

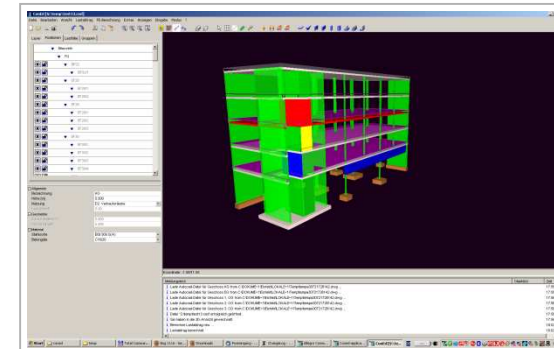
# Wie praxistauglich ist der neue EC 2?

Dr.-Ing. Michael Eisfeld MSc, Kassel | [www.e3p.de](http://www.e3p.de)

---

- Hintergrund des Vortrages
- Unterschiede zur DIN 1045-1
- Durchstanzen an gedrungenem Einzelfundament
- Vorteile vom EC 2
- Fazit

## Firmenprofil



- Gründung von Eisfeld Ingenieure im Jahr 1938
- Planung und Prüfung in dritter Generation
- Seit 2000 computerbasiertes Entwerfen von Tragwerken mit ConED®
- Seit 2004 Zustandsüberwachung mit faseroptischen Sensoren
- Forschung „Tragwerk-FMEA“ sowie „EC2-Pilotprojekte“ mit BVPI

## „EC2–Pilotprojekte“ des DIBt



- 
- praktisch tätige Ingenieurbüros testen EC 2
  - Projekte mit typischen Bauaufgaben des üblichen Hochbaus
  - Projekte gerechnet nach DIN 1045-1
  - Einbindung der Softwarehersteller

→ Ziel: praktische Handhabbarkeit optimieren und Auslegungsfragen reduzieren

## Arbeitsschritte „EC2-Pilotprojekte“

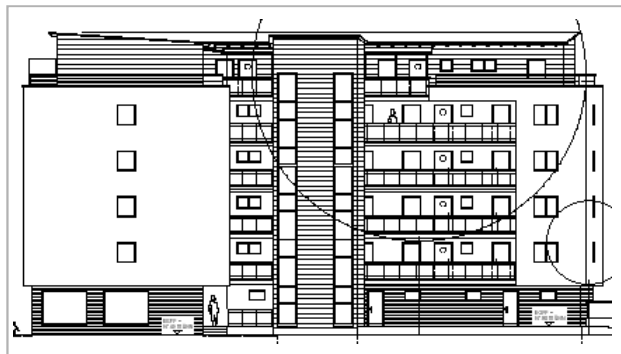
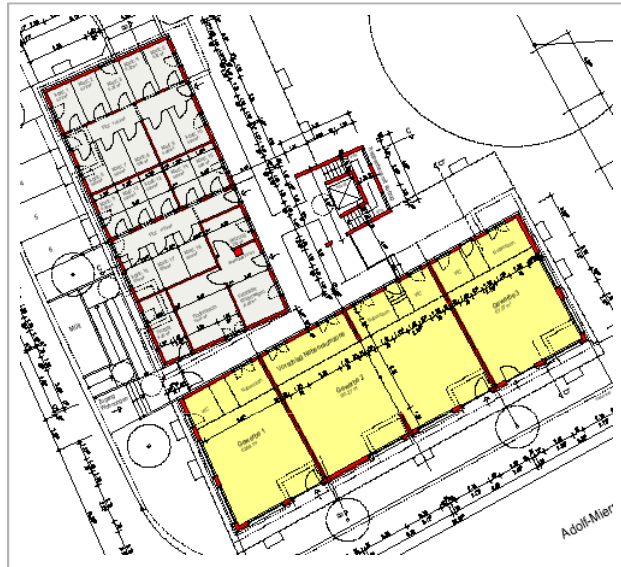
- Überarbeitung der deutschen Übersetzung
- Vergleich von Bemessungsergebnissen
- Überprüfung der Sicherheit der Bemessungsergebnisse
- Überprüfung der Bewehrungs- und Konstruktionsregeln
- Verbesserung der praktischen Anwendbarkeit
- Erarbeitung von Daten und Hintergrundmaterial
- Test und Überarbeitung der Bemessungssoftware
- Abschätzung wirtschaftlicher Folgen



---

**Ziel: Erhöhung der Akzeptanz des EC 2 1-1 in der Praxis**

## Projekt Wohngebäude



- mit Gewerbe und TG
- 6+1 Staffelgeschoss
- 11.600 m<sup>2</sup>
- Flachdecken und Decken mit Unterzügen
- TG als Weiße Wanne, wandartige Träger
- Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten

Eines von 11 Projekten zum  
Nachrechnen nach EC 2!

## Grundsätzliche Unterschiede zu DIN 1045-1



- Umfangreicher mit 211 Seiten
- Nationaler Anhang als zusätzliches Dokument zu EC 2
- Bessere Strukturierung
- Einheitlichere Formelzeichen
- Mehr Querverweise
- Umständlicher durch iterative Nachweise
- Regeln für Elementdecken als NCI
- Manche Dinge wurden verkompliziert:  
$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$
- Mehr Erläuterungen

## Durchstanzen: Ermittlung des $\beta$ -Wertes



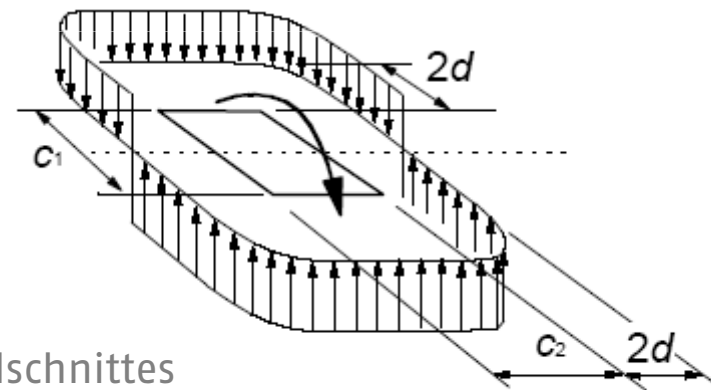
Lasterhöhungsfaktor allgemein

$$\beta = 1 + k \cdot M_{Ed} / V_{Ed} \cdot u_1 / W_1 \geq 1,1$$

k      Beiwert für Lastausmitte

$u_1$     kritischer Rundschnitt

$W_1$     Querkraftverteilung entlang des Rundschnittes



Lasterhöhungsfaktor für Innenstütze z.B.  $\beta = 1,1$

## Unterschiede EC 2 zur DIN 1045-1

- ✓ Dauerhaftigkeit: Expositionsklassen und Betondeckung
  - $\Delta c_{dev}$  statt  $\Delta c$
- ✓ Baustoffeigenschaften:
  - E-Modul 10% größer nach EC2-1-1
  - Schwinden/Kriechen einfachere EC2-1-1-Regeln
- ✓ Bemessung Biegung mit Längskraft:
  - Druckbruch bis +10% Tragfähigkeit bei hochfestem Beton
- ✓ Bemessung Querkraft:
  - Bei geringem Längsbewehrungsgrad höhere Tragfähigkeit
- **Durchstanzen:**
  - **Veränderter Nachweis (siehe Bsp. gedrungenes Fundament)**



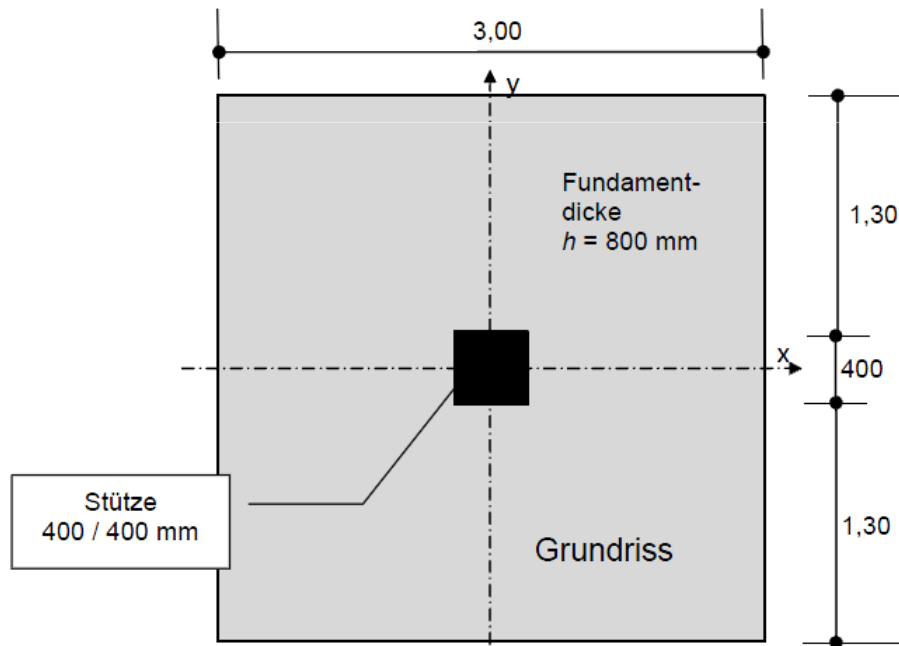
## Unterschiede EC 2 zur DIN 1045-1

- ✓ Bemessung Verbundfuge: fast gleich
- ✓ Druckglieder:
  - Verfahren mit Nennsteifigkeiten, Knicklängen
- Aussteifungskriterium:
  - Im GZT: Bauteile gerissen/ungerissen sowie höheres  $F_{V,Ed}$
- ✓ Begrenzung der Rissbreiten: gleich
- Verformungen:
  - Biegeschlankheit (abh. von Bewehrungsgehalt und Beton)
- ✓ Bewehrungsregeln: Außer anderen Formelzeichen fast gleich



# Durchstanzen gedrungenes Fundament

3 $\phi 12$ 3,39	3 $\phi 12$ 3,39	4 $\phi 12$ 4,52	6 $\phi 12$ 6,76	6 $\phi 12$ 6,76	4 $\phi 12$ 4,52	3 $\phi 12$ 3,39	3 $\phi 12$ 3,39
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------



Eingangswerte:

C30/37, B500A

$h / d = 800 / 740 \text{ mm}$

$N_{Ed,col} = 4073 \text{ kN} \rightarrow \sigma_{gd,m} = (N_{Ed0} / A_F) = 452 \text{ kN/m}^2$

$\beta = 1,10$  (Mindestwert)

Schlankheit:

$\lambda = a_\lambda / d = 1,30 / 0,74 = 1,76 < 2 \rightarrow$  gedungen.

## Ablauf des Nachweises

Die Iteration wird mit EC2-1-1-Gleichungen (6.48) bis (6.50) durchgeführt:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} \quad \text{EC2-1-1, (6.48)}$$

$$\Delta V_{Ed} = A_{crit} \cdot \sigma_{gd}$$

$$V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed,red} / (u_i \cdot d) \quad \text{EC2-1-1, (6.49)}$$

$$V_{Rd,c} = (0,15 / \gamma_c) \cdot k (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2d / a \geq v_{min} \cdot 2d / a \quad \text{EC2-1-1, (6.50)}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{C30/37}$$

$$k = 1 + (200 / 740)^{1/2} = 1,52 < 2,0$$

$$v_{min} = (0,042 / \gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad \text{EC2-1-1, (6.3DE)}$$

$$= (0,042 / 1,5) \cdot 1,52^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,287 \text{ MN/m}^2 = 287 \text{ kN/m}^2$$

Bewehrungsgrad  $\rho_1$  in den Rundschnitten  $< 2,0d$  :

$$b_{crit} = h_{col} + 3,0d = 0,40 + 3 \cdot 0,74 = 2,62 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 32,8 / (262 \cdot 74) = 0,0017$$

$$< 0,02 < 0,50 f_{cd} / f_{yd} = 0,50 \cdot 17,0 / 435 = 0,02$$

## Ermittlung kritischer Rundschnitt

$a_{crit} / d$	$u_1$ m	$A_{crit}$ m <sup>2</sup>	$\beta \cdot V_{Ed,red}$ kN	$V_{Ed}$ kN/m <sup>2</sup>	$V_{Rd,c}$ kN/m <sup>2</sup>	$V_{Ed} / V_{Rd,c}$
1,70	9,504	7,145	928	132	338	0,391
1,60	9,039	6,458	1269	190	359	0,529
1,50	8,574	5,807	1593	251	383	0,656
1,40	8,109	5,189	1900	317	410	0,772
1,30	7,644	4,607	2190	387	442	0,877
1,20	7,179	4,058	2463	464	478	0,969
1,10	6,715	3,544	2718	547	522	1,048
1,00	6,250	3,064	2957	639	574	1,114
0,90	5,785	2,619	3178	742	638	1,164
0,80	5,320	2,208	3382	859	718	1,198
0,70	4,855	1,832	3570	994	820	1,212
0,60	4,390	1,490	3740	1151	957	1,203
0,50	3,925	1,182	<b>Durchstanzbewehrung erforderlich!</b>			
0,40	3,460	0,909				
0,30	2,995	0,670	4147	1871	1913	0,978

## Berechnung äußerer Rundschnitt

Der Rundschnitt, ab dem die Tragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung nachweisbar ist:

$$u_{\text{out,ef}} = \beta \cdot V_{\text{Ed}} / (V_{\text{Rd,c}} \cdot d)$$

Annahme:  $a_{\text{out}} = 1,75d$  am Fundamentrand (entspricht ca. der ersten Bewehrungsreihe bei  $0,3d$  zzgl.  $1,5d$ )

Liegt  $a_{\text{out}} \leq 1,75d$  ist ohnehin keine weitere Durchstanzbewehrung erforderlich.

$a_i / d$	$u_i$ m	$A_i$ m <sup>2</sup>	$\beta \cdot V_{\text{Ed,red}}$ kN
1,75	9,74	7,50	751

$$\beta \cdot V_{\text{Ed,red}} = 1,10 \cdot (4073 - 7,50 \cdot 452) = 751 \text{ kN}$$

$$u_{\text{out,ef}} = 751 / (287 \cdot 0,74) = 3,54 \text{ m}$$

$$a_{\text{out}} = (u_{\text{out,ef}} - u_0) / (2 \cdot \pi) = (3,54 - 4 \cdot 0,40) / (2 \cdot \pi) = 0,31 \text{ m}$$

## Erforderliche Bewehrung

Gewählte Bügelbewehrung 90°:

$\beta \cdot V_{Ed,red} = 3570 \text{ kN}$  im kritischen Rundschnitt (im Abstand  $a_{crit} = 0,70d$ )

$$A_{sw,1+2} = \beta \cdot V_{Ed,red} / f_{ywd,ef}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 740 = 435 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ywd}$$

$$A_{sw,1+2} = 3,570 \cdot 10^4 / 435 = 82,1 \text{ cm}^2$$

**1. Bewehrungsreihe (im Abstand  $0,3d$ ):**

$$A_{sw,1} = 82,1 / 2 = 41,0 \text{ cm}^2$$

**2. Bewehrungsreihe (im Abstand  $0,8d$ ):**

$$A_{sw,2} = 41,0 \text{ cm}^2$$



Zum Vergleich: Ergebnisse nach DIN 1045-1:

$$A_{sw,1} = 48,8 \text{ cm}^2 \text{ bei } 0,3d$$

$$A_{sw,2} = 12,4 \text{ cm}^2 \text{ bei } 0,8d$$

## Vorteile vom EC2



### Eurocode 2 für Deutschland

- Europäisch anwendbar
  - Verständlichere Formulierungen und zusätzliche Erläuterungen
- 
- Bei geringem Längsbewehrungsgrad deutlich größere Querkrafttragfähigkeit
  - Schwind- und Kriechbeiwerte einfacher
  - Logische Abtrennung der Durchstanzfälle, etc.

## Quellen für den Praktiker

Kommentierte Kurzfassung EC2-1-1

DBV-Beispielsammlung nach EC 2

DAfStb-Heft 600

<http://www.eurocode2.info>

<http://www.eurocode.at>

<http://www.betonverein.de/veranstaltungen.php>





Vielen Dank!

## Fazit

- Einbindung der Praktiker in Model Code
- Weniger Fehler bei Softwareherstellern
- EC 2 ist einsatzbereit ohne Übergangsregelung
- Synopse des EC 2 1-1 und NA für den täglichen Einsatz
- Nicht von geänderten Formeln abschrecken lassen
- Zulassungen müssen rechtzeitig an EC 2 angepasst werden
- Nachweise werden immer mehr vom Computer abhängig