

- Querkrafttragfähigkeit von Bauteilen ohne Querkraftbewehrung
- Näherungsverfahren bei zweiachsiger Biegung mit Normalkraft
- Biegeschlankheitsdiagramme für Platten und Kragplatten
- Vereinfachung der Regeln zur Beschränkung der Verformungen
- Befestigungssysteme unter seismischer Beanspruchung
- Erdbebennachweis von ausgesteiften Gebäuden
- Bemessung von Stahlkonsolen
- Dauerhaftigkeit von befahrenen Parkdecks in Regelwerken

# Neue Biegeschlankkeitsdiagramme für Platten und Kragplatten nach EC2

Auf der Grundlage von [1, 2] wurden neue, sehr kompakte Biegeschlankkeitsdiagramme jeweils für Einfeld- bzw. Durchlaufplatten und Kragplatten entwickelt. Die aus den Diagrammen ablesbare Biegeschlankheit gibt einen Richtwert vor, nach welchem ein Bauteil zu bemessen ist, damit der indirekte Nachweis der Verformung gemäß [3, 4] erfolgen kann. Im vorliegenden Aufsatz werden diese Diagramme vorgestellt und ihre einfache Anwendung beispielhaft dargestellt.

## 1 Einleitung

In [1] wurden die Grundlagen für die Lösung der Gleichungen zur Biegeschlankheit nach EC2 (vgl. [3] bzw. [4]) dargestellt. In [2] erfolgte die Fortschreibung der Grundgleichungen. Für Durchlaufplatten und Kragplatten wurden je vier Diagramme für die schnelle Ermittlung von Plattenstärken aufgezeigt. Durch weitere Umformungen konnten nun die insgesamt acht Diagramme auf zwei Diagramme reduziert werden. Letztere werden hier kurz vorgestellt sowie deren einfache und praxisnahe Anwendung anhand dreier Beispiele erläutert.

## 2 Biegeschlankkeitsdiagramme

### 2.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die beiden neuen Biegeschlankkeitsdiagramme für Platten und Kragplatten vorgestellt (Bilder 1 und 2, Abschn. 2.2), mit deren Hilfe sehr einfach Plattentragwerke entworfen werden können, die die Anforderungen der Durchbiegungsbeschränkung nach EC2-1-1 bzw. EC2-1-1/NA erfüllen, vgl. [3 bzw. 4]. Die Diagramme liefern zusätzlich die unmittelbare Aussage darüber, ob die gefundene Schlankheit mit der zugehörigen statischen Höhe die Grundanforderung ( $w \leq l_{\text{eff}}/250$ ) oder die erhöhte Anforderung ( $w \leq l_{\text{eff}}/500$ ) erfüllt.

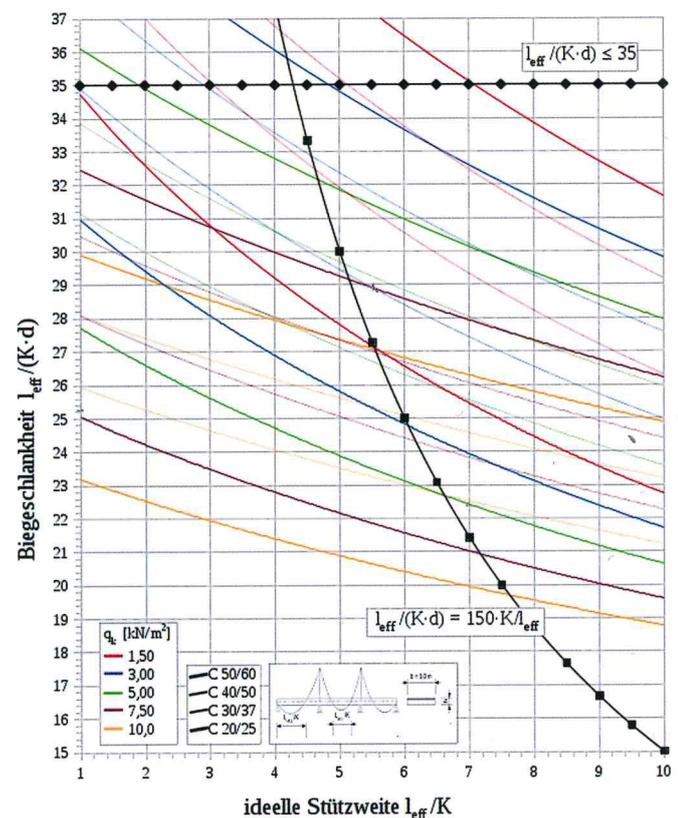
Die Erzeugung der beiden gegenständlichen Diagramme erfolgte durch geeignete Umformung und kompaktere Auftragung auf der Grundlage von [2] und [5]. Für deren Gestaltung wurden in [5] exakt die gleichen mathematischen Zusammenhänge wie in [2] verwendet. Insofern sind die iterativ ermittelten Lösungspunkte der Graphen der Diagramme in [2] sowie der Graphen der gegenständlichen Diagramme identisch.

Generell werden bei Platten Biegeschlankkeitsdiagramme für Ein- und Mehrfeldträger („ideelle Einfeldplatten“) so-

## New span to depth ratio diagrams for plates and cantilever plates according to EC2

Efficient span-to-depth ratio diagrams, based on [1, 2], have been developed for simply supported, continuous, and cantilever plates. The values of the diagrams provide key parameters that can be used to analyze the plate elements and to complete indirect checks for deflection according to [3, 4]. The following article presents the diagrams and examples of how they can be used.

wie für Kragplatten unterschieden. Die Gründe hierfür wurden ausführlich in [2] dargelegt. Für die Benutzung des neuen Diagrammes für Ein- und Mehrfeldträger wird in Abhängigkeit von der Art des Feldes der Systemfaktor  $K$  nach [3] zu 1,0 (gelenkiges Einfeldsystem), zu 1,3 (Endfeld eines Durchlaufsystems) bzw. zu 1,5 (Innenfeld eines Durchlaufsystems) festgelegt, womit die ideale Stützweite  $l_i = l_{\text{eff}}/K$  bestimmt wird. Für die Vorbemessung von Innen- und Endfeldern von Flachdecken wird in EC2-1-1 bzw.



**Bild 1** Biegeschlankkeitsdiagramm für ideale Einfeldplatten  
Span/effective depth for simply supported slabs

EC2-1-1/NA, vgl. [3] bzw. [4], pauschal der Wert  $K = 1,2$  vorgeschlagen. Die beschriebenen  $K$ -Werte zur Bewertung des Abstands der Momentennullpunkte gelten für regelmäßige Systeme. Für andere Fälle – insbesondere bei stark unregelmäßigen Systemen oder Systemen mit sehr hoher Verkehrslast – empfiehlt sich nach Meinung der Verfasser eine überschlägliche Berechnung des Momentenverlaufs, sodass die Abstände der Momentennullpunkte bzw. der Wert  $K$  realistisch abgeschätzt werden können.

Für die Benutzung des neuen Kragplattendigrammes (Bild 2) wurde der Systemwert  $K = 0,4$  analog zum Vorgehen in [2] direkt in die Lösungsmenge eingebaut. Für Kragplatten mit extrem weichen bzw. langen angrenzenden Feldern kann dieser Wert ggf. modifiziert werden. Im Falle deutlicher Abweichungen der vorhandenen zur zugrunde gelegten Ausbaulast ( $g_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2$ , vgl. [2]), kann die Differenzlast durch die Umrechnung mit den Teilsicherheitsbeiwerten auf die Verkehrslast umgelegt werden:

$$\bar{q}_k = q_k + \Delta g_{k2} \cdot \frac{1,35}{1,50} \text{ für } g_{k2} > 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad (1)$$

$$\bar{q}_k = q_k - \Delta g_{k2} \cdot \frac{1,35}{1,50} \text{ für } g_{k2} < 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad (2)$$

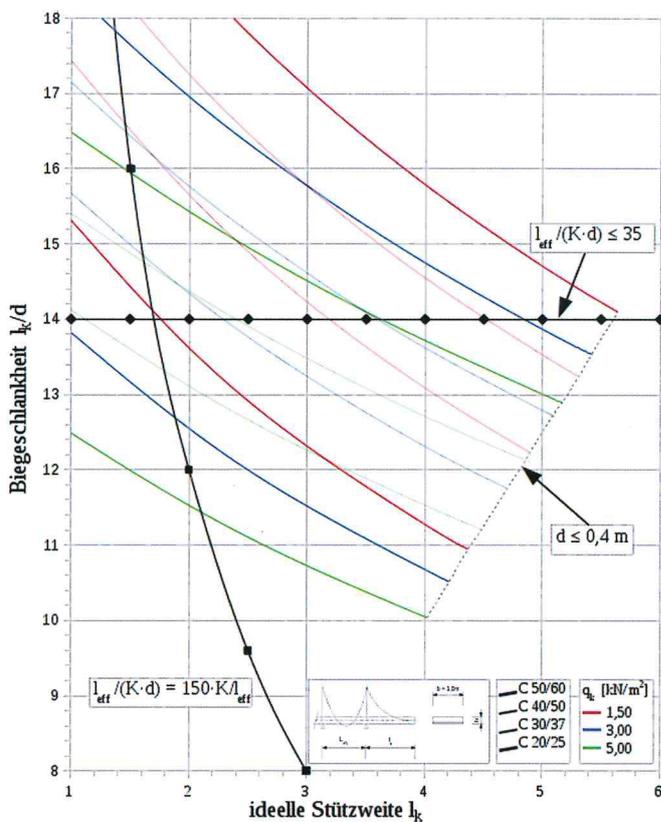
## 2.2 Biegeschlankheitsdiagramme, Eingangs-/Ausgangswerte und Anwendungshinweise

### Eingangswerte:

- $g_{k2}$  Deckenausbaulast [ $\text{kN/m}^2$ ]
- $q_k$  Verkehrslast [ $\text{kN/m}^2$ ] bzw. bei Bedarf modifiziert (vgl. Gl. (1) und (2))
- Jede Farbe im Diagramm entspricht einer Laststufe  $q_k$  bzw.  $\bar{q}_k$ . Liegt die tatsächliche Last  $q_k$  bzw.  $\bar{q}_k$  zwischen zwei Laststufen (= Farben), so kann zwischen diesen entsprechend interpoliert werden.
- $l_{\text{eff}}/K$  ideale Stützweite des betrachteten Feldes für Einfeld- und Durchlaufträger für Bild 1
- $l_k$  effektive Kraglänge mit eingearbeitetem Systemwert  $K = 0,4$  für Bild 2
- C../.. geplante bzw. zugrunde gelegte Betongüte.
- Im Diagramm erkennt man, dass jede Farbe einer Laststufe entspricht und vier Linien besitzt. Die unterste und oberste Linie einer Farbe sind dick gehalten und entsprechen den Betongüten C20/25 und C50/60. Die beiden mittleren dünnen Linien derselben Farbe entsprechen (von unten nach oben) den Betongüten C30/37 und C40/50. Zwischen den vier Linien der Betongüten einer Laststufe kann zur Bearbeitung einer Zwischenbetongüte ebenfalls interpoliert werden.

### Ausgangswerte und Ergebnisbewertung:

- $l_{\text{eff}}/(K \cdot d)$  erforderliche Biegeschlankheit für das betrachtete (ideelle) Feld des Durchlaufträgers (Bild 1) bzw. analog
- $l_k/d$  erforderliche Biegeschlankheit für die betrachtete Kragplatte (Bild 2)



**Bild 2** Biegeschlankheitsdiagramm für Kragplatten  
Span/effective depth for cantilever slabs

Aus der gefundenen Biegeschlankheit kann unmittelbar die erforderliche statische Höhe  $d$  ermittelt werden, woraus sich mit einem den Umgebungsbedingungen angemessenen Zuschlag für die Betondeckung und dem Stahldurchmesser die Bauteildicke ergibt. Erkennbar ist weiterhin, ob die gefundene Lösung die erhöhten Anforderungen erfüllt ( $w \leq l/500$ ). Für den Fall, dass sich der gefundene Lösungspunkt unterhalb der beiden schwarzen Begrenzungslinien befindet, ist die erhöhte Anforderung eingehalten. Liegt der Lösungspunkt zwischen den schwarzen Begrenzungslinien, ist nur die Grundanforderung erfüllt ( $w \leq l/250$ ).

Für einen gefundenen Lösungspunkt  $l/(K \cdot d)$  bzw.  $l_k/d$  lässt sich beispielsweise leicht beurteilen bzw. sofort berechnen, inwieweit eine Steigerung der Betongüte bei sonst festgehaltenen Randbedingungen zu einer größeren Schlankheit und somit zu einer dünneren Plattenstärke führt und ob dabei die Maximalwerte der Biegeschlankheit (vgl. EC2-1-1/NA, [4]) eingehalten sind.

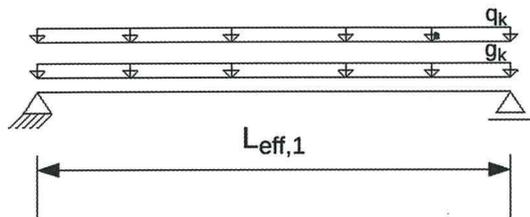
## 3 Beispiele zur Ermittlung der Biegeschlankheit

### 3.1 Beispiel aus [6] (vgl. Bsp. 1, Seite 5.67)

#### Statisches System (Bild 3):

#### Gegeben:

- Systemwerte  $l_{\text{eff}} = 4,5 \text{ m}$ ; Systembeiwert  $K = 1,0$



**Bild 3** System/Belastung zu Beispiel 3.1  
Structural system and loadings for worked example 3.1

**Belastung**  $g_{k2} = 1,25 \text{ kN/m}^2$  (Deckenausbau-  
last  $g_{k2} < 2,0 \text{ kN/m}^2$ );  
 $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$  (Verkehrslast)

**Material** Betongüte C20/25; Bewehrungsstahl B 500 A

**Anforderung** erhöhte Anforderung  
( $w \leq 1/500$ )

**Berechnung:**  
Deckeneigengewicht u.  
Differenzausbaulast  $\bar{q}_k = q_k - \Delta g_{k2} \cdot 1,35/1,5$   
 $\Delta g_{k2} = 2,0 - 1,25 = 0,75 \text{ kN/m}^2$   
 $\bar{q}_k = 5,0 - 0,75 \cdot 1,35/1,5 = 4,325 \text{ kN/m}^2$

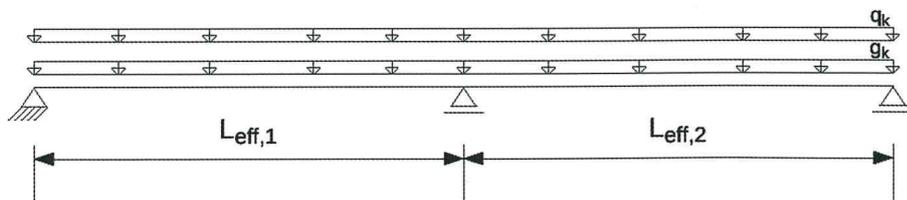
**Biegeschlankheit (aus Bild 4):**

**Eingangsparameter**  $l_{eff}/K = 4,5/1,0 = 4,5 \text{ m}$ ;  
Betongüte C20/25;  
 $\bar{q}_k = 4,325 \text{ kN/m}^2$

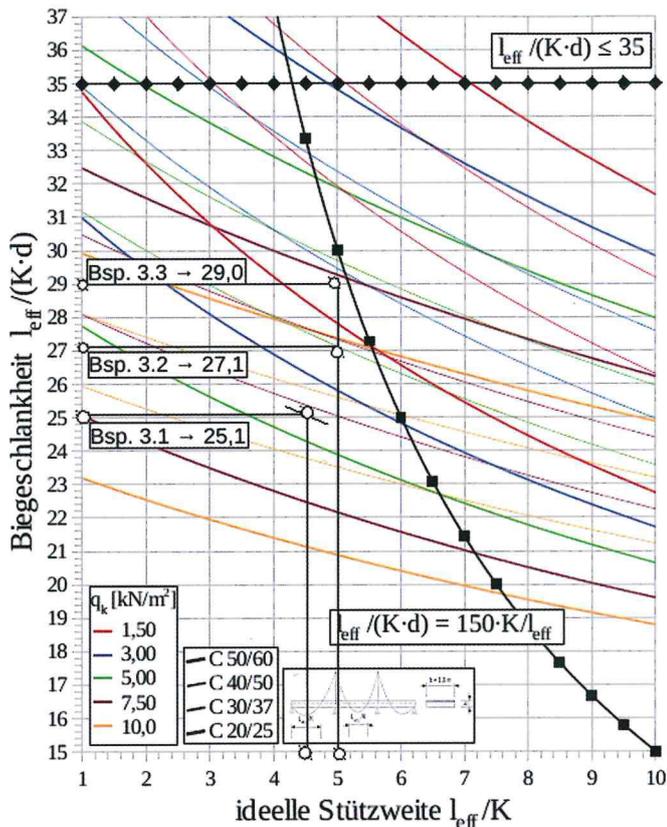
**Ablesung Biegeschlankheit**  $l_{eff}/(K \cdot d) = 25,1$   
**Statische Nutzhöhe**  $l_{eff}/(K \cdot 25,1) = d$   
 $d = 450/(1,0 \cdot 25,1) = 17,93 \text{ cm}$   
 $\rightarrow h = d + d_1 = 17,93 + 3 = 20,93 \text{ cm}$   
 $\rightarrow$  **gew. h = 21 cm**, identisch wie in [6]

**Anmerkung:**

Die statische Nutzhöhe im Bsp. 3.1 aus [6] beträgt  $d = 18 \text{ cm}$ . Die ermittelte statische Nutzhöhe aus dem Diagramm  $d = 17,93 \text{ cm}$  ist nahezu identisch, die Abweichung resultiert aus Ableseungenauigkeit. Die ermittelte Biegeschlankheit  $l_{eff}/(K \cdot d) = 25,1$  befindet sich unterhalb der beiden schwarzen Begrenzungslinien, das Kriterium der erhöhten Anforderungen ist erfüllt (vgl. Bild 4).



**Bild 5** System/Belastung zu Beispiel 3.2  
Structural system and loadings for worked example 3.2



**Bild 4** Biegeschlankheitsdiagramm für Anwendungsbeispiele 1, 2 und 3  
Span/effective depth for worked examples 1, 2 and 3

**3.2 Beispiel aus [2] (vgl. Bsp. 6.2, Seite 293)**

**Statisches System (Bild 5):**

**Gegeben:**

**Systemwerte**  $l_{eff,1} = l_{eff,2} = 6,5 \text{ m}$ ; Systembeiwert  $K = 1,3$

**Belastung**  $g_{k,2} = 2 \text{ kN/m}^2$  (Ausbau-  
last gleich  $2 \text{ kN/m}^2$ , d. h.  
 $q_k = \bar{q}_k$ );  $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

**Material** Betongüte C30/37; Bewehrungsstahl B 500 A

**Anforderung** erhöhte Anforderung  
( $w \leq 1/500$ )

**Biegeschlankheit (aus Bild 4):**

**Eingangsparameter**  $l_{eff,1,2}/K = 6,5/1,3 = 5 \text{ m}$ ;  
Betongüte C30/37;  
 $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$

Ableitung Biegeschlankheit  $l_{eff}/(K \cdot d) = 27,1$   
 Statische Nutzhöhe  $l_{eff1,2}/(K \cdot 27,1) = d$   
 $d = 650/(1,3 \cdot 27,1) = 18,45 \text{ cm}$   
 $\rightarrow h = d + d_1 = 18,45 + 3 = 21,45 \text{ cm}$   
 $\rightarrow \text{gew. } h = 22 \text{ cm, identisch wie in [2]}$

### 3.3 Beispiel aus [2] (vgl. Bsp. 6.3, Seite 294)

Statisches System (Bild 6):

Gegeben:

Systemwerte  $l_{eff,1} = 6,5 \text{ m}$  (Feld 1),  
 $l_k = 2,5 \text{ m}$  (Feld 2); Systembeiwert  $K = 1,0$   
 Belastung  $g_{k,2} = 2,0 \text{ kN/m}^2$  (Ausbaulast gleich  $2 \text{ kN/m}^2$ , d. h.  
 $q_k = \bar{q}_k$ )  
 $q_k = 3,25 \text{ kN/m}^2$  (Feld 1);  
 $q_k = 4,00 \text{ kN/m}^2$  (Feld 2)  
 Material Betongüte C30/37; Bewehrungsstahl B500 A  
 Anforderung Innenfeld erhöhte Anforderung ( $w \leq 1/500$ ); auskragende Platte ohne erhöhte Anforderung

Biegeschlankheit (Bilder 4 und 7):

Eingangsparameter Feld 1  $l_{eff,1}/K = 6,5/1,3 = 5,0 \text{ m}$   
 (Bewertung: Endfeld  $K = 1,3$ , ggf. Systembeiwert  $K$  genauer berechnen mit Abstand der M-0 Punkte); C30/37;  $q_k = 3,25 \text{ kN/m}^2$   
 Eingangsparameter Feld 2  $l_k = 2,5 \text{ m}$  ( $K = 0,4$  ist im Kragdiagramm berücksichtigt); C30/37;  $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$

Ableitung Biegeschlankheit

Feld 1 (aus Bild 4)  $l_{eff,1}/(K \cdot d) = 29,0$

Ableitung Biegeschlankheit

Feld 2 (Kragarm) (aus Abb. 7)  $l_k/(K \cdot d) = 13,2$

Statische Nutzhöhe  $l_{eff,1}/(K \cdot 29,0) = d$   
 $d = 650/(1,3 \cdot 29) = 17,24 \text{ cm}$   
 $\rightarrow h = d + d_1 = 17,24 + 3 = 20,34$

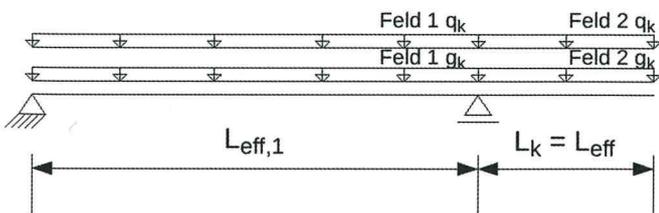


Bild 6 System/Belastung zu Beispiel 3.3  
 Structural system and loadings for worked example 3.3

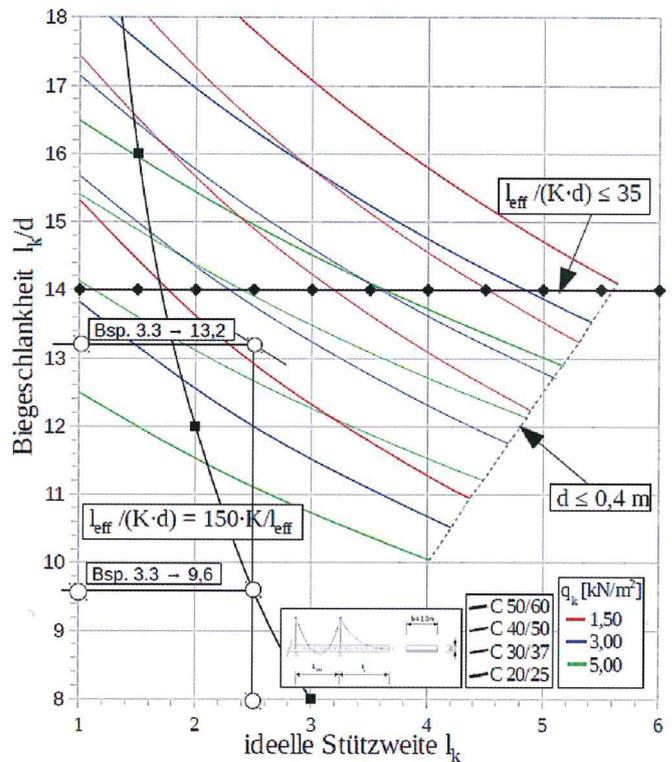


Bild 7 Biegeschlankheitsdiagramm für Anwendungsbeispiel 3.3  
 Span/effective depth for worked example 3.3

Statische Nutzhöhe

$l_k/13,2 = d$   
 $d = 250/13,2 = 18,94 \text{ cm}$   
 $\rightarrow h = d + d_1 = 18,94 + 3 = 21,94$   
 $\rightarrow \text{gew. } h = 22,0 \text{ cm, identisch wie in [2]}$

Anmerkung:

Zur Einhaltung der erhöhten Anforderungen im Kragbereich ergibt sich  $d \geq 250/9,6 \approx 26 \text{ cm}$ .

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurden zwei Diagramme zum Entwurf von Plattentragwerken des üblichen Hochbaus vorgestellt, eines für Einfeld- bzw. Durchlaufsysteme sowie eines für Kragssysteme. Die Diagramme sind kompakt in der Darstellung und relativ einfach in ihrer Handhabung. Zwischen einzelnen Laststufen der Verkehrslast  $q_k$  kann (bei gewählter bzw. vorgegebener Betongüte) eine Interpolation durchgeführt werden. Letztere darf für das Auffinden der Biegeschlankheit entweder näherungsweise linear oder aber etwa „optisch per Augenmaß“ erfolgen. Dies ist – im Sinne des Entwurfs des Tragwerks – durchaus akzeptabel, sofern sich der Anwender nicht grob oder halb vorsätzlich auf die unsichere Seite begibt.

Aufgrund der Auftragung der Kurvenscharen über die gewählten Koordinatenachsen – Ordinate  $l_{eff}/(K \cdot d)$  über Abszisse  $l_{eff}/K$  – ermöglichen die Diagramme für eine er-

mittelte bzw. gewählte Biegeschlankheit die sofortige Beurteilung auf Einhaltung der maximalen, zugelassenen Biegeschlankheiten  $l_{\text{eff}}/(K \cdot d) \leq 35$  (Grundanforderung) bzw.  $l_{\text{eff}}/(K \cdot d) \leq 150 \cdot K/l_{\text{eff}}$  (erhöhte Anforderung), vgl. [4]. Die dort vorgegebenen Grenزشlankheiten wurden seinerzeit bereits in [7] bzw. [8] formuliert.

Abschließend sei vermerkt, dass weitere, ähnlich kompakte Diagramme für Balken bzw. Unterzüge aus Stahl-

beton derzeit entwickelt und zu den hier behandelten eine sinnvolle Ergänzung darstellen werden.

Eine Software, die die o.g. Zusammenhänge für Platten als auch für Balken berücksichtigt, ist ebenfalls in Arbeit, vgl. [5], und wird voraussichtlich im April/Mai 2015 kostenfrei auf der Internetseite des Fachbereichs Bauingenieurwesen der Fachhochschule Potsdam dem Nutzer zur Verfügung stehen.

## Literatur

- [1] GÖTTLICH, P.: *Begrenzung der Biegeschlankheit nach EC2*. Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 1, S 38–45.
- [2] GÖTTLICH, P.: *Einfache Ermittlung von Plattenstärken nach EC2 – Fortschreibung der Grundgleichungen*. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2012), Heft 4, S 284–295.
- [3] Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1: 2005 (inklusive Berichtigung 1/2010), vereinfacht bezeichnet als: EC 2-1-1.
- [4] Nationales Anwendungsdokument DIN EN 1992-1-1/NA 2010, vereinfacht bezeichnet als EC 2-1-1/NA.
- [5] FLECKENSTEIN, D.: *Beitrag und Softwareentwicklung zur Neufassung der Biegeschlankheit von Platten und Balken aus Stahlbeton nach EC 2/NA*. Diplomarbeit, FH-Potsdam, 2014.
- [6] *Schneider Bautabellen*. 21. Aufl., Werner-Verlag.
- [7] GRASSER, E.; THIELEN, G.: *Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken*. Heft 240 DAfStb, 3. Auflage 1991, Beuth-Verlag.
- [8] MAYER, H.; RÜSCH, H.: *Bauschäden als Folge der Durchbiegungen von Stahlbetonbauteilen*. Heft 193 DAfStb, 1967, Verlag Ernst & Sohn.

## Autoren



Prof. Dipl.-Ing. Peter Göttlich  
Fachhochschule Potsdam  
FG Massivbau  
Kiepenheuerallee 5  
14469 Potsdam  
goettlich@fh-potsdam.de



Dipl.-Ing. (FH) Dirk Fleckenstein  
Fachhochschule Potsdam  
Kiepenheuerallee 5  
14469 Potsdam  
fleckenstein@fh-potsdam.de

## AKTUELL

### Kommunikation bei Großprojekten

Das gesellschaftliche Klima, in dem Infrastrukturprojekte geplant und umgesetzt werden, ist im Wandel. Öffentliche Vorhabenträger und Unternehmen vieler Branchen müssen sich auf veränderte Rahmenbedingungen für Infrastruktur-, Industrie- und Bauprojekte einstellen. Die VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik hat dazu, basierend auf der Richtlinie VDI 7001 „Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung bei Planung und Bau von Infrastrukturprojekten – Standards für die Leistungsphasen der Ingenieure“, ein neues Schulungskonzept entwickelt.

In der Richtlinie finden sich in komprimierter Form Grundprinzipien und Standards, wie eine „gute“ Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung bei Bau- und Infrastrukturprojekten gestaltet werden soll. Neben den allgemeinen Regeln formuliert die Richtlinie für jede einzelne Leistungsphase Standards für gute Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung. Sie orientiert sich dabei an den neun Leistungsphasen der HOAI. Die Anwendung der VDI 7001 soll durch Schulungen unterstützt werden. Blatt 1 der Richtlinie soll dazu die Qualität von Schulungen sichern. In der Richtlinie

sind erforderliche Qualifikationen von Referenten beschrieben. Auch werden Qualitätsmerkmale für Schulungseinrichtungen und Schulungsinhalte formuliert.

VDI 7001 richtet sich vor allem an Vorhabenträger, Generalplaner, Ingenieur-/Planungsbüros, Projektsteuerer, ausführende Unternehmen, Behörden und Bauämter sowie an Verbände und Bürgerinitiativen. Die Richtlinie kann auch für kleinere Planungsvorhaben (beispielsweise Umgehungsstraßen) angewendet werden. Bezug der Richtlinie: Beuth Verlag. Th.