

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2008-08

Arbeitsblatt 3  
Ausgabe 2010-11

## Grundlagen von DIN 1045-1 Sicherheitskonzept, Nachweisverfahren, Schnittgrößenermittlung

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Prüfung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch  
(Dipl.-Ing. Andreas Rogge)

### 1 Allgemeines

Ein Tragwerk muss Einwirkungen (**Grenzzustände der Tragfähigkeit**) standhalten, eine ausreichende **Dauerhaftigkeit** aufweisen und Gebrauchseigenschaften (**Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**) erfüllen.  
Je nach Art des Tragwerks sowie dessen Funktion oder Bauverfahren wird die Bemessung entweder durch den Grenzzustand der Tragfähigkeit oder den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bestimmt. Eine ausreichende Dauerhaftigkeit ist stets sicherzustellen.

In DIN 1045-1 wird das **Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte** verwendet, bei dem im Gegensatz zur alten DIN 1045, bei der ein globaler Sicherheitsbeiwert angewendet wurde, sowohl auf der Einwirkungsseite wie auf der Widerstandsseite je nach Einwirkungs- und Beanspruchungsart Teilsicherheitsbeiwerte definiert sind.

Die Bestimmung der für den jeweiligen Nachweis und für das Bauteil maßgebenden Einwirkungskombination erfolgt durch Multiplikation der unabhängigen **Einwirkungen mit Kombinationsbeiwerten**.

### 2 Unabhängige Einwirkungen für Hochbauten (DIN 1055-100, Tabelle A1.1)

Ständige Einwirkungen	Veränderliche Einwirkungen $Q_{k,i}$	Außergewöhnliche Einwirkungen	Einwirkungen infolge Erdbeben
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenlasten <math>G_k</math></li> <li>Vorspannung <math>P_k</math></li> <li>Erddruck <math>G_{k,E}</math></li> <li>Ständiger Flüssigkeitsdruck <math>G_{k,H}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrs- und Nutzlasten <math>Q_{k,N}</math></li> <li>Schnee- und Eislasten <math>Q_{k,S}</math></li> <li>Windlasten <math>Q_{k,W}</math></li> <li>Temperatureinwirkung <math>Q_{k,T}</math></li> <li>Wasserdruck <math>Q_{k,H}</math></li> <li>Baugrundsetzung <math>Q_{k,-}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpralllasten <math>A_{d,1}</math></li> <li>Explosionslasten <math>A_{d,2}</math></li> <li>Bergsenkungen <math>A_{d,3}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erdbeben-einwirkungen <math>A_{Ed}</math></li> </ul>

#### 2.1 Kombinationsbeiwerte $\psi_i$ für Einwirkungen auf Hochbauten (DIN 1055-100, Tabelle A1.2)

Veränderliche Einwirkungen	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Nutzlasten $Q_{k,N}$ :			
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 $Q_{k,V}$ :			
Kategorie F: Fahrzeuggewicht $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: $30\text{kN} < \text{Fahrzeuggewicht} \leq 160$ kN:	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: Dächer	0	0	0
Schnee- und Eislasten $Q_{k,S}$ für Orte bis zu NN + 1000 m	0,5	0,2	0
für Orte über NN + 1000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten für Hochbauten $Q_{k,W}$	0,6	0,5	0
Baugrundsetzung $Q_{k,\Delta}$	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen	0,8	0,7	0,5

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

### 3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (DIN 1045-1, 10)

Im Gegensatz zur bisherigen DIN 1045, Ausgabe 1988, nach der mit einem globalen Sicherheitsbeiwert zu rechnen war, erfolgt der Nachweis der Tragfähigkeit unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten auf der Einwirkungsseite ( $E_d$ ) wie auch auf der Widerstandsseite ( $R_d$ ).

Folgende Beanspruchungen sind zu untersuchen:

- Biegung mit und ohne Längskraft
- Querkraft
- Torsion
- Durchstanzen
- Teilflächenbelastung
- Ermüdung

Nachweisformat:	$E_d$ Bemessungswert der Einwirkung (Schnittgröße, Spannung, Verformung), errechnet sich aus den charakteristischen Werten der Einwirkungen bzw. Einwirkungskombinationen und den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten
$E_d \leq R_d$	$R_d$ Bemessungswert des Tragwiderstands, errechnet sich aus den charakteristischen Werten der Materialfestigkeiten (Nennwerten) und den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten

#### 3.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen auf Tragwerke (DIN 1045-1 u. 1055-100)

Ständige Einwirkungen				Veränderliche Einwirkungen $G_{k,i}$ <sup>1), 2)</sup>		Außergewöhnliche Einwirkungen $A_{k,i}$	
Eigenlasten $G_{k,1}$ <sup>1), 3), 4)</sup>		Vorspannung $P_k$		ungünstig	günstig	ungünstig	günstig
ungünstig	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig
$\gamma_G=1,35$	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_P=1,0$	$\gamma_P=1,0$	$\gamma_Q=1,5$	-	$\gamma_A=1,0$	-
<sup>1)</sup> Ermüdung: $\gamma_{F, \text{fat}} = 1,0$ für ständige und veränderliche Einwirkungen <sup>2)</sup> Zwang: $\gamma_0 = 1,0$ für linear-elastische Schnittgrößenermittlung mit Steifigkeiten des ungerissenen Querschnitts mit dem mittleren Elastizitätsmodul $E_{cm}$ <sup>3)</sup> Fertigteile: $\gamma_G = \gamma_0 = 1,15$ für Bauzustände im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung <sup>4)</sup> bei außergewöhnlichen Einwirkungen Berücksichtigung der Eigenlasten mit $\gamma_{GA} = 1,0$							

#### 3.2 Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit (siehe DIN 1055-100, 9.4)

Bemessungssituation für	Einwirkungskombination
Ständige und vorübergehende Beanspruchung $E_d$	$\Sigma \gamma_{G,i} G_{k,i} \oplus \gamma_P P_k \oplus \gamma_Q Q_{k,j} \oplus \Sigma \gamma_{Q,0,i} Q_{k,i}$
Außergewöhnliche Beanspruchung $E_{dA}$	$\Sigma \gamma_{GA,i} G_{k,i} \oplus \gamma_P P_k \oplus A_d \oplus \psi_{1,j} Q_{k,j} \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
Bemessungssituation infolge Erdbeben $E_{dAE}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus \gamma_I A_{Ed} \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
	$\oplus$ bedeutet : in Kombination mit j: maßgebende veränderliche Einwirkung; $\gamma_I$ : Wichtungsfaktor für Erdbebeneinwirkungen nach DIN 4149-1

#### 3.3 Der Bemessungswert des Tragwiderstands $R_d$ wird mit den charakteristischen Werten der Materialfestigkeiten und den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten ermittelt.

Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Tragwiderstands (DIN 1045-1, Tabelle 2)

Bemessungssituation	$\gamma_c$ <sup>1)</sup> Beton und Leichtbeton	$\gamma_s, \gamma_p$ Betonstahl, Spannstahl	$\gamma_R$ Systemwiderstand bei nichtlinearem Verfahren der Schnittgrößenermittlung
Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	1,5 <sup>2)</sup> (1,8) <sup>3)</sup>	1,15	1,3
Außergewöhnliche Bemessungssituation	1,3 (1,55) <sup>3)</sup>	1,0	1,1
Nachweis gegen Ermüdung	1,5	1,15	-

<sup>1)</sup> Für Beton ab der Festigkeitsklasse C 55/67 sind die Tabellenwerte für  $\gamma_c$  mit dem Faktor  $\gamma_c' = 1 / (1,1 - 0,002 f_{ck}) \geq 1$  zu multiplizieren.

<sup>2)</sup>  $\gamma_c=1,35$ ; wenn Fertigteile werkmäßig und ständig überwacht hergestellt werden und durch Überprüfung der Betonfestigkeit am fertigen Bauteil sichergestellt ist, dass Fertigteile mit zu geringer Betonfestigkeit ausgesondert werden.

<sup>3)</sup> Werte in Klammern gelten für unbewehrten Beton.

4 Dauerhaftigkeit (siehe ISB-Arbeitsblatt 6) (DIN 1045-1, 6)	
Die Dauerhaftigkeit wird beeinträchtigt durch Bewehrungskorrosion und Betonangriff infolge chemischer und physikalischer Einwirkungen	
Für <b>Bewehrungskorrosion</b> sind Expositionsklassen in Abhängigkeit von der Korrosionsart definiert (DIN 1045-1, Tabelle 3)	Für <b>Betonangriff</b> sind Expositionsklassen in Abhängigkeit von den Einwirkungen definiert (DIN 1045-1, Tabelle 3)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karbonatisierungsinduzierte Korrosion Klassen XC1 bis XC4</li> <li>• Chloridinduzierte Korrosion Klassen XD1 bis XD3</li> <li>• Chloridinduzierte Korrosion aus Meerwasser Klassen XS1 bis XS3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angriff durch aggressive chemische Umgebung Klassen XA1 bis XA3</li> <li>• Frost mit und ohne Taumittel Klassen XF1 bis XF4</li> <li>• Verschleißangriff Klassen XM1 bis XM3</li> </ul>
Der Nachweis des Schutzes vor Bewehrungskorrosion für Betonstahl und Spannstahl erfolgt durch:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestbetonfestigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Expositionsklasse und</li> <li>• Einhaltung von Mindestwerten der Betondeckung in Abhängigkeit von der Expositionsklasse (siehe auch ISB-Arbeitsblatt 6)</li> </ul>	

5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (DIN 1045-1, 11, siehe auch ISB-Arbeitsblatt 5)	
Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit umfassen: <b>Spannungsbegrenzung, Begrenzung der Rissbreiten, Begrenzung der Verformung.</b> Die einzuhaltenden Grenzwerte sind in Abhängigkeit von der Bauart, der Einwirkungskombination und den Expositionsklassen festgelegt.	
Nachweisformat $E_d \leq C_d$	$E_d$ Bemessungswert der Beanspruchung auf Grundlage der Kombinationsregeln in Tafel 5.1 (siehe auch DIN 1055-100) $C_d$ Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums (z. B. zulässige Spannung, Verformung, Rissbreiten)

Einwirkungskombinationen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1055-100, Abschnitt 10.4	
Bemessungssituation für	Einwirkungskombination
seltene Kombination der Einwirkungen $E_{d,rare}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus Q_{k,j} \oplus \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i}$
häufige Kombination der Einwirkungen $E_{d,frequ}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus \psi_{1,j} Q_{k,j} \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
quasi-ständige Kombination der Einwirkungen $E_{d,perm}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
	$\oplus$ bedeutet : in Kombination mit j: maßgebende veränderliche Einwirkung

## 6 Verfahren der Schnittgrößenermittlung nach DIN 1045-1, 8

### 6.1 Allgemeines

In DIN 1045-1 sind vier Verfahren zur Schnittgrößenermittlung aufgeführt:

- Linear-elastisches Verfahren (Elastizitätstheorie)
- Linear-elastisches Verfahren mit Momentenumlagerung
- Verfahren nach der Plastizitätstheorie
- Nichtlineares Verfahren

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) können die Schnittgrößen mit allen vier Verfahren bestimmt werden.

Zur Ermittlung der Schnittgrößen für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) sind nur das linear-elastische Verfahren (Elastizitätstheorie) und nichtlineare Verfahren erlaubt.

Es ist zu beachten, dass bei Anwendung der Verfahren zur Berechnung der Schnittgrößen hinsichtlich der Duktilität von Betonstahl Unterschiede zu berücksichtigen sind.

Die für die unterschiedlichen Verfahren der Schnittgrößenermittlung anwendbaren Betonstahlsorten zeigt zusammenfassend folgende Tabelle:

Verfahren der Schnittgrößenermittlung	Betonstahl
Linear-elastische Berechnung (Elastizitätstheorie)	Keine Unterscheidung hinsichtlich Duktilität
Linear-elastische Berechnung mit Momentenumlagerung *  max. 15 % Momentenumlagerung ( $\delta \geq 0,85$ )	Duktilitätsklasse A BSt 500 KR und BSt 500 M nach DIN 488 und tiefgerippt nach Zulassung
max. 30 % Momentenumlagerung ( $\delta \geq 0,70$ )	Duktilitätsklasse B BSt 500 S nach DIN 488 BSt 500 WR und BSt 500 MW nach Zulassung
Verfahren nach der Plastizitätstheorie	Duktilitätsklasse B BSt 500 S nach DIN 488 BSt 500 WR und BSt 500 MW nach Zulassung
Nichtlineare Verfahren *	Duktilitätsklasse A und B BSt 500 S nach DIN 488 BSt 500 WR und BSt 500 KR nach Zulassung BSt 500 MW und BSt 500 M nach DIN 488 und tiefgerippt nach Zulassung

\* **Warnvermerk:** BSt 500 M nach DIN 488-84 erfüllt wegen der in dieser Norm (Teil 1, Tabelle 1, Fußnote 6) enthaltenen Regelung zum Teil nicht die Anforderung von Duktilitätsklasse A.

### 6.2 Linear-elastisches Verfahren (Elastizitätstheorie) (DIN 1045-1, 8.2)

Die Ermittlung der Schnittgrößenverläufe im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach dem linear-elastischen Verfahren (Elastizitätstheorie) erfolgt im allgemeinen mit den Steifigkeiten des ungerissenen Querschnitts (Zustand I).

Wenn Zwangseinwirkungen zu berücksichtigen sind, erfolgt die Ermittlung der Schnittgrößen mit einem reduzierten Teilsicherheitsbeiwert für Zwang  $\gamma_{Q,Zwang} = 1,0$ .

Die Verformungsfähigkeit wird nicht geprüft; sie ist in der Regel gegeben, wenn die Mindestbewehrung vorhanden ist und sehr hohe Bewehrungsgrade vermieden werden.

In Durchlaufträgern mit  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$  für benachbarte Felder mit annähernd gleichen Steifigkeiten, in Riegeln von Rahmen und in Bauteilen, die vorwiegend auf Biegung beansprucht sind, einschließlich durchlaufender, kontinuierlich gestützter Platten, ist  $x/d \leq 0,45$  für Beton bis C 50/60 bzw.  $x/d \leq 0,35$  für Beton ab C 55/67 und für Leichtbeton einzuhalten, sofern die Biegedruckzone nicht zusätzlich umschnürt.

Als konstruktiv geeignete Maßnahme gilt die Umschnürung mit einer Querbewehrung nach DIN 1045-1, 13.1.1(5).

Bei nicht vorgespannten Durchlaufträgern und -platten muss die Bemessungssituation mit günstigen ständigen Einwirkungen nicht berücksichtigt werden, wenn die Regeln für die Mindestbewehrung eingehalten werden (Ausnahme: Nachweis der Lagesicherheit nach DIN 1055-100).

### 6.3 Linear-elastisches Verfahren mit Momentenumlagerung (DIN 1045-1, 8.3)

Die nach 6.2 ermittelten Größtmomente im Grenzzustand der Tragfähigkeit  $M_{ET}$  dürfen unter Wahrung des Kräftegleichgewichts in weniger beanspruchte Bereiche umgelagert werden.

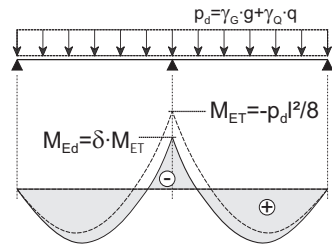
Die Auswirkung einer Momentenumlagerung ist zu berücksichtigen bei:

- Biegung mit und ohne Längskraft
- Querkraftbemessung
- Bewehrungsführung
- Verankerungslängen

Für Eckknoten unverschieblicher Rahmen beträgt die max. Umlagerung 10 % ( $\delta \geq 0,9$ ).

Bei verschieblichen Rahmen ist keine Umlagerung erlaubt.

Bei Platten dürfen die Querkräfte, Drillmomente und Auflagerreaktionen entsprechend dem Momentenverlauf **nach** Umlagerung durch Interpolation zwischen den Auflagersituationen volle Einspannung und gelenkige Lagerung ermittelt werden.



$M_{ET}$  - Moment nach Elastizitätstheorie  
 $\delta$  - Momentendeckungsgrad ( $= M_{E,d} / M_{ET}$ )  
 $M_{E,d}$  - Bemessungsmoment nach Umlagerung

#### Grenzwerte der Umlagerungen

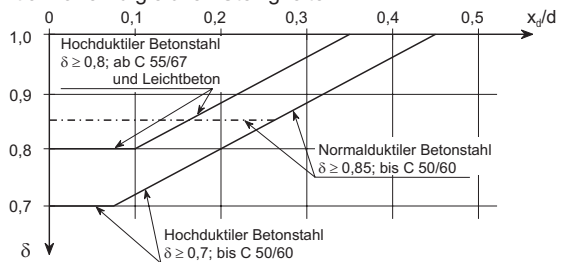
gelten für  $0,5 < l_{eff,1} / l_{eff,2} < 2,0$  benachbarter Felder mit annähernd gleichen Steifigkeiten

#### Hochduktiler Betonstahl (Klasse B):

bis C 50/60:  $\delta \geq 0,64 + 0,8 \cdot x_d / d$  und  $\delta \geq 0,7$   
 ab C 55/67:  $\delta \geq 0,72 + 0,8 \cdot x_d / d$  und  $\delta \geq 0,8$  und Leichtbeton

#### Normalduktiler Betonstahl (Klasse A):

bis C 50/60:  $\delta \geq 0,64 + 0,8 \cdot x_d / d$  und  $\delta \geq 0,85$   
 ab C 55/67:  $\delta = 1,0$  (keine Umlagerung erlaubt) und Leichtbeton



### 6.4 Verfahren nach der Plastizitätstheorie (DIN 1045-1, 8.4)

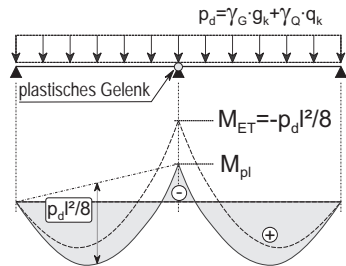
Die Schnittkraftermittlung nach der Plastizitätstheorie ist erlaubt für überwiegend auf Biegung beanspruchte Bauteile (plastische Gelenke), die mit Betonstahl mit hoher Duktilität bewehrt sind.

Für Bauteile aus Leichtbeton sollten diese Verfahren nicht angewendet werden.

Die Verformungsfähigkeit plastischer Gelenke, die mögliche plastische Rotation, ist grundsätzlich nachzuweisen.

Ein Nachweis kann entfallen:

- für stabförmige Bauteile und einachsig gespannte Platten, die eine hohe Verformungsfähigkeit aufweisen (z. B. wenn  $0,5 < l_{eff,1} / l_{eff,2} < 2,0$ ,  $x / d \leq 0,15$  und  $M_{pl} / M_{ET} \geq 0,8$ ).
- für zweiachsig gespannte Platten, wenn  $x / d \leq 0,25$  für Beton bis C 50/60 bzw.  $x / d \leq 0,15$  für Beton ab C 55/67 und wenn das Verhältnis Stützmoment zu Feldmoment zwischen 0,5 und 2,0 liegt.



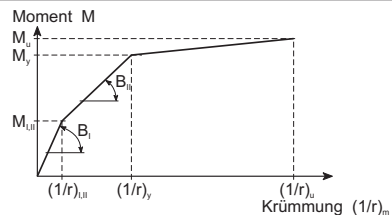
$M_{pl}$  - plastisches Moment, entspricht dem Bemessungsmoment  $M_{sd}$   
 $M_{ET}$  - Moment nach Elastizitätstheorie

#### 6.4.1 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation

$$\theta_E \leq \theta_{pl,d}$$

$\theta_E$  vorhandene plastische Rotation; wird durch Integration des Krümmungsverlaufs unter folgenden Bedingungen errechnet:

- Bemessungswerte der Einwirkungen
- mittlere Werte der Vorspannung
- Mittelwerte der Baustofffestigkeiten nach DIN 1045-1, 8.5.1 (4)
- Momenten-Krümmungsbeziehung nach DIN 1045-1, Bild 10



$B_I$  - Biegesteifigkeit im ungerissenen Zustand I  
 $B_{II}$  - Biegesteifigkeit im gerissenen Zustand II  
 $M_{u,v}$  - Moment beim Übergang von Zustand I in Zustand II (Rissmoment)  
 $M_v$  - Fließmoment (entspricht  $M_{pl}$ )  
 $M_c$  - Bruchmoment

$\theta_{pl,d}$  **Bemessungswert der zulässigen plastischen Rotation für hochduktilen Betonstahl**  
ergibt sich aus folgenden Bedingungen und ist grafisch dargestellt in DIN 1045-1, Bild 9

- für Beton bis C 50/60 :  $\left(\frac{x}{d}\right)_{max} = 0,45$

$$0 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,155 : \quad \theta_{pl,d} = 7,0 + 45,8 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

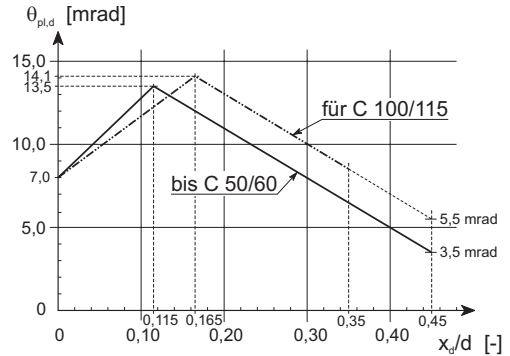
$$0,155 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,45 : \quad \theta_{pl,d} = 18,6 - 29,2 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

- für Beton C 100/115 :  $\left(\frac{x}{d}\right)_{max} = 0,35$

$$0 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,108 : \quad \theta_{pl,d} = 7,0 + 62,0 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

$$0,108 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,35 : \quad \theta_{pl,d} = 16,9 - 29,8 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

- für Betonklassen zwischen C 50/60 und C 100/115: lineare Interpolation  $\left(\left(\frac{x}{d}\right)_{max} = 0,35\right)$
- Die Beziehungen gelten für die Schubschlankheit  $\lambda = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot d) = 3$ ;  
für andere Werte von  $\lambda$  ist  $\theta_{pl,d}$  mit  $k_x = (\lambda/3)^{1/2}$  zu multiplizieren.



## 6.5 Nichtlineare Verfahren (DIN 1045-1, 8.5)

Nichtlineare Verfahren sind zur Schnittgrößenermittlung in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit erlaubt.

Die Gleichgewichts- und Verträglichkeitsbedingungen sind zu erfüllen.

Für die Berechnung werden folgende Spannungs-Dehnungslinien verwendet:

- für Beton nach DIN 1045-1, Bild 22
- für Betonstahl nach DIN 1045-1, Bild 26
- für Spannstahl nach DIN 1045-1, Bild 28

Bei Ansatz der folgenden **rechnerischen Mittelwerte** kann ein einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R$  für die Baustofffestigkeiten verwendet werden:

- für Betonklassen bis C 50/60:  $f_{cR} = 0,85 \cdot \alpha \cdot f_{ck}$
- für Betonklassen ab C 55/67:  $f_{cR} = 0,85 \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c'$  (mit  $\gamma_c' = 1 / (1,1 - 0,002f_{ck}) \geq 1$ )
- für Normalbeton:  $\alpha = 0,85$
- für Leichtbeton:  $\alpha = 0,80$
- für Betonstahl: normalduktil:  $f_{yR} = 1,1 \cdot f_{yk}; \quad f_{tR} = 1,05 \cdot f_{yR}$
- hochduktil:  $f_{yR} = 1,1 \cdot f_{yk}; \quad f_{tR} = 1,08 \cdot f_{yR}$

**Einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R$**  für die Baustofffestigkeiten zur Bestimmung des Bemessungswerts des Tragwiderstandes:

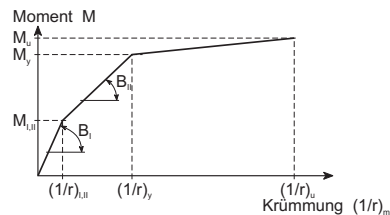
- für Grundkombination und Nachweis gegen Ermüdung:  $\gamma_R = 1,3$
- für außergewöhnliche Bemessungssituationen:  $\gamma_R = 1,1$

Der Grenzzustand der Tragfähigkeit ist wie folgt definiert:

- Erreichen der kritischen Stahldehnung: Für beide Duktilitätsklassen gilt als kritischer Wert  $\epsilon_{su} = 2,5 \%$ .
- Erreichen der kritischen Betondehnung  $\epsilon_{c1u}$  nach DIN 1045-1, Tabelle 9 für Normalbeton bzw. Tabelle 10 für Leichtbeton
- Erreichen eines kinematischen Zustandes

Die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen darf vernachlässigt werden, wenn die Ergebnisse auf der sicheren Seite liegen.

Für stabförmige Bauteile und für einachsigt gespannte Platten darf für numerische Verfahren die Momenten-Krümmungsbeziehung nach DIN 1045-1, Bild 10 angesetzt werden.



- $B_I$  - Biegesteifigkeit im ungerissenen Zustand I
- $B_{II}$  - Biegesteifigkeit im gerissenen Zustand II
- $M_{II}$  - Moment beim Übergang von Zustand I in Zustand II (Rissmoment)
- $M_y$  - Fließmoment (entspricht  $M_{pl}$ )
- $M_u$  - Bruchmoment

# 7 Grundlagen der Schnittgrößenermittlung (DIN 1045-1, 7)

## 7.1 Allgemeines, Anforderungen

Gleichgewicht muss immer erfüllt sein und wird im allgemeinen am nicht verformten Tragwerk nachgewiesen (Theorie I. Ordnung).

Wenn die Verformungen zu einem wesentlichen Anstieg der Schnittgrößen führen, ist der Gleichgewichtszustand am verformten Tragwerk zu überprüfen.

Für den allgemeinen Hochbau gilt folgende Vereinfachung:

- Auswirkungen nach der Theorie II. Ordnung dürfen vernachlässigt werden, wenn sie die Tragfähigkeit um weniger als 10 % verringern,
- wenn der Anstieg der Verformungen nach Theorie II. Ordnung kleiner als 10 % ist.

Wenn Verträglichkeitsbedingungen nicht direkt überprüft werden, muss sichergestellt sein, dass ein Tragwerk:

- im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausreichend verformungsfähig ist und
- im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit keine unzulässigen Verformungen aufweist.

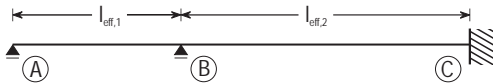
Zeitabhängige Wirkungen (Kriechen, Schwinden, Relaxation) müssen berücksichtigt werden, wenn sie von Bedeutung sind.

Der Einfluss der Belastungsgeschichte darf im allgemeinen vernachlässigt werden.

## 7.2 Idealisierungen und Vereinfachungen

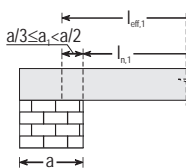
### 7.2.1 Wirksame Stützweite, mitwirkende Plattenbreite, Lastausbreitung

#### Wirksame Stützweite

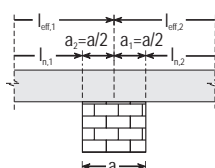


- $l_{eff,1}, l_{eff,2}$  wirksame Stützweiten  
 $l_{eff,i} = l_{n,i} + a_1 + a_2$   
 $l_{n,1}, l_{n,2}$  lichte Abstände  
 $a$  Auflagerbreite  
 $a_1, a_2$  Abstand von Auflagervorderkante zur rech. Auflagerlinie

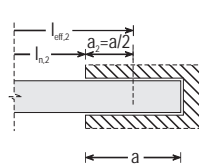
#### Frei drehbares Endauflager



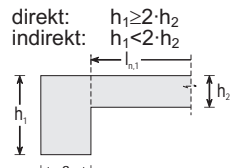
#### Durchlaufender Balken bzw. Platte



#### Eingespannter Balken bzw. Platte



#### Lagerart bei monolithischer Verbindung



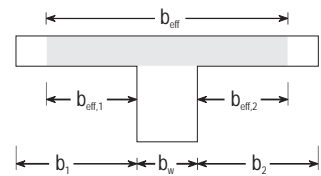
#### Mitwirkende Plattenbreite $b_{eff}$

a) Mitwirkende Plattenbreite  $b_{eff}$  nach nebenstehendem Bild:

$$b_{eff} = \Sigma b_{eff,i} + b_w$$

mit  $b_{eff,i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0$   
 $\leq 0,2 \cdot l_0$   
 $\leq b_i$

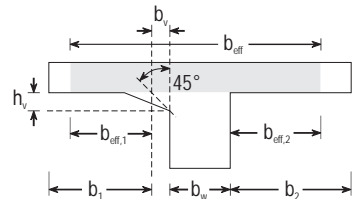
$b_w$  Stegbreite  
 $b_i$  tatsächlich vorhandene Gurtbreite  
 $l_0$  Abstand der Momentennullpunkte



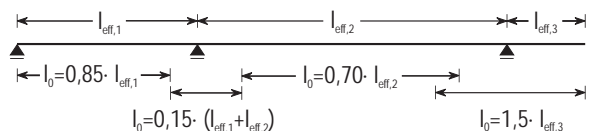
b) Für Platten mit veränderlicher Dicke gilt:

$$b_{eff} = \Sigma b_{eff,i} + b_w + b_v$$

mit  $b_v = h_v$   
 $h_v$  Höhe der Voute (Stützkopfverstärkung)  
 Neigung der Voute zur Horizontalen  $< 45^\circ$   
 $b_w$  Stegbreite



c) Der Abstand der Momentennullpunkte  $l_0$  kann bei annähernd gleichen Steifigkeitsverhältnissen nach nebenstehendem Bild ermittelt werden.





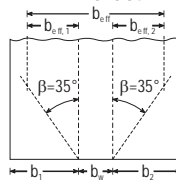
### Lastausbreitung

Die Ausbreitungszone konzentriert angreifender Einzellasten kann unter Ansatz eines Ausbreitungswinkels der Kräfte  $\beta = 35^\circ$  ermittelt werden.

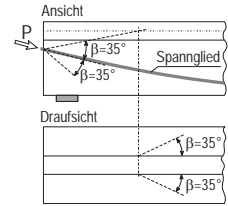
Der Ausbreitungswinkel  $\beta = 35^\circ$  darf auch für Verankerungskräfte bei Vorspannung ohne und mit nachträglichem Verbund angesetzt werden.

Eine genauere Bestimmung der Lastausbreitungszone kann auch auf der Grundlage der Elastizitätstheorie erfolgen.

konzentriert angreifende Einzellast



Verankerungskräfte infolge Vorspannung



### 7.2.2 Sonstige Vereinfachungen

Die **Momente** durchlaufender Platten und Balken dürfen unter der Annahme frei drehbarer Lagerung ermittelt werden.

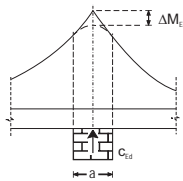
#### Momentenausrundung

Reduktion des Stützmomentes bei frei drehbarer Lagerung

Stützweite entspricht dem Abstand zwischen den Auflagermitten

$$\Delta M_{Ed} = C_{Ed} \cdot a / 8$$

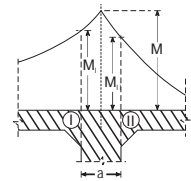
mit  $C_{Ed}$  Bemessungswert der Auflagerreaktion  
a Auflageriefe



#### Stützmoment bei monolithischer Verbindung

Bei biegesteifem Anschluss von Platten und Balken an die frei drehbar angenommene Unterstützung gilt:

Für die Bemessung sind die Momente am Anschnitt  $M_I$  und  $M_{II}$  maßgebend.  
Bedingung:  
Die Anschnittsmomente  $M_I$  und  $M_{II}$  dürfen nicht kleiner sein als 65 % des Moments bei Annahme voller Einspannung.



Die **Auflagerkräfte** einachsiger gespannter Platten und Balken dürfen für den üblichen Hochbau unter der Annahme frei drehbarer Lagerung ermittelt werden unter Vernachlässigung der Durchlaufwirkung. Die Durchlaufwirkung ist jedoch stets zu berücksichtigen:

- beim ersten Innenaufleger
- bei Innenauflägern mit benachbarten Feldern ungleicher Steifigkeit oder wenn das Stützweitenverhältnis  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$  nicht eingehalten ist.

Die **maßgebenden Querkräfte** dürfen für den üblichen Hochbau unter Vollbelastung aller Felder ermittelt werden, wenn für das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder annähernd gleicher Steifigkeit gilt:  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$ .

Bei **rahmenartigen Tragwerken** des üblichen Hochbaus dürfen bei **Innenstützen**, die biegesteif mit Balken und Platten verbunden sind, die **Biegemomente aus Rahmenwirkung** vernachlässigt werden, wenn:

- alle horizontalen Kräfte von aussteifenden Scheiben abgetragen werden
- das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$  beträgt.

Die **Randstützen** von rahmenartigen Tragwerken sind stets in biegefestiger Verbindung mit Balken, Platten oder Plattenbalken zu berechnen. Dies gilt auch für Stahlbetonwände in Verbindung mit Platten.

**Rippen- oder Kassetendecken** dürfen für die Schnittgrößenermittlung nach dem linearen Verfahren ohne und mit nachträglicher Momentenumlagerung als **Vollplatten** betrachtet werden, wenn die Gurtplatte mit den Rippen ausreichend torsionssteif ist; bei Einhaltung folgender Bedingungen ist das erfüllt:

- Rippenabstand  $\leq 1500$  mm
- Verhältnis Rippenhöhe unter Gurtplatte zu Rippenbreite  $\leq 4$
- Dicke der Gurtplatten  $\geq 50$  mm und  $\geq 10$  % des lichten Rippenabstandes
- Querrippen mit lichtigem Abstand  $\leq 10$ -faches der Deckendicke

#### Decken aus Rippen und Zwischenbauteilen ohne Aufbeton

dürfen für die Schnittgrößenermittlung nach dem linearen Verfahren und nach dem linearen Verfahren mit nachträglicher Momentenumlagerung als **Vollplatten** angesehen werden, wenn Querrippen angeordnet werden, deren **Querrippenabstand  $s_T$**  die Werte nach nebenstehender Tabelle nicht überschreitet.

	1	2	3
1	<b>Gebäudeart</b>	<b>Größter Querrippenabstand <math>s_T</math></b>	
		für $s_L \leq l_{eff} / 8$	für $s_L \leq l_{eff} / 8$
2	Wohngebäude	-	<b>12 · h</b>
3	andere Gebäude	<b>10 · h</b>	<b>8 · h</b>
	mit $s_L$ Abstand der Längsrippen $l_{eff}$ effektive Stützweite der Längsrippe h Gesamthöhe der Rippendecke		