemessungsnormen zu entnehmen.

#### Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen

Teilsicherheitsbeiwerte für Hochbauten siehe Tafel B.5. Weitere Teilsicherheitsbeiwerte sind in den bauartspezifischen Bemessungsnormen bzw. den Normen für bestimmte Bauwerksarten (z. B. Brücken) angegeben.

Tafel B.5: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen auf Hochbauten nach DIN EN 1990/NA:2010.12

Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile (STR / GEO) (durch Bruch, übermäßige Verformung usw.)				
Einwirkung		Symbol	Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Außergewöhnliche Bemessungssituation und Erdbeben
unabhängige ständige Einwirkungen	ungünstig	$\gamma_{G,sup}$	1,35	1,00
	günstig	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
unabhängige veränderliche Einwirkungen	ungünstig	$\gamma_Q$	1,50	1,00
außergewöhnliche Einwirkungen	ungünstig	$\gamma_A$	–	1,00
Nachweis der Lagesicherheit (EQU)				
Einwirkung		Symbol	Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Außergewöhnliche Bemessungssituation und Erdbeben
ständige Einwirkungen (einschl. Grundwasser und frei anstehendem Wasser)	destabilisierend	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,00
	stabilisierend	$\gamma_{G,stb}$	0,90	0,95
bei kleinen Schwankungen der ständigen Einwirkungen (z. B. beim Nachweis der Auftriebssicherheit)	destabilisierend	$\gamma_{G,dst}$	1,05	1,00
	stabilisierend	$\gamma_{G,stb}$	0,95	0,95
ständige Einwirkungen für den kombinierten Nachweis der Lagesicherheit unter Berücksichtigung des Bauteilwiderstands (z. B. Zugverankerungen)	destabilisierend	$\gamma_{G,dst}^*$	1,35	1,00
	stabilisierend	$\gamma_{G,stb}^*$	1,15	0,95
destabilisierende veränderliche Einwirkungen	destabilisierend	$\gamma_Q$	1,50	1,00
außergewöhnliche Einwirkungen	destabilisierend	$\gamma_A$	–	1,00

Tafel B.5 (Fortsetzung): Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen auf Hochbauten nach DIN EN 1990/NA:2010.12

Nachweis der Gesamtstabilität des Baugrunds (GEO)				
Einwirkung		Symbol	Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Außergewöhnliche Bemessungssituation und Erdbeben
unabhängige ständige Einwirkungen	ungünstig	$\gamma_G$	1,00	1,00
	günstig	$\gamma_G$	1,00	1,00
unabhängige veränderliche Einwirkungen	ungünstig	$\gamma_Q$	1,30	1,00
außergewöhnliche Einwirkungen	ungünstig	$\gamma_A$	–	1,00

Beim Nachweis gegen Versagen durch Materialermüdung dürfen die Teilsicherheitsbeiwerte auf Einwirkungsseite zu  $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$  angesetzt werden. Ergänzende Angaben sind in den bauartspezifischen Bemessungsnormen enthalten.

### 3.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

#### 3.8.1 Allgemeines

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind Zustände, bei deren Überschreitung die festgelegten Nutzungsanforderungen eines Tragwerks oder eines seiner tragenden Teile rechnerisch nicht mehr erfüllt sind.

Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit können sich auf

- die Funktion des Bauwerkes oder eines seiner Teile
- das Wohlbefinden von Personen
- das optische Erscheinungsbild

beziehen.

Folgende Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind im Rahmen der Nachweisführung zu betrachten:

- Verformungen und Verschiebungen, die zu einer Beeinträchtigung der Nutzung des Tragwerks, zu Schäden an angrenzenden Bauteilen oder einem nachteiligen Erscheinungsbild führen,
- Schwingungen, die zu Schäden oder Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit am Tragwerk selbst oder an angrenzenden Bauteilen führen bzw. bei Menschen körperliches Unbehagen hervorrufen,
- Schäden, die Funktionsfähigkeit, Dauerhaftigkeit oder Erscheinungsbild des Tragwerks beeinträchtigen,
- sichtbare Schäden aufgrund von Materialermüdung oder anderen zeitabhängigen Auswirkungen.

#### 3.8.2 Nachweisformat

$$E_d \leq C_d \quad (\text{B.16})$$

$E_d$  Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen, ermittelt in der Dimension des Gebrauchstauglichkeitskriteriums auf der Grundlage einer der nachfolgend angegebenen Kombinationsregeln

$C_d$  Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums (z. B. aufnehmbare Spannung, zulässige Rissbreite), siehe bauartspezifische Bemessungsnormen

### 3.8.3 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte dürfen für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sowohl auf Einwirkungs- als auch Widerstandsseite zu 1,0 gesetzt werden. Davon abweichende Regelungen können in den bauartspezifischen Bemessungsnormen enthalten sein.

### 3.8.4 Kombinationsregeln für Einwirkungen in den GZG

Die Bemessungswerte der Einwirkungen sind nach folgenden Kombinationsregeln zu ermitteln:

- Seltene (charakteristische) Kombination:

$$E_{d,char} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot P \cdot Q_{k,1} \cdot \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (B.17)$$

- Häufige Kombination:

$$E_{d,frequ} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot P \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \cdot \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (B.18)$$

- Quasi-ständige Kombination:

$$E_{d,perm} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot P \cdot \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (B.19)$$

Die bauartspezifischen Bemessungsnormen enthalten Angaben, welche Einwirkungskombination für welchen Nachweis maßgebend ist. Zur Bedeutung der Formelzeichen siehe Seite B.9.

Bei linear-elastischer Schnittgrößenermittlung dürfen in diesen Kombinationsregeln – analog zur auf Seite B.9 beschriebenen Vorgehensweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit – die Bemessungswerte der unabhängigen Einwirkungen durch die zugehörigen Auswirkungen ersetzt werden.

Die vorherrschende veränderliche Einwirkung kann für die einzelnen Kombinationsregeln aus folgenden Bedingungen ermittelt werden:

- Seltene (charakteristische Kombination):  $(1 - \psi_{0,1}) \cdot E_{Qk,1} = \text{Max.}$  (B.20)

- Häufige Kombination:  $(\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{Qk,1} = \text{Max.}$  (B.21)

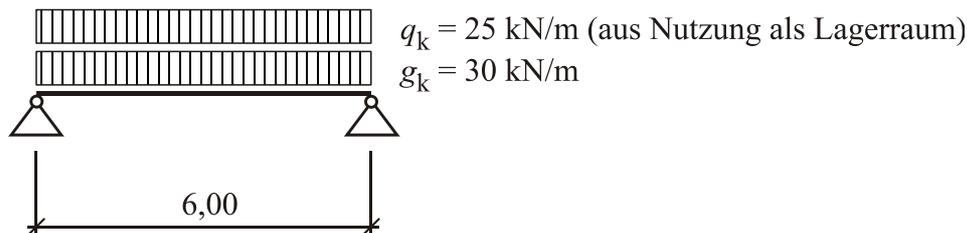
## 3.9 Überlagerung von Wind- und Schneelasten bei Hochbauten

In den GZT und den GZG gilt zusätzlich zu den in den Abschnitten 3.7.2 und 3.8.4 angegebenen Kombinationsregeln (siehe DIN EN 1990/NA:2010.12, NDP zu A.1.2.1 (1) Anmerkung 2):

- **Orte bis NN +1.000 m:** Sind weder Wind noch Schnee die dominierende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung), ist es ausreichend, entweder Wind oder Schnee als Begleiteinwirkung anzusetzen. Sind Wind oder Schnee dagegen Leiteinwirkungen, ist die jeweils andere als Begleiteinwirkung anzusetzen.
- **Windzonen 3 und 4:** Ist Wind die Leiteinwirkung, darf auf den Ansatz von Schnee als Begleiteinwirkung verzichtet werden. Ist Normalschnee die Leiteinwirkung, ist Wind stets als Begleiteinwirkung zu berücksichtigen. Bei außergewöhnlicher Schneelast darf diese stets als Leiteinwirkung betrachtet und auf den Ansatz von Wind als Begleiteinwirkung verzichtet werden. Allerdings sind die Auswirkungen möglicher Schneeverwehungen zu prüfen.

**Beispiel: Stahlbetonbalken mit einer veränderlichen Last**

Die Bemessungswerte des Biegemoments sollen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit bestimmt werden.



Grenzzustände der Tragfähigkeit (Grundkombination):

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot \gamma_G \cdot g_k \cdot l_{eff}^2 + \frac{1}{8} \cdot \gamma_Q \cdot q_k \cdot l_{eff}^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot 30 \cdot 6,00^2 + \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 25 \cdot 6,00^2 = 351,0 \text{ kNm}$$

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (charakteristische, häufige und quasi-ständige Kombination):

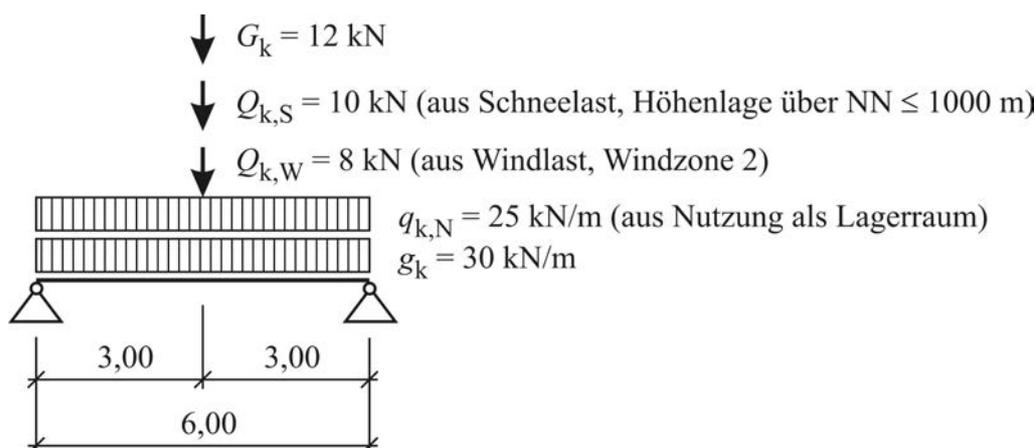
$$M_{Ed,char} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot l_{eff}^2 + \frac{1}{8} \cdot q_k \cdot l_{eff}^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot 30 \cdot 6,00^2 + \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 25 \cdot 6,00^2 = 247,5 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,frequ} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot l_{eff}^2 + \frac{1}{8} \cdot \psi_1 \cdot q_k \cdot l_{eff}^2 = \frac{1}{8} \cdot 30 \cdot 6,00^2 + \frac{1}{8} \cdot 0,9 \cdot 25 \cdot 6,00^2 = 236,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,pem} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot l_{eff}^2 + \frac{1}{8} \cdot \psi_2 \cdot q_k \cdot l_{eff}^2 = \frac{1}{8} \cdot 30 \cdot 6,00^2 + \frac{1}{8} \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 6,00^2 = 225,0 \text{ kNm}$$

**Beispiel: Stahlbetonbalken mit mehreren veränderlichen Lasten**

Die Bemessungswerte des Biegemoments sollen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit bestimmt werden.



– Grenzzustände der Tragfähigkeit (Grundkombination):

Ermittlung der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung:

**Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.**

**Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.**

Bestimmung des Bemessungsmoments: