

Dr. Aurelio Muttoni  
Professeur à l'Ecole Polytechnique  
Fédérale de Lausanne (EPFL)

Dr. Miguel Fernández Riuz

Gutachten zur Bemessung von ancoPLUS<sup>®</sup> -  
Durchstanzbewehrungen gemäss SIA 262 (2003)



ANCOTECH AG, Produktion und Administration in Dielsdorf/Schweiz

ANCOTECH SA, production et administration à Dielsdorf/Suisse

Es ist unsere Philosophie, mit einer schlanken Firmenstruktur und gut ausgebildeten Mitarbeitern, technisch ausgereifte und wirtschaftlich interessante Lösungen im Bereich 'Spezialbewehrungen' und 'Edelstahlteile' zu erarbeiten. Wo erforderlich, werden eigene Systeme entwickelt. Unsere Innovationen im Ingenieurbau sind richtungsweisend.

Il est dans notre philosophie de travailler avec une structure d'entreprise réduite et un personnel compétent. Nous nous efforçons de trouver des solutions économiques et techniquement parfaites pour résoudre les problèmes dans le domaine des armatures spéciales et des éléments en acier inoxydable. En cas de nécessité, nous développons de nouveaux systèmes.

Über 25 Jahre Erfahrung ist eine gute Grundlage für Qualität und Kontinuität.



Plus de 25 ans d'expérience est la garantie d'une qualité et d'une continuité

ANCOTECH AG,  
ein starker Name, eine starke Firma.

ANCOTECH SA,  
Un nom solide, une entreprise solide.

**ancotech**

**ANCOTECH AG, Spezialbewehrungen**  
CH-8157 Dielsdorf / Schweiz  
CH-1630 Bulle / Suisse

## Bemessung des Durchstanzbewehrungssystems ancoPLUS gemäss SIA 262 (2003)

Dieser Bericht umfasst 13 Seiten und darf nur in voller Länge verbreitet werden.  
Das Originaldokument wurde in französischer Sprache abgefasst. Bei Abweichungen ist die französische Ausführung massgebend.

**Dr. Aurelio Muttoni**

Professor an der Eidgenössischen  
Technischen Hochschule Lausanne  
(EPFL)

**Dr. Miguel Fernández Ruiz**

Muttoni & Fernández, Beratende Ingenieure  
Ch. de Maillefer 37  
1052 Le Mont sur Lausanne / Schweiz

Projekt 07.A05, Bericht 07-A05-R1D

20. November 2007

## Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort .....	2
2. Einleitung .....	2
3. Systembeschreibung .....	2
4. Referenzen .....	3
5. Begründung der Abweichung .....	4
Bemessung der Anker .....	4
Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands .....	4
Durchstanznachweis ausserhalb der verstärkten Zone .....	4
6. Konstruktive Durchbildung .....	5
7. Bemessungsverfahren und Anwendungsgrenzen .....	6
Bemessung der Anker .....	6
Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands .....	8
Durchstanznachweis ausserhalb der verstärkten Zone .....	8
8. Vergleich der Versuchsergebnisse mit dem vorgeschlagenen Modell und der Bemessung gemäss SIA 262 .....	8
9. Schlussfolgerung .....	11
10. Anhang 1. Zitierte Ziffern aus der Norm SIA 262 (2003) [1] .....	12

### 1. Vorwort

In diesem Dokument wird das Verhalten des Durchstanzbewehrungssystems ancoPLUS auf Grundlage der im Labor durchgeführten Versuche der Firma ANCOTECH AG sowie anderer veröffentlichten Versuche mit ähnlichen Systemen untersucht. Die Gültigkeit dieses Dokumentes bleibt auf die Auswertung der Versuche beschränkt. Die Autoren dieses Berichts übernehmen keinerlei Haftung für dessen Anwendung in der Praxis sowie dessen Software-Implementierung.

### 2. Einleitung

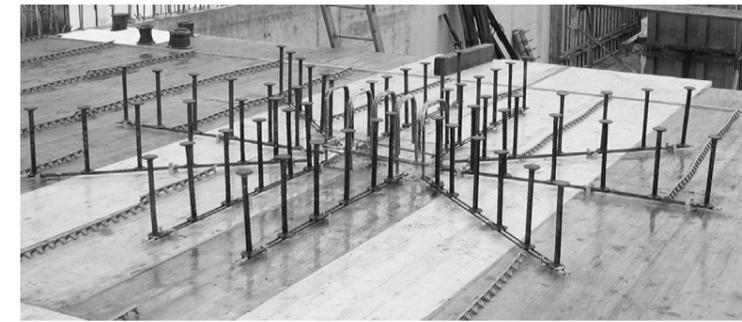
Gemäss Norm SIA 262(2003) Betonbau [1] Abschnitt 0.3 sind Ausnahmen zu den Bemessungsvorschriften zulässig, „wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet werden oder wenn neue Entwicklungen und Erkenntnisse dies rechtfertigen.“

Es wurden zahlreiche Durchstanzversuche an ancoPLUS- oder ähnlich bewehrten Plattenausschnitten durchgeführt. Sie zeigen, dass die Ausnahmen von den Bemessungsvorschriften und die Höchstwerte des Durchstanzwiderstands gerechtfertigt sind. Das vorliegende Dokument beschreibt und rechtfertigt diese Abweichungen und zeigt auf, wie ein mit SIA 262(2003) vergleichbares Sicherheitsniveau erreicht wird.

### 3. Systembeschreibung

ancoPLUS ist ein Bewehrungssystem gegen Plattendurchstanzen, das aus einer Aneinanderreihung von vertikal ausgerichteten Ankern besteht.

Die Anker des ancoPLUS-Systems bestehen aus gerippten Bewehrungen der Klasse B500B mit einer Streckgrenze von  $f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$ . Die Verankerung der Bewehrungen erfolgt beidseitig durch Ankerköpfe mit einem Durchmesser, der mindestens das Dreifache der Bewehrungsseisen beträgt. Der Durchmesser der verfügbaren Anker beträgt jeweils 10, 12, 14, 16, 20, 22, 25, 26, 28 und 30 mm.



a)



b)

Abbildung 1: ancoPLUS-System: (a) Kombination der Einzelteile, (b) Anker im Detail

Zur einfacheren Montage werden die Anker an einer Seite an einer oder zwei schmalen Stangen oder einem Flacheisen befestigt. Mit diesem System können die ancoPLUS-Teile vor dem Betonieren auf der Biegebewehrung einer Platte oder Fundamentplatte platziert werden.

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel von ancoPLUS-Bewehrungen sowie eines Ankers. Nähere Angaben zum ancoPLUS-System sind in der Produktbeschreibung [14] verfügbar.

### 4. Referenzen

- [1] SIA 262, Betonbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2003, 94 p.
- [2] Muttoni, A., "Effort tranchant sur dalles sans étriers et poinçonnement", Documentation D 0182, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zürich, 2003, S. 57-65.
- [3] Birkle, G., "Punching Of Flat Slabs: The Influence Of Slab Thickness And Stud Layout", PhD. thesis, University of Calgary, Dept. of Civil Engineering, Canada, 2004, 152 p.
- [4] Gomes, R., Regan, P., "Punching Strength Of Slabs Reinforced For Shear With Offcuts Of Rolled Steel I-Section Beams", Magazine of Concrete Research, Vol. 51, No. 2, Thomas Telford, Londres, 1999, pp. 121-129
- [5] Beutel, R. R. K., "Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen", PhD. thesis, Technischen Hochschule Aachen, Fakultät für Bauingenieurwesen, Deutschland, 2002, 267 p.
- [6] Müller, F-X, Muttoni A., and Thüriimann B., "Durchstanzversuche an Flachdecken mit Aussparungen", ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion, Birkhäuser Verlag Basel-Boston-Stuttgart, 1984, 118 p.
- [7] Stein, T., Ghali, A., And Dilger, W., "Distinction between Punching and Flexural Failure Modes of Flat Plates", ACI Structural Journal, Farmington Hills, Mich., V. 104, No. 3, 2007, pp. 357-365.
- [8] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1281, Deutschland, 1991, 15 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).
- [9] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1319, Deutschland, 1991, 15 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).
- [10] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1320, Deutschland, 1991, 15 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).
- [11] Zilch, K., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte aus B25 bewehrt mit der ancoPLUS Durchstanzbewehrung zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für

Tragwerksbau, Lehrstuhl für Massivbau, München, Deutschland, 1994, 8 p. (Vertraulicher Prüfbericht).

[12] Stempniewski, L., Kreuser, K., "Prüfungsbericht: Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten. Serie 1: Durchstanzbewehrung ancoPLUS", Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Massivbau, Karlsruhe, Deutschland, 2005, 11 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).

[13] Stempniewski, L., Kreuser, K., "Prüfungsbericht: Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten. Serie 2: Durchstanzbewehrung ancoPLUS und Stahlpilze ZEUS", Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Massivbau, Karlsruhe, Deutschland, 2005, 14 p. (Vertraulicher Prüfbericht).

[14] ANCOTECH AG, "ancoPLUS Armatures de poinçonnement, Homologation délivrée par l'institut de surveillance de Berlin, Homologation nr. Z-15.1-158", 2004, 8 p.

## 5. Begründung der Abweichung

Die Firma ANCOTECH AG hat 10 Durchstanzversuche an ancoPLUS-bewehrten Plattenausschnitten durchführen lassen. Dabei handelte es sich um Plattenelemente mit praxisnahen Abmessungen (Dicke 0,28 bis 0,32 m, Breite der Proben 3,00 bis 5,20 m). Die Versuche wurden von anerkannten Forschungsinstituten durchgeführt, die Ergebnisse sind in den Berichten [8-13] aufgeführt.

Darüber hinaus sind die Ergebnisse weiterer 36 Versuche an bewehrungsverstärkten Plattenelementen, die dem ancoPLUS-System ähnlich sind, in der wissenschaftlichen Literatur verfügbar [3-7].

Alle in Betracht gezogenen Versuche zeigen, dass die Abweichungen zu den Bemessungsvorschriften in SIA 262(2003) [1] beim ancoPLUS-System gerechtfertigt sind. Diese Abweichungen betreffen die Ankerbemessung, den oberen Grenzwert des Durchstanzwiderstands und den Durchstanznachweis ausserhalb der verstärkten Zone (massgebend für die Grösse des Durchstanzbewehrungsbereichs).

### Bemessung der Anker

Laut SIA 262 (2003) § 4.3.6.5.1 „erfolgt die Bemessung der Durchstanzbewehrung auf der Grundlage von Ziffer 4.3.3.3, wobei grundsätzlich von einer Druckfeldneigung  $\alpha$  von  $45^\circ$  auszugehen ist.“

Die Versuchsauswertung zeigt, dass die Anker bei Einhaltung der baulichen Vorschriften in Kapitel 6 als verteilt betrachtet werden können.

### Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands

Laut SIA 262(2003) § 4.3.6.5.3. „Damit ein Versagen des Betons im Stützenbereich ausgeschlossen werden kann, ist der Durchstanzwiderstand auf folgenden Wert zu begrenzen:  $V_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot d$  (55).“

Die Versuchsauswertung zeigt, dass diese Grenze bei Einhaltung der baulichen Vorschriften in Kapitel 6 erhöht werden kann.

### Durchstanznachweis ausserhalb der verstärkten Zone

§ 4.3.6.5.4. beschreibt den Durchstanznachweis ausserhalb der verstärkten Zone und gibt die zu beachtende effektive statische Höhe an (Abbildung 25 der Norm). Bei der Festlegung des Umfangs des Nachweisschnitts ist der verstärkte Bereich als gestützte Fläche zu betrachten; Kommentar 6 der Norm [2] beschreibt eine zusätzliche Begrenzung.

Der unten stehenden Abbildung entsprechend kann nach dieser Angabe der Tangentialabstand der Anker bis zu einem Stababstand in Betracht gezogen werden, welcher der zweifachen effektiven statischen Höhe entspricht.

Die Versuchsauswertung zeigt, dass die Grenze von  $2d$  auf  $4d$  erhöht werden kann.

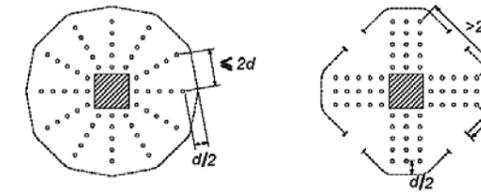


Abbildung 5.8 des Kommentars zur Norm SIA 262 [2]: Nachweisschnitt ausserhalb der verstärkten Zone

Die erwähnten Abweichungen sind in Kapitel 7 beschrieben. Der in Kapitel 8 zusammengefasste Vergleich mit den Versuchen ergibt, dass ein mit der Norm SIA 262(2003) für Platten ohne Durchstanzbewehrung vergleichbares Sicherheitsniveau erreicht werden kann.

## 6. Konstruktive Durchbildung

Die in diesem Dokument beschriebenen Abweichungen sind bei Einhaltung der nachfolgend beschriebenen zusätzlichen konstruktiven Regeln gerechtfertigt:

1. Die ancoPLUS-Bewehrungen sind in Reihen mit mindestens zwei Anker pro Reihe angeordnet (siehe Abb. 2a).
2. Der Winkel der Anker zur Plattendruckseite muss  $90^\circ$  betragen (siehe Abb. 2b).
3. Für die Querkraft  $v_{Rd} \geq 2.5 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$  muss der Abstand  $s_0$  zwischen dem ersten Anker und der Stützenrand (siehe Abb. 2b) :

$$s_0 = 0.375 \cdot d$$

betragen, wobei  $d$  die mittlere statische Höhe der Platte ist ( $= (d_x + d_y) / 2$ ). Auf Grund der Toleranzen bei der Platzierung des ersten Ankers gilt für dessen Endposition (vor Ort zu kontrollieren):

$$0.35 \cdot d \leq s_0 \leq 0.45 \cdot d$$

Für die Querkraft  $v_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$  gilt für den Höchstwert von  $s_0$ :

$$s_0 \leq 0.60 \cdot d$$

Bei Zwischenwerten ist eine lineare Interpolation für den Höchstwert von  $s_0$  zwischen den beiden vorgenannten Werten zulässig, siehe Abb. 2c.

Der Mindestwert von  $s_0$  beträgt in allen Fällen  $0,375 d$  (unter Berücksichtigung der vorgenannten Toleranzen), siehe Abb. 2c.

4. Beim Ankerabstand  $s_1$  (siehe Abb. 2b) muss folgende Bedingung für die Querkraft  $v_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$  berücksichtigt werden:

$$s_1 \leq 0.75 \cdot d$$

Falls die Querkraft  $v_{Rd} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$  beträgt, ist der Ankerabstand bis (einschliesslich) zum dritten Anker beschränkt auf

$$s_1 \leq 0.60 \cdot d$$

und beträgt ab dem dritten Anker  $s_1 \leq 0.75 \cdot d$

Bei Querkraftzwischenwerten kann der Höchstwert  $s_1$  bis (einschliesslich) zum dritten Anker wie in Abb. 2d interpoliert werden und beträgt ab dem dritten Anker  $s_1 \leq 0.75 \cdot d$ .

5. Der Tangentialabstand der Reihen auf Höhe des zweiten Ankers ab der Stützseite (Abstand  $s_{max,2}$ , siehe Abb. 2a) ist begrenzt auf

$$s_{max,2} \leq 1.5 \cdot d$$

6. In der Zugzone der Platte müssen die Ankerköpfchen am äusseren Rand der Biegebewehrung platziert werden (siehe Abb. 2b).

7. Bei der Überdeckung der Ankerköpfchen in der Druckzone  $\Delta h_{inf}$  (siehe Abb. 1b) muss folgende Bedingung für die Querkraft  $v_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$  beachtet werden:

$$c \leq \Delta h_{inf} \leq \frac{d}{6}$$

wobei  $c$  die Bewehrungsüberdeckung ist. Falls  $v_{Rd} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$ , wird diese Bedingung zu

$$c \leq \Delta h_{inf} \leq \frac{d}{10}$$

Bei Querkraftzwischenwerten kann der Grenzwert für  $\Delta h_{inf}$  wie in Abbildung 2e angegeben interpoliert werden.

8. Beim Durchmesser der Durchstanzbewehrungen ( $d_b$ ) müssen die Werte in Tabelle 1 berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Durchmesser der zu verwendenden Anker ( $d_b$ ) im Verhältnis zur statischen Höhe der Platte ( $d$ )

$d$ [mm]	$d_b$ [mm]	$(d_b/d)_{max}$
<160	-	-
160 - 180	10 - 14	1/11.4
181 - 220	10 - 16	1/11.3
221 - 260	10 - 18	1/12.3
261 - 340	10 - 20	1/13.0
341 - 600	10 - 25	1/13.6
>600	10 - 30	1/20.0

## 7. Bemessungsverfahren und Anwendungsgrenzen

Das Bemessungsverfahren für ancoPLUS-Bewehrungen basiert auf dem Bemessungsverfahren der Norm SIA 262 (2003) [1] mit bestimmten Änderungen.

### Bemessung der Anker

Die Bemessung erfolgt der Norm SIA 262 (2003) [1] entsprechend auf Grundlage eines Spannungsfelds ohne Berücksichtigung der Betonzugfestigkeit sowie mit 45° Druckfeldneigung. Mit den vorgenannten konstruktiven Regeln kann der erste Anker ab Stützenrand vollständig aktiviert werden, während der zweite nur teilweise aktiv ist. Der Beitrag des zweiten Ankers wird berechnet, indem die Anker als verteilt angenommen werden (ähnliche Methode wie bei den Balken, § 4.3.3.4.3), so dass folgende Beziehung daraus abgeleitet werden kann:

$$V_{Rd} = n_r \cdot \frac{d}{\max\left\{s_1; s_0 + \frac{s_1}{2}\right\}} \cdot A_{sw} \cdot f_{sd}$$

wobei  $n_r$  die Anzahl der Ankerreihen,  $A_{sw}$  die Fläche eines Ankers und  $f_{sd}$  der Bemessungswert

der Fließgrenze  $f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \leq 435 \text{ N/mm}^2$  ist.

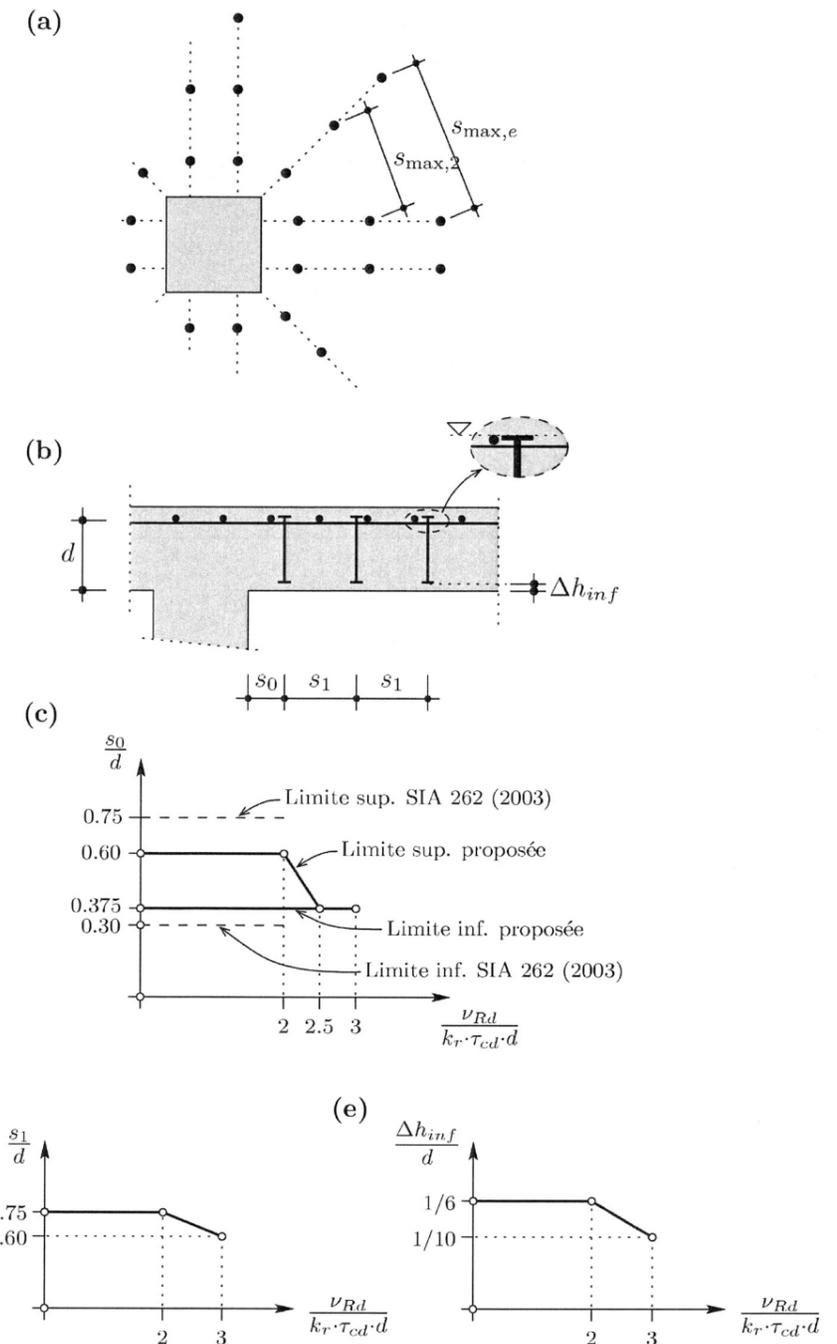


Abbildung 2: Konstruktive Durchbildung für das ancoPLUS-System: (a) Grundriss; (b) Querschnitt der Platte; (c) Variation von  $s_0/d$  als Funktion der Querkraft; (d) Variation von  $s_1/d$  als Funktion der Querkraft; (e) Variation von  $\Delta h_{inf}/d$  als Funktion der Querkraft

## Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands

Laut SIA 262(2003) § 4.3.6.5.3. „Damit ein Versagen des Betons im Stützenbereich ausgeschlossen werden kann, ist der Durchstanzwiderstand auf folgenden Wert zu begrenzen:  $v_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot d$  (55).“

Die Versuchsauswertung zeigt, dass diese Grenze erhöht werden kann. Gleichung 55 der Norm SIA 262(2003) kann ersetzt werden durch:

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$$

wobei die Grenze  $v_{Rd} \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$  die verfügbaren Versuchsergebnisse berücksichtigt.

## Durchstanznachweis ausserhalb der verstärkten Zone

Der Umfang des Bereichs mit Durchstanzbewehrung wird mittels eines Durchstanznachweises ausserhalb des verstärkten Bereichs ermittelt:

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u_{ext}} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \leq 1.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$$

wobei  $d_v$  die in Abbildung 25 der Norm SIA 262 (2003) definierte verringerte statische Höhe ist und die Grenze

$v_{Rd} \leq 1.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$  die verfügbaren Versuchsergebnisse berücksichtigt.

Bei der Bestimmung des Nachweisschnitts  $u_{ext}$  wird der maximale Tangentialabstand der Anker bis zu einer Grenze von

$$s_{max,e} \leq 4.0 \cdot d$$

berücksichtigt, wie in Abbildung 2a gezeigt (erhöhter Abstand im Verhältnis zu der im Kommentar zur Norm SIA 262 [2] angegebenen Grenze).

## 8. Vergleich der Versuchsergebnisse mit dem vorgeschlagenen Modell und der Bemessung gemäss SIA 262

Die mit dem vorgeschlagenen Bemessungsverfahren und der Norm SIA 262 (2003) [1] erzielten Ergebnisse werden in Tabelle 2 mit den Versuchen aus den Referenzquellen [3-13] verglichen. Abbildung 3 zeigt die unterschiedlichen in Tabelle 2 aufgeführten Durchstanzbewehrungssysteme.

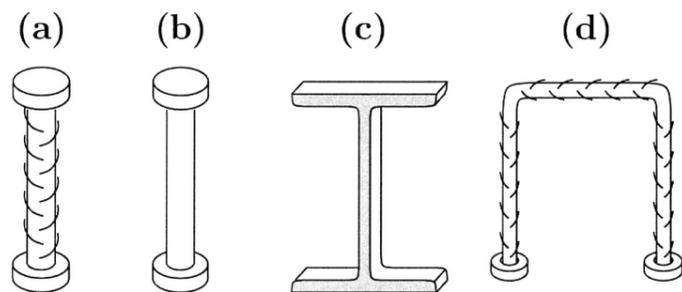


Abbildung 3: In Tabelle 2 berücksichtigte Durchstanzbewehrungssysteme: (a) gerippter Anker; (b) glatter Anker; (c) geteiltes Profil; (d) Bügel mit Verankerung durch Ankerköpfchen in der Plattendruckseite

Tabelle 2: Vergleich der Referenzversuche [3-13] mit dem in diesem Dokument vorgeschlagenen Verfahren und der Norm SIA 262 (2003) [1] (System siehe Abbildung 3)

Ref.	Platte	d [m]	System	Bruchart	$d_b/d$	$V_{R,test}/V_{R,mod}$	$V_{R,test}/V_{R,SIA}$
[3]	S1	0.12	-	Durchstanzen	-	1.26	1.26
	S2	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/12	1.62	1.62
	S3	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/13	1.56	1.56
	S4	0.12	(b)	Durchstanzen aussen	1/13	1.06	1.25
	S5	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/13	1.62	1.62
	S6	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/13	1.65	1.65
	S7	0.19	-	Durchstanzen	-	1.19	1.19
	S8	0.19	(b)	?	1/20	1.39	1.51
	S9	0.19	(b)	?	1/20	1.56	1.56
	S10	0.26	-	Durchstanzen	-	1.00	1.00
	S11	0.26	(b)	?	1/20	1.30	1.57
	S12	0.26	(b)	?	1/20	1.42	1.42
[4]	S1	0.16	-	Durchstanzen	-	1.19	1.09
	S1A	0.16	-	Durchstanzen	-	1.24	1.14
	S2	0.15	(c)	Verstärkter Bereich	1/26	1.60	1.60
	S3	0.16	(c)	Verstärkter Bereich	1/23	1.54	1.54
	S4	0.16	(c)	Durchstanzen aussen	1/20	1.80	1.80
	S5	0.16	(c)	Durchstanzen aussen	1/16	1.78	1.78
	S6	0.16	(c)	Durchstanzen aussen	1/16	2.08	2.08
	S7	0.16	(c)	Durchstanzen aussen	1/13	2.17	2.32
	S8	0.16	(c)	Durchstanzen aussen	1/13	2.33	1.48
	S9	0.16	(c)	Durchstanzen aussen	1/13	2.38	2.40
	S10	0.15	(c)	Verstärkter Bereich	1/26	1.70	1.70
S11	0.15	(c)	Verstärkter Bereich	1/22	1.94	1.94	
[5]	Z1	0.25	(a)	Betonversagen	1/18	1.00	1.25
	Z2	0.25	(a)	Betonversagen	1/18	1.08	1.35
	Z3	0.25	(a)	Betonversagen	1/18	1.19	1.51
	Z4	0.25	(a)	Betonversagen	1/18	1.14	1.54
	Z5	0.25	(a)	Betonversagen	1/16	1.17	1.55
	Z6	0.25	(a)	Betonversagen	1/16	1.12	1.50
	V4	0.35	(a)	Betonversagen	1/22	1.05	1.28
P1	0.19	-	Durchstanzen	-	0.99	0.99	
[6]	P22	0.15	(d)	Betonversagen	1/19	1.28	1.57
[7]	V1	0.12	(b)	Biegung	1/12	1.29	1.44
	V2	0.12	{b}	Durchstanzen aussen	1/12	1.13	1.41
	V3	0.12	(b)	Durchstanzen aussen	1/12	1.16	1.43
[12]	V1	0.24	(a)	Durchstanzen aussen	1/10	1.08	1.33
	V2	0.14	(a)	Durchstanzen aussen	1/10	1.12	1.37
	V3	0.24	(a)	Durchstanzen aussen	1/10	1.10	1.36
[13]	V4	0.24	{a}	Betonversagen	1/12	1.23	1.3
	V5	0.24	(a)	Betonversagen	1/12	1.23	1.3
	V6	0.24	(a)	Betonversagen	1/12	1.23	1.28
[8]	91_V1	0.24	(a)	Durchstanzen aussen	1/17	1.47	1.47
[9]	91_V2	0.24	(a)	Durchstanzen aussen	1/15	1.14	1.14
[10]	91_V3	0.25	(a)	Durchstanzen aussen	1/18	0.97	0.97
[11]	94_V1	0.28	(a)	Durchstanzen aussen	1/18	1.18	1.18

MITTELWERT: 1.39  
COV: 0.26  
MIN: 0.97

Die statistischen Werte bei alleiniger Berücksichtigung der Versuche mit ancoPLUS-Bewehrung sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Es ist anzumerken, dass bei den Versuchen mit dem ancoPLUS-System [8-12] das Fließen der Durchstanzbewehrungen nicht die massgebliche Art des Bruches war.

Tabelle 3: Statistische Werte der Versuche an ancoPLUS-bewehrten Platten (Referenzen [8-3]).

	$V_{R,test}/V_{R,mod}$	$V_{R,test}/V_{R,SIA}$
MITTELWERT:	1.17	1.27
COV:	0.11	0.11
MIN:	0.97	0.97

Der Vergleich zwischen Versuchen und Bemessungsmodell ist in Abbildung 4 zusammengefasst, in der die Abszisse die Menge der Durchstanzbewehrungen und die Ordinate das Verhältnis zwischen gemessenem und vorgesehenem Widerstand angibt. Die Abbildung zeigt in allen drei Brucharten bei der in diesem Bericht vorgeschlagenen Methode eine bessere Korrelation als bei der SIA 262 (2003) [1]. Sie lässt ausserdem eine ausreichend grosse Reserve bei geringfügig durchstanzbewehrten Platten erkennen.

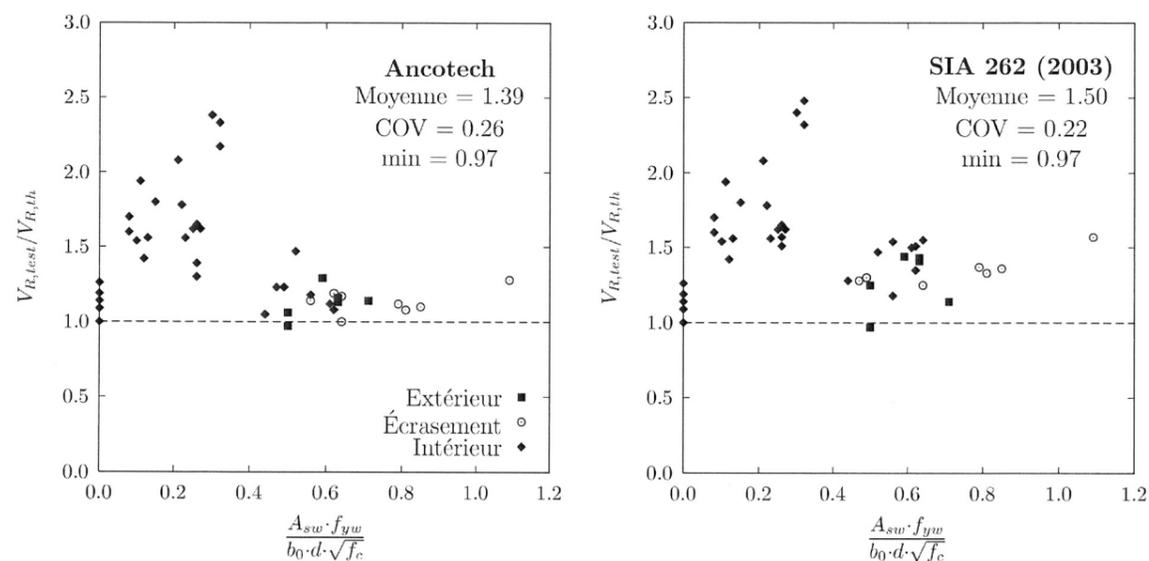


Abbildung 4: Vergleich zwischen Referenzversuchen [3-13] mit dem vorgeschlagenen Verfahren und dem Verfahren der Norm SIA 262 (2003) [1]

Ausgehend von den Ergebnissen in Tabelle 3 ist das erzielte Sicherheitsniveau in 95% der Versuche zufriedenstellend:

$$\frac{V_{R,test}}{V_{R,95\%}} = 1.17 \cdot (1 - 1.45 \cdot 0.11) = 1.01 > 1.0$$

In Bezug auf Tabelle 3 ist anzumerken, dass bei allen Versuchen mit dem ancoPLUS-System Brüche entstanden sind, entweder durch Betonversagen der ersten Druckstrebe oder Durchstanzen ausserhalb des verstärkten Bereichs. Abbildung 5 zeigt einen Vergleich zwischen dem in den Versuchen gemessenen Widerstand und dem vorgeschlagenen Modell für diese beiden Brucharten.

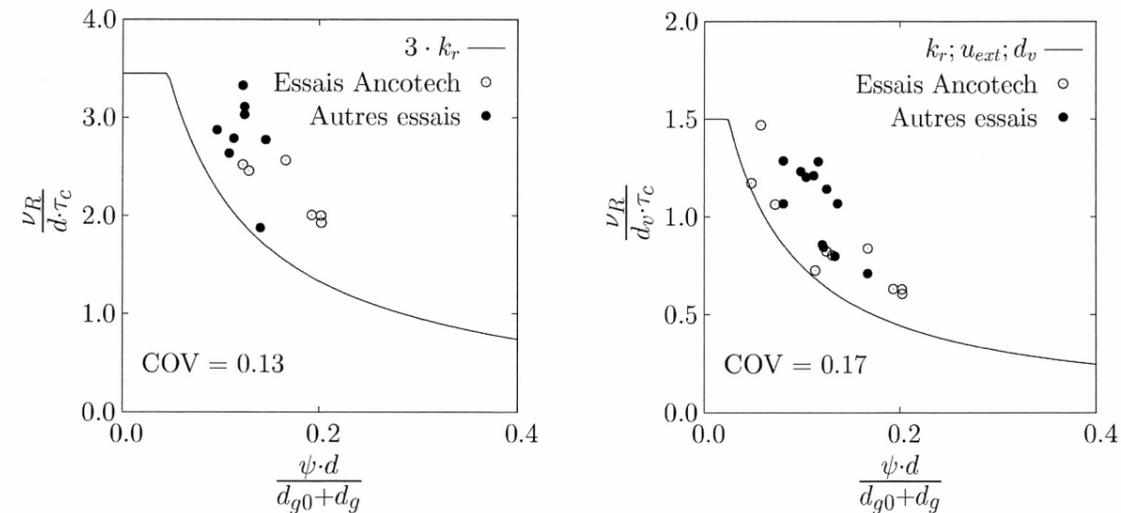


Abbildung 5: Vergleich der Referenzversuche [3-13] (Punkte im Diagramm) mit dem vorgeschlagenen Modell (Kurven) für die Brucharten (a) Betonversagen der ersten Druckstrebe und (b) Durchstanzen ausserhalb des verstärkten Bereichs

Abbildung 5 zeigt, dass sowohl bei der Bruchart Betonversagen der ersten Druckstrebe als auch beim Durchstanzen ausserhalb des verstärkten Bereichs eine Begrenzung des Höchstwertes im Bericht  $v_R/(d\tau_c)$  vorgeschlagen wird (3.5 beim Bruch durch Betonversagen der ersten Druckstrebe und 1.5 beim Durchstanzen ausserhalb des verstärkten Bereichs). Diese Grenzen berücksichtigen die verfügbaren Versuchsergebnisse und kommen in der vorgeschlagenen Berechnungsmethodologie zum Tragen, indem die Höchstwerte von  $k_r$  begrenzt werden (auf 1.15 bzw. 1.5, siehe Abschnitt 6 dieses Berichtes).

## 9. Schlussfolgerung

1. Die Bemessung und Prüfung der ancoPLUS-Durchstanzbewehrungen kann auf Grundlage der in diesem Dokument beschriebenen Regeln mit einem Sicherheitsniveau realisiert werden, das mit dem der Norm SIA 262 (2003) für Platten ohne Durchstanzbewehrung vergleichbar ist.
2. Diese Bemessungs- und Prüfregeln sind mit dem Format der Norm SIA 262 (2003) [1] für Platten mit Durchstanzbewehrungen kompatibel.
3. Die in diesem Dokument beschriebenen Abweichungen sind nur bei Einhaltung der vorgebrachten zusätzlichen konstruktiven Durchbildung gerechtfertigt.

Lausanne, den 20. November 2007 (Originalbericht auf Französisch)

  
Prof. Dr. Aurelio Muttoni

  
Dr. Miguel Fernández Ruiz

Das Originaldokument wurde in französischer Sprache abgefasst. Bei Abweichungen ist die französische Version massgebend.

## 10. Anhang 1. Zitierte Ziffern aus der Norm SIA 262 (2003) [1]

### Ziffer 4.3.6.3.2

Der Beiwert  $k_r$  zur Berücksichtigung der Bauteilgrösse und des Biege Widerstands beträgt:

$$k_r = \frac{1}{0.45 + 0.90 \cdot r_y} \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot d} \quad d \text{ in (m)}$$

$$r_y = 0.15 \cdot l \cdot \left( \frac{m_{0d}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \quad l \text{ in (m)}$$

### Ziffer 4.3.6.5.1

Die Bemessung der Durchstanzbewehrung erfolgt auf der Grundlage von Ziffer 4.3.3.3, wobei grundsätzlich von einer Druckfeldneigung  $\alpha$  von  $45^\circ$  auszugehen ist. Die Durchstanzbewehrung kann mit ihrer Fließgrenze  $f_{sd}$ , höchstens jedoch mit  $450 \text{ N/mm}^2$  in Rechnung gestellt werden.

### Ziffer 4.3.6.5.3

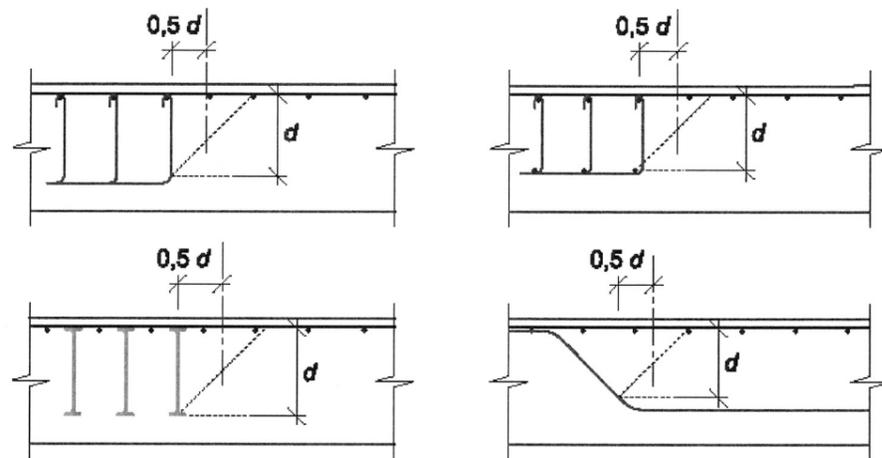
Damit ein Versagen des Betons im Stützenbereich ausgeschlossen werden kann, ist der Durchstanzwiderstand auf folgenden Wert zu begrenzen:

$$v_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d \quad (55)$$

### Ziffer 4.3.6.5.4

Die Grösse des Bereichs mit Durchstanzbewehrung ist mit einem zusätzlichen Nachweis festzulegen. Die gestützte Fläche ist in diesem Fall durch die äussersten Bewehrungseinheiten definiert. Der Umfang des Nachweisschnitts kann gemäss Ziffern 4.3.6.2.1, 4.3.6.2.3 sowie Figur 25, der Bemessungswert der Querkraft gemäss Ziffer 4.3.6.2.2 und der Querkraftwiderstand gemäss Ziffer 4.3.6.3 bestimmt werden. Für die mittlere statische Höhe gelten die Angaben in Figur 25.

Figur 25: Statische Höhe im Übergang zum Bereich ohne Durchstanzbewehrung



### Ziffer 4.3.3.4.3

Der Widerstand einer vertikalen Querkraftbewehrung beträgt

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{sd} \cdot \cot(\alpha) \quad (37)$$

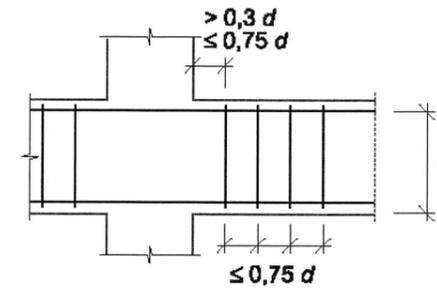
Der Widerstand einer geneigten Querkraftbewehrung beträgt

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{sd} \cdot (\cot(\alpha) + \cot(\beta)) \cdot \sin(\beta) \quad (38)$$

### Ziffer 5.5.3.5

Eine Durchstanzbewehrung ist in einem Abstand von  $0,3d$  bis  $0,75d$  neben der gestützten Fläche einzulegen (Figur 39) und hat aus mindestens zwei Reihen zu bestehen. Der gegenseitige Abstand der Bewehrungselemente soll höchstens  $0,75d$  betragen.

Figur 39: Anordnung einer Durchstanzbewehrung





## ancoPLUS® im Einsatz Projektfotos

