

Aktuelle Entwicklungen zum zukünftigen Eurocode 2

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger

RWTH Aachen

Lehrstuhl und Institut für Massivbau

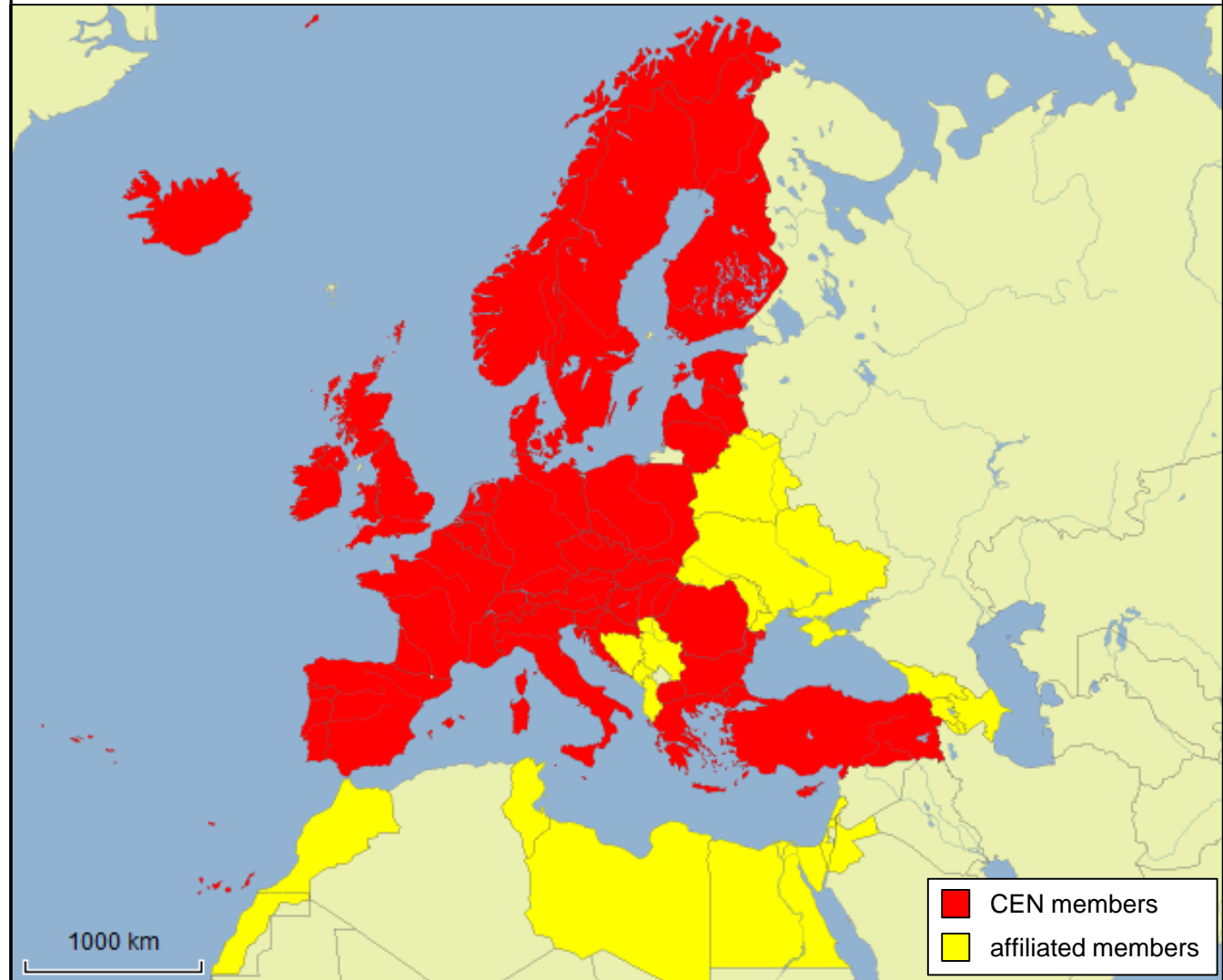
4. DAfStb-Jahrestagung | Braunschweig | 16.11.2016

Aktuelle Anwendung in Europa

DEUTSCHE NORM		Januar 2011
DIN EN 1992-1-1		DIN
ICS 91.010.30, 91.080.40		Ersatzvermerk siehe unten
EN 1992		
Ursprüngl. Version EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 Eurocode 2: Calcul des structures en béton – Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments; Version allemande DIN 1992-1-1:2004 + AC:2010		
Ersatzvermerk Ersetzt für DIN EN 1992-1-1:2005-10; mit DIN EN 1992-1-1:NA:2011-01, DIN EN 1992-3:2011-01 und DIN EN 1992-3:NA:2011-01 Ersetzt für DIN 1045-1:2008-08; Ersetzt für DIN EN 1992-1-1:2010-01		
Gesamtumfang 241 Seiten		
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN		
<small>Die Deutsche Institut für Normung e. V. ist ein eingetragenes, nicht-kommerzielles für die Beschaffung der DIN-Druckwerke zuständig für Normen, V., DIN, prEN, prEN Normen und die Normen durch die DIN-Verlag, 12205 Berlin.</small>		<small>Preisgruppe 31 www.din.de www.din.de</small>

DEUTSCHE NORM		Januar 2011
DIN EN 1992-1-1/NA		DIN
ICS 91.010.30, 91.080.40		Mit DIN EN 1992-1-1:2011-01, DIN EN 1992-3:2011-01 und DIN EN 1992-3:NA:2011-01 Ersetzt für DIN 1045-1:2008-08
NA		
National Annex – Nationally determined parameters – Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings		
Annexe Nationale – Paramètres déterminés au plan national – Eurocode 2: Calcul des structures en béton – Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments		
Gesamtumfang 101 Seiten		
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN		
<small>Die Deutsche Institut für Normung e. V. ist ein eingetragenes, nicht-kommerzielles für die Beschaffung der DIN-Druckwerke zuständig für Normen, V., DIN, prEN, prEN Normen und die Normen durch die DIN-Verlag, 12205 Berlin.</small>		<small>Preisgruppe 31 www.din.de www.din.de</small>

CEN Mitglieder (33 Staaten)

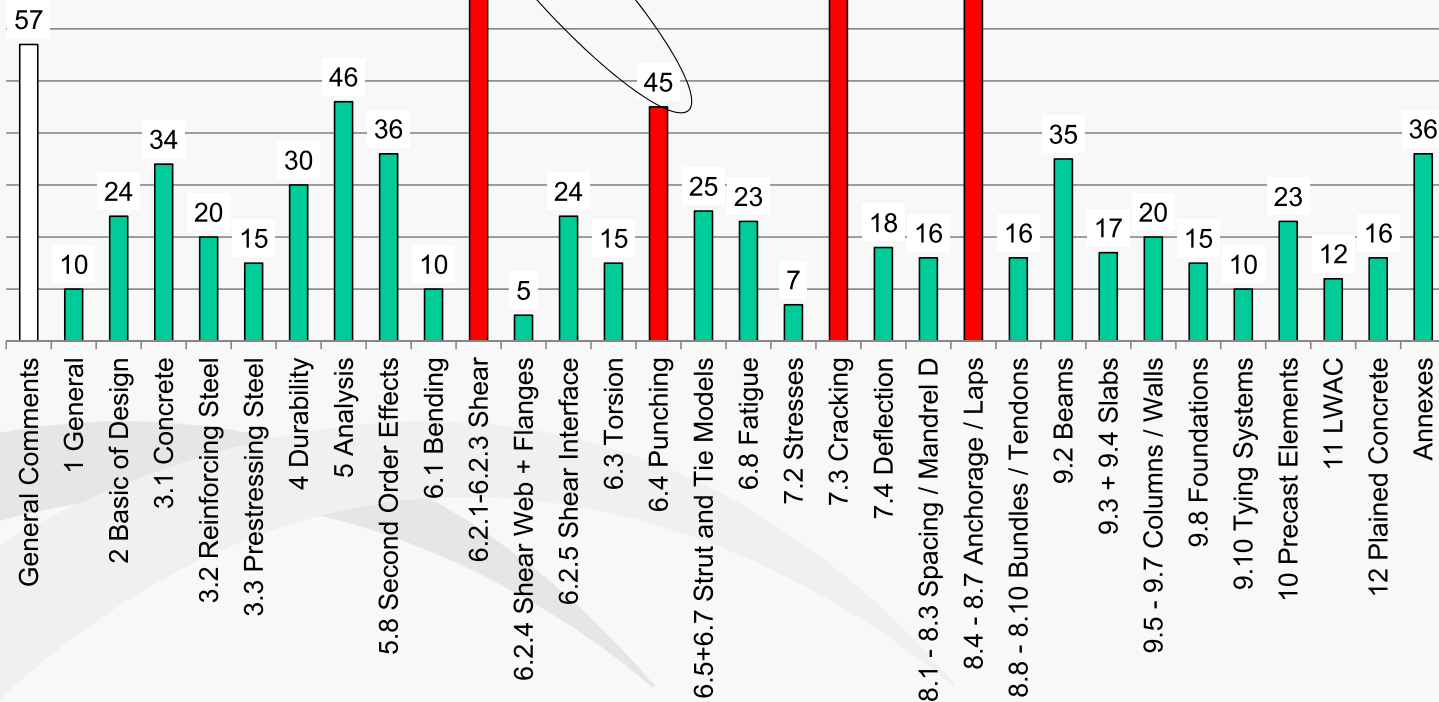


TC250/SC2/WG1

13th meeting September 2015



NSB-Comments
after Systematic Review
(EN 1992-1-1)
State: September 2015



Dr.-Ing. F. Fingerloos

Statistics of NSB-Comments

State September 2015

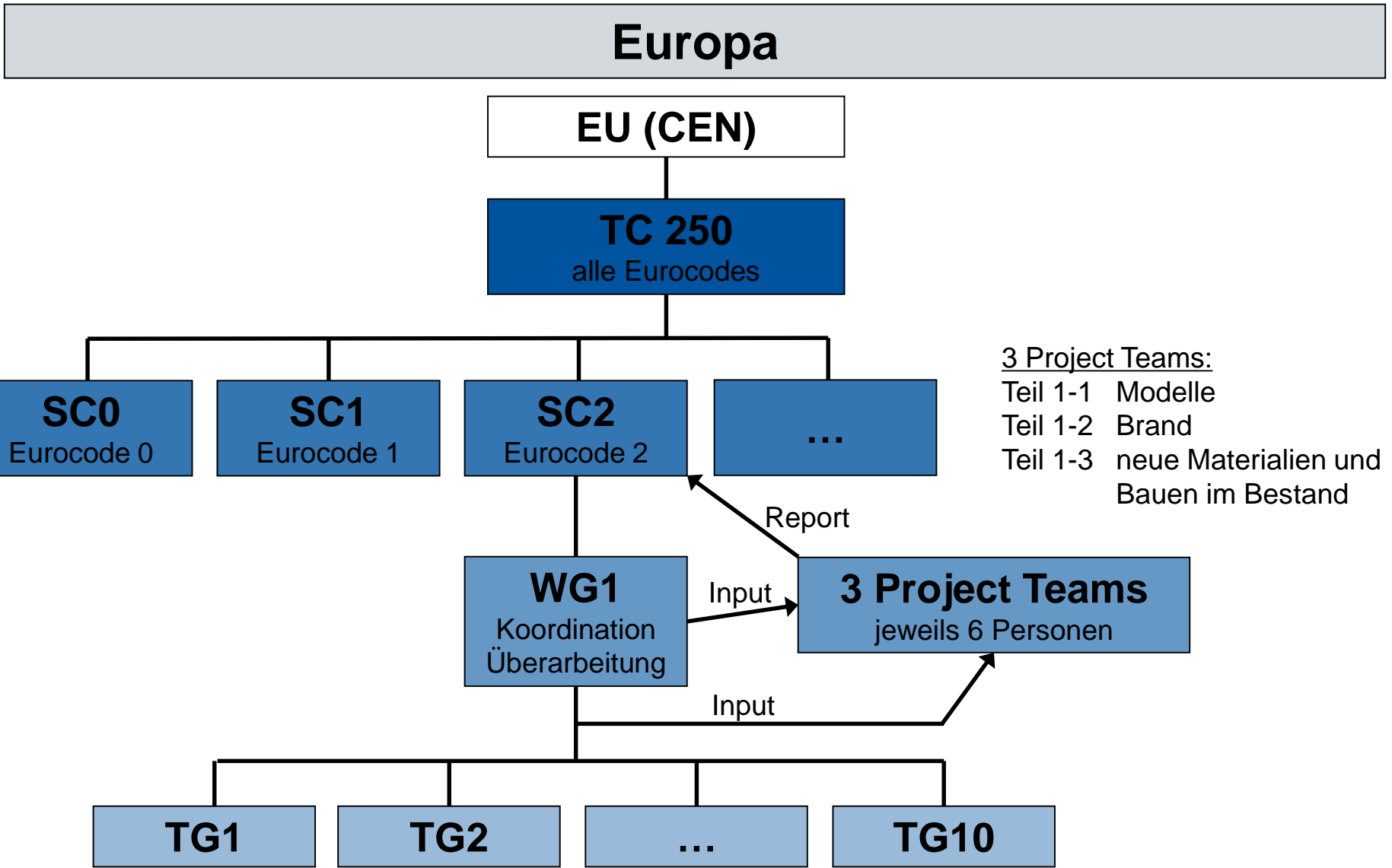
3

Hauptziele

- **Anwenderfreundliche Modelle / Ease of Use**
 - Reduzierung der Anzahl an NDPs
 - Keine konkurrierenden Modelle, wenn möglich mechanische Modelle
 - Straffung des Textes
- **Einheitliche Modelle für neue Bauwerke und Bestandsbauwerke**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Neue Bauweisen und Werkstoffe**


Zeitliche Entwicklung von EN 1992


Mandat M/515 EN	2013b	Beginn systematische Überprüfung EN 1992
	2014	Antworten systematische Überprüfung EN 1992
	2015-17	Beginn der Project Teams (PT) WG1
	2017	erste Entwürfe der 3 Project Teams (PTs)
	2018/19	Übergabe Final Document to NEN
	2020	Entwurf 2. Generation EN 1992
	2020/21	Abstimmung über 2. Generation EN 1992
	2022	Veröffentlichung 2. Generation EN 1992




Entwicklung neuer Bemessungsmodelle

Ausgangspunkt für die zweite Generation des Eurocode 2

DEUTSCHE NORM		Januar 2011
DIN EN 1992-1-1		DIN
ICS 91.010.30; 91.080.40		Ersatzvermerk siehe unten
EN 1992:2011-01		
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010		
Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings; German version EN 1992-1-1:2004 + AC:2010		
Eurocode 2: Calcul des structures en béton – Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments; Version allemande EN 1992-1-1:2004 + AC:2010		
Ersatzvermerk		
Ersatz für DIN EN 1992-1-1:2005-10; mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, DIN EN 1992-3:2011-01 und DIN EN 1992-3/NA:2011-01 Ersatz für DIN 1045-1:2008-08; Ersatz für DIN EN 1992-1-1 Berichtigung 1:2010-01		
Gesamtumfang 241 Seiten		
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN		
<small>© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet. Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</small>		
<small>Preisgruppe 41 www.din.de www.beuth.de</small>		
		
<small>172345</small>		

EN 1992 2. Generation



Model Code 2010
Model Code 2010
Final draft
Model Code prepared by Special Activity Group 5
September 2011

Querkraftmodell für die nächste Generation von EC2

Querkraft – Bauteile ohne Querkraftbewehrung

- Beibehaltung des bisherigen Modells von EC2 von der Praxis gewünscht:

Biegeschubformel nach MODEL CODE 1990:

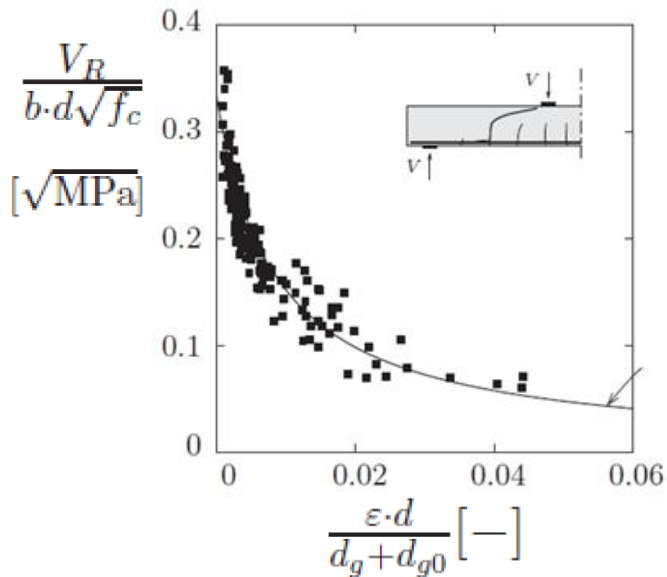
$$V_{Rd,c} = \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

Maßstabseinfluss: $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$

- Kritikpunkte:
 - Schubslankheit der Bauteile wird vernachlässigt
 - Maßstabseffekt wird im EC2 unterschätzt
 - Bauteile unter Zugbeanspruchung (z.B. Silos) werden unzureichend abgebildet

Querkraftmodell für den neuen EC2

■ Dehnungsbasiertes Modell (Critical Shear Crack Theory)



Proposal for EC2:
$$V_{Rd} = \frac{0.3}{1 + \epsilon_v \cdot d \cdot k_{dg}} \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} \cdot b_w \cdot d$$

Strain effect

Size effect

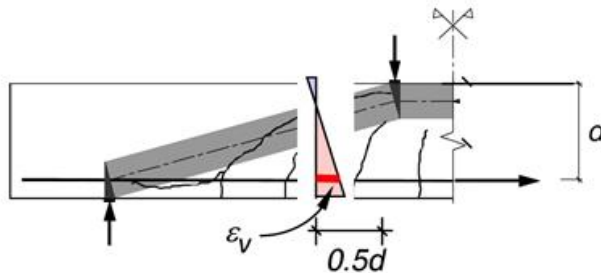
Concrete type

k_{dg} Einfluss Betonart und Größtkorn:

$$k_{dg} = \frac{32}{16 + d_{ag}}$$

ϵ_v Dehnung der Längsbewehrung:

$$\epsilon_v = \frac{f_{yd}}{E_s} \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$$



Muttoni, A., Fernández Ruiz, M., Shear strength of members without transverse reinforcement as function of critical shear crack width, ACI Structural Journal, 2008

➤ Vereinfachtes Modell für die Praxis erforderlich!

Querkraftmodell für den neuen EC2

■ Geschlossene Lösung auf Basis der CSCT für den neuen EC2:

$$V_{Rd,c} = \frac{1}{\gamma_c} \left(100 \rho_l f_{ck} \frac{d_{dg}}{a_v} \right)^{1/3} b_w d$$

Bisherige Formel in EC2:

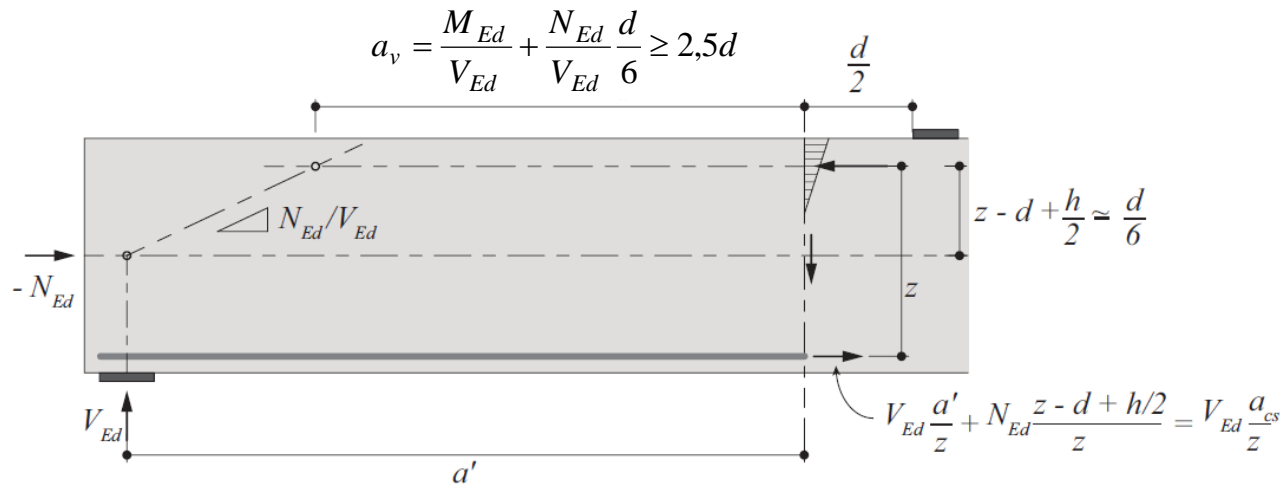
$$V_{Rd,c} = \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

d_{dg} Beiwert zur für Beton- und Zuschlagseigenschaften

a_v mechanische Schubspannweite

d_{dg} = 32 mm (Normalbeton)
= 16 mm (Leichtbeton)

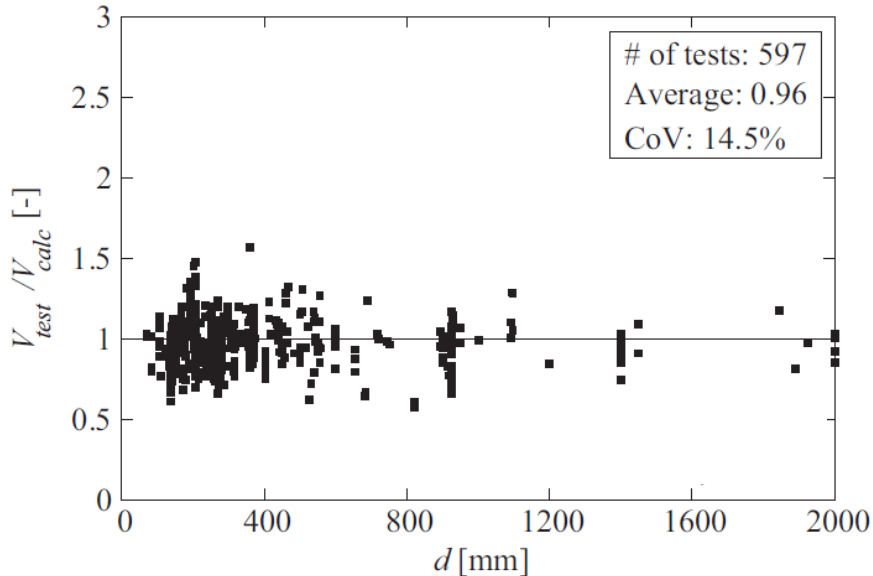
$$a_v = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} + \frac{N_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{d}{6} \geq 2,5d$$



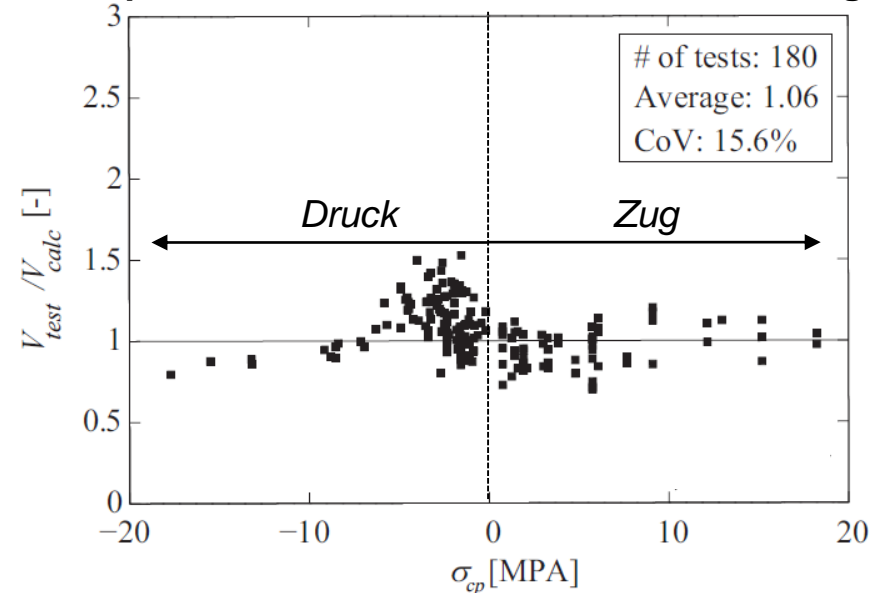
Querkraftmodell für den neuen EC2

- Neue Formel sehr ähnlich zum bisherigen EC2
- Maßstabeffekte zutreffend berücksichtigt
- Bauteile mit Vorspannung und Bauteile unter Zugbeanspruchung zutreffend erfasst

Stahlbetonbauteile



Spannbetonbauteile / Bauteile unter Zug



Querkraft – Bauteile mit Querkraftbewehrung

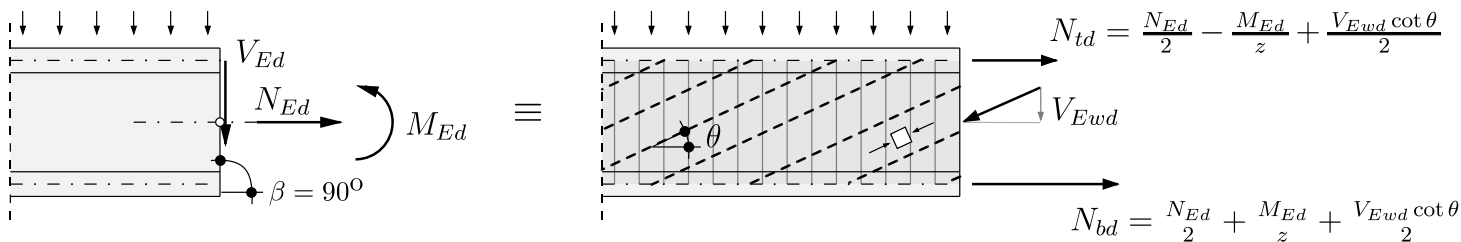
- Fachwerkmodell mit variabler Druckstrebenneigung bleibt unverändert (Fachwerkmodell mit Betontraganteil aus EC2 NA(D) entfällt):

Nachweis der Zugstreben:
$$V_{Ewd} \leq \frac{A_{sw}}{s} z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

Nachweis der Druckstreben:
$$V_{Ewd} \leq b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

Druckstrebenwinkel frei wählbar: $1,0 \leq \cot \theta \leq 2,5$ (Grenzen noch nicht festgelegt)

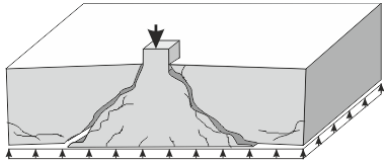
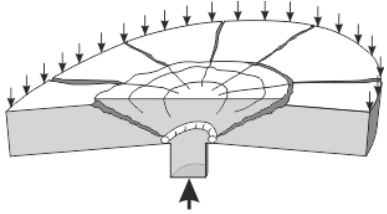
- Flachere Druckstrebenwinkel für die Nachrechnung zulässig:



mit: $v_1 = \eta_{fc} \cdot \eta_\epsilon$ ← Faktor zur Berücksichtigung der Querdehnung
 ↑
 Faktor für Betonsprödigkeit

Durchstanzmodell für die nächste Generation von EC2

Status quo: Durchstanzbemessung nach Eurocode 2



$$V_{Rd,c} = \left(\frac{0.18}{\gamma_C} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot u_{2.0d} \cdot d \leq 0.4 v f_{cd} u_0 d$$

$$V_{Rd,c} = \left(\frac{0.18}{\gamma_C} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot \frac{2d}{a_{crit}} \right) \cdot u_{crit} \cdot d \leq 0.4 v f_{cd} u_0 d$$

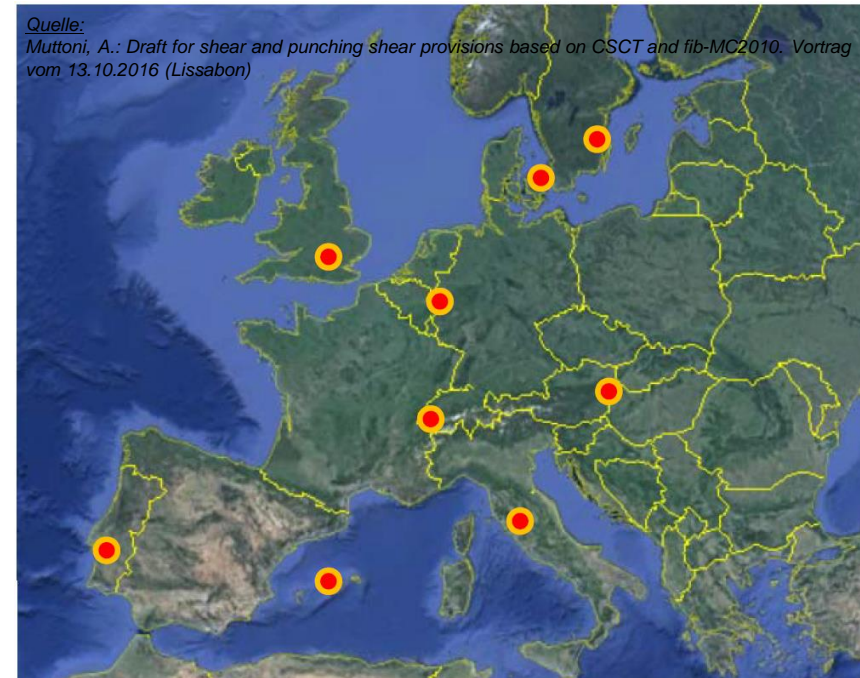
$$V_{Rd,c+s} = V_{Rd,cs} + V_{Rd,s} \leq V_{Rd,max}$$

$$V_{Rd,cs} = 0.75 \cdot V_{Rd,c} \text{ (stirrups)}$$

$$V_{Rd,max} = 1.5 \cdot V_{Rd,c} \leq 0.4 v f_{cd} u_0 d \text{ (stirrups)}$$

Konvergenzprozess der TG4 in den letzten Jahren

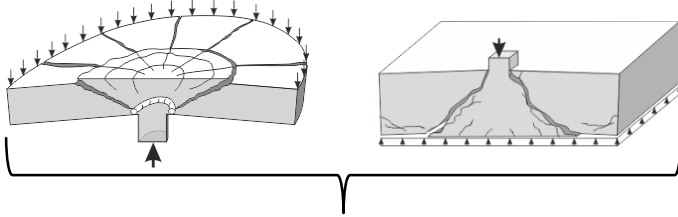
- 1st Meeting in Aachen, September 2012
- 2nd Meeting in Lausanne, Juni 2013
- 3rd Meeting in London, September 2013
- 4th Meeting in Wien, April 2014
- 5th Meeting in Palma, Oktober 2014
- 6th Meeting in Florenz, März 2015
- 7th Meeting in Stockholm, September 2015
- 8th Meeting in Kopenhagen, Januar 2016
- 8.1st Meeting in Düsseldorf, März 2016
- 8.2nd Meeting in Zürich, Juni 2016
- 8.3rd Meeting in Düsseldorf, August 2016
- 9th Meeting in Lissabon, Oktober 2016



Weiterentwicklung EC2



UDM-2016-08 (RWTH)



$$v_{Rd,c} = \frac{C_{Rd,c}}{\gamma_C} \cdot k_d \cdot k_{\lambda} \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$$

$$v_{Rk,s} \leq v_{Rk,c}: v_{Rd,c+s} = v_{Rd,c} + 0.3 \cdot v_{Rd,s}$$

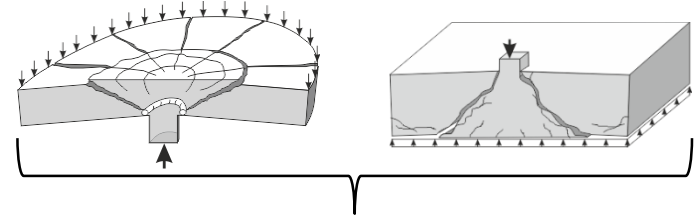
$$v_{Rk,s} > v_{Rk,c}: v_{Rd,c+s} = 0.3 \cdot v_{Rd,c} + v_{Rd,s}$$

$$v_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{u_{0.5d} \cdot d}$$

$$v_{Rd,max} = 1.5 \cdot v_{Rd,c} \text{ (stirrups)}$$

$$v_{Rd,max} = 1.8 \cdot v_{Rd,c} \text{ (studs)}$$

CSCT-2016-08 (EPFL)



$$v_{Rd,c} = \frac{k_b}{\gamma_C} \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \left(\frac{d_{dg}}{a_v} \right)^{1/3} \right) \cdot d_v \leq 0.6 \sqrt{f_{ck}} d_v$$

$$v_{Rd,c+s} = \eta_c \cdot v_{Rd,c} + \eta_s \cdot v_{Rd,s} \geq v_{Rd,s}$$

$$\eta_c = \frac{v_{Rd,c}}{v_{Ed}}; \eta_s = \left(\frac{a_v}{d} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{1.2}{\eta_c \cdot k_b} \right)^{3/2} + 0.10 \leq 1.0$$

$$v_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s_r \cdot s_t} \cdot d_v \cdot f_{ywd}$$

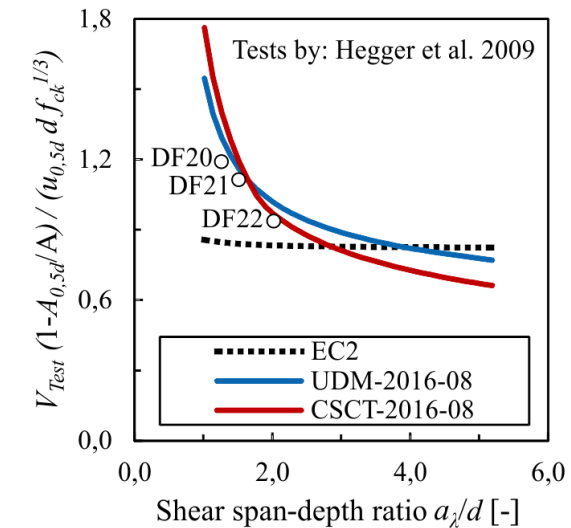
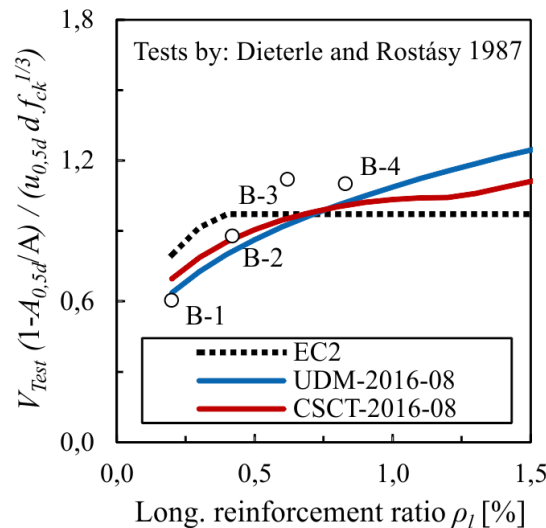
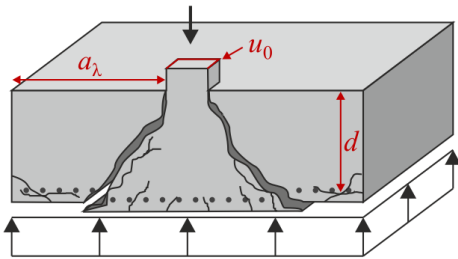
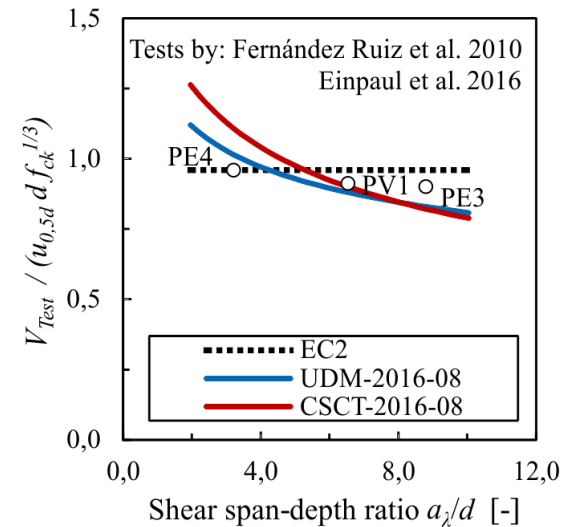
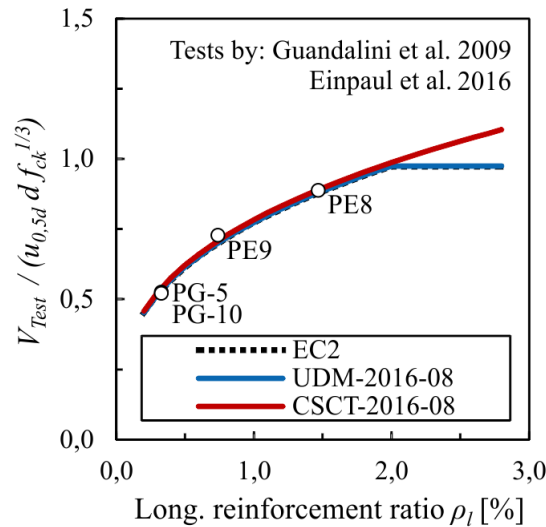
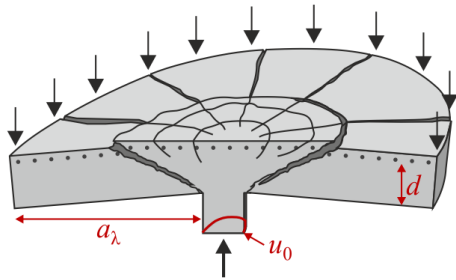
$$v_{Rd,max} = 1.5 \cdot v_{Rd,c} \text{ (stirrups)}$$

$$v_{Rd,max} = 1.8 \cdot v_{Rd,c} \text{ (studs)}$$

Berücksichtigte Einflüsse:

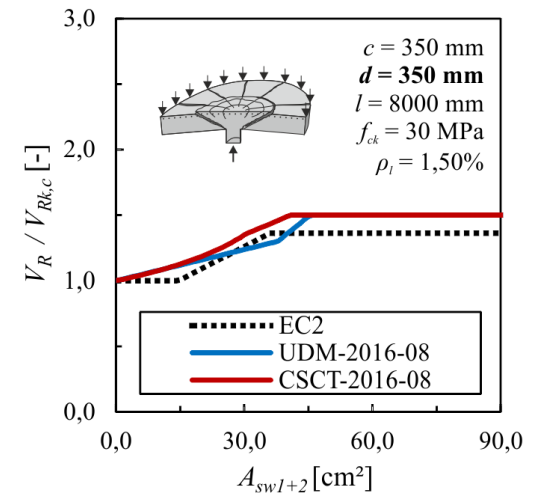
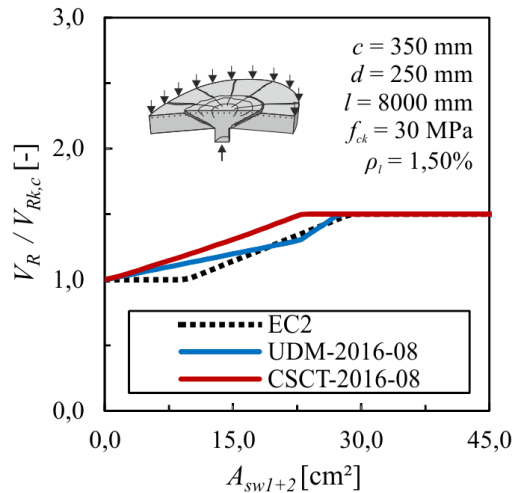
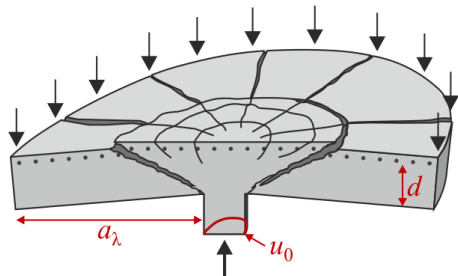
Betondruckfestigkeit; Biegezugbewehrung; Maßstabeffekte; Schlankheit; Stützengröße

Vergleich Flachdecken und Fundamente ohne DSB

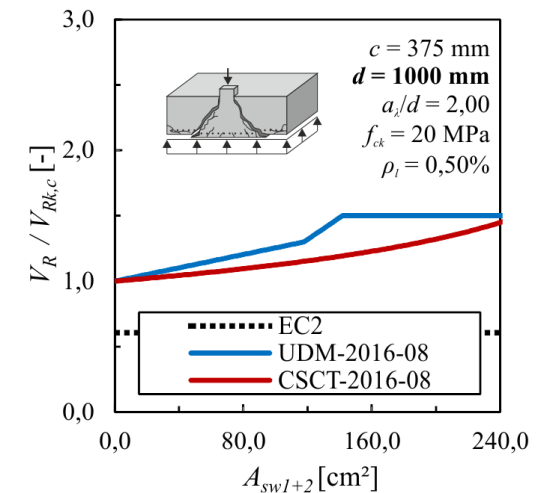
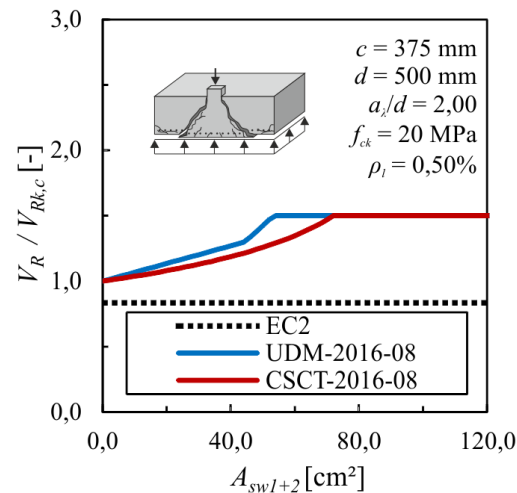
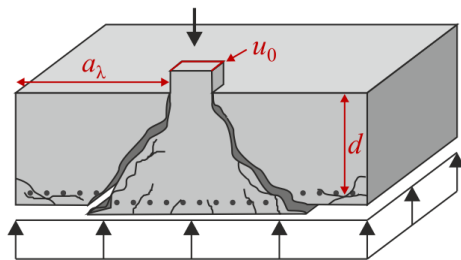


Vergleich Flachdecken und Fundamente mit DSB

Flachdecken



Fundamente



Übergreifungen und Verankerungslängen

Übergreifungslänge nach EN 1992-1-1

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}$$

Reduktionsfaktoren	
α_1	Form
α_2	Betondeckung
α_3	Querbewehrung
α_5	Querdruck
α_6	Stoßanteil

Basis: Model Code 1990

Antworten systematische Überprüfung:

- Resultierende Verankerungs- und Übergreifungslängen zu lang
- Einfachere Dimensionierung wünschenswert
- α -Faktoren nur für Sonderfälle
- Stoßfaktoren zu hoch
- Anpassung an MC2010

Übergreifung nach Vorschlag Project Team

Vereinfachung für übliche Fälle:

$$l_{b,req} = 40 \cdot \phi$$

$$(\emptyset \leq 20 \text{ mm}, \sigma_{ad} \leq 435 \text{ N/mm}^2, f_{cd} \geq 25 \text{ N/mm}^2, c_d \geq 1,5 \cdot \emptyset)$$

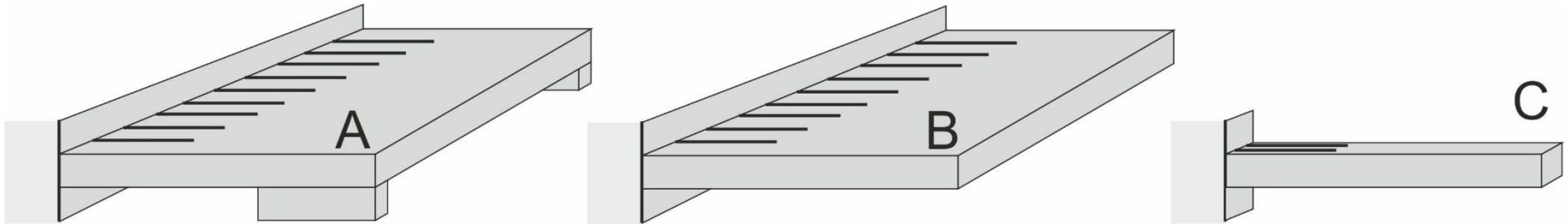
Genauerer Nachweis basierend auf MC2010:

$$l_{b,req} = 40 \cdot \phi \cdot \left(\frac{25 \text{ MPa}}{f_{ck}} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{\sigma_{ad}}{435 \text{ MPa}} \right)^{3/2} \cdot \left(\frac{\phi}{20 \text{ mm}} \right)^{1/3} \left(\frac{1,5\phi}{c_d} \right)^{1/2} \geq 12\phi$$

Übergreifungslänge gerader Stabenden:

$$l_s = l_b \geq 20 \cdot \phi$$

Übergreifungslänge nach Vorschlag Project Team



Bauteil	Zulässiger Stoßanteil	Bemessungsspannung
Platten/Scheiben mit Querbewehrung (A)	100 %	$\sigma_{ad} = \sigma_{sd}$
Platten/Scheiben ohne Querbewehrung (B)	50 %	$\sigma_{ad} = \sigma_{sd}$
	100 %	$\sigma_{ad} = 1,2\sigma_{sd}$
Balken/Stützen mit Querbewehrung (C)	34 %	$\sigma_{ad} = \sigma_{sd}$
	100 %	$\sigma_{ad} = 1,2\sigma_{sd}$

Nachweis gegen Ermüdung

Vorgeschlagene Änderungen Kapitel 6.8

Vorhandene Struktur

Vorschlag neue Struktur

6.8.1 Allgemeines

6.8.2 Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung

6.8.3 Einwirkungskombinationen

6.8.4 Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl
- Stahl, Stufe 3

6.8.5 Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten
- Stahl, Stahl 2 (+EC 2-2, Anhang NN)

6.8.6 Vereinfachte Nachweise
- Stahl, Stufe 1

6.8.7 Nachweis des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung
- Beton, Druck, Stufe 2
- Beton, Druck, Stufe 1
- Beton, Querkraft, Stufe 1

EC 2-2 Anhang NN

- Beton, Stufe 3

6.8.1 Allgemeines

6.8.2 Einwirkungskombinationen

6.8.3 Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung

Stufe 1: Vereinfachte Nachweise

6.8.4 Stahl

6.8.5 Beton, Druck

6.8.6 Beton, Querkraft

Stufe 2: Schädigungsäquivalente Schwingbreite

Anhang: Stahl

Anhang: Beton, Druck

Stufe 3: Expliziter Betriebsfestigkeitsnachweis

Anhang: Stahl

Anhang: Beton, Druck

Grundlagen

Stufe 1

Stufe 2

Stufe 3

EC2

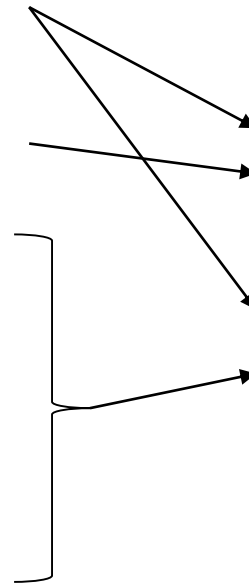
Annex E

Spannglieder

Generelle Umstrukturierung

Aktueller EC2:

- 8.10.1 Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren
- 8.10.2 Verankerung von Spanngliedern im sofortigem Verbund
- 8.10.3 Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund
- 8.10.4 Verankerungen und Spanngliedkoppelungen für Spannglieder
- 8.10.5 Umlenkstellen

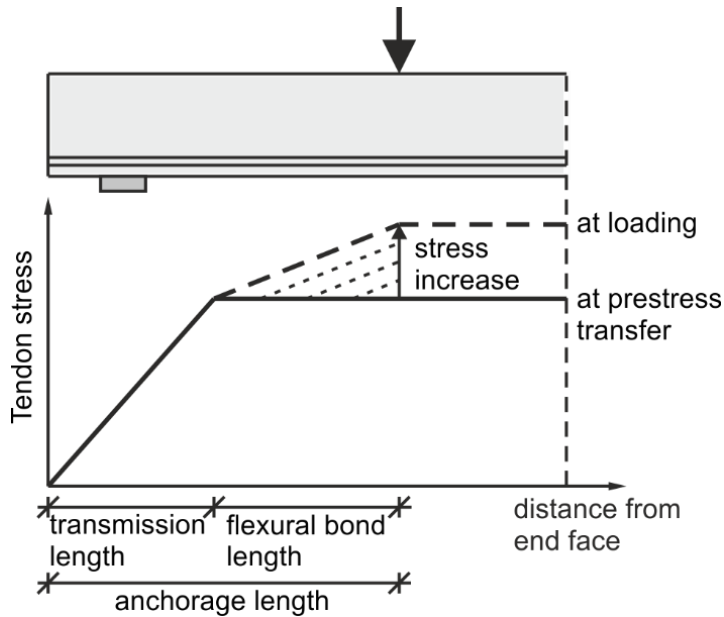


Neuer Entwurf

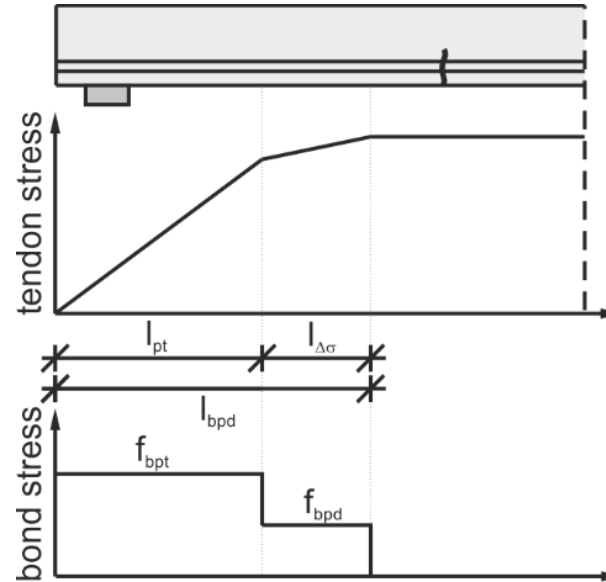
- 8.10.1 Allgemein
- 8.10.2 Vorspannung mit sofortigem Verbund (VmsV)
- 8.10.3 Vorspannung mit nachträglichem und ohne Verbund (VmnV)

Verankerung bei Vorspannung mit sofortigem Verbund

Bezeichnungen



Bemessungsmodell



- $\alpha_1 = 1,00$ für schrittweise Absetzen
= 1,25 für plötzliches Absetzen
- $\alpha_2 = 0,26$ for indented wires
= 0,17 for strands
- $l_{pt2} = 1,2 \cdot l_{pt}$
- $\alpha_3 = 0,53$ für profilierte Drähte
= 0,34 für Litzen
- $\alpha_4 = 1,5$ falls Ermüdungsnachweis erforderlich ist
= 1,0 für alle anderen Fälle

Übertragungslänge
(transmission length)

$$l_{pt} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi \cdot \sigma_{pm0} \cdot \gamma_c / (\eta_1 \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ck}(t)^{1/2})$$

Verankerungslänge
(anchorage length)

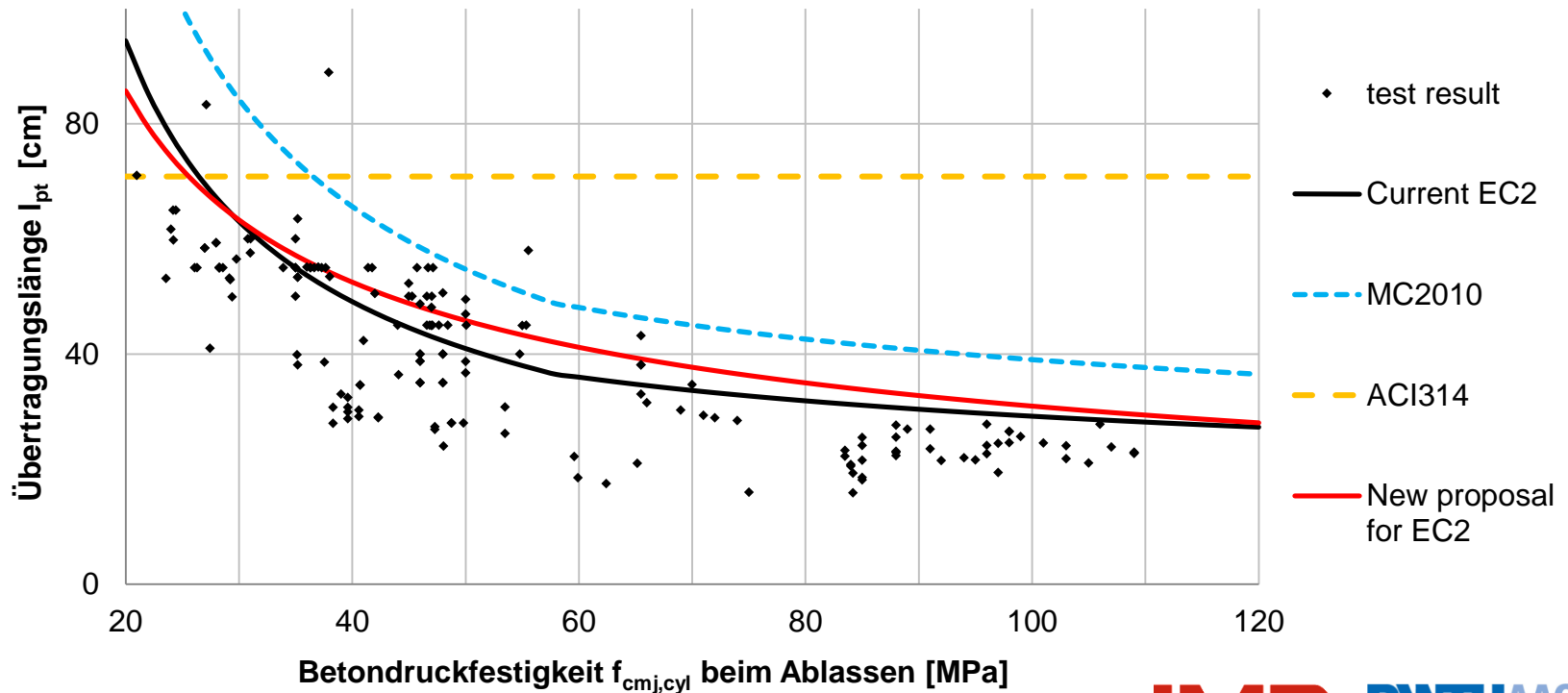
$$l_{bpd} = l_{pt2} + \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \phi \cdot \gamma_c \cdot (\sigma_{pd} - \sigma_{pm\infty}) / (\eta_1 \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ck}(t)^{1/2})$$

Vorspannung mit sofortigem Verbund: Übertragungslänge

Berücksichtigung von Rissbildung?

- Übertragungslänge muss ungerissen bleiben

Gute Ergebnisse mit dem aktuellen EC2-Bemessungsansatz



Ausblick

2015-2017	Start der drei Project Teams (PT) WG1
2017	erste Entwürfe der Project Teams
2018/2019	Übergabe Final Document to NEN
2020	Entwurf 2. Generation EN 1992

→ Die nächsten Jahre sind entscheidend!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger

RWTH Aachen

Lehrstuhl und Institut für Massivbau

www.rwth-aachen.de

www.imb.rwth-aachen.de