

Kombinatorik und Lastweiterleitung nach dem neuen Normenkonzept

Umsetzung der DIN 1055-100 und DIN 1045-1 in Ing⁺

Die neue DIN 1055-100 und die neue DIN 1045 wurden zeitgleich in die Liste der technischen Baubestimmungen aufgenommen. Diese neue Normengeneration baut, wie bereits der EC2, auf dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte auf. Nachfolgend werden die wesentlichen Neuerungen und die sich daraus ergebenden Änderungen bei der Schnittgrößenermittlung und Lastweiterleitung aufgezeigt.

Neues Nachweiskonzept:

Das neue Nachweiskonzept unterscheidet zwischen den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.

Werden die Grenzzustände der Tragfähigkeit überschritten, kommt es entweder zum Versagen des Tragwerks oder zum Verlust der Lagesicherheit.

Die Grundgleichung zum Nachweis gegen Tragwerksversagen lautet:

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

E_d ist der Bemessungswert der Beanspruchung und R_d die Beanspruchbarkeit auf der Widerstandsseite.

Die Gleichung (1) basiert auf dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte (Bild 1): Die charakteristischen Werte der Lasten werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_F multipliziert; dadurch wird das Gebrauchsniveau auf das Bemessungsniveau angehoben; aus dem charakteristischen Wert E_k wird der Bemessungswert E_d . Die charakteristischen Werte der Bauteilwiderstände werden durch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M dividiert;

damit wird das Bruchniveau auf das Bemessungsniveau abgesenkt; aus dem charakteristischen Wert R_k wird die Beanspruchbarkeit R_d .

Die Lagesicherheit ist gegeben, wenn der Bemessungswert der Beanspruchungen infolge der destabilisierenden Einwirkungen $E_{d,dst}$ kleiner ist als der Bemessungswert der Beanspruchungen infolge der stabilisierenden Einwirkungen $E_{d,stb}$:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb} \quad (2)$$

Die Nachweise, die im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu führen sind, stellen die Gebrauchstauglichkeit des Tragwerks bzw. des Bauteils sicher. Im Stahlbetonbau sind dies der Nachweis der Rissbreitenbegrenzung, der Nachweis der Verformungen und die Nachweise der Spannungsbegrenzung. Der Nachweis ist eingehalten, wenn die durch Einwirkungen verursachte Größe E_d kleiner ist als ein festgelegter Grenzwert C_d (Gebrauchstauglichkeitskriterium).

$$E_d \leq C_d \quad (3)$$

Der Nachweis der Rissbreite z. B. ist eingehalten, wenn die vorhandene Rissbreite vorh. w_k kleiner ist als die zulässige Rissbreite max. w_k .

Kombinationsregeln:

Sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind unterschiedliche Bemessungssituationen zu untersuchen. Für jede Bemessungssituation schreibt die DIN 1055-100 eine Kombinationsregel vor, nach der die Einwirkungen zu überlagern sind.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden drei Bemessungssituationen unterschieden: die ständige und vorübergehende Bemessungssituation, die außergewöhnliche Bemessungssituation infolge Erdbeben. Die zugehörigen Kombinationsregeln sind in Bild 2 dargestellt.

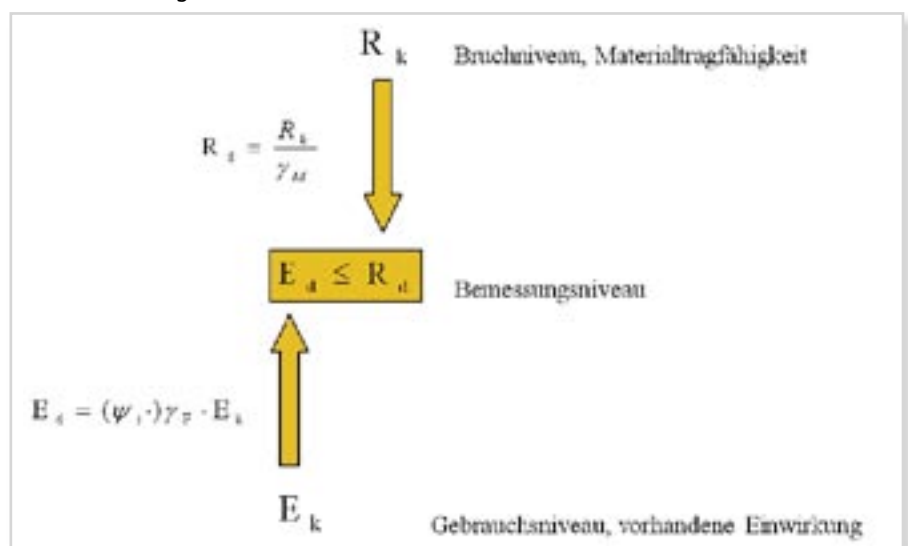


Bild 1: Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte

Kombinationsregeln im Grenzzustand der Tragfähigkeit:
 - für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation (Grundkombination):

$$E_d \leq E \left\{ \sum_{\text{III}} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_p \cdot P_k \oplus \sum_{\text{II}} \gamma_{Q,j} \cdot Q_{k,j} \oplus \sum_{\text{III}} \gamma_{Q,j} \cdot \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \right\} \quad (4)$$

- für die außergewöhnliche Bemessungssituation:

$$E_{d,ex} \leq E \left\{ \sum_{\text{III}} \gamma_{acc,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{acc} \cdot P_k \oplus A_p \oplus \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \oplus \sum_{\text{III}} \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \right\} \quad (5)$$

- für die Bemessungssituation infolge Erdbeben:

$$E_{d,ed} \leq E \left\{ \sum_{\text{III}} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \gamma_1 \cdot A_{ed} \oplus \sum_{\text{III}} \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \right\} \quad (6)$$

Dabei ist:
 \oplus „in Kombination mit“
 \sum „Kombination der unabhängigen Einwirkungen infolge von“

Bild 2: Kombinationsregeln im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Kombinationsregeln im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:
 - für die seltene Bemessungssituation:

$$E_{d,s} \leq E \left\{ \sum_{\text{III}} G_{k,j} \oplus P_k \oplus Q_{k,1} \oplus \sum_{\text{II}} \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \right\} \quad (7)$$

- für die häufige Bemessungssituation:

$$E_{d,h} \leq E \left\{ \sum_{\text{III}} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \oplus \sum_{\text{II}} \psi_{2,j} \cdot Q_{k,j} \right\} \quad (8)$$

- für die quasi-ständige Bemessungssituation:

$$E_{d,qs} \leq E \left\{ \sum_{\text{III}} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \sum_{\text{II}} \psi_{1,j} \cdot Q_{k,j} \right\} \quad (9)$$

Dabei ist:
 \oplus „in Kombination mit“
 \sum „Kombination der unabhängigen Einwirkungen infolge von“

Bild 3: Kombinationsregeln im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die ständige und vorübergehende Bemessungssituation ist stets zu untersuchen; sie wird auch als Grundkombination bezeichnet. Die außergewöhnliche Bemessungssituation ist immer dann zu untersuchen, wenn außergewöhnliche Lasten, wie z. B. Stützenanprall oder Trümmerlasten, vorhanden sind. Die Situation infolge Erdbeben ist für Tragwerke zu untersuchen, die in erdbebengefährdeten Zonen (in Deutschland z. B. im Bereich von Köln-Bonn) errichtet werden.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind beim Hochbau ebenfalls drei Bemessungssituationen zu untersuchen: die seltene, die häufige und die quasi-ständige Bemessungssituation. Bild 3 zeigt die entsprechenden Kombinationsregeln.

Falls die Spannungsnachweise nach DIN 1045-1, 11.1.1 (3) nicht entfallen dürfen, sind unter der seltenen Einwirkungskombination die Betondruckspannungen auf $0,6 \cdot f_{ck}$ und die Betonstahlspannungen auf $0,8 \cdot f_{yk}$ zu begrenzen. Ist der Einfluss aus Kriechen zu berücksichtigen, sind zusätzlich die Betondruckspannungen unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination auf $0,45 \cdot f_{ck}$ zu begrenzen.

Die Begrenzung der Rissbreite und die Begrenzung der Verformung bei

Stahlbetonbauteilen erfolgt i. d. R. für die quasi-ständige Einwirkungskombination.

Die häufige Bemessungssituation ist im Spannbetonbau von Bedeutung. Abhängig von der Anforderungsklasse ist der Nachweis der Dekompression oder auch der Nachweis der Rissbreitenbegrenzung für die häufige Bemessungssituation zu führen.

Kombiniert werden die ständigen Einwirkungen $G_{k,j}$ mit den veränderlichen Einwirkungen $Q_{k,1}$ bzw. $Q_{k,i}$ und – falls vorhanden – mit dem charakteristischen Wert der Vorspannung P_k . Die ständigen und veränderlichen Einwirkungen bestehen aus einem oder mehreren charakteristischen Werten der Kraft- oder Verformungsgrößen, die auf das Tragwerk einwirken. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden die charakteristischen Werte mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten γ multipliziert (Bild 1).

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit spielen die Teilsicherheitsbeiwerte keine Rolle. Hier werden stets die charakteristischen Werte überlagert.

Die Einwirkungen sind so zu kombinieren, dass man in der Summe den ungünstigsten Bemessungswert der Beanspruchung erhält. Die ständigen Einwirkungen werden stets berück-

sichtigt. Die veränderlichen Einwirkungen werden nur berücksichtigt, wenn diese ungünstig wirken. Die veränderliche Einwirkung ($Q_{k,1}$), die den ungünstigsten Bemessungswert liefert, wird als vorherrschende veränderliche Einwirkung oder kurz als Leiteinwirkung bezeichnet. Alle weiteren veränderlichen Einwirkungen ($Q_{k,i}$) sind dann die so genannten Begleiteinwirkungen. Welche der veränderlichen unabhängigen Einwirkungen ist die Leiteinwirkung? Diese Frage lässt sich ohne eine aufwendige Untersuchung meist nicht beantworten.

Sicherheits- und Kombinationsbeiwerte:

Die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Seite der Einwirkungen sind für den Stahlbetonbau in der Tabelle 1 der DIN 1045-1 zusammengestellt (Tabelle 1).

Für günstig wirkende ständige Einwirkungen ist der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G = 1,00$, für ungünstig wirkende ständige Einwirkungen ist $\gamma_G = 1,35$. Dabei darf nach DIN 1045-1, 5.3.3 (5), beim Nachweis der Tragfähigkeit bei durchlaufenden Platten und Balken für ein und dieselbe unabhängige ständige Einwirkung entweder der obere oder der untere Wert γ_G in allen Feldern gleich angesetzt werden.

Auswirkung	Ständige Einwirkungen γ_s	veränderliche Einwirkungen γ_2	Vorspannung γ_p
günstig	1,00	-	1,00
ungünstig	1,35	1,50	1,00

Tabelle 1: Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf Tragwerke im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen werden mit $\gamma_2 = 1,50$ multipliziert. Für die Einwirkung infolge Vorspannung darf als Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_p = 1,00$ angesetzt werden, sofern die Vorspannung aus Anker- und Umlenkräften oder als einwirkende Schnittgröße berücksichtigt wird.

Da es unwahrscheinlich ist, dass alle unabhängigen veränderlichen Einwirkungen zeitgleich in voller Größe auftreten, dürfen die veränderlichen Einwirkungen, die Begleiteinwirkungen sind, mit Kombinationsbeiwerten abgemindert werden. Die Kombinationsbeiwerte können der Tabelle A.2, im Anhang A der DIN 1055-100 entnommen werden (Tabelle 2).

Die Abminderung der Begleiteinwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit dem Kombinationsbeiwert ψ_0 , Gleichung (4) in Bild 2, ist mit der alten Regel „w/2+s bzw. w+s/2“ vergleichbar. Werden die Schnee- und Eislasten voll angesetzt, brauchen

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 $\leq 30kN$	0,7	0,7	0,6
- Kategorie G, $30kN \leq$ Fahrzeuglast $\leq 160kN$	0,7	0,5	0,3
- Kategorie H - Dächer	0	0	0
Schnee- und Eislasten			
- Orte bis NN + 1000m	0,5	0,2	0
- Orte über NN + 1000m	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

Tabelle 2: Beiwerte ψ

der Schneelasten berücksichtigt zu werden.

Der Kombinationsbeiwert ψ_1 ist der häufige Kombinationsbeiwert. In der Kombinationsregel für die häufige Bemessungssituation, Gleichung (8)

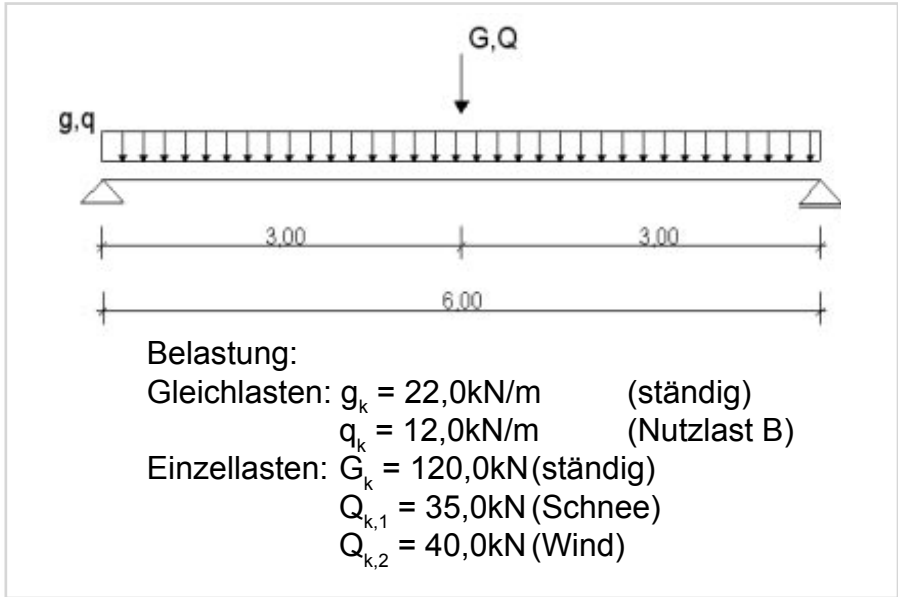


Bild 4: Abfangträger, statisches System und Belastung

nach dem neuem Sicherheitskonzept, nur 60 % ($\psi_0 = 0,6$) der Windlasten berücksichtigt zu werden. Bei voller Berücksichtigung der Windlasten brauchen entsprechend nur 50 % ($\psi_0 = 0,5$) bzw. 70 % ($\psi_0 = 0,7$)

in Bild 3, wird die vorherrschende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung) mit ψ_1 abgemindert.

ψ_2 ist dementsprechend der quasi-ständige Kombinationsbeiwert. In der Kombinationsregel für die quasi-ständige Bemessungssituation, Gleichung (9) in Bild 3, werden alle (es wird nicht zwischen Leit- und Begleiteinwirkungen unterschieden) unabhängigen, veränderlichen Einwirkungen, die ungünstig wirken, mit ψ_2 abgemindert.

Beispiel Abfangträger:

Für den in Bild 4 dargestellten Abfangträger werden nachfolgend das bemessungsmaßgebende Biegemoment und die bemessungsmaßgebende Querkraft für die zu untersuchenden Bemessungssituationen ermittelt.

Einwirkung	Schnittgrößen		Kombinationsbeiwerte		
	Max. M_k [kNm]	Max. V_k [kN]	ψ_0	ψ_1	ψ_2
ständig	279,0	126,0	-	-	-
Nutzlast B	54,0	36,0	0,7	0,5	0,3
Schnee	52,5	17,5	0,5	0,2	0
Wind	60,0	20,0	0,6	0,5	0

Tabelle 3: Abfangträger, charakteristische Schnittgrößen und Kombinationsbeiwerte je Einwirkung

Beansprucht wird der Träger durch zwei Gleichstreckenlasten und, infolge der Stützenabfangung in Feldmitte, durch drei Einzellasten. Die veränderlichen Einwirkungen, Nutzlast Kategorie B, Wind und Schnee, sind voneinander unabhängig.

Aufgrund des einfachen statischen Systems ist sofort erkennbar, dass die bemessungsmaßgebende Stelle für die Biegebemessung die Trägermitte und für die Querkraftbemessung das Auflager ist. Nicht erkennbar ist, welche der veränderlichen Einwirkung Leiteinwirkung ist. Die Schnittgrößenermittlung erfolgt linear-elastisch. Es werden zunächst die charakteristischen Werte der Schnittgrößen je Einwirkung ermittelt. Diese werden dann anhand der Kombinationsregeln unter Berücksichtigung der Kombinationsbeiwerte überlagert. In der Tabelle 3 sind die charakteristischen Biegemomente in Feldmitte $\max. M_k$ und die charakteristischen Querkräfte am Auflager $\max. V_k$ mit den dazugehörigen Kombinationsbeiwerten je Einwirkung dargestellt.

Bild 5 zeigt die Ermittlung der bemessungsmaßgebenden Schnittgrößen M_{Ed} und V_{Ed} . Da drei voneinander unabhängige, veränderliche Einwirkungen vorhanden sind, sind für jede Bemessungssituation drei Kombinationen je Schnittgröße möglich. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, wurden die veränderlichen Einwirkungen farblich unterschieden (Nutzlast = blau; Schnee = grün und Wind = rot).

Schon dieses einfache Beispiel verdeutlicht, dass die maßgebende Leiteinwirkung nicht vorab erkennbar ist. Jede der drei veränderlichen Einwirkungen wurde Leiteinwirkung, d. h. eine für einen Fall gefundene Leiteinwirkung ist nicht gleichzeitig auch die maßgebende Leiteinwirkung für alle anderen Fälle. Das bedeutet, dass für jede bemessungsmaßgebende Stelle und für jede zu untersuchende Bemessungssituation sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Kombinatorik erneut zu bilden ist.

Beispiel Kragstütze:

Der Abfangträger aus Bild 4 lagert auf einer Kragstütze auf. Statisches System und Belastung sind in Bild 6 dargestellt. Die Auflagerkräfte des Trägers F_2 werden mit einer Ausmitte von 20 cm eingeleitet. Das Stützeingengewicht F_1 wird vereinfachend am Stützenkopf angesetzt und wirkt zentrisch. Zusätzlich wird die Stütze durch eine horizontale Streckenlast infolge Wind beansprucht.

Grundkombinationen, Gleichung (4):
 $M_{Ed} = 1,35 \cdot 279 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 54 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 52,5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 60 = 551,03 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} = 1,35 \cdot 279 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 54 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 52,5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 60 = 566,10 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} = 1,35 \cdot 279 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 54 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 52,5 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 60 = 562,73 \text{ kNm}$
 maßgebend: **Schnee als Leiteinwirkung!**
 $V_{Ed} = 1,35 \cdot 126 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 36 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 17,5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 20 = 255,23 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 1,35 \cdot 126 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 36 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 17,5 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 20 = 252,15 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 1,35 \cdot 126 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 36 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 17,5 + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 20 = 251,03 \text{ kN}$
 maßgebend: **Nutzlast als Leiteinwirkung!**

Seltene Kombination, Gleichung (7):
 $M_{Ed} = 279 + 1,0 \cdot 54 + 0,5 \cdot 52,5 + 0,6 \cdot 60 = 395,25 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} = 279 + 0,7 \cdot 54 + 1,0 \cdot 52,5 + 0,6 \cdot 60 = 405,30 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} = 279 + 0,7 \cdot 54 + 0,5 \cdot 52,5 + 1,0 \cdot 60 = 403,05 \text{ kNm}$
 maßgebend: **Schnee als Leiteinwirkung!**
 $V_{Ed} = 126 + 1,0 \cdot 36 + 0,5 \cdot 17,5 + 0,6 \cdot 20 = 182,75 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 126 + 0,7 \cdot 36 + 1,0 \cdot 17,5 + 0,6 \cdot 20 = 180,70 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 126 + 0,7 \cdot 36 + 0,5 \cdot 17,5 + 1,0 \cdot 20 = 179,95 \text{ kN}$
 maßgebend: **Nutzlast als Leiteinwirkung!**

häufige Kombination, Gleichung (8):
 $M_{Ed} = 279 + 0,5 \cdot 54 + 0,0 \cdot 52,5 + 0,0 \cdot 60 = 306,00 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} = 279 + 0,3 \cdot 54 + 0,2 \cdot 52,5 + 0,0 \cdot 60 = 305,70 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} = 279 + 0,3 \cdot 54 + 0,0 \cdot 52,5 + 0,5 \cdot 60 = 325,20 \text{ kNm}$
 maßgebend: **Wind als Leiteinwirkung!**
 $V_{Ed} = 126 + 0,5 \cdot 36 + 0,0 \cdot 17,5 + 0,0 \cdot 20 = 144,00 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 126 + 0,3 \cdot 36 + 0,2 \cdot 17,5 + 0,0 \cdot 20 = 140,30 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 126 + 0,3 \cdot 36 + 0,0 \cdot 17,5 + 0,5 \cdot 20 = 146,80 \text{ kN}$
 maßgebend: **Wind als Leiteinwirkung!**

quasi-ständige Kombination, Gleichung (9):
 $M_{Ed} = 279 + 0,3 \cdot 54 + 0,0 \cdot 52,5 + 0,0 \cdot 60 = 295,20 \text{ kNm}$
 $V_{Ed} = 126 + 0,3 \cdot 36 + 0,0 \cdot 17,5 + 0,0 \cdot 20 = 138,80 \text{ kN}$

Bild 5: Abfangträger, Bemessungsschnittgrößen M_{Ed} und V_{Ed}

Bei dieser Kragstütze handelt es sich um ein verschiebliches System, d. h. das Gleichgewicht ist am verformten System zu bilden. Im Stahlbetonbau sind solche Systeme nichtlinear nach Theorie 2. Ordnung zu bemessen. Die physikalische und geometrische Nichtlinearität hat zur Folge, dass das Superpositionsgesetz nicht mehr gültig ist. Folglich ist eine für jede Einwirkung getrennte Ermittlung der charakteristischen Schnittgrößen und die anschließende Kombination dieser Schnittgrößen, wie beim Abfangträger, nicht mehr möglich. Es müssen vorab die Einwirkungen kombiniert werden. Mit diesen kombinierten Einwirkungen erfolgt dann die Bemessung.

Beim Vorhandensein von drei unabhängigen veränderlichen Einwirkun-

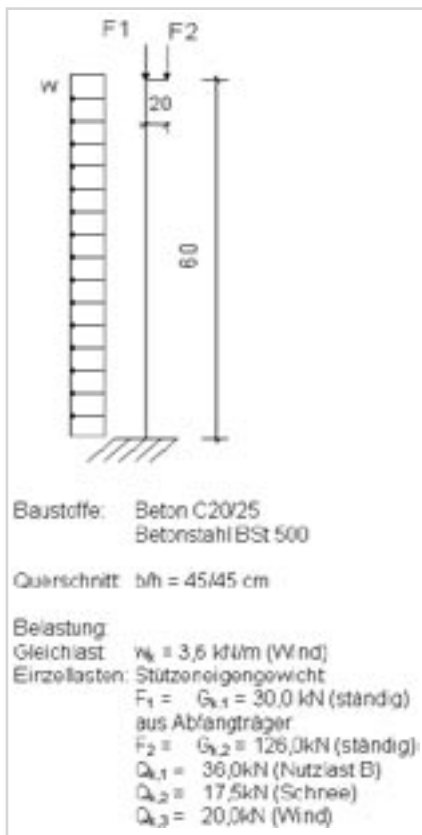


Bild 6: Kragstütze, statisches System und Belastung

gen, wie im gezeigten Beispiel, sind 26 Grundkombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit möglich. Bei nur einer veränderlichen Einwirkung mehr, sind schon 66 Grundkombinationen möglich und beim Vorhandensein einer zusätzlichen außergewöhnlichen Last muss neben den Grundkombinationen auch noch die außergewöhnliche Bemessungssituation untersucht werden.

Der Ausschnitt des Ergebnisausdruckes in Bild 7 zeigt alle möglichen Grundkombinationen der Kragstütze. Anhand der Beiwerte ($\gamma \cdot \psi_0$) erkennt man, ob die ständige Einwirkung günstig (1,00) oder ungünstig (1,35) wirkt, und ob die veränderliche Einwirkung Leit- (1,50) oder Begleit- einwirkung ($1,50 \cdot \psi_0$) ist.

Die nichtlineare Bemessung der Stütze erfolgte mit dem BauStatik-

Pos. S407		Allg. Stützensystem DIN 1045-1				
Bemessung		gemäß DIN 1045-1, Abschn. 8.2, 8.5, 8.6, 9.1, 9.2				
		Das System in z-Richtung gegen Knicken gehalten				
		Ungew. Ausmitte affin zur Knickfigur aufgebracht.				
		Kriechverformungen werden nach linearer Th. II. O. mit folgenden Biegesteifigkeiten B_y, B_z berechnet:				
	von x	bis x	E_c, eff	ν	B_y	B_z
	[m]	[m]	[kN/mm ²]	[%]	[MNm ²]	[MNm ²]
	0.00	6.00	8.23	0.24	29.3	31.7
Grundkombination E ₀ DIN 1055-100, (14)		Nr.	$\gamma \cdot (\gamma \cdot \psi_0 \cdot E_w)$			
		1	1.35*Ständig			
		2	1.35*Ständig +1.50*Nutzlast			
		3	1.35*Ständig +1.50*Schnee			
		4	1.35*Ständig +1.50*Wind			
		5	1.35*Ständig +1.50*Nutzlast +0.75*Schnee			
		6	1.35*Ständig +1.05*Nutzlast +1.50*Schnee			
		7	1.35*Ständig +1.50*Nutzlast +0.90*Wind			
		8	1.35*Ständig +1.05*Nutzlast +1.50*Wind			
		9	1.35*Ständig +1.50*Schnee +0.90*Wind			
		10	1.35*Ständig +0.75*Schnee +1.50*Wind			
		11	1.35*Ständig +1.50*Nutzlast +0.75*Schnee			
		12	+0.90*Wind 1.35*Ständig +1.05*Nutzlast +1.50*Schnee			
		13	+0.90*Wind 1.35*Ständig +1.05*Nutzlast +0.75*Schnee			
		14	+1.50*Wind 1.00*Ständig			
		15	1.00*Ständig +1.50*Nutzlast			
		16	1.00*Ständig +1.50*Schnee			
		17	1.00*Ständig +1.50*Wind			
		18	1.00*Ständig +1.50*Nutzlast +0.75*Schnee			
		19	1.00*Ständig +1.05*Nutzlast +1.50*Schnee			
		20	1.00*Ständig +1.50*Nutzlast +0.90*Wind			
		21	1.00*Ständig +1.05*Nutzlast +1.50*Wind			
		22	1.00*Ständig +1.50*Schnee +0.90*Wind			
		23	1.00*Ständig +0.75*Schnee +1.50*Wind			
		24	1.00*Ständig +1.50*Nutzlast +0.75*Schnee			
		25	+0.90*Wind 1.00*Ständig +1.05*Nutzlast +1.50*Schnee			
		26	+0.90*Wind 1.00*Ständig +1.05*Nutzlast +0.75*Schnee			
			+1.50*Wind			

Bild 7: Kragstütze, mögliche Grundkombinationen

Programm S407 „Allgemeines Stützensystem nach DIN 1045-1“. Als bemessungsmaßgebende Kombination stellte sich die Kombination Nr. 17 heraus. In dieser Kombination ergibt sich die ungünstigste Beanspruchung aus der 1,0-fachen (günstig wirkend) ständigen Einwirkung und aus der 1,5-fachen Windbeanspruchung. Alle anderen veränderlichen Einwirkungen wirken günstig und werden in Kombination Nr. 17 nicht berücksichtigt.

Lastweiterleitung:

Die Einführung des neuen Sicherheitskonzeptes hat auch Auswirkungen auf die Lastweiterleitung.

Bisher konnten die Lasten unterteilt in einen ständigen Anteil g und einen

veränderlichen Anteil $max.$ bzw. $min.$ weitergeleitet werden. Nach dem neuen Sicherheitskonzept sollten die Lasten jedoch – getrennt für jede Einwirkung – einwirkungstreu weitergeleitet werden. Am Beispiel des Abfangträgers wurde deutlich, dass sich die bemessungsmaßgebende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung) in Abhängigkeit der zu untersuchenden Bemessungssituation und der zu untersuchenden Schnittgrößen ändert. Wäre die Auflagerkraft der abzufangenden Stütze nur als kombinierter Wert auf den Träger weitergegeben worden, wäre eine korrekte Bildung der bemessungsmaßgebenden Kombinationen nicht mehr möglich gewesen, denn die bemessungsmaßgebende Kombination des lastabgebenden Bauteils ist

Auflagergrößen an Stützenfuß	K	Ad [kN]	Hyd [kNm]	Hzd [kNm]	Hyd [kN]	Hzd [kN]
1		210.60	0.00	84.67	0.00	0.00
2		264.60	0.00	85.26	0.00	0.00
3		236.85	0.00	74.46	0.00	0.00
4		240.60	0.00	-68.11	-32.40	0.00
5		277.73	0.00	90.29	0.00	0.00
6		274.65	0.00	89.11	0.00	0.00
7		282.60	0.00	5.26	-19.44	0.00
8		278.40	0.00	-58.64	-32.40	0.00
9		254.85	0.00	-3.66	-19.44	0.00
10		253.73	0.00	-65.26	-32.40	0.00
11		295.73	0.00	9.94	-19.44	0.00
12		292.65	0.00	8.80	-19.44	0.00
13		291.53	0.00	-34.10	-32.40	0.00
14		156.00	0.00	47.05	0.00	0.00
15		210.00	0.00	67.16	0.00	0.00
16		182.25	0.00	56.69	0.00	0.00
17		186.00	0.00	-76.39	-32.40	0.00
18		223.13	0.00	72.05	0.00	0.00
19		220.05	0.00	70.90	0.00	0.00
20		228.00	0.00	-8.15	-19.44	0.00
21		223.80	0.00	-69.03	-32.40	0.00
22		200.25	0.00	-15.96	-19.44	0.00
23		199.13	0.00	-73.93	-32.40	0.00
24		241.13	0.00	-4.36	-19.44	0.00
25		238.05	0.00	-5.28	-19.44	0.00
26		236.93	0.00	-66.28	-32.40	0.00

Charakteristische werte	Einw	Ak [kN]	Hyk [kNm]	Hzk [kNm]	Hyk [kN]	Hzk [kN]
Ständig		156.00	0.00	25.20	0.00	0.00
Nutzlast		36.00	0.00	7.20	0.00	0.00
Schnee		17.50	0.00	3.50	0.00	0.00
wind		20.00	0.00	-60.80	-21.60	0.00

Bild 8: Kragstütze, Auflagerkräfte

i. d. R. nicht identisch mit der bemessungsmaßgebenden Kombination des lastaufnehmenden Bauteils.

Durch eine einwirkungstreue Lastweiterleitung können alle Lasten eindeutig einer Einwirkung zugeordnet und anschließend eine exakte Kombinatorik durchgeführt werden.

Bei nichtlinearen Systemen liegen die Auflagerkräfte zunächst nur als Bemessungswerte (γ -fach kombinierte Werte) vor, da die Bemessung mit γ -fach kombinierten Einwirkungen erfolgt (siehe Beispiel Kragstütze). So müssen bei nichtlinearen Systemen im Anschluss an die Bemessung für die Lastweiterleitung die charakteristischen Auflagerkräfte zusätzlich ermittelt werden. Bild 8 zeigt die Ausgabe der Auflagerkräfte am Beispiel der Kragstütze. Für jede untersuchte Kombination werden die Bemessungswerte (Index d) der Auflagerkräfte und für jede Einwirkung die charakteristischen (Index k) Auflagerkräfte ausgegeben. Alle Werte werden abgespeichert und stehen für die Lastweiterleitung zur Verfügung.

Fazit:

Durch die Einführung des neuen Sicherheitskonzeptes ist der Berechnungsaufwand bzgl. der Schnittgrößenermittlung und der Lastweiterleitung gestiegen. Verantwortlich dafür, ist nicht – wie oft behauptet – die neue DIN 1045, sondern die DIN 1055-100, in der das neue Sicherheitskonzept mit der Kombinatorik geregelt ist.

Im Programmsystem Ing+ wurden deshalb nicht nur die Anforderungen der neuen DIN 1045-1, sondern auch das Sicherheitskonzept nach DIN 1055-100 vollständig eingearbeitet. Die Kombinatorik erfolgt automatisch, d. h. die bemessungsmaßgebenden Schnittgrößen werden für alle maßgebenden Stellen im Tragwerk und für alle zu untersuchenden Bemessungssituationen sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit automatisch ermittelt. Die Ausgabe ist so aufbe-

reitet, dass man die Übersicht behält und die Ergebnisse nachvollzogen werden können. Für die Lastweiterleitung werden die charakteristischen Werte der Auflagerkräfte je Einwirkung und die Bemessungswerte der Auflagerkräfte je Kombination abgespeichert.

DIN 1055-100 ist bauartenübergreifend gültig, d. h. das neue Sicherheitskonzept wird auch im Holz-, Grund-, Stahl- und Verbundbau kommen.

Literatur:

- [1] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN):
DIN 1055-100 Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, Ausgabe März 2001
- [2] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN):
DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Bemessung und Konstruktion, Ausgabe Juli 2001
- [3] Grünberg J.: Grundlagen der Tragwerksplanung - Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln für den konstruktiven Ingenieurbau, Erläuterungen zu DIN 1055-100, Beuth-Verlag
- [4] Steidle P.: Seminarband „Einführung in die DIN 1045-1 und die DIN 1055-100“ Seminarreihe der First AEC GmbH und der mb AEC Software GmbH

Dipl.-Ing. Petra Licht
Qualitätssicherung BauStatik
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de