

Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung,
Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln

DIN
1055-100

ICS 91.010.30

Actions on structures — Part 100: Basis of design, safety concept and design rules

Actions sur les structures — Partie 100: Bases du calcul, conception de sécurité et règles de calcul

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7 Nachweis nach dem Verfahren der Teilsicherheitsbeiwerte	18
1 Anwendungsbereich	3	7.1 Allgemeines	18
2 Normative Verweisungen	4	7.2 Eingrenzungen und Vereinfachungen ..	19
3 Begriffe	4	8 Bemessungswerte	20
4 Anforderungen	14	8.1 Bemessungswerte für Einwirkungen ...	20
4.1 Grundlegende Anforderungen	14	8.2 Bemessungswerte unabhängiger Auswirkungen	20
4.2 Dauerhaftigkeit	14	8.3 Bemessungswerte für Baustoffeigenschaften	20
5 Modelle für Einwirkungen und Umwelteinflüsse	15	8.4 Bemessungswerte geometrischer Größen	21
5.1 Allgemeines	15	8.5 Bemessungswerte von Beanspruchungen	21
5.2 Modelle für ständige Einwirkungen ...	15	8.6 Bemessungswert des Tragwiderstandes	22
5.3 Modelle für veränderliche Einwirkungen	15	9 Grenzzustände der Tragfähigkeit	22
5.4 Modelle für dynamische Einwirkungen .	15	9.1 Beschreibung	22
5.5 Modelle bei Brandeinwirkungen	15	9.2 Nachweise der Lagesicherheit und des Versagens des Tragwerks	22
5.6 Modelle für Umwelteinflüsse	16	9.3 Bemessungssituationen	23
6 Charakteristische und andere repräsentative Werte	16	9.4 Kombinationsregeln für Einwirkungen .	23
6.1 Charakteristische Werte von Einwirkungen	16	9.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen ..	25
6.2 Repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen	17	9.6 Beiwerte ψ	26
6.3 Charakteristische und andere repräsentative Werte unabhängiger Auswirkungen	17	9.7 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe und Widerstände	26
6.4 Charakteristische Werte für Baustoffeigenschaften	17	10 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	26
6.5 Charakteristische Werte geometrischer Größen	18	10.1 Beschreibung	26

Fortsetzung Seite 2 bis 39

	Seite		Seite
10.2	26	Anhang B (informativ)	
10.3	27	Grundlagen für die Bemessung mit	
10.4	27	Teilsicherheitsbeiwerten und eine	
10.5	28	Zuverlässigkeitsanalyse	33
10.6	28	B.1 Allgemeines	33
10.7	28	B.2 Überblick über Methoden der	
		Zuverlässigkeitsanalyse	34
		B.3 Zuverlässigkeitsindex β	34
		B.4 Zielwerte für den Zuverlässigkeits-	
		index β	35
		B.5 Verfahren zur Kalibrierung der	
		Bemessungswerte	36
		B.6 Möglichkeiten der Zuverlässigkeits-	
		nachweise in den Eurocodes	38
		B.7 Teilsicherheitsbeiwerte	38
		B.8 Kombinationsbeiwert ψ_0 für	
		Einwirkungen	38
Anhang A (normativ)			
Bemessungsregeln für Hochbauten	29		
A.1 Unabhängige Einwirkungen für			
Hochbauten	29		
A.2 Beiwerte ψ	29		
A.3 Teilsicherheitsbeiwerte im Grenz-			
zustand der Tragfähigkeit	29		
A.4 Vereinfachte Kombinationsregeln für			
Hochbauten	30		

Vorwort

(1) DIN 1055 „Einwirkungen auf Tragwerke“ besteht aus:

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

Diese Reihe wird auf der Grundlage entsprechender Europäischer Vornormen der Reihe ENV 1991 „Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke“ erarbeitet und soll die bestehende Reihe DIN 1055 „Lastannahmen für Bauten“ ablösen bzw. ergänzen.

(2) Die vorliegende Norm wurde auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-1 erarbeitet und soll die Lücke zwischen den sich ebenfalls auf der Grundlage entsprechender Europäischer Vornormen in Bearbeitung befindlichen deutschen Einwirkungs- und Bemessungsnormen schließen.

(3) Abweichungen gegenüber der Europäischen Vornorm ENV 1991-1 sollen der deutschen Stellungnahme hierzu entsprechen und sollen diejenigen Korrekturen und Änderungen enthalten, die nach deutscher Auffassung bei der Überführung von ENV 1991-1 in eine Europäischen Norm Berücksichtigung finden sollten.

(4) Diese Norm umfasst grundlegende bauartübergreifende Regelungen für die Tragwerksplanung von Bauwerken, die die Anforderungen an Tragwerke und das damit zusammenhängende Sicherheitskonzept betreffen. Damit wird die Einheitlichkeit der Regeln der Tragwerksplanung für eine große Anzahl von Tragwerken unterschiedlicher Bauarten erreicht. Bauartspezifische Regelungen sind den bauartspezifischen Normen zu entnehmen.

(5) Darüber hinaus enthält diese Norm zusätzliche bauartübergreifende Bemessungsregeln für Hochbauten (siehe Anhang A). Für andere Bauwerksarten (z. B. Brücken, Behälter, Krane) fehlen zur Zeit

solche zusätzlichen Bemessungsregeln mit spezifischen Teilsicherheitsbeiwerten und ψ -Beiwerten. Daher wird auf die entsprechenden Normen (siehe DIN V ENV 1991-3, E DIN 1055-6, E DIN 1055-10) verwiesen.

(6) Die in dieser Norm angegebenen Sicherheitsbeiwerte und weiteren Sicherheitselemente ergeben ein ausreichendes Sicherheitsniveau unter der Voraussetzung, dass hinsichtlich Bemessung, konstruktiver Durchbildung und Bauausführung die bauartspezifischen Bemessungsnormen und sonstigen technischen Regelungen eingehalten werden.

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

(8) Prinzipien enthalten:

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

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

(10) Im Gegensatz zu Prinzipien sind Anwendungsregeln *kursiv* gedruckt.

Anhang A ist normativ und Anhang B informativ.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm legt die Grundlagen und Anforderungen für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken fest, beschreibt die bauartübergreifenden Grundlagen der Tragwerksplanung und gibt Hinweise zu Fragen der Tragwerkssicherheit.

(2) Diese Norm gilt für die Tragwerksplanung von Hoch- und Ingenieurbauwerken einschließlich ihrer Gründungen und bezieht sich auf alle Bemessungssituationen (auch Brand und Erdbeben), in denen das Tragwerk einschließlich seiner Gründung die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erfüllt. Diese Norm gilt auch für die Tragwerksplanung im Bauzustand und für Tragwerke mit befristeter Standzeit.

(3) Diese Norm allein ist in der Regel für die Durchführung der Tragwerksplanung nur in Verbindung mit den Normen der Reihe DIN 1055 und mit den bauartspezifischen Normen und sonstigen Regelungen, die den Grundlagen des Sicherheitskonzeptes (Nachweis von Grenzzuständen, Methode der Teilsicherheitsbeiwerte) dieser Normen entsprechen, anwendbar.

(4) Diese Norm ist jedoch auch als Grundlage für die Tragwerksplanung in den Fällen anwendbar, wenn die o. g. Übereinstimmung in den Normenkonzepten nicht besteht oder wenn andere, nicht durch die Normen der Reihe DIN 1055 geregelte Einwirkungen zu berücksichtigen sind.

(5) Diese Norm ist auch für die Planung von Verstärkungs-, Instandsetzungs- oder Umbaumaßnahmen anwendbar, sofern dafür geeignete ergänzende Regeln in Übereinstimmung mit dem Sicherheitskonzept dieser Norm bestehen.

(6) Die Tragwerksplanung von Bauwerken, an die besondere Sicherheitsanforderungen zu stellen sind (z. B. Kernkraftwerke), wird von dieser Norm nicht vollständig erfasst. Dazu sind spezielle, erweiterte Verfahren der Berechnung und Bemessung anzuwenden.

(7) Maßnahmen zur Qualitätssicherung werden in dieser Norm nicht geregelt.

ANMERKUNG Das durch diese Norm festgelegte Sicherheitsniveau setzt die Erfüllung folgender Annahmen voraus:

- Mit der Wahl des Tragsystems und der Tragwerksplanung sind qualifizierte und erfahrene Personen beauftragt.
- Die Tragwerksplanung wird unabhängig geprüft, Ausnahmen werden gesetzlich geregelt.
- Die Bauausführung erfolgt durch geschultes und erfahrenes Personal.
- In den Herstellwerken, den Produktionsstätten und auf der Baustelle ist eine sachgerechte Aufsicht und Überwachung sichergestellt.
- Die Tragwerke werden den Planungsannahmen entsprechend genutzt und sachgerecht instand gehalten.
- Die in den Bauart- und Ausführungsnormen sowie sonstigen Regelungen gestellten Anforderungen an die Baustoffe werden erfüllt.

2 Normative Verweisungen

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

Normen der Reihe DIN 1054, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*.

DIN V 1054-100, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten¹⁾*.

E DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichte und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen¹⁾*.

E DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*.

E DIN 1055-7, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 7: Temperatureinwirkungen*.

E DIN 1055-9, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen*.

DIN 4149-1, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten — Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten*.

DIN V ENV 1991-2-2, *Eurocode 1 — Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2-2: Einwirkungen auf Tragwerke — Einwirkungen im Brandfall; Deutsche Fassung ENV 1991-2-2:1995*.

DIN V ENV 1991-3, *Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragbauwerke — Teil 3: Verkehrslasten auf Brücken; Deutsche Fassung ENV 1991-3:1995*.

DIN ISO 8930:1991-03, *Allgemeine Grundsätze für die Zuverlässigkeit von Tragwerken — Verzeichnis der gleichbedeutenden Begriffe; Identisch mit ISO 8930:1987*.

ISO 6707-1:1989, *Building and civil engineering — Vocabulary — Part 1: General terms*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in DIN ISO 8930 und ISO 6707-1:1989 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe

3.1.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1.1

Bauwerk

bauliche Anlage, d. h. Ergebnis von Bauarbeiten, das aus tragenden und nichttragenden Bauteilen besteht und fest mit dem Baugrund verbunden ist (Bauwerke des Hoch- und Ingenieurbaus, z. B. Wohnhaus, Brücke, Turm)

3.1.1.2

Gebäude

selbständig benutzbare überdeckte bauliche Anlage, die von Menschen betreten werden kann und geeignet oder bestimmt ist, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen

¹⁾ DIN V 1054-100 wird zur Zeit im Sinne der deutschen Stellungnahme zu einer Europäischen Norm überarbeitet.

3.1.1.3

Hochbau

Gebäude mit vorwiegend oberirdischer Ausdehnung für z. B. Wohn-, Büro-, Verkaufs-, Parkzwecke oder öffentliche Nutzung (Schulen, Krankenhäuser usw.); meist mit Gebäude gleichzusetzen

3.1.1.4

Tragwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener tragender und aussteifender Bauteile, die so entworfen sind, dass sie ein bestimmtes Maß an Tragwiderstand (z. B. Fundament, Stützen, Riegel, Decken, Trennwände) aufweisen

3.1.1.5

Tragsystem

Summe der tragenden Bauteile eines Tragwerks und die Art und Weise, in der sie zur Erzielung eines bestimmten Tragwiderstands zusammenwirken (z. B. Durchlaufträger, Rahmen)

3.1.1.6

Tragwerksmodell

Idealisierung des Tragsystems für Schnittgrößenermittlung und Bemessung

3.1.1.7

Bauart

Kennzeichnung der überwiegend für ein Tragwerk oder seine Teile gewählten Baustoffe (z. B. Holzbau, Verbundbau)

3.1.1.8

Bauausführung

Tätigkeiten, die für die Errichtung eines Bauwerks erforderlich sind (z. B. Schalen, Bewehren, Schweißen, Montieren)

3.1.1.9

Bauverfahren

Art und Weise der Errichtung eines Bauwerks (z. B. Ortbetonbau, Freivorbau)

3.1.1.10

Vorfertigung

Herstellung von Bauteilen nicht in ihrer endgültigen Lage, sondern in einem Werk oder an anderer Stelle

3.1.1.11

Nutzungsdauer

vorgesehener Zeitraum, in dem ein Bauwerk bei Instandhaltung, aber ohne nennenswerte Instandsetzung genutzt werden kann

3.1.1.12

Instandhaltung

Maßnahmen während der Nutzungsdauer zur Sicherstellung der planmäßigen Nutzung (z. B. Anstricherneuerung, Reinigung)

3.1.1.13

Instandsetzung

Maßnahmen zur Wiederherstellung der Sicherstellung einer planmäßigen Nutzung (z. B. Verstärkung, Ersatz von Bauteilen)

3.1.2 Begriffe für Einwirkungen

3.1.2.1

Einwirkung

auf das Tragwerk einwirkende Kraft- oder Verformungsgrößen

3.1.2.2

direkte Einwirkung

auf das Tragwerk einwirkende Last (Kraft)

3.1.2.3

indirekte Einwirkung

aufgezwungene oder behinderte Verformung oder Bewegung, die z. B. von Temperaturänderungen, Feuchtigkeitsänderungen, ungleicher Setzung oder Erdbeben herrührt, Brandeinwirkung, Umwelteinwirkung

3.1.2.4

zeitlich unveränderliche Einwirkung

ständige Einwirkung, deren zeitliche Änderung gegenüber dem Mittelwert vernachlässigt werden kann oder die sich bis zum Erreichen eines Grenzwertes gleichmäßig in die gleiche Richtung ändert, z. B. Eigenlast des Tragwerks, von Installationen und von feststehenden Anlagen und Belägen, Vorspannung einschließlich Verluste aus Kriechen und Schwinden

ANMERKUNG Genauere Informationen werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen gegeben.

3.1.2.4.1

statische Einwirkung

Einwirkung, die keine wesentliche Beschleunigungen des Tragwerks oder des Bauteils hervorruft

3.1.2.4.2

vorwiegend ruhende Einwirkung

statische Einwirkung und nicht ruhende Einwirkung, die jedoch für die Tragwerksplanung als ruhende Einwirkung betrachtet werden darf (z. B. Nutzlasten in Parkhäusern, Werkstätten, Fabriken, Einwirkungen aus Wind)

3.1.2.5

zeitlich veränderliche Einwirkung

Einwirkung, für die die Voraussetzung einer ständigen Einwirkung nicht erfüllt ist, z. B. Nutzlast, Windlast, Schneelast

3.1.2.5.1

dynamische Einwirkung

nicht vorwiegend ruhende Belastungen, stoßende Belastungen oder sich häufig wiederholende Belastungen, die wesentliche Beschleunigungen oder eine vielfache Beanspruchungsänderung während der Nutzungsdauer des Tragwerks bzw. des Bauteils hervorrufen (z. B. Kran-, Kranbahn-, Gabelstaplerlasten, Verkehrslasten auf Brücken)

3.1.2.5.2

quasi-statische Einwirkung

dynamische Einwirkung, die für die Tragwerksplanung unter Berücksichtigung des dynamischen Einflusses durch Zuschläge oder Faktoren als statische Einwirkung betrachtet wird

3.1.2.5.3

außergewöhnliche Einwirkung

Einwirkung von gewöhnlich kurzer Dauer, die während der Nutzungsdauer des Tragwerks mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auftritt, deren Auftreten aber zu erheblichen Schäden führen kann (z. B. Explosionen oder Anprall von Fahrzeugen, Schiffsstoß)

3.1.2.5.4

seismische Einwirkung

außergewöhnliche Einwirkung infolge Erdbeben

3.1.2.6

ortsfeste Einwirkung

Einwirkung, z. B. Eigenlasten, ständige Lasten aus darüber liegenden Stockwerken, Einwirkung aus ortsfesten Lasten mit variierender Größe, Vorspannung

3.1.2.7

freie Einwirkung

Einwirkung, für die die Voraussetzungen der örtlichen Unveränderbarkeit nicht zutreffen, z. B. Verkehrslasten wie bewegte Lasten bei Kranen und Kranbahnen, von Gabelstaplern, bei Brücken, aber auch Windlasten, Schneelasten

3.1.2.8

repräsentativer Wert

Wert einer Einwirkung, der der Nachweisführung in den Grenzzuständen zu Grunde liegt

3.1.2.8.1

charakteristischer Wert

wichtigster repräsentativer Wert einer Einwirkung, von dem angenommen wird, dass er mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit im Bezugszeitraum unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Tragwerks und der entsprechenden Bemessungssituation nicht überschritten oder unterschritten wird (siehe 6.1)

3.1.2.8.2

Kombinationswert einer veränderlichen Einwirkung

repräsentativer Wert in den Einwirkungskombinationen, der die geringere Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens der ungünstigsten Werte mehrerer voneinander unabhängiger veränderlicher Einwirkungen beschreibt (siehe 6.2)

3.1.2.8.3

häufiger Wert einer veränderlichen Einwirkung

repräsentativer Wert, für den die Überschreitungsdauer oder die Überschreitungshäufigkeit innerhalb eines Bezugszeitraumes begrenzt ist (siehe 6.2)

3.1.2.8.4

quasi-ständiger Wert einer veränderlichen Einwirkung

repräsentativer Wert, für den die Überschreitungsdauer einen beträchtlichen Teil des Bezugszeitraums ausmacht (siehe 6.2)

3.1.2.8.5

Beiwert

ψ_i -Faktor, mit dem ein charakteristischer Wert multipliziert wird, um einen für bestimmte Einwirkungskombinationen benötigten repräsentativen Wert zu berechnen

3.1.2.9

Bemessungswert

Produkt aus repräsentativem Wert der Einwirkung und Teilsicherheitsbeiwert

3.1.2.10

unabhängige Einwirkung

Einwirkung, die durch einen oder mehrere charakteristische Werte von Kraft- oder Verformungsgrößen aus einem Ursprung repräsentiert wird (z. B. Eigenlast, Nutzlasten, Temperatur, Schnee, Wind). Einwirkungen sind voneinander unabhängig, wenn sie aus verschiedenen Ursprüngen herrühren und die zwischen ihnen bestehende Korrelation im Hinblick auf die Zuverlässigkeit des Tragwerks vernachlässigt werden darf

3.1.2.11

Eigenlast

ständige und im Allgemeinen ortsfeste Einwirkungen aus den unterschiedlichsten tragenden und nichttragenden Teilen des Tragwerks (z. B. Gebäudedecke mit vollständigem Aufbau, Brückenüberbau mit Fahrbahnplatte, -belag, Leitplanken, Geländer)

3.1.2.12

Vorspannung

in das Tragwerk oder in eines seiner Teile planmäßig eingetragener Spannungszustand

3.1.2.13

Nutzlast

aus der Art der Nutzung des Tragwerks resultierende statische bzw. vorwiegend ruhende Einwirkung

3.1.2.14

Verkehrslast

aus dem Verkehr auf Brücken bzw. gleichartigen Tragwerken resultierende dynamische oder vorwiegend ruhende Einwirkung

3.1.2.15

Lastmodell

Lastanordnung

Festlegung von Einwirkungen nach Lage, Größe und Richtung

3.1.2.16

Lastfall

Festlegung untereinander verträglicher Lastanordnungen, Verformungen und Imperfektionen, die bei einem bestimmten Nachweis gleichzeitig zu berücksichtigen sind

3.1.2.17

Einwirkungskombination

Festlegung der Bemessungswerte der gleichzeitig auftretenden Einwirkungen, die für den betrachteten Nachweis entsprechend der Häufigkeit ihres Auftretens zu berücksichtigen sind

3.1.2.18

kritischer Lastfall

Einwirkungskombination nach den in dieser Norm angegebenen Kombinationsregeln, die für die Bestimmung des maßgebenden Bemessungswerts einer Beanspruchung herangezogen werden muss

3.1.2.19

Auswirkung

Folge einer Einwirkung (z. B. Schnittgröße, Spannung, Dehnung, Verformung, Rissbreite, Schwingung) auf das Tragwerk oder seine Teile oder an einem betrachteten Ort (Querschnitt) des Tragwerks

3.1.2.19.1

unabhängige Auswirkung

Folge einer unabhängigen Einwirkung auf das Tragwerk oder seine Teile oder an einem betrachteten Ort (Querschnitt) des Tragwerks bzw. deren Anteil an der Beanspruchung

3.1.2.20

Beanspruchung

Folge der gleichzeitig zu betrachtenden Einwirkungen bzw. einer Einwirkungskombination auf das Tragwerk oder seine Teile oder an einem betrachteten Ort (Querschnitt) des Tragwerks

3.1.3 Begriffe für Widerstände

3.1.3.1

Festigkeit

mechanische Baustoffeigenschaft

3.1.3.2

Tragwiderstand

durch die verwendeten Baustoffe einschließlich ihrer räumlichen Anordnung und den Verbindungen festgelegte mechanische Eigenschaft des Tragwerks, des Bauteils oder des Bauteilquerschnitts, bestimmten Beanspruchungen zu widerstehen, auch als Beanspruchbarkeit bezeichnet

3.1.3.2.1

charakteristischer Wert

durch die charakteristischen Werte der Baustofffestigkeiten und die Nennwerte der Querschnittsgrößen festgelegter Tragwiderstand

3.1.3.2.2

Bemessungswert

für die Nachweise von Grenzzuständen der Tragfähigkeit zugrunde zu legenden Wert des Tragwiderstands

3.1.3.3

Robustheit

Fähigkeit des Tragwerks oder bestimmter Teile davon, nicht schlagartig zu versagen bzw. den Verlust eines ausreichenden Tragwiderstands durch große Verformungen oder Rissbildungen anzukündigen

3.1.3.4

Duktilität

Verformungsvermögen bestimmter Bauteilbereiche aufgrund einer ausreichenden Verformungskapazität

3.1.3.5

Gebrauchstauglichkeitskriterium

für die Nachweise von Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit festgelegten Nennwert oder Funktion von bestimmten Bemessungswerten der Baustoff-, Bauteil- oder Tragwerkeigenschaften bezogen auf die betrachteten Bemessungswerte der Schnittgrößen, um die Nutzungsanforderungen an das Tragwerk zu erfüllen

3.1.4 Begriffe zum Sicherheitskonzept

3.1.4.1

Zuverlässigkeit

Wahrscheinlichkeit der Sicherstellung von Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit während der vorgesehenen Lebensdauer (qualitativ); Wahrscheinlichkeit, mit der ein definierter Grenzzustand für einen vorgegebenen Bezugszeitraum nicht überschritten wird (quantitativ)

3.1.4.2

Sicherheit

Fähigkeit des Tragwerks zur Sicherstellung von Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, die eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung verhindern

3.1.4.3

Tragfähigkeit

Fähigkeit des Tragwerks und seiner tragenden Teile, allen auftretenden Einwirkungen zu widerstehen, denen es während der Errichtungs- und Nutzungsdauer planmäßig standhalten soll

3.1.4.4

Gebrauchstauglichkeit

Fähigkeit des Tragwerks und seiner Teile, die planmäßige Nutzung entsprechend festgelegter Bedingungen zu ermöglichen

3.1.4.5

Dauerhaftigkeit

Fähigkeit des Tragwerks und seiner Teile, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit während der gesamten Nutzungsdauer sicherzustellen

3.1.4.6

Bemessungskriterien

Beschreibung der für die Einhaltung der Grenzzustände zu erfüllenden Bedingungen

3.1.4.7

Bemessungssituation

dem Nachweis der Einhaltung eines Grenzzustandes zugrunde liegende, im betrachteten Zeitraum konstante Bedingungen des Tragwerks einschließlich der maßgebenden Lastfälle (Einwirkungen), Umweltbedingungen usw., für die der Tragwerksplaner die Einhaltung der maßgebenden Grenzzustände nachweist. Es wird zwischen vorübergehenden, ständigen und außergewöhnlichen Bemessungssituationen unterschieden

3.1.4.8

Grenzzustand

Zustand des Tragwerks, bei dessen Überschreitung die der Tragwerksplanung zugrunde gelegten Anforderungen nicht mehr erfüllt sind

3.1.4.8.1

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Zustand des Tragwerks, dessen Überschreitung unmittelbar zu einem rechnerischen Einsturz oder anderen Formen des Versagens führt; der Grenzzustand ergibt sich im Allgemeinen aus dem größten rechnerischen Tragwiderstand

3.1.4.8.2

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Zustand des Tragwerks, bei dessen Überschreitung die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Es wird dabei unterschieden zwischen

- einem umkehrbaren Grenzzustand (keine bleibende Überschreitung des Grenzzustandes nach dem Entfernen der maßgebenden Einwirkung) und
- einem nicht umkehrbaren Grenzzustand (bleibende Überschreitung des Grenzzustandes nach dem Entfernen der maßgebenden Einwirkung).

3.1.4.9

Teilsicherheitsbeiwert

Beiwert zur Bestimmung des Bemessungswertes von Einwirkungen, von Beanspruchungen oder von Tragwiderständen aus den repräsentativen bzw. charakteristischen Werten

3.2 Symbole

Große lateinische Buchstaben

A	außergewöhnliche Einwirkung
A_d	Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
A_{Ed}	Bemessungswert einer Einwirkung infolge Erdbeben
A_{Ek}	charakteristischer Wert einer Einwirkung infolge Erdbeben
C_d	Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums
E	Beanspruchung, (Aus-)Wirkung

E_d	Bemessungswert einer Beanspruchung, Auswirkung (Grundkombination)
E_{dA}	Bemessungswert einer Beanspruchung aus einer außergewöhnlichen Kombination
E_{dE}	Bemessungswert einer Beanspruchung aus Erdbebenkombination
$E_{d,dst}$	Bemessungswert der destabilisierenden Beanspruchung
$E_{dA,dst}$	Bemessungswert einer Beanspruchung infolge der destabilisierenden Einwirkungen aus außergewöhnlicher Kombination
$E_{dE,dst}$	Bemessungswert einer Beanspruchung infolge der destabilisierenden Einwirkungen aus Erdbebenkombination
$E_{d,stab}$	Bemessungswert der stabilisierenden Beanspruchung
$E_{d,rare}$	Bemessungswert einer Beanspruchung aus seltener Kombination
$E_{d,frequ}$	Bemessungswert einer Beanspruchung aus häufiger Kombination
$E_{d,perm}$	Bemessungswert einer Beanspruchung aus quasi-ständiger Kombination
E_{Fk}	charakteristischer Wert einer unabhängigen Auswirkung (F_k steht für $G_{k,j}$, P_k , $Q_{k,i}$)
E_{Fd}	Bemessungswert einer unabhängigen Auswirkung
E_{Frep}	repräsentativer Wert einer unabhängigen Auswirkung
F	Einwirkung
F_d	Bemessungswert einer Einwirkung
F_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung
F_{rep}	repräsentativer Wert einer Einwirkung
G	ständige Einwirkung
G_d	Bemessungswert einer ständigen Einwirkung
$G_{d,inf}$	unterer Bemessungswert einer ständigen Einwirkung
$G_{d,sup}$	oberer Bemessungswert einer ständigen Einwirkung
G_k	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
$G_{k,inf}$	unterer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
$G_{k,j}$	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung G_j
$G_{k,sup}$	oberer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
$G_{k,dst,j}$	charakteristischer Wert einer destabilisierenden ständigen Einwirkung
$G_{k,stab,j}$	charakteristischer Wert einer stabilisierenden ständigen Einwirkung
P	Einwirkung infolge Vorspannung
P_d	Bemessungswert einer Einwirkung infolge Vorspannung
P_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung infolge Vorspannung
Q	veränderliche Einwirkung
Q_d	Bemessungswert einer veränderlichen Einwirkung
Q_k	charakteristischer Wert einer veränderlichen Einwirkung
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkung (Leiteinwirkung)
$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert einer nicht vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkung Q_i (Begleiteinwirkung)

R	Widerstand
R_d	Bemessungswert eines Tragwiderstandes
R_k	charakteristischer Wert eines Tragwiderstandes
X	Baustoffeigenschaft oder Produkteigenschaft
X_d	Bemessungswert der Baustoffeigenschaft oder Produkteigenschaft
X_k	charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaft oder Produkteigenschaft
V	Variationskoeffizient

Kleine lateinische Buchstaben

a_d	Bemessungswert einer geometrischen Größe
a_{nom}	Nennwert einer geometrischen Größe

Große griechische Buchstaben

Δa	Änderungen einer geometrischen Nenngröße für bestimmte Bemessungszwecke, z. B. die Abschätzung von Auswirkungen von Imperfektionen
------------	--

Kleine griechische Buchstaben

γ	Teilsicherheitsbeiwert (Tragsicherheit oder Gebrauchstauglichkeit)
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Maßabweichungen
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Maßabweichungen
γ_{GA}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen bei außergewöhnlichen Bemessungssituationen
$\gamma_{G,inf}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Berechnung mit unteren Bemessungswerten der ständigen Einwirkungen
γ_{Gj}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkung G_j
$\gamma_{G,sup}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Berechnung mit oberen Bemessungswerten der ständigen Einwirkungen
γ_i	Wichtungsfaktor
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für eine Bauteileigenschaft unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Maßabweichungen
γ_P	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen aus Vorspannkräften
γ_{PA}	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen aus Vorspannkräften bei außergewöhnlichen Bemessungssituationen
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Maßabweichungen
γ_{Qi}	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung Q_i
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwiderstand, unter Berücksichtigung der Baustoffeigenschaften, Modellunsicherheiten und Maßabweichungen
η	Umrechnungsfaktor
ψ_0	Beiwert für Kombinationswerte veränderlicher Einwirkungen
ψ_1	Beiwert für häufige Werte veränderlicher Einwirkungen
ψ_2	Beiwert für quasi-ständige Werte veränderlicher Einwirkungen

4 Anforderungen

4.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Ein Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass die während der Errichtung und Nutzung möglichen Einwirkungen mit angemessener Zuverlässigkeit keines der nachstehenden Ereignisse zur Folge haben:

- Einsturz des gesamten Bauwerks oder eines Teils,
- größere Verformung in unzulässigem Umfang,
- Beschädigungen anderer Bauteile oder Einrichtungen und Ausstattungen infolge zu großer Verformungen des Tragwerks,
- Beschädigungen durch ein Ereignis in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großen Ausmaß.

(2) Ein Tragwerk muss so bemessen werden, dass seine Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit während der vorgesehenen Nutzungsdauer den in Absatz (1) vorgegebenen Bedingungen genügen.

(3) Die mögliche Schädigung muss durch die angemessene Wahl einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen begrenzt oder vermieden werden:

- Verhinderung, Ausschaltung oder Minderung der Gefährdung, denen das Tragwerk ausgesetzt ist,
- Wahl eines Tragsystems, das eine geringere Anfälligkeit gegen die hier betrachteten Gefährdungen aufweist,
- Wahl eines Systems oder einer baulichen Durchbildung derart, dass der zufällige Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks bzw. das Auftreten hinnehmbarer örtlicher Schädigungen nicht zum Versagen des Gesamttragwerks führt,
- Anwendung von Tragsystemen, die mit Vorankündigung versagen,
- Herstellung tragfähiger Verbindungen der Bauteile untereinander.

(4) Die genannten Anforderungen müssen durch die Wahl geeigneter Baustoffe, einer zutreffenden Bemessung und einer zweckmäßigen baulichen Durchbildung sowie die Festlegung von Überwachungsverfahren für den Entwurf, die Ausführung und die Nutzung des jeweiligen Gesamtbauwerks erreicht werden.

4.2 Dauerhaftigkeit

(1) Das Tragwerk ist so zu bemessen, dass zeitabhängige Eigenschaftsveränderungen die Dauerhaftigkeit und das Verhalten des Tragwerks während der geplanten Nutzungsdauer nicht unvorhergesehen beeinträchtigen.

Dabei sind die Umgebungsbedingungen und die geplanten Instandhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

(2) Die folgenden, untereinander in Beziehung stehenden Merkmale müssen beachtet werden, um ein angemessen dauerhaftes Tragwerk sicherzustellen:

- die vorgesehene und mögliche zukünftige Nutzung des Tragwerks,
- die erforderlichen Leistungskriterien,
- die erwarteten Umwelteinflüsse,
- die Zusammensetzung, Eigenschaften und das Verhalten der Baustoffe,
- die Beschaffenheit des Baugrunds,
- die Wahl des Tragsystems,
- die Form von Bauteilen sowie die Durchbildung des Tragwerks,
- die Qualität der Bauausführung und die Überwachungsintensität,
- die besonderen Schutzmaßnahmen,
- die Instandhaltung während der vorgesehenen Nutzungsdauer.

(3) Angemessene Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen festgelegt.

(4) Die Umweltbedingungen müssen während der Planungsphase erfasst werden, um ihre Bedeutung bezüglich der Dauerhaftigkeit abschätzen und um geeignete Festlegungen für den Schutz von Baustoffen und Bauprodukten treffen zu können.

5 Modelle für Einwirkungen und Umwelteinflüsse

5.1 Allgemeines

Modelle für Einwirkungen sind als Lastbilder aus Einwirkungsnormen, bauartspezifischen Bemessungsnormen oder gleichwertigen Unterlagen zu entnehmen.

5.2 Modelle für ständige Einwirkungen

(1) Die Einwirkung ist durch ein Modell mit Angabe einzelner oder mehrerer Werte für die Größen und die Lagen der einzelnen Anteile der Einwirkung darzustellen.

(2) Die Modelle für direkte statische Einwirkungen müssen für konzentrierte Einzellasten Größe, Lage und Richtung der Last, für verteilte Lasten Größe, Verlauf, Lage und Richtung der Last enthalten.

(3) Die Modelle für indirekte Einwirkungen müssen Ursache, Größe, Lage und Richtung der Einwirkung enthalten.

5.3 Modelle für veränderliche Einwirkungen

(1) Die Einwirkung ist durch ein Modell mit Angabe einzelner oder mehrerer Werte für die Größen, die Lagen, die örtlichen und die zeitlichen Veränderungen der einzelnen Anteile der Einwirkung darzustellen.

(2) Vorwiegend ruhende veränderliche Einwirkungen dürfen als statische Einwirkungen angenommen werden.

(3) Die Modelle für direkte veränderliche Einwirkungen müssen für konzentrierte Einzellasten Größe, Lage, Richtung und Veränderlichkeit der Last, für verteilte Lasten Größe, Verlauf, Lage, Richtung und Veränderlichkeit der Last enthalten.

(4) Die Modelle für indirekte veränderliche Einwirkungen (z. B. Temperatureinwirkung) müssen Ursache, Größe, Lage, Richtung und Veränderlichkeit der Einwirkung enthalten.

5.4 Modelle für dynamische Einwirkungen

(1) Die dynamische Einwirkung ist durch ein Modell mit Angabe einzelner oder mehrerer Werte für die Größen, die Lagen, die örtlichen und die zeitlichen Veränderungen sowie die Wiederholungshäufigkeit und die Erregerfrequenzen der einzelnen Anteile der Einwirkung zu definieren.

(2) Dynamische Einwirkungen dürfen als quasi-statische Einwirkungen angenommen werden, sofern dynamische Vergrößerungsfaktoren zur Berücksichtigung der Veränderlichkeit angegeben sind.

(3) Die Modelle für dynamische Einwirkungen müssen für konzentrierte Einzellasten Größe, Lage, Richtung, örtliche und zeitliche Veränderlichkeit, Wiederholungshäufigkeit und die Eigenfrequenzen der Last, für verteilte Lasten Größe, Verlauf, Lage, Richtung, örtliche und zeitliche Veränderlichkeit, Wiederholungshäufigkeit und die Erregerfrequenzen der Last enthalten.

5.5 Modelle bei Brandeinwirkungen

(1) Die Brandeinwirkung ist durch Verwendung eines geeigneten Modells für die Brandbelastung zu erfassen. Für die Modelle für die Brandbelastung ist zur Bestimmung des Brandverlaufs die genormte Brandkurve (Einheitstemperaturkurve) zu verwenden.

(2) Es dürfen auch andere geeignete Brandkurven verwendet werden, wenn diese begründet werden.

(3) Die Modelle müssen die Brandlast in geeigneter Weise erfassen.

(4) Dies darf

- durch Verwendung der Normbrandlast oder
- durch Parameter mit Angabe der Menge brennbaren Materials, seines Heizwertes und seiner Abbrenngeschwindigkeit oder
- durch Angabe des örtlichen und zeitlichen Verlaufs der Temperaturentwicklung oder
- durch andere geeignete Angaben

erfolgen.

(5) Die Brandeinwirkung darf auch durch Verwendung numerischer Modelle für die Brandbelastung erfasst werden.

(6) Im Brandfall gleichzeitig vorhandene Einwirkungen sind zu berücksichtigen.

5.6 Modelle für Umwelteinflüsse

Umwelteinflüsse, die die Dauerhaftigkeit von Tragwerken beeinflussen können, sind durch geeignete Modelle zu erfassen (z. B. Definition von Umweltklassen).

6 Charakteristische und andere repräsentative Werte

6.1 Charakteristische Werte von Einwirkungen

(1) Die charakteristischen Werte der Einwirkungen sind den entsprechenden Normen der Reihe DIN 1055 oder anderen einschlägigen Normen, die Angaben zu Einwirkungen enthalten, zu entnehmen oder in begründeten Fällen in Abstimmung mit dem Bauherrn festzulegen.

(2) Der charakteristische Wert einer Einwirkung F_k wird entweder als Mittelwert einer statistischen Verteilung oder als oberer oder unterer Wert oder als Nennwert beschrieben.

(3) Der charakteristische Wert einer ständigen Einwirkung G wird ermittelt:

- bei einer Variationsbreite $V_G \leq 0,1$ als einziger Wert G_k ,
- bei einer Variationsbreite $V_G > 0,1$ als oberer Wert $G_{k, \text{sup}}$ und als unterer Wert $G_{k, \text{inf}}$.

(4) Bei einer Variationsbreite $V_G \leq 0,1$ darf davon ausgegangen werden, dass die ständige Einwirkung sich während der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks nicht wesentlich ändert. Für G_k darf dann der Mittelwert angesetzt werden.

(5) Ist das Tragwerk jedoch sehr empfindlich gegen Änderungen der ständigen Einwirkung, sollten auch bei kleinen Variationskoeffizienten zwei Werte, $G_{k, \text{inf}}$ als 5 %-Quantile und $G_{k, \text{sup}}$ als 95 %-Quantile, verwendet werden.

(6) Die Eigenlasten eines Tragwerks dürfen nach Absatz (3) in den meisten Fällen durch einen einzigen charakteristischen Wert angegeben und auf der Grundlage der Geometrie und der Durchschnittswichte berechnet werden. Werte für die Durchschnittswichte werden in E DIN 1055-1 angegeben.

(7) Bei einer veränderlichen Einwirkung entspricht der charakteristische Wert Q_k :

- entweder einem oberen Wert, der während der festgelegten Bezugsdauer mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird,
- oder einem festgelegten Nennwert, wenn eine Wahrscheinlichkeitsverteilung unbekannt ist.

Die charakteristischen Werte sind in den entsprechenden Normen der Reihe DIN 1055 angegeben.

(8) Für eine zeitabhängige veränderliche Einwirkung ist der charakteristische Wert in der Regel so festgelegt, dass er mit einer Wahrscheinlichkeit von 98 % während einer Bezugsdauer von einem Jahr nicht überschritten wird bzw. nicht häufiger als einmal in 50 Jahren (im Mittel) erreicht oder überschritten wird. In einigen Fällen erfordert die Art der Einwirkung eine andere, sinnvoll gewählte Bezugsdauer (z. B. bei geringer Nutzungsdauer).

(9) Im Allgemeinen ist der Flüssigkeitsdruck als eine veränderliche Einwirkung zu behandeln. Flüssigkeitsdruck, dessen Größe durch geometrische Verhältnisse oder aufgrund hydrologischer Randbedingungen begrenzt ist, darf als eine ständige Einwirkung behandelt werden.

(10) Außergewöhnliche und seismische Einwirkungen werden in der Regel nicht durch charakteristische Werte, sondern durch Bemessungswerte als Nennwerte definiert (siehe 8.1).

(11) Für außergewöhnliche Einwirkungen auf Brücken infolge Verkehr werden charakteristische Werte in DIN V ENV 1991-3 angegeben.

6.2 Repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen

(1) Der wichtigste repräsentative Wert einer veränderlichen Einwirkung ist der charakteristische Wert F_k (siehe 6.1).

(2) Die anderen repräsentativen Werte für veränderliche Einwirkungen F_{rep} werden in 3.2 definiert, und zwar:

- der Kombinationswert, der im Allgemeinen als Produkt $\psi_0 \cdot Q_k$ beschrieben wird,
- der häufigste Wert, der im Allgemeinen als Produkt $\psi_1 \cdot Q_k$ beschrieben wird,
- der quasi-ständige Wert, der im Allgemeinen als Produkt $\psi_2 \cdot Q_k$ beschrieben wird.

(3) Der Beiwert ψ_0 ist in der Regel so festgelegt, dass bei der Verwendung des Kombinationswertes $\psi_0 Q_k$ in den Einwirkungskombinationen nach Abschnitt 9 oder Abschnitt 10 die angestrebte Zuverlässigkeit des Tragwerks nicht unterschritten wird.

(4) Der Beiwert ψ_1 ist in der Regel so festgelegt, dass die Überschreitungshäufigkeit des häufigen Werts $\psi_1 \cdot Q_k$ auf 300-mal je Jahr bzw. auf 5 % begrenzt ist.

(5) Der Beiwert ψ_2 ist in der Regel so festgelegt, dass der quasi-ständige Wert $\psi_2 \cdot Q_k$ als zeitlicher Mittelwert betrachtet wird, der mit einer Häufigkeit von 50 % über- bzw. unterschritten wird.

(6) Die charakteristischen Werte und die zusätzlichen repräsentativen Werte werden verwendet, um die Bemessungswerte und Kombinationen von Einwirkungen, wie in den Abschnitten 8, 9 und 10 angegeben, festzulegen.

(7) Für die Nachweise der Ermüdung im Grenzzustand der Tragfähigkeit müssen gegebenenfalls andere repräsentative Werte oder andere Arten der Lastbeschreibungen angewendet werden. Weitere Hinweise, die die Beschreibung und Kombination von Einwirkungen hierfür betreffen, sind in den einschlägigen Einwirkungs- und bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

6.3 Charakteristische und andere repräsentative Werte unabhängiger Auswirkungen

(1) Der charakteristische Wert einer unabhängigen Auswirkung E_{Fk} wird aus den charakteristischen Werten der unabhängigen Einwirkung F_k nach 6.1 am Tragwerk bestimmt.

(2) Die charakteristischen Werte unabhängiger Auswirkungen sollten bei der linear-elastischen Berechnung des Tragwerks angewendet werden (siehe 9.4 (9) und 10.4 (3)).

(3) Die charakteristischen Werte unabhängiger Auswirkungen, insbesondere die Schnittgrößen zwischen Bauwerk und Baugrund, werden bei der Bemessung der Gründung benötigt (siehe DIN V 1054-100).

(4) Der repräsentative Wert einer unabhängigen Auswirkung E_{Frep} wird aus den repräsentativen Werten der unabhängigen Einwirkung E_{Frep} nach 6.2 am Tragwerk bestimmt.

6.4 Charakteristische Werte für Baustoffeigenschaften

(1) Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten oder Baugrund werden durch charakteristische Werte gekennzeichnet. Ein charakteristischer Wert entspricht demjenigen Wert einer Eigenschaft, der in einer hypothetisch unbegrenzten Versuchsreihe mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit unterschritten wird. Charakteristische Werte entsprechen für eine bestimmte Eigenschaft im Allgemeinen einem festgelegten Quantilwert der angenommenen statistischen Verteilung dieser Eigenschaft des Baustoffes im Tragwerk.

(2) Falls in den Bemessungsnormen nicht anders geregelt, sollte der untere charakteristische Wert bei Festigkeitsgrößen als das 5 %-Quantil und bei Steifigkeitsgrößen der charakteristische Wert als der Mittelwert festgelegt werden.

(3) Werte für Baustoffeigenschaften sind in der Regel mit Hilfe genormter Prüfverfahren zu ermitteln. Die Prüfwerte sind, falls erforderlich, mit einem Umrechnungsfaktor auf das wirkliche Materialverhalten von Tragwerk oder Baugrund umzurechnen (siehe auch die bauartspezifischen Bemessungsnormen).

(4) Für die Materialfestigkeit ist es in den meisten Fällen nur erforderlich, den unteren Wert (5%-Quantil) zu berücksichtigen. In bestimmten Fällen sollten jedoch unterschiedliche charakteristische Werte angenommen werden. Wenn eine Abschätzung eines oberen Wertes der Festigkeit erforderlich ist (z. B. für die Zugfestigkeit von Beton bei der Berechnung von Beanspruchungen infolge indirekter Einwirkungen), sollte ein oberer charakteristische Wert der Festigkeit angewendet werden.

(5) Falls keine Informationen über die statistische Verteilung der Eigenschaften vorliegen, muss als Ersatz für den charakteristischen Wert ein auf der sicheren Seite liegender Nennwert festgelegt werden.

(6) Wenn der Nachweis des Grenzzustandes gegenüber einer Veränderung unempfindlich ist, darf der Mittelwert als charakteristischer Wert angenommen werden (z. B. wenn das Tragverhalten durch die Steifigkeit bestimmt wird).

(7) Werte für Baustoffeigenschaften sind in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

6.5 Charakteristische Werte geometrischer Größen

(1) Geometrische Größen werden durch charakteristische Werte oder im Fall von Imperfektionen unmittelbar durch ihren Bemessungswert dargestellt.

(2) Die charakteristischen Werte entsprechen üblicherweise den bei der Tragwerksplanung als Mittelwerte festgelegten Maßen.

(3) Maßabweichungen von miteinander verbundenen Bauteilen müssen, auch wenn diese aus unterschiedlichen Baustoffen bestehen, miteinander verträglich sein. Imperfektionen, die bei der Bemessung tragender Bauteile berücksichtigt werden müssen, sind in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

7 Nachweis nach dem Verfahren der Teilsicherheitsbeiwerte

7.1 Allgemeines

(1) Um die grundlegenden Anforderungen an ein Tragwerk nach 4.1 zu erfüllen, muss es für die maßgebenden Bemessungssituationen in den Grenzzuständen bemessen werden. Die Struktur des Bemessungskonzeptes ist Tabelle 1 zu entnehmen und wird nachfolgend beschrieben. Hinweise und Hintergrundangaben zur Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten sind im Anhang B enthalten.

(2) Die gewählten Bemessungssituationen müssen hinreichend genau sein und alle Bedingungen erfassen, die während der Ausführung und der Nutzung des Tragwerkes auftreten können.

(3) Bei der Nachweisführung werden unterschieden:

- Grenzzustände der Tragfähigkeit,
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

(4) Die Bemessung muss in folgenden Schritten durchgeführt werden:

- Aufstellung von Tragwerks- und Lastmodellen für die in den Grenzzuständen maßgebenden Bemessungssituationen;
- Nachweis, dass die Grenzzustände nicht überschritten werden, wenn die Bemessungswerte der Einwirkungen, der Baustoffeigenschaften und der geometrischen Werte in den Modellen verwendet werden.

(5) Im Einzelnen muss nachgewiesen werden, dass

- a) die Bemessungswerte der Beanspruchungen die Bemessungswerte der Tragwiderstände im Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht überschreiten,
- b) die Bemessungswerte der Beanspruchungen die Bemessungswerte der Gebrauchstauglichkeitskriterien im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht überschreiten.

Tabelle 1 — Struktur des Bemessungskonzeptes

Grenzzustand	Tragfähigkeit	Gebrauchstauglichkeit
Anforderungen	Sicherheit von Personen Sicherheit des Tragwerks	Wohlbefinden von Personen Funktion des Tragwerks Erscheinungsbild
Nachweiskriterien	Verlust der Lagesicherheit Festigkeitsversagen Stabilitätsversagen Versagen durch Materialermüdung	Verformungen und Verschiebungen Schwingungen Schäden (einschließlich Rissbildung) Schäden durch Materialermüdung
Bemessungssituationen	ständige vorübergehende außergewöhnliche Erdbeben	charakteristische seltene häufige quasi-ständige
Beanspruchung	Bemessungswert der Beanspruchung z. B.: destabilisierende Einwirkungen, Schnittgrößen	Bemessungswert der Beanspruchung z. B.: Spannungen, Rissbreiten, Verformungen
Widerstand	Bemessungswert des Tragwiderstandes (Beanspruchbarkeit) z. B.: stabilisierende Einwirkungen, Materialfestigkeiten, Querschnittswiderstände	Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums z. B.: Dekompression, Grenzwerte für Spannungen, Rissbreiten, Verformungen

Es kann erforderlich sein, auch andere Nachweise für einzelne Tragwerke zu berücksichtigen, die z. B. die Dauerhaftigkeit betreffen. Dazu zählen Grenzzustände der Ermüdung, aber auch bestimmte Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (siehe 9.1 (4) und 10.1 (4)). Einzelheiten werden in den einschlägigen Einwirkungs- und bauartspezifischen Bemessungsnormen geregelt.

7.2 Eingrenzungen und Vereinfachungen

(1) Die Bemessungsregeln in dieser Norm beschränken sich auf Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, auf die statische Lasten einwirken. Dies schließt Fälle ein, in denen dynamische Effekte durch Ansatz quasi-statischer Lasten und dynamischer Vergrößerungsfaktoren abgeschätzt werden, z. B. Wind. Abweichungen für nichtlineare Berechnungen und Materialermüdung werden in den Normen der Reihe DIN 1055 und in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

(2) Die Nachweise dürfen vereinfacht werden,

- wenn Art und Funktion des Tragwerks solche vereinfachten Nachweise erlauben, wie z. B. für Hochbauten nach Anhang A;
- wenn die Nachweise auf solche Grenzzustände und Lastfallkombinationen beschränkt werden können, die aus Erfahrung oder nach speziellen Kriterien als potentiell kritisch für die Bemessung bekannt sind;
- wenn besondere konstruktive Regeln und/oder Festlegungen aufgestellt werden mit dem Ziel, die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne Berechnungen zu erreichen.

(3) Bauartspezifische Vereinfachungen werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

8 Bemessungswerte

8.1 Bemessungswerte für Einwirkungen

(1) Der Bemessungswert F_d einer Einwirkung wird allgemein wie folgt dargestellt:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{\text{rep}} \quad (1)$$

Dabei ist

γ_F der Teilsicherheitsbeiwert der betrachteten Einwirkung, der Folgendes berücksichtigt:

- Möglichkeit ungünstiger Abweichungen der Einwirkungen;
- Möglichkeit ungenauer Modellannahmen für die Einwirkungen;
- Unsicherheit in der Bestimmung der Auswirkungen.

F_{rep} der repräsentative Wert der Einwirkung, d. h.:

- entweder der charakteristische Wert der Einwirkung F_k (siehe 6.1);
- oder ein anderer repräsentativer Wert einer veränderlichen Einwirkung $\psi_i \cdot Q_k$ (siehe 6.2).

(2) Wenn zwischen günstigen und ungünstigen Auswirkungen einer ständigen Einwirkung unterschieden werden muss, sind zwei unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte γ_F zu verwenden.

(3) Für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird in der Regel $\gamma_F = 1,0$ gesetzt, d. h. der repräsentative Wert der Einwirkung F_{rep} wird dann unmittelbar als Bemessungswert verwendet.

(4) Für außergewöhnliche Einwirkungen ist der Bemessungswert A_d in der Regel als Nennwert festgelegt.

(5) Werte A_d für Explosion und für bestimmte Fälle von Fahrzeuganprall sind in E DIN 1055-9 angegeben.

(6) Für außergewöhnliche Einwirkungen infolge Brand werden Hinweise in DIN V ENV 1991-2-2 gegeben.

(7) Für Erdbebeneinwirkungen kann der Bemessungswert A_{Ed} vom Tragwerksverhalten abhängen. Werte für A_{Ed} werden in DIN 4149-1 angegeben.

8.2 Bemessungswerte unabhängiger Auswirkungen

(1) Bemessungswerte unabhängiger Auswirkungen E_{Fd} können bei der linear-elastischen Berechnung des Tragwerks verwendet werden. Ihre Bezeichnung ist analog zu der Berechnung der Bemessungswerte unabhängiger Einwirkungen F_d (siehe 8.1).

$$E_{Fd} = \gamma_F \cdot E_{\text{rep}} \quad (2)$$

8.3 Bemessungswerte für Baustoffeigenschaften

(1) Der Bemessungswert X_d einer Baustoff- oder Produkteigenschaft wird allgemein wie folgt beschrieben:

$$X_d = \eta \cdot X_k / \gamma_M \quad (3)$$

oder

$$X_d = X_k / \gamma_M \quad (4)$$

Dabei ist

γ_M der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff- oder Produkteigenschaft nach den bauartspezifischen Bemessungsnormen, der Folgendes abdeckt:

- ungünstige Abweichungen von den charakteristischen Werten;
- Ungenauigkeiten der Umrechnungsfaktoren;
- Unsicherheiten in den geometrischen Eigenschaften und im Tragwiderstandsmodell;

- η der Umrechnungsfaktor, der die Auswirkungen der Lastdauer, das Volumen und die Maßstabs-
effekte, Feuchtigkeits- und Temperatureinflüsse usw. berücksichtigt;
- X_k der charakteristische Wert für die Baustoff- oder Produkteigenschaft nach den bauartspezifischen
Bemessungsnormen.

In einigen Fällen wird die Umrechnung implizit durch den charakteristischen Wert selbst berücksichtigt,
wie es bei der Festlegung von η oder γ_M gezeigt wird.

8.4 Bemessungswerte geometrischer Größen

(1) Bemessungswerte für geometrische Größen werden im Allgemeinen durch den Nennwert wieder-
gegeben:

$$a_d = a_{\text{nom}} \quad (5)$$

In den bauartspezifischen Bemessungsnormen können weitere Angaben dazu enthalten sein.

(2) Wenn Abweichungen in den geometrischen Größen nicht zu vernachlässigende Auswirkungen auf die
Tragwerkszulässigkeit haben, sollten die geometrischen Bemessungswerte wie folgt festgelegt werden:

$$a_d = a_{\text{nom}} \pm \Delta a, \quad (6)$$

wobei Δa die Möglichkeit einer ungünstigen Abweichung vom charakteristischen Wert berücksichtigt.

Δa sollte nur dann eingeführt werden, wenn der Einfluss der Abweichung kritisch wird, z. B. Imperfektio-
nen bei der Stabilitätsberechnung. Werte für Δa sind in den Bemessungsnormen angegeben.

8.5 Bemessungswerte von Beanspruchungen

(1) Als Beanspruchungen E werden z. B. Schnittkräfte, Schnittmomente, Spannungen, Dehnungen oder
Verschiebungen betrachtet. Für eine bestimmte Lastfallkombination wird der Bemessungswert einer
Beanspruchung E_d aus den Bemessungswerten der Einwirkungen, der geometrischen Größen und,
wenn erforderlich, der Baustoffeigenschaften allgemein wie folgt bestimmt:

$$E_d = E(F_{d,1}, F_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) \quad (7)$$

wobei $F_{d,1}$, $F_{d,2}$ und $a_{d,1}$, $a_{d,2}$ und $X_{d,1}$, $X_{d,2}$ nach 8.1, 8.4 und 8.3 gewählt werden.

(2) Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks darf der Bemessungswert einer Beanspruchung E_d
durch Superposition der Bemessungswerte der unabhängigen Auswirkungen $E_{Fd,i}$ berechnet werden:

$$E_d = E_{Fd,1}(a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) + E_{Fd,2}(a_{d,1}, a_{d,2}, \dots, X_{d,1}, X_{d,2}, \dots) + \dots \quad (8)$$

(3) Die Kombinationsregeln für unabhängige Einwirkungen bzw. unabhängige Auswirkungen sind für den
Grenzzustand der Tragfähigkeit in 9.4, für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit in 10.4 festgelegt.

(4) Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks dürfen die Teilsicherheitsbeiwerte auf die charakte-
ristischen oder repräsentativen Werte der Auswirkungen angewendet werden, d. h. Gleichung (2) wird in
Gleichung (8) eingesetzt, siehe 9.4 (9).

(5) Bei Anwendung nichtlinearer Verfahren der Schnittgrößenberechnung, d. h. wenn die Auswirkung
nicht proportional zur Einwirkung ist, sollten im Fall einer vorherrschenden unabhängigen Einwirkung die
folgenden vereinfachten Regeln betrachtet werden:

a) Wenn die Auswirkung stärker als die vorherrschende Einwirkung ansteigt, werden die Teilsicherheits-
beiwerte auf die charakteristischen oder repräsentativen Werte der Einwirkungen angewendet, d. h.
Gleichung (1) wird in Gleichung (7) eingesetzt.

b) Wenn die Auswirkung geringer als die vorherrschende Einwirkung ansteigt, werden die nach a) ermittel-
ten Bemessungswerte der Einwirkungen durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F,1}$ der vorherrschenden
unabhängigen Einwirkung dividiert. Die daraus resultierende Beanspruchung wird mit $\gamma_{F,1}$ multipliziert.

In anderen Fällen sind verfeinerte Verfahren erforderlich, die in den bauartspezifischen Bemessungs-
normen beschrieben sind.

8.6 Bemessungswert des Tragwiderstandes

(1) Der Bemessungswert des Tragwiderstandes R_d wird in den bauartspezifischen Bemessungsnormen festgelegt.

(2) Der Bemessungswert des Tragwiderstandes ist als Funktion der Baustoffeigenschaften und der geometrischen Größen nach einem der folgenden Ansätze zu bestimmen:

$$R_d = R(X_{d,1}, X_{d,2}, \dots, a_{d,1}, a_{d,2}, \dots), \quad (9)$$

wobei $X_{d,1} \dots$ in 8.3 und $a_{d,1} \dots$ in 8.4 festgelegt sind.

$$R_d = R_k / \gamma_R \quad (10)$$

Dabei ist

γ_R der Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwiderstand;

R_k der charakteristische Wert eines Tragwiderstandes (ohne ausdrückliche Ermittlung der charakteristischen Werte für einzelne Grundvariable).

9 Grenzzustände der Tragfähigkeit

9.1 Beschreibung

(1) Grenzzustände der Tragfähigkeit sind Zustände, deren Überschreiten rechnerisch zu Einsturz oder ähnlichen Arten des Tragwerkversagens führt.

(2) Die Anforderungen an die Grenzzustände der Tragfähigkeit betreffen:

- die Sicherheit von Personen,
- die Sicherheit des Tragwerks sowie seiner Einrichtungen.

(3) Grenzzustände der Tragfähigkeit, deren Betrachtungen erforderlich sein können, umfassen:

- den Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder eines seiner Teile, betrachtet als starrer Körper, z. B. durch Abheben, Umkippen oder Aufschwimmen,
- das Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile, einschließlich der Stützungen und Gründungen, z. B. durch Bruch, durch übermäßige Verformung, durch Übergang in eine kinematische Kette, durch Verlust der Stabilität oder durch Gleiten,
- das Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile durch Materialermüdung oder durch andere zeitabhängige Auswirkungen.

(4) Eine Voraussetzung für die dauerhafte Einhaltung eines Grenzzustands der Tragfähigkeit kann auch die bleibende Einhaltung von Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sein, bei deren Überschreitung mit Schäden zu rechnen ist (z. B. Rissbreitenbeschränkung im Stahlbeton- und Spannbetonbau). Derartige Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit bedürfen daher besonderer Beachtung und werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

9.2 Nachweise der Lagesicherheit und des Versagens des Tragwerks

(1) Für den Nachweis der Lagesicherheit des Tragwerks muss nachgewiesen werden, dass

$$E_{d, \text{dst}} \leq E_{d, \text{stb}} \quad (11)$$

Dabei ist

$E_{d, \text{dst}}$ der Bemessungswert der Beanspruchung infolge der destabilisierenden Einwirkungen;

$E_{d, \text{stb}}$ der Bemessungswert der Beanspruchung infolge der stabilisierenden Einwirkungen.

In einigen Fällen kann es erforderlich sein, Gleichung (11) durch eine Interaktionsformel auszutauschen.

(2) Wenn das Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile, z. B. durch Bruch, übermäßige Verformung oder durch Materialermüdung, betrachtet wird, muss nachgewiesen werden, dass

$$E_d \leq R_d \quad (12)$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der Beanspruchung, wie z. B. Schnittgröße, Spannung oder ein diesbezüglicher Vektor von mehreren Schnittgrößen;

R_d der Bemessungswert des Tragwiderstands, dem alle Tragwerkseigenschaften mit ihren jeweiligen Bemessungswerten zugeordnet sind.

Sofern erforderlich, darf Gleichung (12) durch eine Interaktionsformel ersetzt werden.

(3) Wird die Lagesicherheit durch eine Verankerung bewirkt, wird Gleichung (11) wie folgt angewendet:

$$E_{d, \text{dst}} - E_{d, \text{stb}} \leq R_d \quad (13)$$

Dabei ist

R_d der Bemessungswert des Widerstandes der Verankerung.

In diesem Fall ist außerdem das Versagen des Tragwerks nach Gleichung (12) nachzuweisen.

ANMERKUNG Die in Gleichung (12) verwendeten Bemessungswerte der Beanspruchungen unterscheiden sich von denen, die in Gleichung (11) bzw. Gleichung (13) verwendet werden (siehe Anhang A).

9.3 Bemessungssituationen

(1) Bemessungssituationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden wie folgt eingeteilt:

- ständige Situationen, die den üblichen Nutzungsbedingungen des Tragwerks entsprechen,
- vorübergehende Situationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerks beziehen, z. B. im Bauzustand oder bei der Instandsetzung,
- außergewöhnliche Situationen, die sich auf außergewöhnliche Einwirkungen des Tragwerks oder seiner Umgebung beziehen, z. B. auf Feuer oder Brand, Explosion, Anprall,
- Situationen infolge von Erdbeben, die sich auf seismische Einwirkungen des Tragwerks beziehen.

(2) *Hinweise auf besondere Bemessungssituationen sind in den Normen der Reihe DIN 1055 und in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.*

9.4 Kombinationsregeln für Einwirkungen

(1) Für jeden kritischen Lastfall muss der Bemessungswert der Beanspruchung E_d aus folgenden Kombinationen der unabhängigen, gleichzeitig auftretenden Einwirkungen ermittelt werden:

- a) Ständige und vorübergehende Situationen: Bemessungswerte der unabhängigen ständigen Einwirkungen, der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkungen und zu den Kombinationswerten zugehörige Bemessungswerte anderer unabhängiger veränderlicher Einwirkungen.
- b) Außergewöhnliche Situationen: Bemessungswerte der unabhängigen ständigen Einwirkungen und einer außergewöhnlichen Einwirkung zusammen mit dem häufigen Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkung und den quasi-ständigen Werten anderer unabhängiger veränderlicher Einwirkungen.
- c) Situation infolge von Erdbeben: Charakteristische Werte der unabhängigen ständigen Einwirkungen zusammen mit dem Bemessungswert der Einwirkung infolge von Erdbeben und den quasi-ständigen Werten der unabhängigen veränderlichen Einwirkungen.

(2) Unabhängige ständige Einwirkungen sind z. B. die Konstruktionseigenlast, die Eigenlasten nichttragender Teile und Einwirkungen aus Erddruck. Einwirkungen aus Flüssigkeitsdruck siehe 6.1 (9). Nähere Angaben siehe Normen der Reihe DIN 1055 und Normen der Reihe 1054.

(3) Unabhängige veränderliche Einwirkungen sind z. B. die Nutzlasten bzw. Verkehrslasten, die Schneelasten, Einwirkungen aus Wind, Einwirkungen aus Temperatur, Einwirkungen während der Bauausführung oder Einwirkungen aus Strömungen und Wellen. Nähere Angaben siehe Normen der Reihe DIN 1055 und Normen der Reihe DIN 1054.

(4) Die genannten Kombinationsregeln sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 — Bemessungswerte unabhängiger Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Bemessungssituation	Unabhängige ständige Einwirkungen G_d	Vorspannung P_d	Unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_d		Außergewöhnliche Einwirkung und Einwirkung infolge Erdbeben
			Vorherrschende	Andere	
Ständig und vorübergehend	$\gamma_G \cdot G_k$	$\gamma_P \cdot P_k$	$\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_A \cdot A_k$ oder A_d $\gamma_1 \cdot A_{Ed}$
Außergewöhnlich	$\gamma_{GA} \cdot G_k$	$\gamma_{PA} \cdot P_k$	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	
Erdbeben	G_k	P_k	$\psi_{2,i1} \cdot Q_{k,i1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	

Symbolisch können diese Kombinationsregeln auf der Grundlage von Gleichung (7) folgendermaßen dargestellt werden:

- a) Kombination für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit, wenn sie sich nicht auf Materialermüdung bezieht.

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_P \cdot P_k \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (14)$$

- b) Kombination für außergewöhnliche Bemessungssituationen

$$E_{dA} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{PA} \cdot P_k \oplus A_d \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (15)$$

- c) Kombination für die Bemessungssituationen infolge von Erdbeben

$$E_{dAE} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \gamma_1 \cdot A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (16)$$

Dabei ist

\oplus „in Kombination mit“

\sum „Kombination der unabhängigen Einwirkungen infolge von“

$G_{k,j}$ die unabhängige ständige Einwirkung, bestehend aus einem oder mehreren charakteristischen Werten ständiger Kraft- oder Verformungsgrößen

P_k die unabhängige Einwirkung infolge Vorspannung (charakteristischer Wert einer Vorspannung)

$Q_{k,1}$ die vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkung, bestehend aus einem oder mehreren charakteristischen Werten veränderlicher Kraft- oder Verformungsgrößen

$Q_{k,i}$ die andere unabhängige veränderliche Einwirkung, bestehend aus einem oder mehreren charakteristischen Werten veränderlicher Kraft- oder Verformungsgrößen

A_d der Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung

A_{Ed} der Bemessungswert einer Einwirkung infolge von Erdbeben

$\gamma_{G,j}$ der Teilsicherheitsbeiwert einer unabhängigen ständigen Einwirkung $G_{k,j}$

$\gamma_{GA,j}$ wie $\gamma_{G,j}$, jedoch für außergewöhnliche Bemessungssituationen

γ_P der Teilsicherheitsbeiwert einer unabhängigen Einwirkung infolge Vorspannung

γ_{PA} wie γ_P , jedoch für außergewöhnliche Bemessungssituationen

$\gamma_{Q,1}$ der Teilsicherheitsbeiwert für die vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkung $Q_{k,1}$

$\gamma_{Q,i}$ der Teilsicherheitsbeiwert für eine andere unabhängige veränderliche Einwirkung $Q_{k,i}$

- γ_1 der Wichtungsfaktor für Einwirkungen aus Erdbeben (siehe DIN 4149-1)
 ψ der jeweilige Kombinationsbeiwert zur Bestimmung repräsentativer Werte veränderlicher Einwirkungen, siehe 6.2 (2).

(5) Wenn in einem Lastfall die vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkung nicht offensichtlich ist, sollte jede unabhängige veränderliche Einwirkung der Reihe nach als vorherrschend untersucht werden.

(6) Eingeprägte oder aufgezwungene Verformungen sollten, wenn erforderlich, berücksichtigt werden.

(7) Kombinationen für eine außergewöhnliche Einwirkung enthalten entweder ausdrücklich eine außergewöhnliche Einwirkung A (z. B. Brand oder Anprall) oder sie beziehen sich auf die Situation nach einem außergewöhnlichen Ereignis ($A = 0$). Für Brandsituationen bezieht sich A_d , abgesehen von den durch hohe Temperaturen beeinträchtigten Baustoffeigenschaften, auf den Bemessungswert der indirekten Temperatureinwirkung.

(8) Die Gleichungen (14) bis (16) können sich sowohl auf Einwirkungen als auch auf Auswirkungen beziehen, d. h. auf Schnittgrößen oder auch auf innere Kräfte bzw. Spannungen in einem Querschnitt, die von mehreren Schnittgrößen (z. B. Interaktion von Längskraft und Biegemoment) abhängen.

(9) Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (8) berechnet werden. Das heißt, dass die charakteristischen Werte bzw. Bemessungswerte der unabhängigen Einwirkungen $G_{k,j}$, P_k , $Q_{k,i}$, A_d und A_{Ed} in den Gleichungen (14) bis (16) durch die entsprechenden charakteristischen Werte bzw. Bemessungswerte der unabhängigen Auswirkungen $E_{G_{k,j}}$, E_{P_k} , $E_{Q_{k,i}}$, E_{A_d} und $E_{A_{Ed}}$ ersetzt werden. Der charakteristische Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung $E_{Q_{k,1}}$ lässt sich dann wie folgt bestimmen:

- a) Kombination für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit, wenn sie sich nicht auf Materialermüdung bezieht

$$\gamma_{Q,1} \cdot (1 - \psi_{0,1}) \cdot E_{Q_{k,1}} = \max. \text{ oder } \min. \left[\gamma_{Q,i} \cdot (1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Q_{k,i}} \right] \quad (17)$$

- b) Kombination für außergewöhnliche Bemessungssituationen

$$(\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{Q_{k,1}} = \max. \text{ oder } \min. \left[(\gamma_{1,i} - \gamma_{2,i}) \cdot E_{Q_{k,i}} \right] \quad (18)$$

ANMERKUNG Anwendung für nichtlineare Berechnung siehe 8.5 (5).

(10) In einigen Fällen sind an Stelle der Gleichungen (14) bis (16) bzw. (17) und (18) abweichende Regeln in den maßgebenden Normen der Reihe DIN 1055 und in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

9.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen

(1) Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Hochbauten im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden in Anhang A angegeben. Für andere Bauwerke sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F den bauartspezifischen Bemessungsnormen zu entnehmen.

(2) In den kritischen Lastfällen sind diejenigen unabhängigen ständigen Einwirkungen, die die Beanspruchungen infolge der veränderlichen Einwirkungen verstärken (d. h. ungünstige Auswirkungen erzeugen), durch ihre oberen Bemessungswerte darzustellen:

$$G_{d, \text{sup}, j} = \gamma_{G, \text{sup}} \cdot G_{k, j} \quad (19)$$

Dagegen sind diejenigen unabhängigen ständigen Einwirkungen, die die Beanspruchungen infolge der veränderlichen Einwirkungen verringern (d. h. günstige Auswirkungen erzeugen), durch ihre unteren Bemessungswerte zu berücksichtigen:

$$G_{d, \text{inf}, j} = \gamma_{G, \text{inf}} \cdot G_{k, j} \quad (20)$$

(3) Wenn die Ergebnisse eines Nachweises sehr empfindlich gegenüber Änderungen der Größe der ständigen Last auf einem Tragwerk sein können, müssen die ungünstig und die günstig wirkenden Anteile dieser Einwirkung getrennt als unabhängige Einwirkungen betrachtet werden. Dies trifft insbesondere beim Nachweis der Lagesicherheit zu.

9.6 Beiwerte ψ

Beiwerte ψ für Hochbauten werden in Anhang A angegeben. Für andere Bauwerke sind die Beiwerte ψ den einschlägigen Einwirkungsnormen zu entnehmen.

9.7 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe und Widerstände

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoff- und Bauprodukteigenschaften sowie für den Tragwiderstand (siehe 8.3 und 8.6) werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

10 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

10.1 Beschreibung

(1) Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit entsprechen Bedingungen, bei deren Überschreitung die festgelegten Nutzungsanforderungen eines Tragwerks oder eines seiner tragenden Teile nicht mehr erfüllt sind.

(2) Die Gebrauchstauglichkeitsanforderungen betreffen:

- die Funktion des Bauwerks oder seiner Teile,
- das Wohlbefinden von Personen,
- das optische Erscheinungsbild.

(3) Wenn erforderlich, muss zwischen umkehrbaren und nicht umkehrbaren Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit unterschieden werden.

(4) Besonderer Beachtung bedürfen Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, bei deren Überschreitung mit Schäden zu rechnen ist, die die Tragfähigkeit gefährden (siehe 9.1 (4)).

(5) *Sofern nicht anders festgelegt, sollten die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit in Bauverträgen oder in den Entwurfsunterlagen geregelt werden.*

(6) *Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, deren Betrachtung erforderlich sein kann, umfassen:*

- *Verformungen und Verschiebungen, die die effektive Nutzung des Tragwerks (einschließlich der Funktionsfähigkeit von Maschinen und Installationen) beeinträchtigen oder Schäden an Belägen, Beschichtungen oder nicht tragenden Bauteilen hervorrufen oder das Erscheinungsbild beeinflussen.*
- *Schwingungen, die bei Personen körperliches Unbehagen hervorrufen, am Tragwerk selbst oder an den von ihm getragenen Gegenständen Schäden erzeugen oder die Funktionsfähigkeit des Tragwerks einschränken.*
- *Schäden (einschließlich Rissbildung), die voraussichtlich die Funktionsfähigkeit, die Dauerhaftigkeit oder das Erscheinungsbild des Tragwerks nachteilig beeinflussen.*
- *Sichtbare Schäden aufgrund von Materialermüdung oder anderen zeitabhängigen Auswirkungen.*

10.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

(1) Es muss nachgewiesen werden, dass

$$E_d \leq C_d \quad (21)$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der Beanspruchung (z. B. Spannung, Verformung, Schwingung), der auf der Grundlage einer der in 10.4 beschriebenen Kombinationsregeln bestimmt wird;

C_d der Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums (z. B. ertragbare Spannung, Verformung, Schwingung).

(2) Die in 10.1 beschriebenen Anforderungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

10.3 Bemessungssituationen

(1) Die Bemessungssituationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden wie folgt eingeteilt:

- seltene Situationen mit nicht umkehrbaren (bleibenden) Auswirkungen auf das Tragwerk,
- häufige Situationen mit umkehrbaren (nicht bleibenden) Auswirkungen auf das Tragwerk,
- quasi-ständige Situationen mit Langzeitauswirkungen auf das Tragwerk.

(2) Hinweise auf besondere Bemessungssituationen sind in den anderen Normen der Reihe DIN 1055 und in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

10.4 Kombinationsregeln für Einwirkungen

(1) Für jeden kritischen Lastfall muss der Bemessungswert der Beanspruchung E_d aus folgenden Kombinationen der unabhängigen, gleichzeitig auftretenden Einwirkungen ermittelt werden:

- a) Seltene Situationen: Charakteristische Werte der unabhängigen ständigen Einwirkungen, der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkung und Kombinationswerte weiterer unabhängiger veränderlicher Einwirkungen.
- b) Häufige Situationen: Charakteristische Werte der unabhängigen ständigen Einwirkungen zusammen mit dem häufigen Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Einwirkung und den quasi-ständigen Werten weiterer unabhängiger veränderlicher Einwirkungen.
- c) Quasi-ständige Situation: Charakteristische Werte der unabhängigen ständigen Einwirkungen zusammen mit den quasi-ständigen Werten der unabhängigen veränderlichen Einwirkungen.

(2) Diese genannten Kombinationsregeln sind für den Fall, dass die Teilsicherheitsbeiwerte γ_G und γ_Q gleich 1,00 gesetzt werden (siehe 8.1 (3)), in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 — Bemessungswerte unabhängiger Einwirkungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Kombination	Unabhängige ständige Einwirkungen G_d	Vorspannung P_d	Unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_d	
			Vorherrschende	Andere
Selten (charakteristisch)	G_k	P_k	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
Häufig	G_k	P_k	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
Quasi-ständig	G_k	P_k	$\psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Auf der Grundlage der Gleichung (7) dürfen diese Kombinationsregeln wie folgt dargestellt werden:

a) Seltene (charakteristische) Kombination

$$E_{d, \text{rare}} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (22)$$

b) Häufige Kombination

$$E_{d, \text{frequ}} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (23)$$

c) Quasi-ständige Kombination

$$E_{d, \text{perm}} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (24)$$

Die Symbole sind in 9.4 (4) festgelegt. 9.4 (5), (6) und (8) gelten sinngemäß.

(3) Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (8) berechnet werden. Das heißt, dass die charakteristischen Werte der unabhängigen Einwirkungen $G_{k,j}$, P_k und $Q_{k,i}$ in den Gleichungen (22) bis (24) durch die entsprechenden charakteristischen Werte der unabhängigen Auswirkungen $E_{Gk,j}$, E_{Pk} und $E_{Qk,i}$ ersetzt werden. Der charakteristische Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung $E_{Qk,1}$ lässt sich dann wie folgt bestimmen:

a) Seltene (charakteristische) Kombination

$$(1 - \psi_{0,1}) \cdot E_{Qk,1} = \max. \text{ oder } \min. \left[(1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Qk,i} \right] \quad (25)$$

b) Häufige Kombination

$$(\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{Qk,1} = \max. \text{ oder } \min. \left[(\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot E_{Qk,i} \right] \quad (26)$$

(4) In einigen Fällen sind an Stelle der Gleichungen (22) bis (24) bzw. Gleichung (25) und Gleichung (26) abweichende Regeln in den maßgebenden Normen der Reihe DIN 1055 und in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

10.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen

Die Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind in den in 10.4 angegebenen Kombinationsregeln gleich 1,00 gesetzt worden (siehe 8.1 (5)). Abweichende Teilsicherheitsbeiwerte sind an anderer Stelle festgelegt, z. B. in den bauartspezifischen Bemessungsnormen.

10.6 Beiwerte ψ

Beiwerte ψ für Hochbauten werden in Anhang A angegeben. Für andere Bauwerke sind die Beiwerte ψ den einschlägigen Einwirkungsnormen zu entnehmen.

10.7 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe und Widerstände

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoff- und Bauprodukteigenschaften (siehe 8.3) werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

Anhang A (normativ) Bemessungsregeln für Hochbauten

A.1 Unabhängige Einwirkungen für Hochbauten

(1) Die unabhängigen Einwirkungen werden nach Tabelle A.1 eingeteilt.

Tabelle A.1 — Unabhängige Einwirkungen

Ständige Einwirkungen		Veränderliche Einwirkungen	$Q_{k,i}$
Eigenlasten	G_k	Nutzlasten, Verkehrslasten Schnee- und Eislasten	$Q_{k,N}$ $Q_{k,S}$
Vorspannung	P_k	Windlasten	$Q_{k,W}$
Erddruck	$G_{k,E}$	Temperatureinwirkungen	$Q_{k,T}$
Ständiger Flüssigkeitsdruck	$G_{k,H}$	Veränderlicher Flüssigkeitsdruck Baugrundsetzungen	$Q_{k,H}$ $Q_{k,\Delta}^a$
Außergewöhnliche Einwirkungen			A_d
Einwirkungen infolge Erdbeben			A_{Ed}
^a Alternativ dürfen für Baugrundsetzungen Bemessungswerte $Q_{d,\Delta}$ verwendet werden.			

(2) Das Konstruktionseigengewicht und die Eigengewichte nichttragender Teile dürfen als Eigenlasten zu einer gemeinsamen unabhängigen Einwirkung G_k zusammengefasst werden.

A.2 Beiwerte ψ

(1) Die Beiwerte ψ für Hochbauten sind Tabelle A.2 zu entnehmen. Sie gelten jedoch nicht für die vereinfachten Kombinationsregeln nach A.4.

(2) Bei mehreren gleichzeitig auftretenden Nutzlasten oder Verkehrslasten ist der jeweils größte Beiwert ψ nach Tabelle A.2 zu verwenden.

(3) Für andere Anwendungen siehe die entsprechenden Teile der Reihe DIN 1055.

A.3 Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Für Hochbauten sind die Teilsicherheitsbeiwerte für den Grenzzustand der Tragfähigkeit im Fall ständiger vorübergehender und außergewöhnlicher Bemessungssituationen in Tabelle A.3 angegeben. Teilsicherheitsbeiwerte für Vorspannung γ_p sind in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

(2) Beim Nachweis der Lagesicherheit werden die charakteristischen Werte aller ungünstig wirkenden Anteile der ständigen Einwirkungen mit dem Faktor $\gamma_{G,sup}$ und die charakteristischen Werte aller günstigen Anteile mit dem Faktor $\gamma_{G,inf}$ multipliziert.

ANMERKUNG Gemeint ist der ungünstige oder günstige Anteil des betrachteten Lastmodells. Nicht gemeint sind die Komponenten eines Lastvektors.

(3) Beim Nachweis des Grenzzustandes für das Versagen des Tragwerks werden alle charakteristischen Werte einer unabhängigen ständigen Einwirkung mit dem Faktor $\gamma_{G,sup}$ multipliziert, wenn der Einfluss auf die betrachtete Beanspruchung ungünstig ist, und mit dem Faktor $\gamma_{G,inf}$, wenn der Einfluss günstig ist.

(4) Einwirkungen infolge Zwang werden grundsätzlich als veränderliche Einwirkungen $Q_{k,i}$ eingestuft. Bei verminderter Steifigkeit, z. B. infolge Rissbildung oder Relaxation, darf der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Q,i}$ für Zwang abgemindert werden. Einzelheiten werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen geregelt.

Tabelle A.2 — Beiwerte ψ

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten ^{a,d}			
– 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			
– Kategorie F, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
– Kategorie G, ≤ 30 kN \leq Fahrzeuglast ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
– Kategorie H — Dächer	0	0	0
Schnee- und Eislasten			
Orte bis NN + 1 000 m	0,5	0,2	0
Orte über NN + 1 000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten	0,6	0,5	0
Temperatureinwirkungen (nicht Brand) ^b	0,6	0,5	0
Baugrundsetzungen	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen ^c	0,8	0,7	0,5
^a Abminderungsbeiwerte für Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten siehe E DIN 1055-3 ^d ψ -Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen. ^b Siehe E DIN 1055-7 ^c ψ -Beiwerte für Flüssigkeitsdruck sind standortbedingt festzulegen.			

(5) Für die getrennte Betrachtung vorübergehender Bemessungssituationen werden gegebenenfalls in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angepasste Teilsicherheitsbeiwerte angegeben, z. B. für Lastfall 2 in DIN V 1054-100.

(6) Bei Versagen des Tragwerks infolge von Materialermüdung werden die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Seite der Einwirkungen in der Regel gleich 1,0 gesetzt ($\gamma_G, \gamma_Q = 1,0$). Modelle und Kombinationen für Einwirkungen im Grenzzustand der Ermüdung werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

(7) Wenn in einem Grenzzustand der Tragfähigkeit die Gefahr einer kollablen Situation vor Erreichen des Materialversagens droht (z. B. elastisches Knicken von nicht vorverformten Stäben), sind besondere oder zusätzliche Sicherheitselemente in die Grenzzustandsgleichung einzuführen. Diese Situationen werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen geregelt.

A.4 Vereinfachte Kombinationsregeln für Hochbauten

(1) Dieser Abschnitt darf uneingeschränkt bei linear-elastischer Ermittlung der Schnittgrößen bzw. Beanspruchungen angewendet werden. Die Anwendung anderer Verfahren der Schnittgrößenermittlung wird in den bauartspezifischen Bemessungsnormen geregelt.

(2) Die charakteristischen Werte der unabhängigen Auswirkungen (Schnittgrößen) E_{Gk} , E_{Pk} , $E_{Qk,i}$, E_{Ad} und E_{AEd} dürfen getrennt nach den in Tabelle A.1 angegebenen unabhängigen Einwirkungen G_k , P_k , $Q_{k,i}$, A_d und A_{Ed} linear berechnet werden.

(3) Bei der Tragwerksberechnung genügt es in der Regel, die Querschnitte an den Knotenpunkten und Stützpunkten des mechanischen Modells sowie die extrem beanspruchten Querschnitte zwischen den Knotenpunkten zu untersuchen. Die Grenzlinien für die Beanspruchungen des Tragwerks dürfen auf der Grundlage der für diese Querschnitte maßgebenden Auswirkungskombinationen angenommen werden.

Tabelle A.3 — Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweiskriterium	Einwirkung	Symbol	Situationen	
			P/T	A
Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks siehe Gleichung (11)	Ständige Einwirkungen: Eigenlast des Tragwerks und von nicht tragenden Bauteilen, ständige Einwirkungen, die vom Baugrund herrühren, Grundwasser und frei anstehendes Wasser			
	ungünstig	$\gamma_{G, sup}$	1,10	1,00
	günstig	$\gamma_{G, inf}$	0,90	0,95
	Bei kleinen Schwankungen der ständigen Einwirkungen, wie z. B. beim Nachweis der Auftriebssicherheit			
	ungünstig	$\gamma_{G, sup}$	1,05	1,00
	günstig	$\gamma_{G, inf}$	0,95	0,95
Versagen des Tragwerks, eines seiner Teile oder der Gründung durch Bruch oder übermäßige Verformung siehe Gleichung (12)	unabhängige ständige Einwirkungen (siehe oben)			
	ungünstig	$\gamma_{G, sup}$	1,35	1,00
	günstig	$\gamma_{G, inf}$	1,00	1,00
	unabhängige veränderliche Einwirkungen			
Versagen des Baugrundes durch Böschungs- oder Geländebruch	unabhängige ständige Einwirkungen (siehe oben)			
	ungünstig	γ_G	1,00	1,00
	günstig	γ_G	1,00	1,00
	unabhängige veränderliche Einwirkungen			
Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks siehe Gleichung (11)	ungünstig	γ_Q	1,50	1,00
	außergewöhnliche Einwirkungen	γ_A		1,00
Versagen des Tragwerks, eines seiner Teile oder der Gründung durch Bruch oder übermäßige Verformung siehe Gleichung (12)	ungünstig	γ_Q	1,50	1,00
	außergewöhnliche Einwirkungen	γ_A		1,00
P: Ständige Bemessungssituation P: Lastfall 1 nach DIN V 1054-100 T: Vorübergehende Bemessungssituation T: Lastfall 2 nach DIN V 1054-100 A: Außergewöhnliche Bemessungssituation A: Lastfall 3 nach DIN V 1054-100				

(4) Die unabhängigen veränderlichen Auswirkungen dürfen durch Kombination ihrer ungünstigen charakteristischen Werte als repräsentative Größen $E_{Q, unf}$ (unf = unfavourable) zusammengefasst werden:

$$E_{Q, unf} = E_{Qk, 1} + \psi_{0, Q} \cdot \sum_{i > 1(unf)} E_{Qk, i} \quad (A.1)$$

mit der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung:

$$E_{Qk, 1} = \max. E_{Qk, i} \text{ oder } \min. E_{Qk, i}$$

Der Beiwert $\psi_{0, Q}$ ist der bauwerksbezogene Größtwert ψ_0 nach Tabelle A.2.

(5) Die im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit maßgebenden Beanspruchungen ergeben sich für die Anwendung von Gleichung (A.1) aus den folgenden linearen Kombinationen:

a) seltene Kombination:

$$E_{d, \text{rare}} = E_{Gk} + E_{Pk} + E_{Q, \text{unf}} \quad (\text{A.2})$$

b) häufige Kombination:

$$E_{d, \text{frequ}} = E_{Gk} + E_{Pk} + \psi_{1, Q} \cdot E_{Q, \text{unf}} \quad (\text{A.3})$$

c) Der Beiwert $\psi_{1, Q}$ ist der bauwerksbezogene Größtwert ψ_1 nach Tabelle A.2.

quasi-ständige Kombination:

$$E_{d, \text{perm}} = E_{Gk} + E_{Pk} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2, i} \cdot E_{Qk, i} \quad (\text{A.4})$$

Für die wirksamen Nutzlasten bzw. Verkehrslasten $Q_{k, N}$ darf der Größtwert von ψ_2 nach Tabelle A.2 eingesetzt werden. Auswirkungen weiterer unabhängiger ständiger Einwirkungen nach Tabelle A.1 ($E_{Gk, E}$; $E_{Gk, H}$) sind gegebenenfalls hinzuzufügen.

(6) Die im Grenzzustand der Tragfähigkeit maßgebenden Beanspruchungen ergeben sich für den Fall des Versagens des Tragwerks durch Bruch oder übermäßige Verformung, d. h. für die Anwendung von Gleichung (12), aus folgenden linearen Kombinationen:

a) Grundkombination:

$$E_d = \gamma_G \cdot E_{Gk} + 1,50 \cdot E_{Q, \text{unf}} + E_{Pk} \quad (\text{A.5})$$

mit $\gamma_{G, \text{sup}} = 1,35$ bei ungünstiger bzw. $\gamma_{G, \text{inf}} = 1,00$ bei günstiger unabhängiger ständiger Auswirkung.

Wenn außer den Eigenlasten G_k weitere unabhängige ständige Einwirkungen nach Tabelle A.1 zu berücksichtigen sind, müssen ihre ungünstigen oder günstigen Auswirkungen sinngemäß hinzugefügt werden.

b) Außergewöhnliche Kombination:

$$E_{dA} = E_{Ad} + E_{d, \text{frequ}} \quad (\text{A.6})$$

c) Erdbebenkombination:

$$E_{dE} = E_{AEd} + E_{d, \text{perm}} \quad (\text{A.7})$$

(7) Für die Weiterleitung der vertikalen Lasten im Tragwerk darf für den häufig gegebenen Fall, dass die ständigen Einwirkungen insgesamt ungünstig sind, die Grundkombination an jedem Querschnitt im Tragwerk wie folgt vereinfacht werden:

$$\max E_d = 1,35 \cdot E_{Gk} + 1,50 \cdot E_{Qk, \text{unf}} \quad (\text{A.8})$$

$$\min E_d = 1,00 \cdot E_{Gk} \quad (\text{A.9})$$

(8) Im Grenzzustand der Lagesicherheit sind die ungünstigen ($G_{k, \text{dst}, j}$) und günstigen ($G_{k, \text{stb}, j}$) Anteile ständiger Einwirkungen getrennt zu betrachten. Daraus ergeben sich folgende repräsentativen Größen, bei Summation über alle unabhängigen ständigen Einwirkungen:

$$E_{Gk, \text{dst}} = \sum_j E_{Gk, \text{dst}, j} \quad (\text{A.10})$$

$$E_{Gk, \text{stb}} = \sum_j E_{Gk, \text{stb}, j} \quad (\text{A.11})$$

(9) Für die Anwendung von Gleichung (11) ergeben sich mit Gleichungen (A.10) und (A.11) folgende Kombinationen:

a) Grundkombination:

allgemein:

$$E_{d,dst} = 1,10 \cdot E_{Gk,dst} + 1,10 \cdot E_{Pk,dst} + 1,50 \cdot E_{Q,unf} \leq 0,90 \cdot E_{Gk,stb} + 0,90 \cdot E_{Pk,stb} = E_{d,stb} \quad (\text{A.12})$$

für den Nachweis der Auftriebssicherheit:

$$E_{d,dst} = 1,05 \cdot E_{Gk,dst} + 1,50 \cdot E_{Q,unf} \leq 0,95 \cdot E_{Gk,stb} = E_{d,stb} \quad (\text{A.13})$$

b) Außergewöhnliche Kombination:

$$E_{dA,dst} = E_{Gk,dst} + E_{Pk,dst} + E_{Ad} + \psi_{1,Q} \cdot E_{Q,k,i} \leq 0,95 \cdot E_{Gk,stb} + E_{Pk,stb} = E_{dA,stb} \quad (\text{A.14})$$

c) Erdbebenkombination:

$$E_{dE,dst} = E_{Gk,dst} + E_{Pk,dst} + E_{AEd} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} \leq E_{Gk,stb} + E_{Pk,stb} = E_{dE,stb} \quad (\text{A.15})$$

Anhang B (informativ)

Grundlagen für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten und eine Zuverlässigkeitsanalyse

B.1 Allgemeines

(1) Dieser Anhang liefert Hinweise und Hintergrundangaben zu der Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten nach den Abschnitten 7 bis 10 und Anhang A.

(2) Dieser Anhang gibt auch Hinweise zur:

- Verwendung von Zuverlässigkeitsmethoden,
- Anwendung zuverlässigkeitsorientierter Methoden zur Bestimmung von Bemessungswerten und Teilsicherheitsbeiwerten in den Bemessungsgleichungen mittels Kalibrierung,
- Verwendung der Nachweisverfahren in den Eurocodes.

(3) Bei den Methoden der Teilsicherheitsbeiwerte werden die Basisvariablen (d. h. Einwirkungen, Widerstände und geometrische Eigenschaften) durch Anwendung von Teilsicherheitsbeiwerten und Kombinationsbeiwerten als Bemessungswerte für die maßgebenden Grenzzustandsnachweise dargestellt, siehe B.5.

ANMERKUNG 1 Abschnitt 8 geht auf die Bemessungswerte für Einwirkungen, Auswirkungen, Baustoff- und Bauprodukteigenschaften und geometrische Größen ein.

(4) Prinzipiell können Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte auf folgende Weise bestimmt werden:

a) durch Kalibrierung an der bisherigen Erfahrung;

ANMERKUNG 2 Die meisten Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte in den derzeit verfügbaren Eurocodes sind auf diese Weise entstanden.

b) durch statistische Auswertung von Versuchsergebnissen oder Messungen (Dieses ist im Rahmen probabilistischer Vorgehensweisen erforderlich.).

(5) Wird die Vorgehensweise 2b) gegebenenfalls in Kombination mit 2a) angewendet, so sollten die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände für die Tragfähigkeitsnachweise an repräsentativen Tragwerken so ermittelt werden, dass die Zielgröße des Zuverlässigkeitsindex β möglichst gut angenähert wird, siehe B.2.

B.2 Überblick über Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse

(1) Bild B.1 zeigt in einem Diagramm die Hierarchie der verschiedenen Methoden zur Kalibrierung der Bemessungsgleichungen (für die Grenzzustände) mit Teilsicherheitsbeiwerten.

(2) Die probabilistischen Methoden für die Kalibrierung der Teilsicherheitsbeiwerte können in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden

- die vollständig probabilistischen Methoden (Stufe III) und
- die Zuverlässigkeitsmethoden 1. Ordnung (Stufe II) (FORM).

ANMERKUNG 1 Die vollständig probabilistischen Methoden (Stufe III) geben zwar im Prinzip genaue Auskünfte zum Zuverlässigkeitsproblem, werden aber selten als Grundlage für Bemessungsnormen angewendet, da häufig statistische Daten fehlen.

ANMERKUNG 2 Die Stufe II-Methoden beruhen auf einigen Vereinfachungen und führen für die meisten Anwendungen im Bauwesen zu ausreichend genauen Ergebnissen.

(3) Bei den Stufe II- und Stufe III-Methoden wird als Maß für die Zuverlässigkeit die Überlebenswahrscheinlichkeit $P_{\bar{u}} = (1 - P_f)$ benutzt, wobei P_f die Versagenswahrscheinlichkeit für die betrachtete Versagensart für einen bestimmten Bezugszeitraum ist. Liegt die berechnete Versagenswahrscheinlichkeit höher als eine vorgegebene Zielgröße P_0 , wird das Tragwerk als unsicher betrachtet.

ANMERKUNG 3 Die „Versagenswahrscheinlichkeit“ und der zugehörige Zuverlässigkeitsindex (siehe B.4) sind lediglich operative Werte, die nicht die wirklichen Versagensraten ausdrücken, sondern nur für die Kalibrierung der Normen und für Vergleiche der Zuverlässigkeitsniveaus verschiedener Tragwerke verwendet werden.

(4) Die europäischen Einwirkungs- und Bemessungsnormen der Eurocodereihe beruhen im Wesentlichen auf der Methode Ia (siehe Bild B.1), wobei mit den Methoden Ic, insbesondere mit Methoden der Messauswertung und Versuchsauswertung, Verbesserungen eingeführt wurden.

B.3 Zuverlässigkeitsindex β

(1) Im Rahmen der Stufe II-Verfahren nach diesem Anhang, wird der Zuverlässigkeitsindex β als Maß für die Zuverlässigkeit betrachtet.

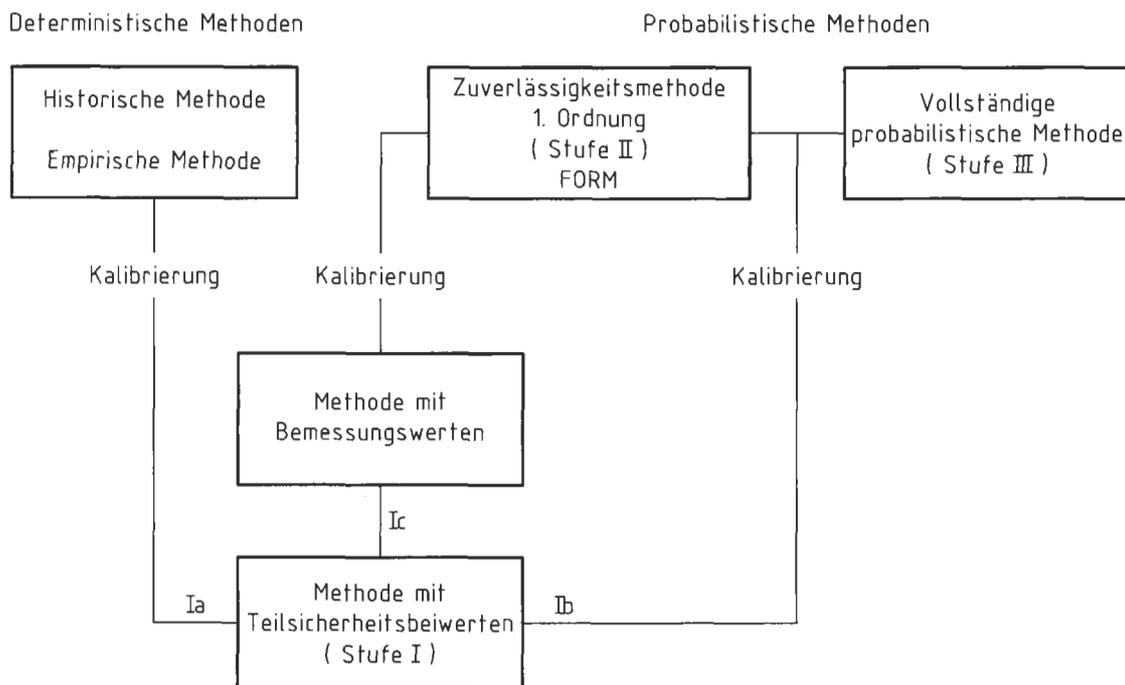


Bild B.1 — Überblick über Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse

(2) Da sowohl der Bauwerkswiderstand (R) als auch die Beanspruchung (E), die dem Bauwerkswiderstand gegenübergestellt werden, Zufallsvariablen sind, wird die Grenzzustandsfunktion g

$$g = R - E \quad (\text{B.1})$$

auch als Zufallsgröße angesehen. Überleben wird angenommen, wenn $g > 0$.

(3) Wird die Grenzzustandsfunktion g als normalverteilt angenommen, so gilt für die Versagenswahrscheinlichkeit

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

wobei Φ die Wahrscheinlichkeitsverteilung nach der Normalverteilung darstellt. Die Gleichung (B.2) und Tabelle B.1 geben den Zusammenhang zwischen der Versagenswahrscheinlichkeit und dem Zuverlässigkeitsindex an.

Tabelle B.1 — Beziehung zwischen β und P_f

P_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

Die Tabelle B.1 gilt, wenn die Grenzzustandsfunktion g normalverteilt ist.

(4) Wenn die Grenzzustandsfunktion g nicht normalverteilt ist, darf Gleichung (B.2) für den Zusammenhang zwischen P_f und β als Näherung angesehen werden.

B.4 Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β

(1) Tabelle B.2 gibt Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β für verschiedene Bemessungssituationen für die Bezugszeiträume 1 Jahr und 50 Jahre an.

ANMERKUNG 1 Für β -Auswertungen werden im Allgemeinen folgende Verteilungen zugrunde gelegt:

- lognormale Verteilung oder Weibull-Verteilung für Baustoffeigenschaften, Bauteilwiderstände und Modellunsicherheiten;
- Normalverteilung für Eigengewicht;
- abgesehen von Ermüdungsbelastungen, Extremwertverteilungen für veränderliche Einwirkungen.

ANMERKUNG 2 Rührt die wesentliche Unsicherheit von Einwirkungen her, die statistisch unabhängige Jahresmaxima aufweisen, so kann der β -Wert für andere Bezugszeiträume mit Hilfe der Näherung

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n \quad (\text{B.3})$$

bestimmt werden. Dabei ist

β_n der Zuverlässigkeitsindex für einen Bezugszeitraum von neun Jahren;

β_1 der Zuverlässigkeitsindex für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr.

(2) Die wirkliche Versagenshäufigkeit steht im Wesentlichen im Zusammenhang mit menschlichem Versagen, das bei der Bestimmung der Teilsicherheitsbeiwerte unberücksichtigt bleibt. Insofern stellt β nicht notwendigerweise ein Indiz für die wirklichen Versagenshäufigkeit dar.

Tabelle B.2 — Zielwert des Zuverlässigkeitsindex β für Bauteile

Grenzzustand	Zielwert des Zuverlässigkeitsindex	
	1 Jahr	50 Jahre
Tragfähigkeit	4,7	3,8
Ermüdung		1,5 bis 3,8 ^a
Gebrauchstauglichkeit (nicht umkehrbar)	3,0	1,5

^a Abhängig von der Prüfbarkeit, Instandsetzbarkeit und Schadenstoleranz.

(2) Die Bemessungswerte sollten so bestimmt werden, dass sie den Werten der Basisvariablen im Bemessungspunkt nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung entsprechen. Der Bemessungspunkt ist der Punkt auf der Versagensgrenze $g = 0$ mit der höchsten Versagenswahrscheinlichkeit (siehe Bild B.2).

(3) Die Bemessungswerte für die Beanspruchungen E_d und für die Bauwerkswiderstände R_d sind so festzulegen, dass sie mindestens den folgenden Wahrscheinlichkeiten für ungünstige Über- bzw. Unterschreitungen entsprechen:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta) \quad (\text{B.6a})$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta) \quad (\text{B.6b})$$

Dabei ist

β der Zielwert des Zuverlässigkeitsindex;

α_E und α_R mit $|\alpha| < 1 =$ Wichtungsfaktoren nach der Methode 1. Ordnung (FORM). Der Wert α ist für ungünstige Einwirkungen oder deren Auswirkungen negativ und für Widerstände positiv.

Bei Verwendung von $\beta = 3,8$ dürfen die Werte $\alpha_E = -0,7$ und $\alpha_R = 0,8$ verwendet werden, wenn die Bedingung

$$0,16 < \sigma_E / \sigma_R < 7,60 \quad (\text{B.7})$$

gilt, wobei σ_E und σ_R die Standardabweichungen für die Einwirkungen E bzw. Widerstände R sind. Damit ergibt sich

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta) \quad (\text{B.8a})$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-0,8\beta) \quad (\text{B.8b})$$

(4) Wenn die Bedingung (B.7) nicht erfüllt wird, sollte $\alpha = \pm 1,0$ für die Variable mit der größeren Standardabweichung und $\alpha = \pm 0,4$ für die Variable mit der kleineren Standardabweichung verwendet werden.

(5) Enthält das Einwirkungsmodell mehrere Basisvariablen (d. h. mehrere Einwirkungen), so gilt die Beziehung (B.8a) nur für die Leiteinwirkung. Für die Begleiteinwirkungen dürfen die Bemessungswerte wie folgt angenommen werden:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \cdot 0,7 \cdot \beta) = \Phi(-0,28\beta) \quad (\text{B.9})$$

ANMERKUNG 1 Die Werte nach Gleichung B.9 entsprechen bei $\beta = 3,8$ ungefähr der 90%-Quantile.

(6) Tabelle B.3 liefert Hinweise zur Bestimmung der Bemessungswerte für Variablen, deren Verteilungsfunktionen bekannt sind.

Tabelle B.3 — Bemessungswerte für verschiedene Verteilungsfunktionen

Verteilung	Bemessungswerte
Normal	$\mu - \alpha_E \beta \sigma$
Lognormal	$\mu \exp(-\alpha_E \beta V)$ für $V = \sigma / \mu < 0,2$
Gumbel	$u - \frac{1}{a} \ln[-\ln \Phi(-\alpha_E \beta)]$ mit $u = \mu - \frac{0,577}{a}$; $a = \frac{\pi}{\sigma \sqrt{6}}$

ANMERKUNG 2 In diesen Ausdrücken sind μ der Mittelwert, σ die Standardabweichung und V der Variationskoeffizient für die entsprechende Variable. Bei veränderlichen Einwirkungen sollten diese Größen auf den gleichen Bezugszeitraum wie β bezogen sein.

(7) Eine Möglichkeit der Bestimmung des Teilsicherheitsbeiwertes besteht darin, den Bemessungswert durch den repräsentativen oder charakteristischen Wert zu teilen.

B.6 Möglichkeiten der Zuverlässigkeitsnachweise in den Eurocodes

(1) In der Regel werden die Bemessungswerte der Basisvariablen X_d und F_d nicht direkt in die Bemessungsgleichungen eingesetzt. Es werden vielmehr ihre repräsentativen Werte X_{rep} und F_{rep} verwendet.

- die charakteristischen Werte, d. h. Werte mit definierter Über- bzw. Unterschreitungswahrscheinlichkeit, z. B. Einwirkungen, Baustoffeigenschaften und geometrische Eigenschaften;
- Nennwerte, die wie charakteristische Werte für Werkstoffeigenschaften und wie Bemessungswerte für geometrische Eigenschaften behandelt werden.

(2) Die repräsentativen Werte X_{rep} und F_{rep} werden mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten entweder dividiert oder multipliziert, um die Bemessungswerte X_d und F_d zu erhalten.

ANMERKUNG 1 Siehe auch Gleichung (B.10).

(3) Bemessungswerte F für Einwirkungen, E für Auswirkungen, X für Baustoffeigenschaften und a für geometrische Größen werden in den Gleichungen (1), (2), (3), (4) und (5) angegeben.

Wird ein oberer Wert für den Bemessungswiderstand verwendet, nimmt Gleichung (3) die Form an

$$X_d = \eta \gamma_{fM} \cdot X_{k, sup} \quad (\text{B.10})$$

Dabei ist

γ_{fM} ein Beiwert größer als 1.

ANMERKUNG 2 Gleichung (B.10) kann im Fall der Kapazitätsbemessung zur Anwendung kommen.

(4) Modellungenauigkeiten werden bei den Bemessungswerten der Beanspruchungen E_d und der Bauwerkswiderstände R_d durch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Sd} und γ_{Rd} berücksichtigt:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \left\{ \gamma_{g,j} G_{k,j}; \gamma_p P; \gamma_{q1} Q_{k,1}; \gamma_{q,i} \psi_0 Q_{k,i}; a_{nom}, \pm \Delta_{a...} \right\} \quad (\text{B.11})$$

$$R_d = R (\gamma X_k / \gamma_m; a_{nom} \pm \Delta_{a...}) / \gamma_{Rd} \quad (\text{B.12})$$

(5) Der ψ -Beiwert, der die Reduktion der Bemessungswerte veränderlicher Einwirkungen bewirkt, wird in Form von ψ_0 , ψ_1 oder ψ_2 für gleichzeitig wirkende Begleiteinwirkungen angewendet.

(6) Wenn gewünscht, können die folgenden Vereinfachungen an den Gleichungen (B.11) und (B.12) angewendet werden:

a) auf der Lastseite (bei nur einer Einwirkung oder linearer Tragwerksantwort):

$$E_d = E \left\{ \gamma_{Fi}, F_{rep,i}, a_d \right\} \quad (\text{B.13})$$

b) auf der Widerstandsseite auf der Basis der allgemeinen Gleichungen (9) oder (10) entsprechend dem Vorgehen in den einzelnen Eurocodes. Dabei sollte das Zuverlässigkeitsniveau nicht reduziert werden.

ANMERKUNG 3 In den Eurocodes sind auch nichtlineare Widerstands- und Einwirkungsmodelle und solche mit mehreren Variablen anzutreffen. Dafür werden die genannten Beziehungen komplizierter.

B.7 Teilsicherheitsbeiwerte

- 1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen γ_F und für Baustoffeigenschaften γ_M sind in 8.1 und 8.3 definiert.
- 2) Die Beziehung zwischen den verschiedenen Teilsicherheitsbeiwerten geht aus Bild B.3 hervor.

B.8 Kombinationsbeiwert ψ_0 für Einwirkungen

(1) Die Tabelle B.4 liefert Ausdrücke für die Bestimmung der Kombinationsbeiwerte ψ_0 (B.6) für den Fall von zwei veränderlichen Einwirkungen.

(2) Die Ausdrücke in Tabelle B.4 beruhen auf folgenden Annahmen und Bedingungen:

- die beiden zu kombinierenden Einwirkungen sind voneinander unabhängig;
- der Grundzeitraum T_1 und T_2 ist für jede Einwirkung eine konstante Größe;

- die Einwirkungsgrößen sind während der Grundzeiträume konstante Größen;
- die Größen der Einwirkungen in den jeweiligen Grundzeiträumen sind nicht korreliert;
- die beiden Einwirkungen werden durch ergodische Prozesse dargestellt.

(3) Die Verteilungsfunktionen in Tabelle B.4 beziehen sich auf die Größtwerte im Bezugszeitraum T . Die Verteilungsfunktionen berücksichtigen alle Grundzeiträume, auch solche, in denen die Einwirkungsgröße null ist.

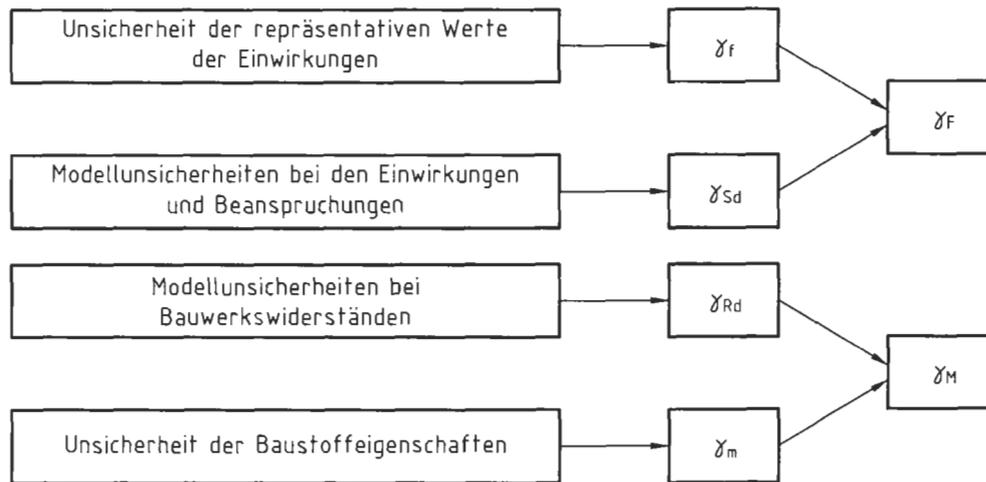


Bild B.3 — Beziehung zwischen verschiedenen Teilsicherheitsbeiwerten

Tabelle B.4 — Ausdrücke für ψ_0 für zwei veränderliche Einwirkungen

Verteilung	$\psi_0 = \frac{F_{\text{Begleiteinwirkung}}}{F_{\text{Leiteinwirkung}}}$
Allgemein	$\frac{F_s^{-1} \{ \Phi(0,4\beta')^{N_1} \}}{F_s^{-1} \{ \Phi(0,7\beta)^{N_1} \}}$ mit $\beta' = -\Phi^{-1} \{ \Phi(-0,7\beta)/N_1 \}$
Näherung für sehr große N_1	$\frac{F_s^{-1} \{ \exp[-N_1 \Phi(-0,4\beta')] \}}{F_s^{-1} \{ \Phi(0,7\beta) \}}$ mit $\beta' = -\Phi^{-1} \{ \Phi(-0,7\beta)/N_1 \}$
Normalverteilung (Näherung)	$\frac{1 + (0,28\beta - 0,7 \ln N_1) V}{1 + 0,7\beta V}$
Gumbelverteilung (Näherung)	$\frac{1 - 0,78V[0,577 + \ln(-\ln(\Phi(0,28\beta))) + \ln N_1]}{1 - 0,78V[0,577 + \ln(-\ln(\Phi(0,7\beta)))]}$
Dabei ist	
$F_s()$	die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Extremwerte der Begleiteinwirkung im Bezugszeitraum T
$\Phi()$	die Wahrscheinlichkeitsverteilung nach der Normalverteilung
T	der Bezugszeitraum
T_1	der größere der beiden Grundzeiträume der zu kombinierenden Einwirkungen
N_1	die Ganzzahlige Näherung für das Verhältnis T/T_1
β	der Zuverlässigkeitsindex für den Bezugszeitraum
γ	der Variationskoeffizient für die Begleiteinwirkung im Bezugszeitraum