

MauerWerk – Das Lehrportal

# Sicherheitskonzept und Einwirkungen

Script III

## 3 Sicherheitskonzept und Einwirkungen

### 3.1 Sicherheitskonzept

#### 3.1.1 Allgemeine Grundlagen

Unter Sicherheit versteht man die allgemeine qualitative Anforderung an bauliche Anlagen. Durch technische Anforderungen z.B. an die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit, die mit ausreichender Zuverlässigkeit zu erzielen sind, wird dieser qualitativen Anforderung im Hinblick auf bestimmte technische Aspekte entsprochen. Dies kann z. B. dadurch erreicht werden, dass die einwirkenden Schnittgrößen aus äußeren Lasten an jeder Stelle eines Tragwerks einen bestimmten Sicherheitsabstand gegenüber dem aufnehmbaren Querschnittswiderstand aufweisen.

Das Tragverhalten von Baukonstruktionen wird durch die wirklichkeitsnahe Erfassung der Einwirkungen auf ein Tragwerk, einer wirklichkeitsnahen Modellierung des Tragwerkes und einem Berechnungsverfahren, das mit der Beschreibung der Einwirkungen und der Modellierung des Tragwerks konsistent ist, beschrieben. Unabhängig vom verwendeten Modell zur Beschreibung des Tragverhaltens und vom verwendeten Baustoff muss nach DIN EN 1990/NA ein Tragwerk derart entworfen und ausgeführt sein, dass die während der Errichtung und Nutzung möglichen Einwirkungen mit definierter Zuverlässigkeit keines der nachstehenden Ereignisse zur Folge haben:

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

Ein Tragwerk muss so bemessen werden, dass seine Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit während der vorgesehenen Nutzungsdauer diesen vorgegebenen Bedingungen genügt.

Das Bemessungskonzept der DIN EN 1996-1-1/NA basiert im Wesentlichen auf sogenannten Grenzzuständen, in denen das Tragwerk die an es gestellten Anforderungen nicht mehr erfüllt. Je nachdem, ob diese Anforderungen die Tragfähigkeit vor Erreichen des rechnerischen Versagenszustandes oder die Nutzungseigenschaften betreffen, wird unterschieden zwischen:

- Grenzzuständen der Tragfähigkeit und den
- Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

#### Grenzzustand der Tragfähigkeit (uls = ultimate limit state)

- Verlust des globalen Gleichgewichts (kinematische Kette, Gleiten, Umkippen)
- Bruch oder der bruchnahe Zustand von Tragwerksteilen (Querschnittsversagen, kritische Dehnungszustände, Erreichen der Traglast)
- Stabilitätsversagen (Knicken)
- Materialermüdung

#### Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (sls = serviceability limit state)

- Unzulässige Spannungen
- Unzulässige Rissbildung
- Übermäßige Formänderungen (z.B. Durchbiegungen)

### 3.1.2 Einwirkungen und Widerstände sowie ihre Unsicherheiten

Unsicherheiten können sowohl auf der Seite der Einwirkungen als auch auf der Seite der Widerstände auftreten. Die Einwirkungen  $F$  werden entsprechend ihrer zeitlichen Veränderlichkeit unterteilt in ständige Einwirkungen  $G$ , veränderliche Einwirkungen  $Q$  und außergewöhnliche Einwirkungen  $A$ . Hinsichtlich ihrer Einwirkungsart unterscheidet man außerdem:

#### Äußere Einwirkungen

Die äußeren Einwirkungen werden auch als Lasten bezeichnet. Beispiele für äußere Einwirkungen sind das Eigengewicht der Bauteile, Ausbaulasten, Verkehrslasten, Wind- und Schneelasten.

#### Innere Einwirkungen

Zu den inneren Einwirkungen gehören beispielsweise Zwangsbeanspruchungen infolge Temperaturänderung oder Schwinden.

Der Widerstand einer Tragkonstruktion wird durch die Festigkeits- und Verformungseigenschaften der verwendeten Baustoffe sowie die Tragwerksgeometrie beeinflusst. Als Besonderheit bei Mauerwerk ist zu beachten, dass die einzelnen Widerstände von Mauersteinen und Mauermörtel nicht getrennt voneinander betrachtet werden, sondern zu einem Mauerwerks-Widerstand zusammengefasst werden. Dies gilt auch für die Unsicherheiten der einzelnen Kenngrößen.

Die Ursachen von Unsicherheiten lassen sich dabei wie folgt beschreiben:

#### Unsicherheiten bei den Einwirkungen

- Ungenauigkeiten in den Belastungsannahmen (Eigengewicht, Verkehrslasten)
- Nicht oder falsch erfasste Bauzustände
- Berechnungsfehler

#### Unsicherheiten bei den Querschnittswiderständen

(Geometrie, Querschnitts- und Baustoffeigenschaften)

- Natürliche Streuung der Materialkennwerte (z.B. Druckfestigkeit)
- Werkstofffehler
- Abweichungen von den geplanten Querschnittsabmessungen

#### Unsicherheiten in der Modellierung des Systems

- Zu grob vereinfachte Systeme bei der Ermittlung der Schnittgrößen (z.B. Vernachlässigung von Einspannungen)
- Die Annahme ebener statt räumlicher Systeme
- Zu grob vereinfachte Spannungs-Dehnungs-Linien für die Baustoffe bei der Ermittlung der Schnittgrößen (bilineare statt der tatsächlichen Spannungs-Dehnungs-Linie)
- Abweichungen von den geplanten Systemabmessungen
- Ausführungsfehler (z.B. unzulässige Lotabweichungen von Stützen)

### 3.1.3 Einwirkungskombinationen

Mit Hilfe der Kombinationsbeiwerte  $\psi_i$  wird zusätzlich die (Un-)Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens verschiedener, nicht korrelierter, veränderlicher Einwirkungen erfasst. Dies ist insbesondere im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit von besonderer Bedeutung. Aber auch im Grenzzustand der Tragfähigkeit kann bei mehreren veränderlichen Einwirkungen eine Reduzierung über den Kombinationsbeiwert  $\psi_0$  erfolgen. Die jeweils anzusetzenden Kombinationsbeiwerte sind **DIN EN 1990** und dem zugehörigen **nationalen Anhang** zu entnehmen.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Teilsicherheitsbeiwerte ergibt sich bei einer Schnittgrößenermittlung auf Grundlage der Elastizitätstheorie als Bemessungsgleichung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit:

#### Ständige und vorübergehende Bemessungssituation

$$E_d = \left[ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (3.1)$$

mit

$E_d$  Bemessungswert der Einwirkungen

$\gamma_G, \gamma_Q$  Teilsicherheitsbeiwert (G: ständige Einwirkungen, Q: veränderliche Einwirkungen)

$\gamma_G = 1,35$  bzw.  $\gamma_G = 1,0$  und  $\gamma_Q = 1,5$  bzw.  $\gamma_Q = 0$  nach [3]

$G_k$  charakteristischer Wert der ständigen Einwirkungen

$Q_k$  charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkungen

$\psi_0$  Kombinationsbeiwert nach Tabelle 3-2

Auf der sicheren Seite liegend darf auch bei mehr als einer veränderlichen Einwirkung auf die Möglichkeit einer derartigen Abminderung der charakteristischen Einwirkungsgrößen verzichtet werden.

$$E_d = \left[ \sum_{j \geq 1} \gamma_G \cdot G_{k,j} \oplus \sum_{i \geq 1} \gamma_Q \cdot Q_{k,i} \right] \quad (3.2)$$

Ganz allgemein sind alle denkbaren günstigen und ungünstigen Einwirkungskombinationen, die bei aussteifenden Wandscheiben maßgebend für die Bemessung werden können, in Tabelle 3-1 dargestellt.

Tabelle 3-1: Zu untersuchende Lastfallkombinationen bei aussteifenden Wandscheiben

Vertikale Lasten		Zugehörige horizontale Lasten
LK W1	$E_d = 1,0 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,W}$	$E_d = 1,5 \cdot Q_{k,W}$
LK W2	$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,S} + 0,6 \cdot Q_{k,W} + 0,7 \cdot Q_{k,N})$	$E_d = 1,5 \cdot Q_{k,W}$
LK W3	$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,W} + 0,5 \cdot Q_{k,S} + 0,7 \cdot Q_{k,N})^{1)}$	$E_d = 1,5 \cdot Q_{k,W}$
LK W4	$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,N} + 0,5 \cdot Q_{k,S} + 0,6 \cdot Q_{k,W})^{1)}$	$E_d = 1,5 \cdot Q_{k,W}$
LK W5	$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,N} + 0,5 \cdot Q_{k,S})$	
LK W6	$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,S} + 0,7 \cdot Q_{k,W})$	
LK W7	$E_d = 1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot A_k$	$E_d = 1,0 \cdot A_k$

<sup>1)</sup> Bei Gebäudestandorten  $\geq 1000$  m ü. NN ist  $\psi_0 = 0,5$  durch  $\psi_0 = 0,7$  zu ersetzen

### Außergewöhnliche Bemessungssituation

$$E_d = \left[ \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_d \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (3.3)$$

Die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden unter Ansatz jeweils einer von drei Einwirkungskombinationen geführt. (Die Kombinationsbeiwerte berücksichtigen dabei die Auftretenswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Lastkombinationen.)

### Seltene Einwirkungskombinationen:

$$E_d = \left[ \sum G_{k,j} \oplus Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (3.4)$$

### Häufige Einwirkungskombinationen:

$$E_d = \left[ \sum G_{k,j} \oplus \psi_{1,1} Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (3.5)$$

### Quasi-ständige Einwirkungskombinationen:

$$E_d = \left[ \sum G_{k,j} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (3.6)$$

Tabelle 3-2: Kombinationsbeiwerte  $\psi_i$  nach [3]

Einwirkungen	Kombinationsbeiwerte		
	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Nutzlasten (Kategorien siehe DIN EN 1991-1-1/NA)			
- Wohn-, Aufenthalts- und Büroräume	0,7	0,5	0,3
- Versammlungsräume, Verkaufsräume	0,7	0,7	0,6
- Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten (siehe DIN EN 1991-1-1/NA))			
- Fahrzeuge bis 30 kN	0,7	0,7	0,6
- Fahrzeuge bis 160 kN	0,7	0,5	0,3
- Dachlasten	0,0	0,0	0,0
Schnee- und Eislasten (DIN EN 1991-1-3/NA)			
- Orte bis zu NN +1000m	0,5	0,2	0,0
- Orte über NN +1000m	0,7	0,5	0,2
Windlasten (DIN EN 1991-1-4/NA)	0,6	0,2	0,0
Temperatur (nicht Brand) (siehe DIN EN 1991-1-5/NA)	0,6	0,5	0,0
Baugrundsetzungen	1,0	1,0	1,0

## Vereinfachte Einwirkungskombinationen für Nachweise im ULS

Da die formale Betrachtung aller möglichen Einwirkungskombinationen sehr aufwendig und in aller Regel nicht erforderlich ist, gestattet DIN EN 1996/NA die Berücksichtigung einer reduzierten Anzahl von Einwirkungskombinationen. Mit Ausnahme des Nachweises von Aussteifungsscheiben unter horizontaler Beanspruchung gelten alle vertikalen Einwirkungen stets als ungünstig wirkend. Daher erlaubt die DIN EN 1996/NA für den Nachweis der maximal aufnehmbaren Normalkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit eine vereinfachte Berechnung des Bemessungswertes der einwirkenden Normalkraft  $N_{Ed}$ .

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot \sum N_{Gk} + 1,50 \cdot \sum N_{Qk} \quad (3.7)$$

mit

$N_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

$N_{Gk}$  charakteristischer Wert der Normalkraft infolge ständiger Last

$N_{Qk}$  charakteristischer Wert der Normalkraft infolge veränderlicher Last

In Hochbauten mit Stahlbetondecken, die mit einer charakteristischen Nutzlast von  $q_k \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$  belastet sind, darf gemäß DIN EN 1996-1-1/NA, NCI zu 2.4.2 (NA.2) die im Grenzzustand der Tragfähigkeit einwirkende Normalkraft  $N_{Ed}$  vereinfachend bestimmt werden:

$$N_{Ed} = 1,4 \cdot \left( \sum N_{Gk} + \sum N_{Qk} \right) \quad (3.8)$$

Für den Nachweis von Wandscheiben unter Horizontallasten in Scheibenrichtung wird häufig die minimale Auflast bemessungsmaßgebend. Daher muss auch die Möglichkeit einer günstigen Wirkung der Normalkräfte beachtet werden. In diesem Fall muss zusätzlich zu den bereits beschriebenen Einwirkungskombinationen folgende Lastkombination analysiert werden:

$$\min N_{Ed} = 1,0 \cdot \sum N_{Gk} \quad \text{in Verbindung mit} \quad \max M_{Ed} = 1,0 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk} \quad (3.9)$$

### 3.1.4 Nachweisformat

Zur Erfassung der oben beschriebenen Unsicherheiten werden für die Bemessung eines Tragwerkes Verfahren herangezogen, die auf Zuverlässigkeitsbetrachtungen beruhen. Unter Zuverlässigkeit wird die Wahrscheinlichkeit des Nichtüberschreitens eines gegebenen Grenzzustandes im Bezugszeitraum verstanden.

Für jeden Grenzzustand lässt sich eine Grenzzustandsgleichung dergestalt formulieren, dass ein resultierender Widerstand  $R$  (z.B. aufnehmbare Normalkraft) des betrachteten Bauwerks oder Bauteils größer oder gleich der auftretenden Beanspruchung  $E$  (z.B. angreifende Normalkraft infolge von Einwirkungen) ist:  $E < R$

Dabei sind jedoch  $R$  und  $E$  nicht unmittelbar messbare Größen, sondern Zufallsvariablen mit ihren zugehörigen Streuungen. Daher werden die charakteristischen Werte der voraussichtlichen Beanspruchungen  $E_k$  sowie der erwartete Widerstand  $R_k$  des Tragwerkes mit auf der Wahrscheinlichkeitstheorie beruhenden Verfahren bestimmt.

Bei der Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA werden „Bemessungswerte“ (design values) verwendet. Man geht von den charakteristischen Fraktilwerten der Einwirkung  $E_k$ , der

Beanspruchung  $E_k$  und des Widerstandes  $R_k$  aus und ermittelt sich die Bemessungswerte  $E_d$  und  $R_d$  unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_F$  bzw.  $\gamma_M$ .

Die übliche Bemessungsgleichung lautet somit:

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \leq \zeta \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \text{ bzw. } \frac{R_k}{\gamma_M} = R_d \quad (3.10)$$

mit

$R_k$  Widerstand  
 $E_k$  Beanspruchung  
 $\zeta$  Dauerstands faktor

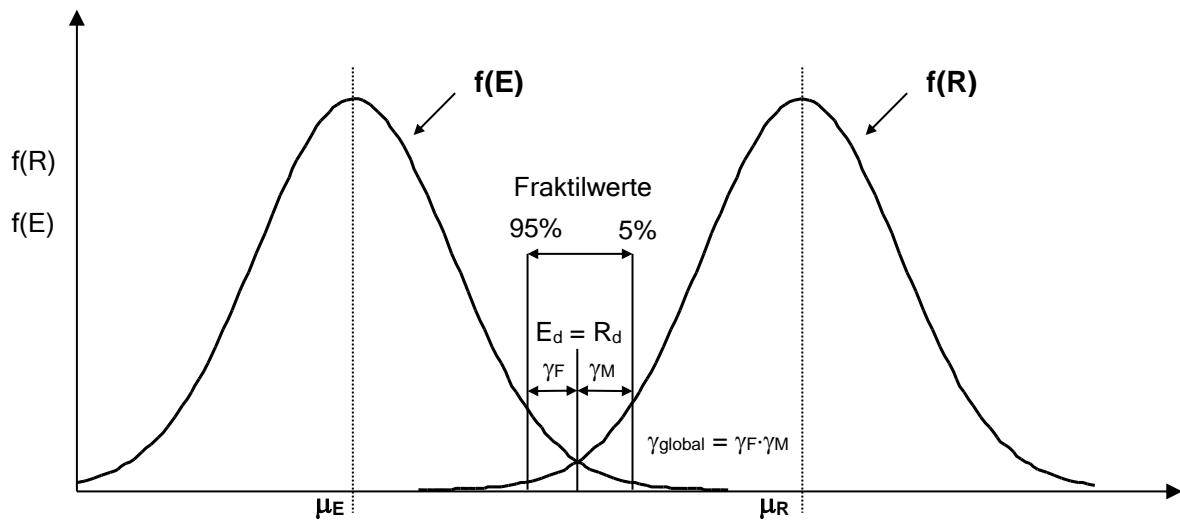


Bild 3-1: Häufigkeitsverteilung der Einwirkungen und Widerstände

Alle Nachweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) erfolgen mit charakteristischen Werten auf der Einwirkungs- und der Widerstandsseite. Formal bedeutet dies für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS), dass die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F = 1,0$  und  $\gamma_M = 1,0$  angesetzt werden.

### 3.1.5 Teilsicherheitsbeiwerte

Während in der Vorgängernorm zu DIN EN 1996-1-1/NA, DIN 1053-1, das globale Sicherheitskonzept, bei der ein pauschaler Sicherheitsabstand über einen einzelnen (globalen) Sicherheitsbeiwert geregelt wurde, basiert DIN EN 1996-1-1/NA auf dem Teilsicherheitskonzept. Bei diesem Konzept werden verschiedene Einwirkungen und Widerstände mit unterschiedlichen Sicherheitsbeiwerten beaufschlagt bzw. abgemindert und ermöglichen so eine bessere Differenzierung der verschiedenen Eingangsgrößen. Diese wird notwendig, da die verschiedenen Eingangsgrößen unterschiedliche Unsicherheiten bzw. Streuungen aufweisen, deren genauere Berücksichtigung somit zu einer effizienteren Bemessung mit gleichmäßigerem Zuverlässigkeitsniveau führt.

Da es sich bei üblichem Mauerwerk in Kontinentaleuropa um eine unbewehrte Bauweise handelt, ist eine starke Interaktion zwischen Einwirkung und Widerstand gegeben. Hier offenbart sich ein weiterer Vorteil des Teilsicherheitskonzepts: eine detaillierte Berücksichtigung der möglichen Lastkombinationen. So kann z.B. sowohl minimale als auch maximal Auflast mit der entsprechenden maximalen Horizontallast (u.a. bei

Aussteifungsscheiben) kombiniert werden und damit der genannten Interaktion in der Bemessung Rechnung getragen werden.

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA und DIN EN 1996-3/NA betragen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit auf der Widerstandsseite:

Tabelle 3-3: Teilsicherheitsbeiwerte für das Material im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach [8] und [9]

Material	Mauerwerk aus	$\gamma_M$	
		Bemessungssituation	
		ständig und vorübergehend	Außergewöhnlich
A	Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung <sup>a</sup>	1,5	1,3
B	Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel <sup>b</sup>	wie A	wie A
C	Steine der Kategorie II	Für tragendes Mauerwerk in Deutschland nicht anwendbar	
a Anforderungen an Mörtel nach Eignungsprüfung sind in DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412 sowie DIN 18580 gegeben.			
b Gilt nur für Baustellenmörtel nach DIN 18580			

Sofern erforderlich, ist für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit der Teilsicherheitsbeiwert für das Material (alle Baustoffeigenschaften) mit  $\gamma_M = 1,0$  zu verwenden.

Für die Einwirkungsseite gilt im Grenzzustand der Tragfähigkeit:

- bei ständigen Lasten  $\gamma_G = 1,35$  für ungünstige Auswirkung  
 $\gamma_G = 1,00$  für günstige Auswirkung
- bei veränderlichen Lasten:  $\gamma_Q = 1,50$  für ungünstige Auswirkung  
 $\gamma_Q = 0$  für günstige Auswirkung



### 3.1.6 Bemessungswerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Bemessungswerte der Mauerwerksfestigkeiten werden im Grenzzustand der Tragfähigkeit immer mit einem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  beaufschlagt.

Der Bemessungswert der Mauerwerkdruckfestigkeit errechnet sich daher wie folgt:

$$f_d = \zeta \cdot \frac{f_k}{\gamma_M} \quad (3.11)$$

mit

$\zeta$  Dauerstandsfaktor  
 $f_k$  Mauerwerks-Druckfestigkeit  
 $\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert

Der Dauerstandsfaktor  $\zeta$  berücksichtigt Langzeiteinwirkungen und weitere Einflüsse. Für eine dauernde Beanspruchung infolge von Eigengewicht, Schnee- und Verkehrslasten gilt  $\zeta = 0,85$ . Für kurzzeitige Beanspruchungsarten darf  $\zeta = 1,0$  gesetzt werden.

Der Bemessungswert der Schubfestigkeit  $f_{vd}$  sowie der Biegezugfestigkeiten  $f_{xd1}$  und  $f_{xd2}$  wird nach DIN EN 1996-1-1/NA folgendermaßen ermittelt:

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \quad f_{xd1} = \frac{f_{xk1}}{\gamma_M} \quad f_{xd2} = \frac{f_{xk2}}{\gamma_M} \quad (3.12)$$

## 3.2 Einwirkungen

### 3.2.1 Allgemeines

Mauerwerksbauten werden durch unterschiedliche Einwirkungen und Lasten beansprucht. Diese sind den verschiedenen Teilen der DIN EN 1991/NA zu entnehmen:

DIN EN 1991-1-1/NA:	Wichten, Eigengewichte und Nutzlasten Hochbau
DIN EN 1991-1-2/NA:	Brandeinwirkungen auf Tragwerke
DIN EN 1991-1-3/NA:	Schneelasten
DIN EN 1991-1-4/NA:	Windlasten
DIN EN 1991-1-5/NA:	Temperatureinwirkungen
DIN EN 1991-1-6/NA:	Einwirkungen während der Bauausführung
DIN EN 1991-1-7/NA:	Außergewöhnliche Einwirkungen
DIN EN 1991-2/NA:	Verkehrslasten auf Brücken
DIN EN 1991-3/NA:	Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen
DIN EN 1991-4/NA:	Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

Die Einwirkungen können allgemein in ständig und veränderlich wirkend differenziert werden. Ständige Einwirkungen sind solche, deren zeitliche Änderung gegenüber dem Mittelwert vernachlässigbar ist. Hierzu gehören das Eigengewicht der Tragelemente wie Dach, Wände, Decken, Gründung, etc., die Eigenlast von nichttragenden Wänden sowie das Eigengewicht von Installationen und feststehenden Anlagen und Belägen. Darüber hinaus wird auch der Erddruck zu den ständigen Einwirkungen gezählt, wobei dieser - ebenso wie der Wasserdruck - nach DIN EN 1997/NA anzunehmen ist.

Zu den veränderlichen Einwirkungen zählen Schnee, Winddruck und Windsog sowie die verschiedenen Nutzlasten auf Decken und das Eigengewicht leichter Trennwände.

Darüber hinaus existieren als dritte Kategorie außergewöhnliche Einwirkungen. Hierunter werden Einwirkungen verstanden, die nicht planmäßig auf das Bauwerk einwirken, aber in außergewöhnlichen Situationen auf das Gebäude einwirken können. Hierzu gehören beispielsweise Brandeinwirkungen, Anprall, Stützensenkung oder auch Erdbeben. Diese Einwirkungen sollen im Folgenden jedoch nicht näher erläutert werden.

### 3.2.2 Ständige Einwirkungen und Nutzlasten

Ständige Einwirkungen ergeben sich für Mauerwerkswände vor allem aus dem Konstruktionseigengewicht, welches mit den Angaben in DIN EN 1991-1-1/NA bestimmt werden kann. Das Gewicht von Stahlbetondecken resultiert dabei aus dem Gewicht des Betons und des Deckenaufbaus. Für übliche Deckenaufbauten (Wichte der Stahlbetondecke 25 kN/m<sup>3</sup> und Eigengewicht des Fußbodenaufbaus 1,5 kN/m<sup>2</sup>) kann der charakteristische Wert des Deckeneigengewichtes vereinfacht bestimmt werden:

$$g_{k,Decke} = 25 \cdot h_{Decke} + 1,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (3.13)$$

mit

$h_{Decke}$  Deckendicke [m]

Die Wichten für Mauerwerk mit Normalmauer-, Leichtmauer- und Dünnbettmörtel können in Abhängigkeit der Rohdichte aus Tabelle 3-4 entnommen werden.

Tabelle 3-4: Wichten für Mauerwerk mit Normalmauer-, Leichtmauer- und Dünnbettmörtel nach [4]

Rohdichte g/cm <sup>3</sup>	Wichte in kN/m <sup>3</sup> für Mauerwerk mit	
	Normalmauermörtel	Leichtmauer- oder Dünnbettmörtel
0,31 bis 0,35	5,5	4,5
0,36 bis 0,40	6,0	5,0
0,41 bis 0,45	6,5	5,5
0,46 bis 0,50	7,0	6,0
0,51 bis 0,55	7,5	6,5
0,56 bis 0,60	8,0	7,0
0,61 bis 0,65	8,5	7,5
0,66 bis 0,70	9,0	8,0
0,71 bis 0,75	9,5	8,5
0,76 bis 0,80	10,0	9,0
0,81 bis 0,90	11,0	10,0
0,91 bis 1,00	12,0	11,0
1,01 bis 1,20	14,0	13,0
1,21 bis 1,40	16,0	15,0
1,41 bis 1,60	16,0	16,0
1,61 bis 1,80	18,0	18,0
1,81 bis 2,00	20,0	20,0
2,01 bis 2,20	22,0	22,0
2,21 bis 2,40	24,0	24,0
2,41 bis 2,60	26,0	26,0

Tabelle 3-5: Flächenlast von Putzen nach [4]

Putz	Flächenlast je cm Dicke [kN/m <sup>2</sup> ]
Gipsputz	0,120
Kalk-, Kalkgips- und Gipssandputz	0,175
Kalkzementputz	0,200
Leichtputz nach DIN 18550-4	0,150
Zementputz	0,210

Nutzlasten auf Stahlbetondecken stellen im Mauerwerksbau die wichtigste Form von vertikalen veränderlichen Einwirkungen dar. Die Größe der anzusetzenden Nutzlasten ist ebenfalls in DIN EN 1991-1-1/NA definiert. Wesentliche charakteristische Werte sind in Tabelle 3-6 dargestellt. In üblichen Wohn- und Bürogebäuden können die veränderlichen Lasten zur Hälfte als gleichzeitig auf einer Decke wirkend angesehen werden, d.h. auf allen Feldern wird die gleiche Last angenommen oder keine Last angesetzt, falls dies maßgebend ist. Lediglich die halbe Nutzlast muss als wechselnd wirkend angenommen werden und ist ungünstigst auf den Feldern anzuordnen. Zu beachten ist, dass hier beide Teile der veränderlichen Belastung mit einem Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_Q = 1,5$  multipliziert werden müssen und keine Abminderung erfolgen darf.

Die Einwirkungen nicht tragender innerer Trennwände auf Decken dürfen vereinfachend über einen Flächenzuschlag zur charakteristischen Nutzlast berücksichtigt werden. Beträgt die Nutzlast mehr als  $5,0 \text{ kN/m}^2$  ist dieser Zuschlag nicht erforderlich. Die in Tabelle 3-6 angegebenen Ersatzlasten gelten dabei für leichte Trennwände mit einem zulässigen Gesamtgewicht von bis zu  $5,0 \text{ kN/m}$ . Schwerere Trennwände ( $> 5,0 \text{ kN/m}$ ) müssen gemäß DIN EN 1991-1-1/NA als Linienlasten in der statischen Berechnung der Decken berücksichtigt werden.

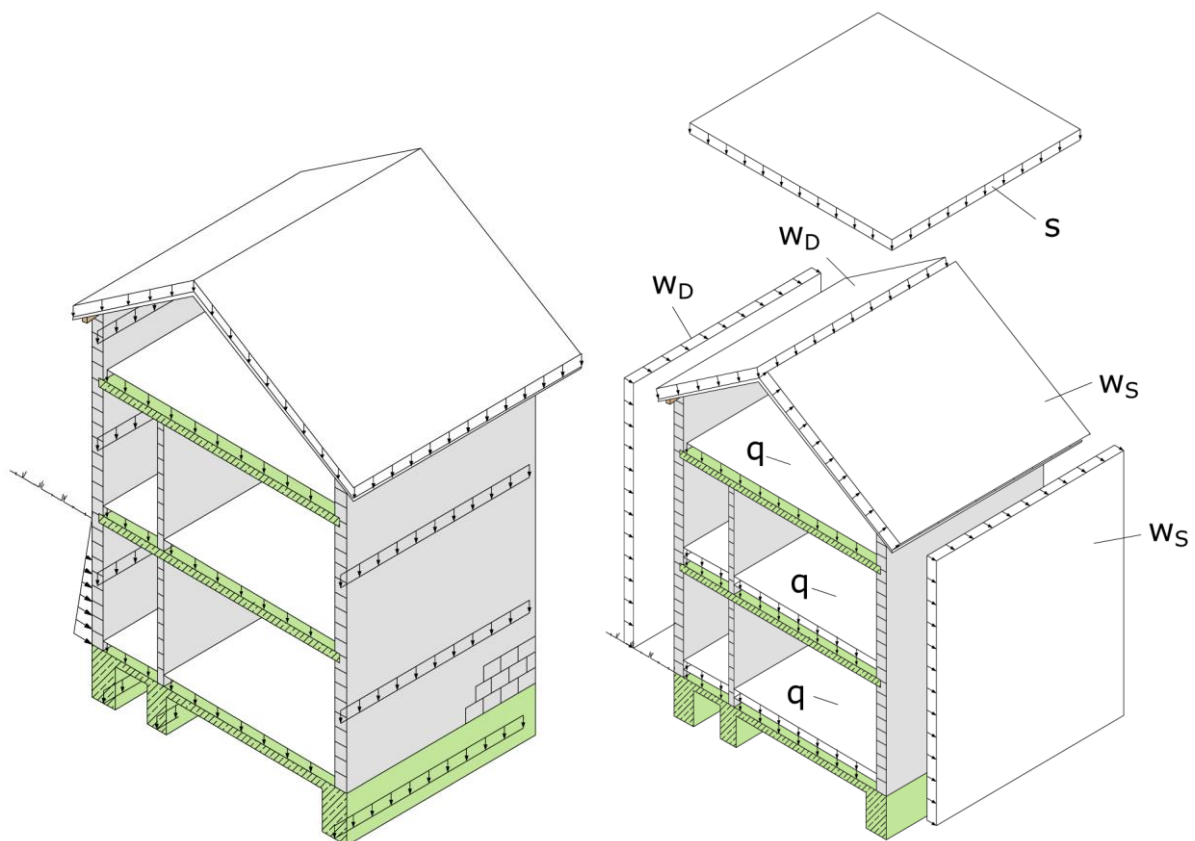


Bild 3-2: Gegenüberstellung der ständigen und der veränderlichen Einwirkungen

Tabelle 3-6: Richtwerte für Eigenlasten sowie anzusetzende Nutzlasten nach [4]

Eigenlasten				Verkehrs- und Eigenlasten nach DIN EN 1991-1-1/NA		
Dächer		q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ] bezogen auf die Dachfläche		Kategorie	Nutzung	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Stahlkonstruktion mit Dämmung und Trapezblech		0,6 bis 1,0		A1	Spitzböden	1,0
Holzkonstruktion mit Dämmung, Deckung und Innenausbau		0,6 bis 1,2		A2	Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräumen, Hotelzimmer	1,5
Flachdach (ohne Standardausbau mit Bekiesung Exklusive Begrünung)		ca. 2,2 ca. 1,2		A3	Wie A2, ohne ausreichende Querverteilung der Lasten	2,0 (1,5) <sup>1</sup>
Photovoltaikmodule und Sonnenkollektoren		0,1 bis 0,4		B1	Räume und Flure in Bürogebäuden	2,0
Decken		q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		B2	Flure in Hotels, Altersheimen, Krankenhäuser etc.	3,0
Schwimmender Estrich mit Belag		ca. 1,2		C1	Flächen mit Tischen (Schulräume, Restaurants, etc.)	3,0
Doppelboden mit Belag		0,8 bis 0,5		C2	Flächen mit fester Bestuhlung	4,0
Abgehängte Decken		ca. 0,3		C3	Frei begehbare Flächen	5,0
Wände		q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		D1	Verkaufsflächen bis 50m <sup>2</sup> Grundfläche in Wohn- und Bürogebäuden	2,0
Innenputz (je Seite)		ca. 0,2		D2	Flächen in Einzelhandelsgeschäften	5,0
Außenputz mit WDVS		ca. 0,3		T1	Treppen und Treppenpodeste zu A und B, ohne schwere Geräte	3,0
Eigengewicht (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden)				T2	Treppen und Treppenpodeste zu B2 bis D	5,0
Steinrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wichte *) [kg/m <sup>3</sup> ]	Steinrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wichte *) [kg/m <sup>3</sup> ]	Z	Dachterrassen, Balkone, Laubengänge	4,0
0,5	6	0,9	10	1) für die Weiterleitung der Lasten		
0,6	7	1,2	13		Trennwandzuschlag	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
0,7	8	1,4	15		Wandgewicht ≤ 3,0 kN/m	0,8
0,8	9	2,0	20		Wandgewicht > 3,0 kN/m ≤ 5,0 kN/m	1,2
*) bei Leicht- und Dünnbettmörtel				Bei Nutzlasten von ≥ 5 kN/m <sup>2</sup> kann der Trennwandzuschlag entfallen.		
Beton (mit Bewehrung)		g = 25 kN/m <sup>3</sup>				

### 3.2.3 Wind

Windbeanspruchungen stellen für Mauerwerksgebäude die wichtigste Form von horizontal angreifenden Einwirkungen dar und sind insbesondere beim Nachweis der Gebäudeaussteifung und beim Nachweis der aussteifenden Mauerwerkswände zu berücksichtigen. Darüber hinaus müssen die Außenwände für eine Windbelastung senkrecht zur Wandebene bemessen werden.

Die anzusetzende resultierende charakteristische Windkraft ergibt sich nach DIN EN 1991-1-4/NA aus dem Produkt des von der Gebäudehöhe und der geografischen Lage abhängigen charakteristischen Windgeschwindigkeitsdrucks, einem aerodynamischen Beiwert und der Lasteinzugsfläche:

$$W_{ik} = A_i \cdot c_{pe} \cdot q_p \quad (3.14)$$

mit

$W_{ik}$  resultierende charakteristische Windkraft

$A_i$  Lasteinzugsfläche

$c_{pe}$  aerodynamischer Beiwert

$q_p$  charakteristischer Geschwindigkeitsdruck

Der charakteristische Geschwindigkeitsdruck  $q_p$  kann für Gebäude mit einer Höhe kleiner 25 Meter aus Tabelle NA.B.3 der DIN EN 1991-1-4/NA (siehe Tabelle 3-7) in Abhängigkeit der Windzone entnommen werden. Die Windzone ergibt sich aus Bild 3-3 (Bild NA.A.1 der DIN EN 1991-1-4/NA). Genaue Informationen zur Abgrenzung der Windzonen finden sich beim Deutschen Institut für Bautechnik unter [www.dibt.de](http://www.dibt.de).



Bild 3-3: Karte der Windzonen für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach [6]

Tabelle 3-7: Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe nach [6]

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

<sup>1)</sup> Zur Küste zählt ein 5 km breiter Streifen, der entlang der Küste verläuft und landeinwärts gerichtet ist.  
<sup>2)</sup> Auf den Inseln der Nordsee gelten für den Böengeschwindigkeitsdruck für Bauwerke über 10 m Höhe gesonderte Regeln.

Der aerodynamische Beiwert  $c_{pe}$  berücksichtigt die Geometrie und Position des betrachteten Bauteils und ist darüber hinaus abhängig von der Größe der Lasteinzugsfläche. Die für Einzugsflächen  $\geq 10 \text{ m}^2$  geltenden  $c_{pe,10}$ -Werte werden zur Bemessung größerer Bauwerke oder des gesamten Tragwerks verwendet (siehe Tabelle 3-8).

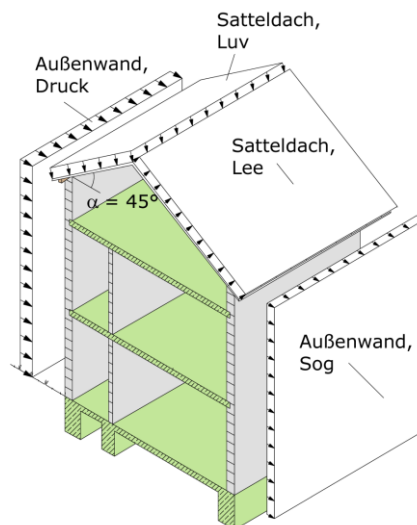


Bild 3-4: Windeinwirkungen auf ein Bauwerk (beispielhaft)

Tabelle 3-8:  $c_{pe,10}$ -Beiwerte für Außenwände (links) sowie für Sattel- und Flachdächer (rechts) nach [6]

$h/b$	$c_{pe,10,Druck}$	$c_{pe,10,Sog}$
$\geq 5$	+0,8	-0,5
1	+0,8	-0,5
$\leq 0,25$	+0,7	-0,3

$\alpha$	luv	lee
$0^\circ$	-0,7 / +0,2	
$5^\circ$	-0,6	-0,6
$15^\circ$	-0,3 / +0,2	-0,4
$30^\circ$	-0,2 / +0,4	-0,4
$45^\circ$	+0,6	-0,2
$60^\circ$	+0,7	-0,2

### 3.2.4 Schnee

Abgesehen von Wind sind als weitere veränderliche Einwirkungen Schneelasten zu berücksichtigen. Diese werden für Bauwerksstandorte unterhalb von 1500 m über NN nach DIN EN 1991-1-3/NA ermittelt, wobei sie als statisch wirkend betrachtet werden können. Eine geografische Abgrenzung der Schneelastzonen sowie Angaben für höher liegende Bauwerke finden sich beim Deutschen Institut für Bautechnik unter [www.dibt.de](http://www.dibt.de).

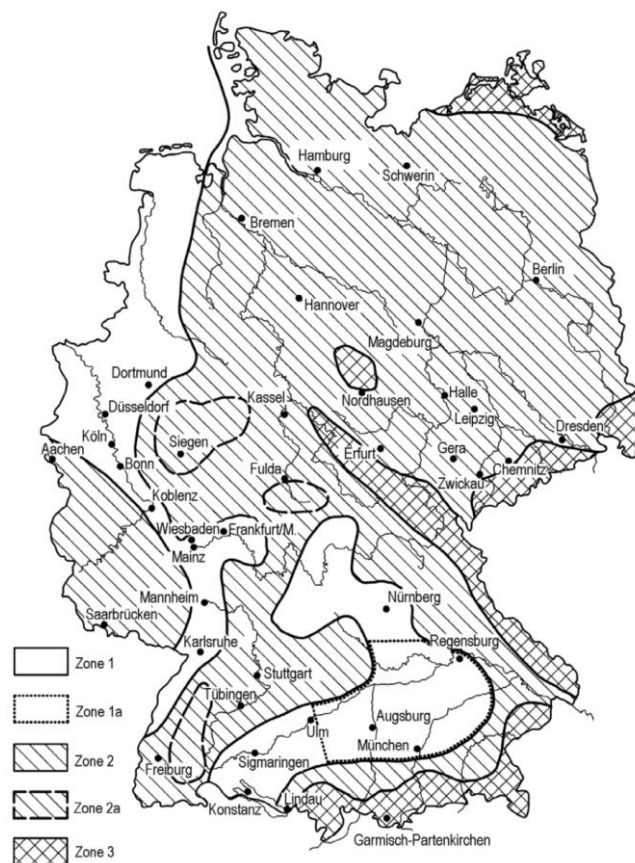


Bild 3-5: Karte der Schneelastzonen für die Bundesrepublik Deutschland nach [5]



Tabelle 3-9: Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden nach [5]

Zone	Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden in kN/m <sup>2</sup>
1	$s_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left( \frac{A+140}{760} \right)^2 \geq 0,65$
1a	$s_k = 1,25 \cdot \left[ 0,19 + 0,91 \cdot \left( \frac{A+140}{760} \right)^2 \right] \geq 0,81$
2	$s_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left( \frac{A+140}{760} \right)^2 \geq 0,85$
2a	$s_k = 1,25 \cdot \left[ 0,25 + 1,91 \cdot \left( \frac{A+140}{760} \right)^2 \right] \geq 1,06$
3 <sup>1)</sup>	$s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left( \frac{A+140}{760} \right)^2 \geq 1,10$
A Geländehöhe über dem Meeresniveau in m	
1) In Zone 3 können für bestimmte Lagen (z.B. Oberharz, Hochlagen des Fichtelgebirges, Reit im Winkl, Obernach/Walchensee) höhere Werte als nach der oben angegebenen Gleichung maßgebend sein. Angaben über die Schneelast in diesen Regionen sind bei den zuständigen Stellen einzuholen.	

In DIN EN 1991-1-3/NA werden für Deutschland insgesamt fünf Schneelastzonen definiert (s. Bild 3-5). Je nach Gebiet berechnet sich die charakteristische Schneelast auf dem Boden in Abhängigkeit von der Geländehöhe nach den Gleichungen in Tabelle 3-9. Um die charakteristische Schneelast auf dem Dach zu erhalten, muss die Schneelast auf dem Boden noch nach Gleichung (3.15) mit verschiedenen Beiwerten multipliziert werden. Dieser Wert wird dann in den ständigen und veränderlichen Bemessungssituationen in Ansatz gebracht. Die Schneelast auf dem Dach wirkt dabei immer senkrecht nach unten auf die horizontale Projektionsfläche des Daches bezogen.

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (3.15)$$

mit

- $\mu_i$  Formbeiwert der Schneelast
- $C_e$  Umgebungskoeffizient
- $C_t$  Temperaturkoeffizient
- $s_k$  charakteristische Schneelast auf dem Dach

Der Formfaktor  $\mu_i$  berücksichtigt die Dachform und -neigung und kann für Flach- und Pultdächer Tabelle 3-10 entnommen werden. Schneeverwehungen oder -anhäufungen werden hiermit jedoch ausdrücklich nicht berücksichtigt und müssen zusätzlich angesetzt werden. Der Umgebungs- und der Temperaturkoeffizient sind gemäß Nationalem Anwendungsdokument mit 1,0 anzusetzen.

Tabelle 3-10: Formbeiwerte  $\mu_1$  und  $\mu_2$  für Flach-, Pult- und Satteldächer nach [5]

Formbeiwert	Dachneigung $\alpha$		
	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_1(0^\circ) \cdot \frac{(60-\alpha)}{30^\circ}$	0
$\mu_2$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60-\alpha)}{30^\circ}$	0

mit  $\mu_1(0^\circ) = 0,8$   
 Die Formbeiwerte gelten, wenn der Schnee ungehindert vom Dach abrutschen kann. Wird das Abrutschen behindert (z.B. durch Schneefanggitter, Brüstungen o. Ä.) ist der Formbeiwert mit  $\mu = 0,8$  anzusetzen.

Eine Besonderheit ist im „Norddeutschen Tiefland“ zu beachten. Hier muss die Schneelast zusätzlich als ein außergewöhnlicher Lastfall betrachtet werden, bei dem der charakteristische Wert mit dem Faktor  $C_{esl} = 2,3$  multipliziert wird.