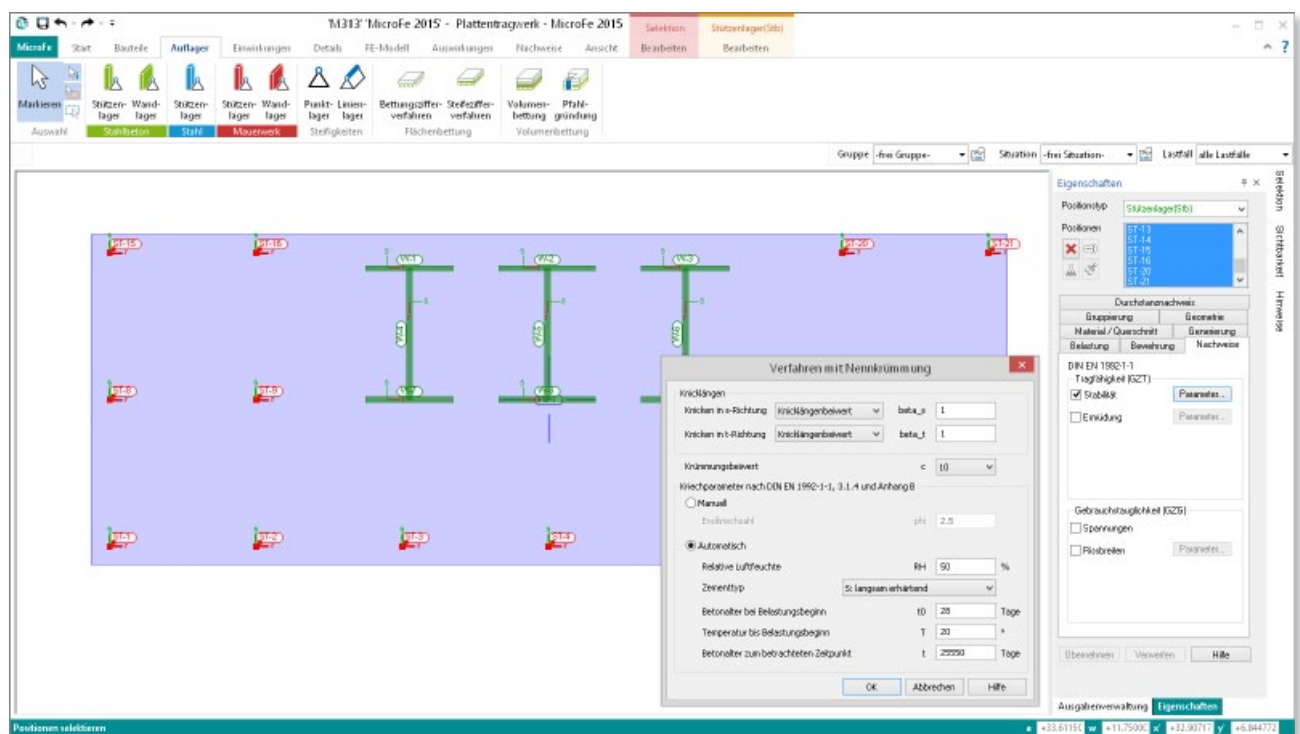


Dipl.-Ing. Katrin Büscher

# Stützenbemessung im Rahmen von ebenen Plattenbemessungen

Leistungsbeschreibung des MicroFe-Moduls M313.de Stahlbeton-Stützenbemessung, Verfahren mit Nennkrümmung (ebene Systeme) - EC 2, DIN EN 1992-1-1:2011-01

Stahlbetonstützen mit definierter Knicklänge und konstanter Normalkraft sind im üblichen Hochbau die Regel. Überschreiten sie die Grenzschlankheit nach DIN EN 1992-1-1, so ist eine Bemessung nach Theorie II. Ordnung erforderlich. Mit dem Modul M313.de wird das bewährte Verfahren mit Nennkrümmung, das auch als Modellstützenverfahren bekannt ist, in die zweidimensionale Plattenberechnung in MicroFe integriert und die gleichzeitige Bemessung aller Stützen in einem Zuge ermöglicht.



## Modellierung

Wird eine zweidimensionale Stahlbetonplatte als „Platten-tragwerk“ mit dem MicroFe-Paket „PlaTo“ bemessen, steht das Zusatzmodul M313.de für eine vereinfachte Stützenbemessung zur Verfügung. Die Auflagerkraft der Platte wird als konstante Normalkraft für die Stütze angesetzt,

die Momente am Stützenkopf werden vereinfacht über die gesamte Stützenhöhe konstant bleibend angesetzt, da die Normalkraft- und die Momentenverläufe über die Stützenhöhe aus der zweidimensionalen Plattenbemessung nicht bekannt sind. Dieser Ansatz liegt auf der sicheren Seite.

Der Nachweis bzw. die Bemessung der Stützen nach dem Nennkrümmungsverfahren wird aktiviert, indem in den Positionseigenschaften die Stabilitätsnachweise ausgewählt werden. Die Nachweissteuerung wird über die Schaltfläche „Parameter“ aufgerufen. Dort sind die Knicklängen, der Krümmungsbeiwert und die Endkriechzahl festzulegen. Bei der Kriechzahl bestehen die Möglichkeiten der manuellen Vorgabe oder der automatischen Berechnung unter Vorgabe der Kriechparameter.

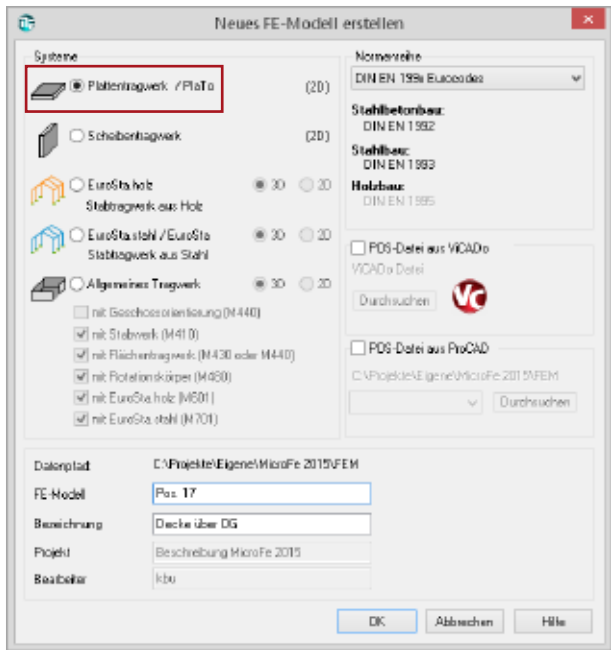


Bild 1. Dialog „Neues FE-Modell erstellen“

## Berechnungsgrundlagen

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung dürfen vernachlässigt werden, wenn die Schlankheit der Stütze kleiner als die Grenzschlankheit  $\lambda_{lim}$  ist.

$$\lambda \leq \lambda_{lim} = \begin{cases} 25 & \text{für } |n| \geq 0,41 \\ 16/\sqrt{n} & \text{für } |n| < 0,41 \end{cases}$$

mit

$\lambda$  Schlankheit  $\lambda = \frac{l_0}{i}$

$l_0$  Knicklänge der Stütze

$i$  Trägheitsradius

$$i = \sqrt{I/A}$$

$n$  bezogene Normalkraft

$$n = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd})$$

Nachweis der Knicksicherheit (DIN EN 1992-1-1, 5.8.8)  
Verfahren mit Nennkrümmung getrennt für s- und t-Richtung

Schlankheiten	Lkn	Achse	$l_0$ [m]	$i$ [cm]	$\lambda$	$\lambda_{lim}$
1	s	t	3.00	14.43	20.78	35.48
			3.00	14.43	20.78	35.48

Die Knicknachweise in s- und t-Richtung sind nicht erforderlich.

Bild 2. Überprüfung des Schlankheitskriteriums

Das Modul M313.de prüft diese Bedingung vor der Bemessung der Stütze und berechnet nur im Falle einer Überschreitung Zusatzmomente infolge Theorie II. Ordnung. Liegt die Schlankheit der Stütze unter der Grenzschlankheit, wird mit den Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung bemessen.

### Ausmitte aus Imperfektionen

Die Ermittlung der Imperfektionen erfolgt automatisch nach DIN EN 1992-1-1 [1], 5.2(7)a) als Lastausmitte zu:

$$e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2$$

mit

$\theta_i$  Schiefstellung

$$\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

$\theta_0$  Grundwert

$$\theta_0 = 1/200$$

$\alpha_h$  Abminderungsbeiwert für die Höhe

$$0 \leq \alpha_h = 2/\sqrt{l} \leq 1$$

$l$  Länge der Stütze [m]

$\alpha_m$  Abminderungsbeiwert für die Anzahl der Stützen

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/m)}$$

Im Modul M313.de werden die Ausmitten für beide Richtungen automatisch ermittelt, wobei der Abminderungsbeiwert  $\alpha_m = 1$  angenommen wird.

Imperfektionen	$\alpha_h$	$1/\theta_{it}$ [1/rad]	$1/\theta_{is}$ [1/rad]	$e_{it}$ [cm]	$e_{is}$ [cm]
	0.89	223.61	223.61	1.12	1.12

Bild 3. Ausgabebeispiel Ausmitten aus Imperfektionen

### Ausmitte nach Theorie II. Ordnung

Die Ausmitte nach Theorie II. Ordnung berechnet sich zu:

$$e_2 = K_1 \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot \frac{l_0^2}{c}$$

mit

$K_1$  Interpolierender Faktor für Druckglieder mit Schlankheit  $25 \leq \lambda \leq 35$

$$K_1 = \lambda/10 - 2,5$$

$\left(\frac{1}{r}\right)$  Krümmung

$c$  Krümmungsbeiwert

Die Wahl eines Krümmungsbeiwertes  $c$  hängt vom angenommenen Verlauf der Krümmung ab. Der Wert  $c = 8$  liegt in allen Fällen auf der sicheren Seite und ist stets anzuwenden, wenn der Momentenverlauf konstant über die Stablänge ist. In allen anderen Fällen ist der in älteren Normen stets verwendete Beiwert von  $c = 10$  eine gute Näherung.

**Ermittlung der Krümmung**

Der Maximalwert der Krümmung errechnet sich nach DIN EN 1992-1-1 [1], Gl. (5.34) zu:

$$\left(\frac{1}{r}\right) = K_r \cdot K_\varphi \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_0$$

mit

$$\left(\frac{1}{r}\right)_0 \quad \text{Krümmung bei maximaler Biegetragfähigkeit}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_0 = \frac{2 \cdot \epsilon_{yd}}{0,9 \cdot d}$$

$K_r$  Beiwert zur Berücksichtigung der Normalkraft

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - 0,4}$$

mit

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$$n_u = 1 + \omega$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$K_\varphi$  Beiwert zur Berücksichtigung des Kriechens

$$K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} \geq 1$$

mit

$\varphi_{ef}$  Effektive Kriechzahl nach EC 2, 5.8.4

$$\beta = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda/150$$

Wie aus dem Berechnungsansatz hervorgeht, hängt die Krümmung von der Querschnittsfläche der Bewehrung ab. Aus der Krümmung lässt sich das Bemessungsmoment ableiten, welches wiederum Grundlage für die Querschnittsbemessung ist. D.h. für die Bestimmung der Krümmung ist eine iterative Berechnung erforderlich, die programmseitig automatisch durchgeführt wird.

Kriechen	Endkriechzahl	$\varphi = 2.84$			
	Beiwert	$\beta_s = 0.090$			
	Krümmungsbeiwert	$c = 0.090$			
		$\epsilon_{2t} = 10$			
Theorie II. Ordnung	$K_r$	$K_{\varphi s}$	$K_{1s}$	$1/r_s$	$\epsilon_{2t}$
	0.31	1.26	1.00	[0.001/m]	[cm]
				7.63	1.91
	$K_r$	$K_{\varphi t}$	$K_{1t}$	$1/r_t$	$\epsilon_{2t}$
	0.31	1.26	1.00	[0.001/m]	[cm]
				7.63	1.91

Bild 4. Beispielausgabe Ausmitteln Theorie II. Ordnung

Bem.-schnittgrößen	Lkn	r	Achse	$M_{0Ed}$	$M_2$	$M_{Ed}$
	1	5.00	s	15.45	-26.36	41.81
	1	5.00	t	-15.45	-26.36	-41.81
Bemessung	Lkn	r	$N_{Ed}$	$M_{Eds}$	$M_{Edt}$	$A_{s, Tot}$
	1	5.00	-1381.82	41.81	-41.81	11.69
			[kN]	[kNm]	[kNm]	[cm <sup>2</sup> ]

Bild 5. Aufbereitung der Schnittgrößen und Bemessung



Hrsg.: K. Bergmeister, F. Fingerloos, J.-D. Wörner

**Beton-Kalender 2015**  
Schwerpunkte: Brücken, Bauen im Bestand

2014. ca. 1100 S.

ca. € 174,-

Fortsetzungspreis ca. € 154,-

ISBN: 978-3-433-03073-8

**Online-Bestellung:**  
[www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)



## Brückenbau und Bauen im Bestand

Das Thema „Brücken“ behandelt die Einwirkungen nach Eurocode 1 auf Brücken sowie den Entwurf, die Bemessung und Konstruktion von Massivbrücken nach Eurocode 2. Ausführliche Erläuterungen aus erster Hand und kommentierte Kurzfassungen der „DIN-Handbücher Brückenbau“ geben Sicherheit für die Praxis.

Für das „Bauen im Bestand“ werden wertvolle Hinweise zur Tragwerksbewertung mit Schadensanalyse und Ertüchtigungsmaßnahmen für den Allgemeinen Hochbau und Verkehrswasserbauwerke gegeben.

Auch die Ausgabe 2015 ist eine besondere Fundgrube für Praktiker und Wissenschaftler.

**Bemessungsmoment nach Nennkrümmungsverfahren**

Nach DIN EN 1992-1-1 [1], 5.8.8.2 errechnet sich das Bemessungsmoment nach Theorie II. Ordnung zu:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

mit

$M_{0Ed}$  Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich der Auswirkungen aus Imperfektionen  
 $M_{0Ed} = M_0 + e_i \cdot N_{Ed}$

$M_2$   $M_0$  Moment nach Theorie I. Ordnung  
 Nennmoment nach Theorie I. Ordnung  
 $M_2 = e_2 \cdot N_{Ed}$

**Querschnittsbemessung**

Die Bemessung erfolgt nach DIN EN 1992-1-1 [1], 5.8.9(2) für beide Achsrichtungen getrennt, wobei stets von einer symmetrischen Bewehrungsanordnung auszugehen ist. Der Ermittlung der Krümmung  $(1/r)_0$  liegt die Annahme eines symmetrisch bewehrten Querschnittes zugrunde.

Dieses Vorgehen ist nur zulässig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Annähernd gleiche Schlankheitsverhältnisse in beiden Achsrichtungen  
 $\lambda_y/\lambda_z \leq 2$  und  $\lambda_z/\lambda_y \leq 2$
- Der Lastangriffspunkt von  $N_{Ed}$  muss innerhalb der schraffierten Fläche liegen

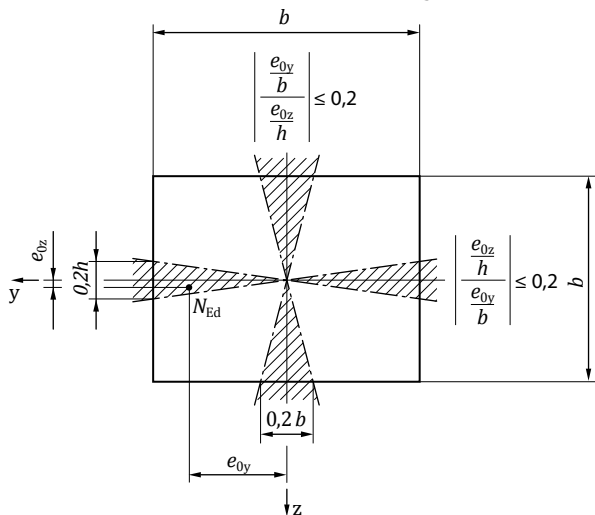


Bild 6. Nachweisgrenzen für Druckglieder mit zweiachsiger Ausmitte

Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, ist eine Bemessung nach dem Nennkrümmungsverfahren bei zweiachsiger Lastausmitte nicht möglich. Beide Bedingungen werden programmseitig geprüft und nur in zulässigen Fällen wird eine Bemessung durchgeführt.

**Zusammenfassung**

Mit dem Modul M313.de liegt eine wichtige Ergänzung zur Bemessung von Stützen im Rahmen der Bemessung ebener Plattentragwerke vor. Der zusätzliche Eingabeaufwand zum Aktivieren der Nachweise ist gering, da die meisten Angaben ohnehin für die Schnittgrößermittlung der Platte erforderlich sind. Alle Stützennachweise werden dabei auf der sicheren Seite liegend am Stützenkopf geführt.

Dipl.-Ing. Katrin Büscher  
 mb AEC Software GmbH  
 mb-news@mbaec.de

**Literatur**

- [1] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] Fingerloos, F.; Hegger, J.; Zilch, K.: Eurocode 2 für Deutschland – DIN EN 1992-1-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang, Kommentierte Fassung. Berlin: Ernst & Sohn; Beuth, 2012.
- [4] DAFStb-Heft 600 - Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2). 1. Auflage, Ausgabe 2012.
- [5] Heuss S; Leistungsbeschreibung des MicroFe-Moduls M312.de Stahlbeton-Stützenbemessung, Verfahren mit Nennkrümmung, DIN EN 1992-1-1, mb-news Ausgabe 1/2014

**! Aktuelle Angebote**

<p><b>M313.de Stahlbeton-Stützenbemessung, Verfahren mit Nennkrümmung (ebene Systeme) - EC 2, DIN EN 1992-1-1:2011-01</b></p> <p><small>Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel</small></p>	<p><b>399,- EUR</b></p>
<p><b>MicroFe comfort</b>                  MicroFe-Paket „Platten + räumliche Systeme“</p>	<p><b>3.999,- EUR</b></p>
<p><b>PlaTo</b>                  MicroFe-Paket „Platten“</p>	<p><b>1.499,- EUR</b></p>

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenzen je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Oktober 2014  
 Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)