

Tech-News 11/03 Fachgebiet: Stahlbeton

von
Dipl.-Ing. Magnus Forster
Prüfingenieur für Baustatik VPI
Am Straßdorfer Berg 7
73529 Schwäbisch Gmünd

DIN 1045-1 Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationen

In diesem Beitrag soll der Normtext nicht exakt und vollständig wiedergegeben werden, sondern es wird versucht, die für die tägliche Arbeit wichtigen Aspekte übersichtlich darzustellen. Es wird deshalb bewußt von der präzisen, aber langatmigen Formulierung im Normtext abgewichen, um so das **Verstehen zu vereinfachen**. Für spezielle Fragen ist weiterhin ein Blick in den Originaltext erforderlich. Die rechte Randspalte enthält Verweise auf die jeweiligen Abschnitte in den Normen bzw. im Betonkalender 2002.

Hinsichtlich der Definition der in den Normen verwendeten **Symbole** wird auf den Normtext verwiesen.

DIN 1055-100,
3.2
DIN 1045-1,
3.2
BK1 / 2002,
S. 435, 2.1

In DIN 1055-100 werden **Anforderungen** bezüglich der Tragfähigkeit, der Gebrauchsfähigkeit und der Dauerhaftigkeit eines Tragwerks formuliert. Dies geschieht durch die Definition sogenannter **Grenzzustände**, bei deren Überschreiten das Tragwerk die gestellten Anforderungen nicht mehr erfüllt. Zur Formulierung der Grenzzustände werden **Teilsicherheitsbeiwerte** auf Seiten der Einwirkungen und auf Seiten des Tragwiderstandes verwendet. Dadurch ist eine differenzierte Berücksichtigung verschiedener Einflüsse möglich, was zu einem ausgewogenen Sicherheitsniveau führt.

Die DIN 1045-1 baut auf das Sicherheitskonzept auf, das in DIN 1055-100 grundsätzlich beschrieben und festgelegt ist.

DIN 1045-1,
5.1 (1)

Die DIN 1055-100 umfaßt also grundlegende, **bauartübergreifende Regelungen** für die Anforderungen an Tragwerke und das damit zusammenhängende Sicherheitskonzept. Bauartspezifische Regelungen sind allgemein den bauartspezifischen Normen zu entnehmen. So werden in der DIN 1045-1 in den Abschnitten 5.1 bis 5.4 lediglich bauartspezifische Ergänzungen gemacht.

DIN 1055-100,
Vorwort (4)

DIN 1045,
5.1 (1)

Der **Anwendungsbereich** der DIN 1055-100 umfaßt die Tragwerksplanung von Hoch- und Ingenieurbauwerken einschließlich ihrer Gründungen.

DIN 1055-100,
1 (2)

Zur Definition des Begriffs „**Hochbau**“ zählt die DIN 1055-100 folgende Kriterien auf:

DIN 1055-100,
3.1.1.2 und 3.1.1.3

- > selbständig benutzbare überdeckte bauliche Anlage mit vorwiegend oberirdischer Ausdehnung
- > kann von Menschen betreten werden
- > dient dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen

In der DIN 1045-1 wird der Begriff „**üblicher Hochbau**“ verwendet, was folgende Einschränkungen beinhaltet:

DIN 1045-1,
3.1.1

- > vorwiegend ruhende, gleichmäßig verteilte Nutzlasten bis 5 kN/m²,
- > Einzellasten bis 7,0 kN,
- > nur Personenkraftwagen (DIN 1055, Teil 3, Tab.1, Zeile 4b).

Im Anhang A zur DIN 1055-100 sind zusätzliche bauartübergreifende Bemessungsregeln für Hochbauten zusammengestellt.	DIN 1055-100, Vorwort (5)
Der Anwendungsbereich der DIN 1045-1 umfaßt jedoch den ganzen Hoch- und Ingenieurbau, soweit es sich um Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton handelt.	DIN 1045-1, 1 (1)
Die DIN 1045-1 erweitert ausdrücklich den Anwendungsbereich der in DIN 1055-100 für Hochbauten angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte und ψ -Beiwerte auf ihren Anwendungsbereich, d.h. auf den Hoch- und Ingenieurbau.	DIN 1045-1, 5.3.3 (1)
Somit gelten die im Anhang A zu DIN 1055-100 getroffenen Festlegungen für Tragwerke nach DIN 1045-1 für den gesamten Hoch- und Ingenieurbau.	BK1 / 2002, S. 229, 2. Absatz
Für andere Bauwerksarten fehlen zur Zeit solche zusätzlichen Bemessungsregeln mit spezifischen Teilsicherheitsbeiwerten und ψ -Beiwerten. Für Brücken wird auf die DIN-Fachberichte verwiesen.	
Auf das Tragwerk einwirkende Kraft- oder Verformungsgrößen werden mit dem Begriff Einwirkungen zusammengefaßt.	DIN 1055-100, 3.1.2.1
Für die einzelnen Nachweise müssen Einwirkungskombinationen (früher „Lastfallkombinationen“) gebildet werden.	DIN 1055-100, 3.1.2.17
Man unterscheidet zeitlich unveränderliche Einwirkungen (früher „ständige Lasten“) und zeitlich veränderliche Einwirkungen (früher „Verkehrslasten“).	DIN 1055-100, 3.1.2.4, 3.1.2.5
Eine detailliertere Unterscheidung ergibt:	
<ul style="list-style-type: none"> > ständige Einwirkungen Eigenlasten der Konstruktion und nichttragender Teile, Erddruck, ständiger (geometrisch begrenzter) Flüssigkeitsdruck, sowie Vorspannung (planmäßig in das Tragwerk eingetragener Spannungszustand) > veränderliche Einwirkungen Nutzlasten, Verkehrslasten, Schnee, Eis, Wind, Temperatur, veränderlicher Flüssigkeitsdruck, Baugrundsetzungen, Zwang (z.B. Umlagerungen im Querschnitt, Auflagersenkungen) > außergewöhnliche Einwirkungen Auftreten nur mit sehr kleinen Wahrscheinlichkeiten, erhebliche Schäden, z.B. Anprall, Brand, Explosion > Erdbeben außergewöhnliche Einwirkung infolge Erdbeben 	DIN 1055-100, 3.1.2.4, 9.4 (2), Tabelle A.1 DIN 1055-100, Tabelle A.1 DIN 1055-100, 3.1.2.5, 9.4 (3), Tabelle A.1, A.3 (4) DIN 1055-100, 3.1.2.5.3, Tabelle A.1 DIN 1055-100, 3.1.2.5.4, Tabelle A.1
Einwirkungen sind voneinander unabhängig , wenn sie aus verschiedenen Ursprüngen herrühren und die zwischen ihnen bestehende Korrelation vernachlässigt werden kann.	DIN 1055-100, 3.1.2.10
Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten zählen deshalb als <u>eine</u> unabhängige Einwirkung. Damit können bei einem mehrgeschossigen Hochbau die Nutzlasten in den einzelnen Geschossen nicht über die ψ -Beiwerte abgemindert werden.	DIN 1055-100, Fußnote a) zu Tabelle A.2
Als Konsequenz gibt es gesonderte Regelungen für ihre Abminderung, abhängig von den Lasteinzugsflächen und der Anzahl der Geschosse (siehe Neuausgabe der DIN 1055-3). Die Nutzlasten können für sekundäre Tragglieder (z.B. Unterzüge), die die Nutzlasten primärer Tragglieder (z.B. Decken) weiterleiten, oder für vertikale Tragglieder, die Lasten aus mehreren Stockwerken abtragen, abgemindert werden. Es ist jedoch nicht zulässig, beide Abminderungen gleichzeitig vorzunehmen	BK1 / 2002, S. 440, 2.4.1 DIN 1055-3, 6.1 (7)
Die charakteristische Werte der Einwirkungen sind den Normen der Reihe DIN 1055 oder anderen einschlägigen Normen zu entnehmen. Für Erdbebenwirkungen gibt die zukünftige DIN 4149-1 (ca. Ende 2004) Bemessungswerte an.	DIN 1055-100, 6.1

Um ein angemessenes und gleichmäßiges Zuverlässigkeitsniveau in den einzelnen Grenzzuständen zu erreichen, werden die veränderlichen Einwirkungen in der Regel nicht direkt mit ihren charakteristischen Werten, sondern mit den daraus abgeleiteten repräsentativen Werten berücksichtigt.

BK1 / 2002,
S. 228

Die Nachweise in den Grenzzuständen gehen von folgenden verschiedenen **repräsentativen Werten** der Einwirkungen aus:

DIN 1055-100,
3.1.2.1

- > charakteristischer Wert Q_k
Mittelwert einer statistischen Verteilung oder, falls keine Verteilung bekannt ist, oberer bzw. unterer Wert, von dem angenommen wird, daß er nicht über- oder unterschritten wird.
- > Kombinationswert $\psi_0 \cdot Q_k$ einer veränderlichen Einwirkung
Dieser Wert berücksichtigt die geringere Wahrscheinlichkeit, daß ungünstige Werte mehrerer voneinander unabhängiger veränderlicher Einwirkungen gleichzeitig auftreten. Die angestrebte Zuverlässigkeit des Tragwerks wird eingehalten.
- > häufiger Wert $\psi_1 \cdot Q_k$ einer veränderlichen Einwirkung
Dieser Wert ist so festgelegt, daß die Überschreitungshäufigkeit auf 300-mal je Jahr bzw. auf 5 % begrenzt ist.
- > quasi-ständiger Wert $\psi_2 \cdot Q_k$ einer veränderlichen Einwirkung
Zeitlicher Mittelwert, der mit einer Häufigkeit von 50 % über- bzw. unterschritten wird.

DIN 1055-100,
3.1.2.8.1,
6.1

DIN 1055-100,
3.1.2.8.2,
6.2 (2) und (3)

DIN 1055-100,
3.1.2.8.3,
6.2 (2) und (4)

DIN 1055-100,
3.1.2.8.4,
6.2 (2) und (5)

Die Beiwerte ψ sind für Hochbauten im Anhang A, für andere Bauwerke in den einschlägigen Einwirkungsnormen festgelegt. Wie bereits oben erwähnt, gelten diese Werte für den gesamten Anwendungsbereich der DIN 1045-1, also für den Hoch- und Ingenieurbau.

DIN 1055-100,
9.6, 10.6

	Kombi- nation	Langzeitanteile	
		häufig	quasi- ständig
Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten			
- 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 \square 30 kN	0,7	0,7	0,6
- Kategorie G – 30 kN \square Fahrzeuglast \square 160 kN	0,7	0,5	0,3
- Kategorie H – Dächer	0	0	0
Schnee- und Eislasten			
- Orte bis NN + 1000 m	0,5	0,2	0
- Orte über NN + 1000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten	0,6	0,5	0
Temperatureinwirkungen (nicht Brand)	0,6	0,5	0
Baugrundsetzungen	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen	0,8	0,7	0,5

Der **Teilsicherheitsbeiwert** dient zur Bestimmung des Bemessungswertes aus den repräsentativen bzw. charakteristischen Werten.

Die Teilsicherheitsbeiwerte beinhalten neben den Unsicherheiten der Einwirkungen auch die Modellunsicherheiten (z.B. bei der Festlegung des statischen Systems oder der Steifigkeiten). Deshalb müssen auch bei zahlenmäßig sehr genau erfaßbaren Einwirkungen immer Teilsicherheitsbeiwerte $> 1,0$ angesetzt werden.

BK1 / 2002,
S. 229

<p>Teilsicherheitsbeiwerte für Hochbauten sind im Anhang A zur DIN 1055-100 zu finden. Für andere Bauwerke sind die Werte den bauartspezifischen Normen zu entnehmen.</p> <p>Teilsicherheitsbeiwerte für Vorspannung sind ebenfalls den bauartspezifischen Normen zu entnehmen.</p> <p>Für den Anwendungsbereich der DIN 1045-1 sind die Teilsicherheitsbeiwerte in Tabelle 1 der DIN 1045-1 erweitert. Gleichzeitig werden in DIN 1045-1 einige Sonderregelungen angegeben, z.B.:</p>	<p>DIN 1055-100, 3.1.4.9, 9.5 (1), Tabelle A.3</p> <p>DIN 1055-100, A.3 (1)</p>
<p>Bei durchlaufenden Platten und Balken darf für ein und dieselbe unabhängige ständige Einwirkung entweder der obere oder der untere Wert γ_G in allen Feldern gleich angesetzt werden. Dies gilt nicht für den Nachweis der Lagesicherheit.</p>	<p>DIN 1045-1, 5.3.3 (5)</p>
<p>Bei nicht vorgespannten Durchlaufträgern und –platten des üblichen Hochbaus und linear-elastischer Berechnung brauchen – mit Ausnahme des Nachweises der Lagesicherheit – Bemessungssituationen mit günstigen ständigen Einwirkungen nicht berücksichtigt zu werden, wenn die Konstruktionsregeln für die Mindestbewehrung eingehalten werden.</p>	<p>DIN 1045-1, 8.2 (4)</p>
<p>Weitere Sonderregelungen für die Teilsicherheitsbeiwerte sind im Abschnitt 5.3.3 der DIN 1045-1 sowie im Abschnitt A.2 (4) der DIN 1055-100 zu finden.</p>	
<p>Das Produkt aus den repräsentativen Werten und den Teilsicherheitsbeiwerten ergibt die Bemessungswerte.</p>	<p>DIN 1055-100, 3.1.2.9, 3.1.4.9</p>
<p>Damit ist für bestimmte Bemessungssituationen der Nachweis zu führen, daß ein Grenzzustand eingehalten wird.</p>	<p>DIN 1055-100, 3.1.4.7</p>
<p>Als Grenzzustand wird der Zustand eines Tragwerks bezeichnet, bei dessen Überschreitung die der Tragwerksplanung zugrunde gelegten Anforderungen nicht mehr erfüllt sind.</p>	<p>DIN 1055-100, 3.1.4.8</p>
<p>Grenzzustand der Tragfähigkeit Zustand des Tragwerks, dessen Überschreitung unmittelbar zu einem rechnerischen Einsturz oder anderem Versagen führt.</p> <ul style="list-style-type: none"> > Verlust der Lagesicherheit durch Abheben, Umkippen, Aufschwimmen > Bruch, Übergang in eine kinematische Kette, Verlust der Stabilität, Gleiten > Materialermüdung, andere zeitabhängige Auswirkungen 	<p>DIN 1055-100, 3.1.4.8.1, 9.1</p> <p>BK1 / 2002, S. 436, 2.2</p>
<p>Es werden folgende Bemessungssituationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Grundkombination, sie umfaßt: <ul style="list-style-type: none"> ständige Situationen entspricht der üblichen Nutzung vorübergehende Situationen zeitlich begrenzte Zustände wie Bauzustände oder Instandsetzungen > außergewöhnliche Situation außergewöhnliche Einwirkungen wie Anprall, Brand, Explosion > Situationen infolge Erdbeben seismische Einwirkungen 	<p>DIN 1055-100, 9.3</p> <p>BK1 / 2002, S. 439</p>
<p>Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit Zustand des Tragwerks, bei dessen Überschreitung die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Man unterscheidet:</p> <ul style="list-style-type: none"> > umkehrbarer Grenzzustand keine bleibende Überschreitung nach dem Entfernen der Einwirkung > nicht umkehrbarer Grenzzustand bleibende Überschreitung nach dem Entfernen der Einwirkung 	<p>DIN 1055-100, 3.1.4.8.2</p>

Es werden folgende **Bemessungssituationen** im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit unterschieden: DIN 1055-100, 10.3

- > 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

Jeweils eine der drei genannten Einwirkungskombinationen ist zu untersuchen. Die Einwirkungskombinationen unterscheiden sich durch den zu berücksichtigenden Anteil der veränderlichen Einwirkungen. Welche Einwirkungskombination jeweils anzusetzen ist, kann den Abschnitten 11.1 bis 11.3 der DIN 1045-1 entnommen werden: BK1 / 2002, S. 230, 2.4.4

- Begrenzung der Betondruckspannungen
unter der quasi-ständigen bzw. seltenen Einwirkungskombination DIN 1045-1, 11.1, 11.1.2
- Begrenzung der Stahlspannungen
unter der seltenen Einwirkungskombination DIN 1045-1, 11.1, 11.1.3
- Begrenzung der Spannstahlspannungen
unter der quasi-ständig bzw. seltenen Einwirkungskombination DIN 1045-1, 11.1, 11.1.4
- Begrenzung der Rißbreiten bzw. Dekompressionsnachweis
unter den Einwirkungskombinationen nach Tab. 18 (DIN 1045-1) DIN 1045-1, 11.2,
- Begrenzung der Verformungen
unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination. DIN 1045-1, 11.3

Die Folgen der Einwirkungen wie Schnittgrößen, Verformungen Spannungen, Dehnungen, usw. werden als **Auswirkungen** bezeichnet. DIN 1055-100, 3.1.2.19

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerkes kann auch mit den Auswirkungen anstatt der Einwirkungen gearbeitet werden. Damit können die Schnittgrößen für die charakteristischen Einwirkungen ermittelt werden und erst anschließend die Teilsicherheitsbeiwerte γ und die Beiwerte ψ angesetzt werden. DIN 1055-100, 8.2 (1), 8.5 (2)
BK1 / 2002, S. 232, 3. Absatz

Die **Kombinationsregeln** für die Einwirkungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefaßt. DIN 1055-100, 9.4

In kritischen Lastfällen müssen für ständige Einwirkungen obere bzw. untere Werte angesetzt werden. DIN 1055-100, 9.5 (2)

Wenn es sich um sehr empfindliche Systeme handelt, müssen die oberen bzw. unteren Werte für ständige Einwirkungen getrennt als unabhängige Einwirkungen betrachtet werden. DIN 1055-100, 9.5 (3)

Bei mehreren unabhängigen ständigen Einwirkungen ist die Summe der ungünstigen unabhängigen Einwirkungen mit $\gamma_{G, sup}$, die Summe der günstigen unabhängigen Einwirkungen mit $\gamma_{G, inf}$ zu multiplizieren.

Falls die **vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkung** nicht offensichtlich ist, muß jede unabhängige veränderliche Einwirkung als vorherrschend untersucht werden. DIN 1055-100, 9.4 (5), (9)

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks kann die vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkung wie folgt ermittelt werden:

Tragfähigkeit:

- a) ständige und vorübergehende Bemessungssituationen
 $\gamma_{Q,1} \cdot (1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Qk,1} = \max \text{ oder } \min [\gamma_{Q,i} \cdot (1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Qk,i}]$
- b) außergewöhnliche Bemessungssituationen
 $(\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{Qk,1} = \max \text{ oder } \min [(\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot E_{Qk,i}]$

DIN 1055-100, 9.4 (9)

Gebrauchsfähigkeit:

a) seltene (charakteristische) Kombination

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

b) häufige Kombination

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

DIN 1055-100,
10.4 (3)

Kombinationen für eine außergewöhnliche Einwirkung enthalten entweder ausdrücklich eine außergewöhnliche Einwirkung oder sie beziehen sich auf die Situation nach einem außergewöhnlichen Ereignis.

DIN 1055-100,
9.4 (7)

Vereinfachte Kombinationsregeln

Diese Regeln gelten allgemein für Hochbauten und bei Anwendung der DIN 1045-1 für den Hoch- und Ingenieurbau.

Voraussetzung für die Anwendung der vereinfachten Kombinationsregeln ist eine linear-elastische Ermittlung der Schnittgrößen.

Die Schnittgrößen dürfen getrennt nach den in Tabelle A.1 (DIN 1055-100) angegebenen unabhängigen Einwirkungen berechnet werden. Die unabhängigen veränderlichen Auswirkungen dürfen durch Kombination zusammengefaßt werden. Hierbei wird die vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkung als Maximal- bzw. Minimalwert aus den unabhängigen veränderlichen Einwirkungen ausgewählt. Als Beiwert ψ ist der bauwerksbezogene Größtwert nach Tabelle A.2 anzusetzen.

BK1 / 2002,
S. 229, 2. Absatz

DIN 1055-100,
A.4 (1)

DIN 1055-100,
A.4 (2)

Die Anwendung der vereinfachten Berücksichtigung von **Schnee- und Windlast** ($s + w/2$) bzw. ($s/2 + w$) ist nicht zulässig, da dies bereits durch die Beiwerte ψ erfaßt wird.

LTB,
Anlage 1.1/5, 3.

Nichtlineare Berechnungsverfahren

Der Nachweis erfolgt durch den Vergleich einer maßgebenden Einwirkungskombination mit einer aufnehmbaren Systemtraglast.

Genauere Erläuterungen sind z.B. im BK1 / 2002, S. 232, 2.4.6 zu finden.

DIN 1055-100,
8.5 (5)
DIN 1045-1,
8.5
BK1 / 2002,
S. 232, 2.4.5

Grenzzustand der Tragfähigkeit durch Versagen des Tragwerks

	unabhängige ständige Einwirkungen	Vorspannung (DIN 1045-1, Tab.1)	unabhängige veränderliche Einwirkungen		außergewöhnliche Einwirkungen/Erdbeben
			vorherrschende Einwirkung	andere Einwirkungen	
Teilsicherheitsbeiwerte					
günstige Auswirkung	$\gamma_{G, \text{inf}} = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_A = 0$
ungünstige Auswirkung	$\gamma_{G, \text{sup}} = 1,35$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_A = 1,00$
außergewönl. Bem.sit.	$\gamma_{GA} = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_Q = 1,00$	$\gamma_Q = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$
Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$ (Bemessungswerte)	$\gamma_P \cdot P_k$	$\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$ (Bemessungswerte) $Q_{k,1}$ nach DIN 1055-100, 9.4 (9)	$\sum \psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$ (Kombinationswerte)	
Außergewöhnliche Bemessungssituationen	$\sum \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j}$ (Bemessungswerte)	$\gamma_{PA} \cdot P_k$	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ (häufiger Wert) $Q_{k,1}$ nach DIN 1055-100, 9.4 (9)	$\sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ (quasi-ständige Werte)	$\gamma_A \cdot A_k$ oder A_d (Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung)
Situationen infolge von Erdbeben	$\sum G_{k,j}$ (charakteristische Werte)	P_k	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ (quasi-ständige Werte)	$\gamma_{AE} \cdot A_{Ed}$ (Bemessungswert infolge Erdbeben)
Vereinfachte Komb.					
Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen (DIN 1055-100, Gl. (A.5) mit (A.1))	$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$	$\gamma_P \cdot P_k$	$1,50 \cdot Q_{k,1}$ $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$	$\psi_{0,Q} \cdot 1,50 \cdot \sum Q_{k,i}$ $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0	
Außergewöhnliche Bemessungssituationen (DIN 1055-100, Gl. (A.6) mit Gl. (A.3) und Gl. (A.1))	$\sum G_{k,j}$	P_k	$\psi_{1,Q} \cdot Q_{k,1}$ $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$ $\psi_{1,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_1	$\psi_{1,Q} \cdot \psi_{0,Q} \cdot \sum Q_{k,i}$ $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0 $\psi_{1,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_1	A_d
Situationen infolge von Erdbeben (DIN 1055-100, Gl. (A.7) mit (A.4))	$\sum G_{k,j}$	P_k	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ $\psi_{2,i} =$ Einzelwerte oder bauwerksbezogener Größtwert ψ_2	A_{Ed}

Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit

	unabhängige ständige Einwirkungen	Vorspannung	unabhängige veränderliche Einwirkungen		außergewöhnliche Einwirkungen/Erdbeben
			vorherrschende Einwirkung	andere Einwirkungen	
Teilsicherheitsbeiwerte	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_Q = 1,00$	$\gamma_Q = 1,00$	
Seltene Bemessungssituationen	$\Sigma G_{k,j}$ (charakteristische Werte)	P_k	$Q_{k,1}$ (charakteristischer Wert) $Q_{k,1}$ nach DIN 1055-100,10.4 (3)	$\Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ (Kombinationswerte)	
Häufige Bemessungssituationen	$\Sigma G_{k,j}$ (charakteristische Werte)	P_k	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ (häufiger Wert) $Q_{k,1}$ nach DIN 1055-100,10.4 (3)	$\Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ (quasi-ständige Werte)	
Quasiständige Bemessungssituationen	$\Sigma G_{k,j}$ (charakteristische Werte)	P_k	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ (quasi-ständige Werte)	
Vereinfachte Komb.					
Seltene Bemessungssituationen (DIN 1055-100, Gl. (A.2) mit (A.1))	$\Sigma G_{k,j}$	P_k	$Q_{k,1}$ $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$	$\psi_{0,Q} \cdot \Sigma Q_{k,i}$ $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0	
Häufige Bemessungssituationen (DIN 1055-100, Gl. (A.3) mit Gl. (A.1))	$\Sigma G_{k,j}$	P_k	$\psi_{1,Q} \cdot Q_{k,1}$ $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$ $\psi_{1,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_1	$\psi_{1,Q} \cdot \psi_{0,Q} \cdot \Sigma Q_{k,i}$ $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0 $\psi_{1,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_1	
Quasiständige Bemessungssituationen (DIN 1055-100, Gl. (A.4))	$\Sigma G_{k,j}$	P_k	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ $\psi_{2,i} =$ Einzelwerte oder bauwerksbezogener Größtwert ψ_2	

Grenzzustand der Lagesicherheit nach DIN 1055-100, 9.2

Da die Lagesicherheit materialunabhängig geregelt sein muß, enthält DIN 1045-1 hierzu keine gesonderten Regeln (vgl. DAfStb Heft 525, S. 16).

$E_{d, dst} - E_{d, stb} \leq R_d$ $E_{d, dst}$ Bemessungswert der Beanspruchung infolge der destabilisierenden Einwirkungen
 $E_{d, stb}$ Bemessungswert der Beanspruchung infolge der stabilisierenden Einwirkungen
 R_d Bemessungswert des Widerstandes der Verankerung (unverankert $R_d = 0$)

Bemessungssituation	unabhängige ständige Einwirkungen	Vorspannung	unabhängige veränderliche Einwirkungen		außergewöhnliche Einwirkungen/Erdbeben
			vorherrschende Einwirkung	andere Einwirkungen	
Teilsicherheitsbeiwerte					
Grundkombination, allg. destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$\gamma_{G, sup} = 1,10$ $\gamma_{G, inf} = 0,90$	$\gamma_P = 1,10$ $\gamma_P = 0,90$	$\gamma_Q = 1,50$ $\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$ $\gamma_Q = 0$	
Auftriebssicherheit destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$\gamma_{G, sup} = 1,05$ $\gamma_{G, inf} = 0,95$	$\gamma_P = 0$ $\gamma_P = 0$	$\gamma_Q = 1,50$ $\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$ $\gamma_Q = 0$	
Außergewöhnliche Kombination destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$\gamma_{G, sup} = 1,00$ $\gamma_{G, inf} = 0,95$	$\gamma_P = 1,00$ $\gamma_P = 1,00$	$\gamma_Q = 1,00$ $\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,00$ $\gamma_Q = 0$	$\gamma_A = 1,00$ $\gamma_A = 0$
Erdbebenkombination destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$\gamma_{G, sup} = 1,00$ $\gamma_{G, inf} = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$ $\gamma_P = 1,00$	$\gamma_Q = 1,00$ $\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,00$ $\gamma_Q = 0$	$\gamma_{AE} = 1,00$ $\gamma_{AE} = 0$

Grenzzustand der Lagesicherheit (Fortsetzung der Tabelle)

Bemessungssituation	unabhängige ständige Einwirkungen	Vorspannung	unabhängige veränderliche Einwirkungen		außergewöhnliche Einwirkungen/Erdbeben
			vorherrschende Einwirkung	andere Einwirkungen	
Grundkombination, allg. destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$1,10 \cdot \sum G_{k,j}$ $0,90 \cdot \sum G_{k,j}$	$1,10 \cdot P_k$ $0,90 \cdot P_k$	$1,50 \cdot Q_{k,1}$ 0	$\sum \psi_{0,i} \cdot 1,50 \cdot Q_{k,i}$ 0	
Auftriebssicherheit destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$1,05 \cdot \sum G_{k,j}$ $0,95 \cdot \sum G_{k,j}$	0 0	$1,50 \cdot Q_{k,1}$ 0	$\sum \psi_{0,i} \cdot 1,50 \cdot Q_{k,i}$ 0	
Außergewöhnliche Kombination destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$1,00 \cdot \sum G_{k,j}$ $0,95 \cdot \sum G_{k,j}$	$1,00 \cdot P_k$ $1,00 \cdot P_k$	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ 0	$\sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ 0	$1,00 \cdot A_k$ oder A_d 0
Erdbebenkombination destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk.	$1,00 \cdot \sum G_{k,j}$ $1,00 \cdot \sum G_{k,j}$	$1,00 \cdot P_k$ $1,00 \cdot P_k$	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ 0	$1,00 \cdot A_{Ed}$ 0
Vereinfachte Komb.					
Grundkombination, allg. destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk. (DIN 1055-100, Gl. (A.12))	$1,10 \cdot \sum G_{k,j}$ $0,90 \cdot \sum G_{k,j}$	$1,10 \cdot P_k$ $0,90 \cdot P_k$	$1,50 \cdot Q_{k,1}$ 0 $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$	$\psi_{0,Q} \cdot 1,50 \cdot \sum Q_{k,i}$ 0 $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0	
Auftriebssicherheit destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk. (DIN 1055-100, Gl. (A.13))	$1,05 \cdot \sum G_{k,j}$ $0,95 \cdot \sum G_{k,j}$	0 0	$1,50 \cdot Q_{k,1}$ 0 $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$	$\psi_{0,Q} \cdot 1,50 \cdot \sum Q_{k,i}$ 0 $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0	
Außergewöhnliche Kombination destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk. (DIN 1055-100, Gl. (A.14))	$1,00 \cdot \sum G_{k,j}$ $0,95 \cdot \sum G_{k,j}$	$1,00 \cdot P_k$ $1,00 \cdot P_k$	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung 0	$\psi_{1,Q} \cdot \sum Q_{k,i}$ 0 $\psi_{1,Q} =$ Einzelwerte oder bauwerksbezogener Größtwert ψ_1	A_d 0
Erdbebenkombination destabilisierende Einw. stabilisierende Einwirk. (DIN 1055-100, Gl. (A.15))	$1,00 \cdot \sum G_{k,j}$ $1,00 \cdot \sum G_{k,j}$	$1,00 \cdot P_k$ $1,00 \cdot P_k$	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung 0	$\sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ 0	A_{Ed} 0

Weiterleitung vertikaler Lasten

Bemessungssituation	unabhängige ständige Einwirkungen	Vorspannung	unabhängige veränderliche Einwirkungen vorherrschende Einwirkung	unabhängige veränderliche Einwirkungen andere Einwirkungen	außergewöhnliche Einwirkungen / Erdbeben
Vereinfachte Komb.					
	$1,35 \cdot \sum G_{k,j}$ $1,00 \cdot \sum G_{k,j}$	0 0	$1,50 \cdot Q_{k,1}$ 0 $Q_{k,1} = \max/\min Q_{k,i}$	$\psi_{0,Q} \cdot 1,50 \cdot \sum Q_{k,i}$ 0 $\psi_{0,Q} =$ bauwerksbezogener Größtwert ψ_0	

DIN 18800-1 Stahlbauten

Bemessungssituation	unabhängige ständige Einwirkungen	Vorspannung	unabhängige veränderliche Einwirkungen vorherrschende Einwirkung	unabhängige veränderliche Einwirkungen andere Einwirkungen	außergewöhnliche Einwirkungen / Erdbeben
eine veränderl. Einwirk.	$\gamma_F = 1,35$	---	$\gamma_F = 1,50$		
alle veränderl. Einwirk.	$\gamma_F = 1,35$	---	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\gamma_F \cdot \psi_i = 0,90 \cdot 1,50$	
außergewöhnl. Einwirk.	$\gamma_F = 1,00$	---	keine vorherrschende veränderliche Einwirkung	$\gamma_F = 1,00$	$\gamma_F = 1,00$

Beispiel

Es werden die Kombinationen für eine eingespannte Hallenstütze mit Lasten aus Dachbinder, Kranbahn, Schnee, Wind und Anprall aufgestellt. Die Tabellen beschränken sich auf die Angabe der Teilsicherheitsbeiwerte γ und der Beiwerte ψ , Zahlenwerte für die Schnittgrößen würden die Übersichtlichkeit erschweren.

Die folgende Tabelle enthält die im vorliegenden Fall erforderlichen Beiwerte ψ .

	Kombi- nation	Langzeitanteile	
		häufig	quasi- ständig
Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Schnee	0,5	0,2	0
Wind	0,6	0,5	0
Kran	0,8	0,7	0,5
Bauwerksbezogener Größtwert	0,8	0,7	0,5

Die Einwirkungen aus den vertikal wirkenden Radlasten des Krans (mit Schwingbeiwert) und aus den horizontal wirkenden Seitenlasten des Krans (DIN 4132) sind nicht unabhängig voneinander, werden hier aber trotzdem gesondert aufgeführt.

Tragfähigkeit, normale Kombinationen

Die vorherrschende Einwirkung kann entweder nach DIN 1055-100, 9.4 (9) ermittelt werden, oder es wird jede unabhängige veränderliche Einwirkung als vorherrschende veränderliche Einwirkung durchprobiert. Dieses systematische Durchprobieren bietet sich bei einer Berechnung mit dem Computer an. Das Vorgehen nach DIN 1055-100, 9.4 (9) erfordert eine größere Erfahrung.

Die Ermittlung nach DIN 1055-100, 9.4 (9) bedeutet, daß herausgesucht wird, bei welcher Einwirkung die Abminderung mit ψ sich am stärksten auswirkt. Somit ergibt sich die vorherrschende veränderliche Einwirkung für die Grundkombination als Extremwert aus:

$$\begin{aligned}1,50 \cdot (1 - 0,5) \cdot [\text{Schnee}] &= 0,75 \cdot [\text{Schnee}] \\1,50 \cdot (1 - 0,6) \cdot [\text{Wind}] &= 0,60 \cdot [\text{Wind}] \\1,50 \cdot (1 - 0,8) \cdot [\text{Kran}] &= 0,30 \cdot [\text{Kran}]\end{aligned}$$

Für die außergewöhnliche Kombination ergibt sich die vorherrschende veränderliche Einwirkung als Extremwert aus:

$$\begin{aligned}(0,2 - 0,0) \cdot [\text{Schnee}] &= 0,20 \cdot [\text{Schnee}] \\(0,5 - 0,0) \cdot [\text{Wind}] &= 0,50 \cdot [\text{Wind}] \\(0,7 - 0,5) \cdot [\text{Kran}] &= 0,20 \cdot [\text{Kran}]\end{aligned}$$

Kombinationen	ständige Einwirkungen	Schnee	Wind	Kran, vertikal	Kran, horizontal	Anprall Gabelstapler
	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$
Grundkombination	1,35 (1,00)	1,50 (vorherrschend)	0,6 · 1,50	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	0
	1,35 (1,00)	0,5 · 1,50	1,50 (vorherrschend)	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	0
	1,35 (1,00)	0,5 · 1,50	0,6 · 1,50	1,50 (vorherrschend)	0,8 · 1,50	0
	1,35 (1,00)	0,5 · 1,50	0,6 · 1,50	0,8 · 1,50	1,50 (vorherrschend)	0
außergewöhnliche	1,00	0,2 · 1,0 (vorherrschend)	0 · 1,00	0,5 · 1,00	0,5 · 1,00	1,00
	1,00	0 · 1,00	0,5 · 1,0 (vorherrschend)	0,5 · 1,00	0,5 · 1,00	1,00
	1,00	0 · 1,00	0 · 1,00	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0,5 · 1,00	1,00
	1,00	0 · 1,00	0 · 1,00	0,5 · 1,00	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	1,00

Tragfähigkeit, vereinfachte Kombinationen

Bei den vereinfachten Kombinationen wird statt mit verschiedenen Beiwerten ψ mit dem bauwerksbezogenen Größtwert gearbeitet. Auch vereinfacht sich die Auswahl der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung, da nur der Größtwert der jeweiligen Schnittgröße (Auswirkung) gesucht werden muß. Sofern sich ein Nachweis jedoch nicht auf eine Schnittgröße beschränkt, bietet es sich trotzdem wieder an, alle veränderlichen Einwirkungen als vorherrschende veränderliche Einwirkung durchzuprobieren.

Kombinationen	ständige Einwirkungen	Schnee	Wind	Kran, vertikal	Kran, horizontal	Anprall Gabelstapler
	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$
Grundkombination	1,35 (1,00)	1,50 (vorherrschend)	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	0
	1,35 (1,00)	0,8 · 1,50	1,50 (vorherrschend)	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	0
	1,35 (1,00)	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	1,50 (vorherrschend)	0,8 · 1,50	0
	1,35 (1,00)	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	0,8 · 1,50	1,50 (vorherrschend)	0
außergewöhnliche	1,00	0,70 (vorherrschend)	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	1,00
	1,00	0,7 · 0,8	0,70 (vorherrschend)	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	1,00
	1,00	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,70 (vorherrschend)	0,7 · 0,8	1,00
	1,00	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,70 (vorherrschend)	1,00

Gebrauchsfähigkeit, normale Kombinationen

Die vorherrschende Einwirkung kann entweder nach DIN 1055-100, 10.4 (3) ermittelt werden, oder es wird jede unabhängige veränderliche Einwirkung als vorherrschende veränderliche Einwirkung durchprobiert.

Die Ermittlung nach DIN 1055-100, 9.4 (9) bedeutet, daß herausgesucht wird, bei welcher Einwirkung die Abminderung mit ψ sich am stärksten auswirkt. Somit ergibt sich die vorherrschende veränderliche Einwirkung für die seltene Kombination als Extremwert aus:

$$\begin{aligned} (1 - 0,5) \cdot [\text{Schnee}] &= 0,50 \cdot [\text{Schnee}] \\ (1 - 0,6) \cdot [\text{Wind}] &= 0,40 \cdot [\text{Wind}] \\ (1 - 0,8) \cdot [\text{Kran}] &= 0,20 \cdot [\text{Kran}] \end{aligned}$$

Für die häufige Kombination ergibt sich die vorherrschende veränderliche Einwirkung als Extremwert aus:

$$\begin{aligned} (0,2 - 0,0) \cdot [\text{Schnee}] &= 0,20 \cdot [\text{Schnee}] \\ (0,5 - 0,0) \cdot [\text{Wind}] &= 0,50 \cdot [\text{Wind}] \\ (0,7 - 0,5) \cdot [\text{Kran}] &= 0,20 \cdot [\text{Kran}] \end{aligned}$$

Die quasi-ständige Kombination benötigt keine vorherrschende veränderliche Einwirkung.

Kombinationen	ständige Einwirkungen	Schnee	Wind	Kran, vertikal	Kran, horizontal	Anprall Gabelstapler
	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$
Selten	1,00	1,00 (vorherrschend)	0,6 · 1,00	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	0
	1,00	0,5 · 1,00	1,00 (vorherrschend)	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	0
	1,00	0,5 · 1,00	0,6 · 1,00	1,00 (vorherrschend)	0,8 · 1,00	0
Häufig	1,00	0,5 · 1,00	0,6 · 1,00	0,8 · 1,00	1,00 (vorherrschend)	0
	1,00	0,2 · 1,0 (vorherrschend)	0 · 1,00	0,5 · 1,00	0,5 · 1,00	0
	1,00	0 · 1,00	0,5 · 1,0 (vorherrschend)	0,5 · 1,00	0,5 · 1,00	0
Quasi-ständig	1,00	0 · 1,00	0 · 1,00	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0,5 · 1,00	0
	1,00	0 · 1,00	0 · 1,00	0,5 · 1,00	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0
	1,00	0 · 1,00	0 · 1,00	0,5 · 1,00	0,5 · 1,00	0

Gebrauchsfähigkeit, vereinfachte Kombinationen

Kombinationen	ständige Einwirkungen	Schnee	Wind	Kran, vertikal	Kran, horizontal	Anprall Gabelstapler
	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$	$\psi \cdot \gamma =$
Selten	1,00	1,00 (vorherrschend)	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	0
	1,00	0,8 · 1,00	1,00 (vorherrschend)	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	0
	1,00	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	1,00 (vorherrschend)	0,8 · 1,00	0
	1,00	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	0,8 · 1,00	1,00 (vorherrschend)	0
Häufig	1,00	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0
	1,00	0,7 · 0,8	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0
	1,00	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0,7 · 0,8	0
	1,00	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,7 · 0,8	0,7 · 1,0 (vorherrschend)	0
Quasi-ständig	1,00	0 · 1,00	0 · 1,00	0,5 · 1,00	0,5 · 1,00	0