

# Hohe Tragfähigkeit von Decken mit PSB Durchstanzbewehrung

## IN GROSSVERSUCHEN DEMONSTRIERT UND NACHGEWIESEN ZUR ERTEILUNG DER ETA-ZULASSUNG

Autoren: Prof. Aurelio Muttoni, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), ENAC-IBeton, Lausanne, Schweiz  
Jan Bujnak (PhD), R&D Manager, Peikko Group Corporation  
Übersetzung: Inka Emich, Dipl.-Ing. (FH), Peikko Deutschland GmbH



Abbildung 1 PSB Durchstanzbewehrung

### EINLEITUNG

Doppelkopfbolzen (z. B. in PSB Durchstanzbewehrung – Abbildung 1) sind das effizienteste Bewehrungssystem gegen Durchstanzversagen für Betonplatten. Die Bolzen werden meist in Stahlbetondecken, Gründungs- und Bodenplatten und Stützenfundamenten eingesetzt. Diese Art der Bewehrung wird in Mitteleuropa schon seit 20 Jahren standardmäßig verwendet und gewinnt nun auch in anderen Teilen Europas an Popularität.

Die erhebliche Erhöhung der Tragfähigkeit und der Verformungskapazität eines Bauteils gegenüber einer Betonplatte mit herkömmlicher offener oder geschlossener Bügelbewehrung ist das Hauptargument für den Einsatz von Doppelkopfbolzen als Durchstanzbewehrung. Dieses Argument wurde 2012 durch Großversuche an Stahlbetonplatten mit Peikko PSB Durchstanzbewehrung in den Labors der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) nachgewiesen. Die Versuchsergebnisse waren die Grundlage für die Erstellung der Europäischen Technischen

Zulassung ETA-13/0151 für die Planung und den Einsatz der PSB Durchstanzbewehrung. Die erarbeiteten Bemessungs- und Planungsgrundlagen wurden in die ETA-Zulassung aufgenommen und ermöglichen die Nutzung der Vorteile von PSB bei der Planung einer Stahlbetonplatte (die maximale Tragfähigkeit der Platte kann bis zu 40% höher sein als die einer nach Eurocode 2 bemessenen Platte). In diesem Artikel werden ausführliche Informationen zu den Versuchen und Planungsgrundlagen der

ETA-Zulassung behandelt.

Der rechtliche Status der PSB Doppelkopfbolzen von Peikko im Rahmen der Eurocodes sowie Hilfsmittel für die Bemessung von PSB Durchstanzbewehrung werden durch die ETA-Zulassung ETA-13/0151 definiert. Dieser Artikel soll potentiellen Nutzern von PSB Bewehrung (Planern, Unternehmern und Investoren) transparente und eindeutige Informationen über die Hintergründe der ETA-Zulassung und der Versuche an Platten mit PSB Bewehrung bieten.

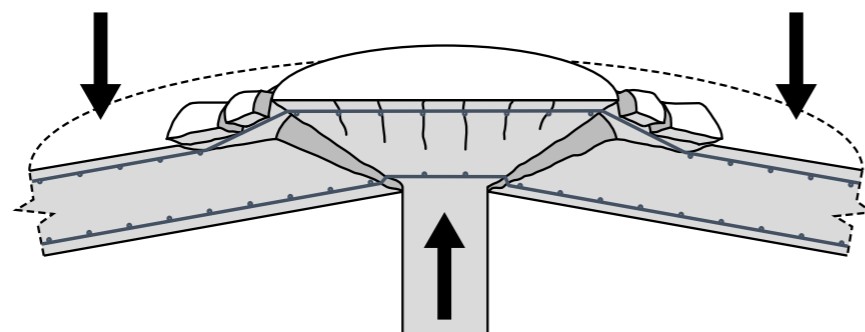


Abbildung 2 Durchstanzversagen

### BEWEHRUNG GEGEN DURCHSTANZVERSAGEN

Durchstanzversagen ist eine entscheidende Art des Versagens, die die Belastbarkeit einer Stahlbetonplatte (Decken, Stützenfundament, Gründungen) einschränkt. Das Durchstanzversagen stellt eine Gefahr dar, da es als Sprödbbruch schlagartig und ohne Vorwarnung durch Verformung, Risse, etc. auftritt. Das Versagen an einer Stütze kann einen Einfluss auf benachbarte Stützenverbindungen haben, eine Kettenreaktion auslösen und das Versagen der gesamten Stahlbetondecke zur Folge haben. Beim Durchstanzversagen bricht ein Betonkegel aus der Stahlbetonplatte heraus, die Biegebewehrung löst sich vom Beton und die Platte fällt durch ihr Eigengewicht herunter (Abbildung 2).

Die Tragfähigkeit einer Platte gegen Durchstanzversagen kann erhöht werden durch den Einsatz einer Querkraftbewehrung, die gezielt zur Verhinderung der Bildung eines Betonkegels bemessen wird. Doppelkopfbolzen stellen das effizienteste Durchstanzbewehrungssystem dar, das aktuell auf dem Markt verfügbar ist (siehe Abbildung 1).

Einige der fortschrittlichsten Modelle zur Berechnung des Verhaltens von Stahlbetonplatten unter Durchstanzbelastung wurden innerhalb der letzten 15 Jahre im Labor für Betonkonstruktionen (IBeton) der EPFL entwickelt. Die Forschung auf diesem Gebiet ist für Peikko von großem Interesse. Daher ist es selbstverständlich, dass Peikko und IBeton eine Kooperation in einem Forschungsprogramm bildeten, um die Eigenschaften von mit PSB bewehrten Stahlbetonplatten

in einer Serie von Großversuchen nachzuweisen. Neben der ETA-Zulassung der PSB Durchstanzbewehrung werden die aufgezeichneten Forschungsergebnisse genutzt, um zukunftsweisende konzeptionelle Modelle zur Ermittlung des Verhaltens von Stahlbetonplatten mit Bewehrung aus Doppelkopfbolzen nachzuweisen.

Die umfassendsten physikalischen Modelle für die Beurteilung von Durchstanzversagen in Betonplatten beruhen auf der „Critical Shear Crack Theory“ (CSCT=Kritische Schubriss-Theorie) von Prof. Muttoni [7], [8], [9], die als theoretische Grundlage für die Bestimmungen der Typenschlüssel 2010 [4] für Durchstanzdienste.

Das Modell basiert auf der Annahme, dass die Tragfähigkeit gegen Durchstanzversagen durch die Kapazität eines kritischen Risses unter Scherbelastung begrenzt ist, Lasten zwischen dem potentiellen Betonkegel und der Platte zu übertragen. Diese Kapazität wird durch die Rauheit des Betons im Riss und die Breite des Risses bestimmt. Während die Rauheit abhängig von den Materialeigenschaften des Betons (Korngröße) ist, wird die Rissbreite proportional zur Rotation der Platte multipliziert mit der Dicke des Bauteils angenommen.

Das Prinzip, die Platte mit einer vertikalen Durchstanzbewehrung auszustatten, basiert auf der Ertüchtigung des Lastübertragungsmechanismus im Riss mit zusätzlichen Bügeln. Es wird angenommen, dass die Querkraftbewehrung aktiviert wird, sobald sich ein Durchstanzriss/Schubriss gebildet hat. Die Dehnung der Bewehrungsbügel und folglich auch die

Kraft, die durch die Durchstanzbewehrung aufgenommen wird, verhält sich proportional zur Rissbreite. Die Bewehrung nimmt einen Teil der Durchstanzlast auf und verhindert die übermäßige Vergrößerung des Schubrisses. So kann der Beton einen Teil der Scherspannung aufnehmen. Die Tragkraft und Verformungsfähigkeit der Bauteile ohne Querbewehrung wird erhöht.

Die möglichen Arten des Versagens von mit Durchstanzbewehrung ausgestatteten Platten müssen in der Planung der Platte berücksichtigt werden (Abbildung 3).

Versagen a, b, d, e und f können durch gezielte Planung und Detailplanung der Durchstanz- und Biegebewehrung verhindert werden. Versagen c zeigt das Durchstanzversagen einer Betonstütze zwischen dem Auflager und der ersten Lage der Durchstanzbewehrung. Die Druckfestigkeit der Betonstütze definiert den maximalen Wert der Tragfähigkeit, der durch den Einsatz einer Durchstanzbewehrung erreicht werden kann. In der CSCT wird angenommen, dass die Druckfestigkeit der Betonstütze vom Riss-Status im kritischen Durchstanzbereich abhängig ist. Der Riss-Status wird proportional zum Zustand des Betons im kritischen Durchstanzbereich angenommen. Die Beeinflussung der Rissbildung im kritischen Durchstanzbereich ist abhängig vom Verbund, der Entwicklung und der Verankerung der Durchstanzbewehrung. Daher ist die experimentelle Bewertung der maximalen Durchstanz- und Querkrafttragfähigkeit (Durchstanz- und Betonstützen) nötig, um die Leistungsfähigkeit eines Systems zu beurteilen.

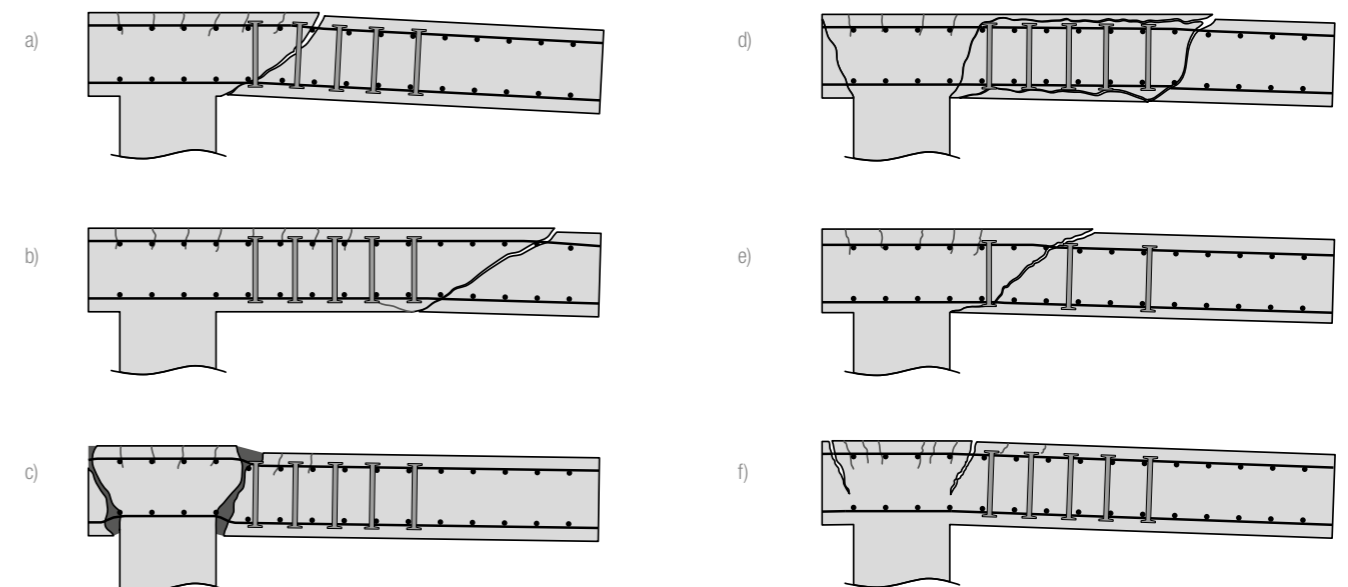


Abbildung 3 Arten des Versagens bei Durchstanzen einer Decke mit Durchstanzbewehrung

		B	h	d	r <sub>s</sub>	c	A <sub>s</sub>	dA	f <sub>c</sub>	V <sub>R,test</sub>	ρ [%]
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[kN]	
Peikko	PP1	1700	180	136	765	180	Φ16/90	10	26,4	864	1,64
	PP2	1700	180	139	765	180	Φ16/90	12	54,8	1095	1,61
	PP3	3000	400	330	1505	440	Φ26/100	25	26,9	4754	1,61
	PP4	1700	250	211	765	260	Φ20/100	16	30,9	2076	1,49
	PP5	2300	250	205	1120	260	Φ20/100	16	31,5	1812	1,53
	PP6*	3900	250	203	1926	260	Φ20/100	16	32,7	1569	1,55
iBeton	PL6*	3000	250	198	1505	130	Φ20/100	14	36,6	1363	1,59
	PL7*	3000	250	197	1505	260	Φ20/100	14	35,9	1773	1,59
	PL9	3000	320	266	1505	340	Φ26/100	18	32,1	3132	1,59
	PL10	3000	400	343	1505	440	Φ26/100	22	33,0	5193	1,55

\*Platten außerhalb des Anwendungsbereichs des CUAP-Verfahrens

Tabelle 1 Eigenschaften von Platten mit Doppelkopfbolzenbewehrung

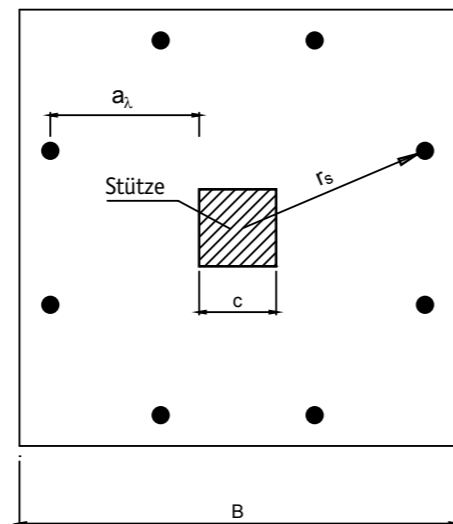


Abbildung 4 Draufsicht einer geprüften Platte

### BEMESSUNG DER DURCHSTANZBEWEHRUNG

In den meisten aktuellen Regelwerken wird der Einfluss der Verankerungseigenschaften der Bewehrung auf die maximale Tragfähigkeit der Platte nicht berücksichtigt. In der EN 1992-1-1 [1] (Eurocode 2) wird z. B. die maximale Tragfähigkeit der Platte ausschließlich proportional zu den Materialeigenschaften und zur Geometrie der Betonplatte angenommen:

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \cdot f_{cd} \cdot u_0 \cdot d \quad (1)$$

Es ist zu beachten, dass 2010 in der Berichtigung des Eurocode 2 [3] der Ersatz des Wertes 0,5 durch den Wert 0,4 in Gleichung (1) vorgeschlagen wird. Im deutschen Anhang zum Eurocode 2 [2] (DIN EN 1992-1-1) wird ein anderer Ansatz verfolgt, in dem die maximale Tragfähigkeit der Platte ohne Durchstanzbewehrung definiert wird:

$$V_{Rd,max} = 1,4 \cdot V_{Rd,c} \quad (2)$$

Es muss bedacht werden, dass der Ansatz der EN 1992-1-1 auf einer Träger-Analogie basiert. Dieses Modell beinhaltet einige sichere Annahmen (wie die Vernachlässigung des mehraxialen Druckzustandes des Betons), berücksichtigt aber nicht den Ort der Lasteinleitung (siehe Abbildung 3c) im Gegensatz zu Trägern mit Querkraftbewehrung. Dies könnte zu unsicheren Prognosen der Festigkeit führen. Gleichung (2) basiert auf der empirischen Formel zur Berechnung der Durchstanz- und Querkrafttragfähigkeit von Bauteilen ohne Querbewehrung aus Eurocode 2, übernimmt also alle Anwendungsbereiche und Defizite.

Das CUAP-Verfahren [5] (Common Understanding of Assessment Procedure) für Doppelkopfbolzen wurde vom EOTA (Europäische Organisation für Technische Zulassungen) im Februar 2012 veröffentlicht. Das CUAP-Verfahren definiert die Rahmenbedingungen zur Ausarbeitung von ETA-Zulassungen für Doppelkopfbolzen als Durchstanzbewehrung, einschließlich PSB Durchstanzbewehrung von Peikko. Neben anderen Vorgaben definiert das CUAP-Verfahren die Notwendigkeit, die maximalen Tragfähigkeiten von mit Doppelkopfbolzen bewehrten Platten durch Großversuche nachzuweisen. Es enthält zudem die ausführliche Definition der Prüfkörper, Vorgehensweisen und Auswertungen der Versuche zur Erarbeitung einer ETA-Zulassung. Das Bemessungsmodell für die maximale Tragfähigkeit einer mit Doppelkopfbolzen bewehrten Platte wird analog zum empirischen Modell der DIN EN 1992-1-1 [2] nach folgender Gleichung definiert:

$$V_{Rd,max} = k_{max} \cdot V_{Rd,c} \quad (3)$$

wobei der Faktor  $k_{max}$  durch Versuche definiert wird.

### EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG

Die Zielsetzung der Experimente durch die Kooperation zwischen Peikko und iBeton war die Entwicklung einer Datenbank aus Versuchsergebnissen zum Nachweis der maximalen Tragfähigkeit von Platten eines Bemessungsmodells für die ETA-Zulassung von Peikko PSB. iBeton prüfte schon in der Vergangenheit Platten, die mit Doppelkopfbolzen analog zu PSB Bolzen von Peikko

bewehrt waren [6]. Einige Parameter für Platten mit Doppelkopfbolzenbewehrung sind in Tabelle 1 angegeben. Die Geometrie und Materialeigenschaften der Platten für Versuche zur Erstellung der ETA-Zulassung für Doppelkopfbolzen sind im CUAP-Verfahren definiert. Für das CUAP-Verfahren sind z. B. Platten mit einer Schlankheit von  $3,0 \leq a_s/d \leq 5,0$  ausreichend.

Um eine Datenbank aus Versuchsergebnissen nach dem CUAP-Verfahren zu entwickeln, mussten außer den Versuchen durch iBeton fünf weitere Versuche an Platten mit PSB Durchstanzbewehrung durchgeführt werden. Die Parameter dieser Platten wurden streng nach den Vorgaben des CUAP-Verfahrens eingehalten. Ein weiterer Versuch mit geometrischen Eigenschaften außerhalb des Anwendungsbereichs des CUAP-Verfahrens wurde durchgeführt (Test PP6), um die Datenbank für den Nachweis von weitergehenden physikalischen Modellen auf Grundlage der CSCT zu erweitern. Die zugrundeliegenden Parameter der durch iBeton geprüften, mit PSB Durchstanzbewehrung bewehrten Platten sind in Tabelle 1 angegeben.

Die geprüften Platten wurden mit einer maximalen Korngröße von 16 mm aus normalfestem Beton gegossen. Die Druckfestigkeit wurde auf Zylindern mit einer Höhe von 320 mm und einem Durchmesser von 160 mm nach 14 Tagen, 28 Tagen und am Tag des Versuchs ermittelt. Die charakteristische Streckgrenze der PSB Doppelkopfbolzen und Biegebewehrung wurde mittels Zugprüfung ermittelt. Die Materialeigenschaften sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die angewandte Kraft wurde durch vier hydraulische Hebeegeräte unterhalb des Spannungsfeldes erzeugt (Abbildung 5). Vier

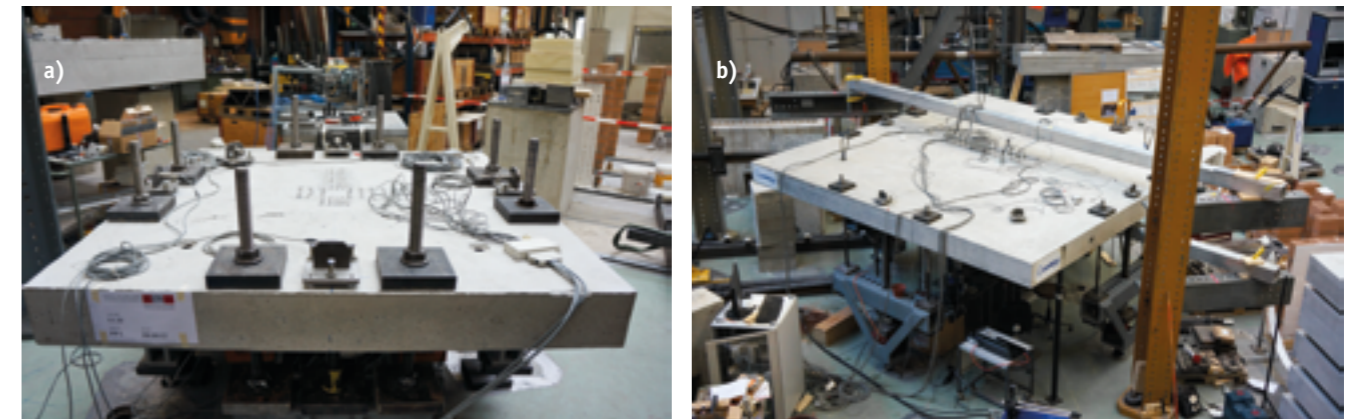


Abbildung 5 Aufbau der Versuche für a) kleine und b) große Platten

durch das Spannungsfeld verlaufende Zugstäbe wurden mit 4 Stahltraversen verbunden, um die Last auf 8 Zugstäbe zu übertragen. Die Zugstäbe übertragen den Abwärtsdruck auf die oberseitige Fläche der Platte. Die Platte war auf Stahlplatten entsprechend der Stützengröße aufgelagert. Die Versuchsanordnung für kleinere Platten ist in Abbildung 5a, die Versuchsanordnung für größere Platten in Abbildung 5b dargestellt.

Während der Versuche wurden kontinuierlich Messungen aufgezeichnet. Die auftretende Kraft wurde durch Wägezellen an den hydraulischen Hebeegeräten und an den Auflagern gemessen. Die Rotation der Platten wurde durch Neigungsmessgeräte ermittelt. Zur Messung von vertikalen Verschiebungen der Platten wurden linearvariable Wegaufnehmer (engl. "Linear Variable Displacement Transducer", LVDT) eingesetzt. Oberflächenverformungen an der Unterseite der Platten wurden durch Omega-förmige Verformungsaufnehmer erfasst. Nach dem Versuch wurden die Musterplatten in 2 Teile zerschnitten um die Verformung der Platte nach dem Versagen zu zeigen. Der deformierte Zustand der geschnittenen Platten nach ihrem Versagen ist in Abbildung 6 dargestellt. Bei allen geprüften Platten geschah das Versagen im Durchstanzbereich durch ein Durchstanz des Betons.

Das Prüfverfahren für Platten mit PSB Durchstanzbewehrung ist analog zum Verfahren von iBeton zur Prüfung der Platten. Umfassende Informationen zu früher durchgeführten Versuchsreihen von iBeton finden Sie unter Verweis [6].

### AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Die maximalen charakteristischen Lasten  $V_{R,test}$ , die in den Versuchen ermittelt wurden (Versuche mit PSB Durchstanzbewehrung und frühere Versuche

durch iBeton), sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Auswertung der Versuche an Platten mit Eigenschaften im Anwendungsbereich des CUAP-Verfahrens zeigt, dass ein Sicherheitsbeiwert von  $k_{max}=1,96$  ausreicht (5% Fraktile von 1,0). Dieser Erhöhungsfaktor ist in der ETA-Zulassung der PSB Durchstanzbewehrung enthalten.

Doppelkopfbolzen werden aktuell von mehreren Herstellern in Europa produziert und sind dadurch unter verschiedenen

Handelsbezeichnungen auf dem Markt erhältlich. Die Materialeigenschaften und Geometrie der Bolzen sind jedoch sehr ähnlich oder gar identisch. Da die selben Prüfverfahren auf der Grundlage des CUAP-Verfahrens für die Erarbeitung von allen Bolzenarten angewendet werden, wird auch der selbe Sicherheitsbeiwert  $k_{max}=1,96$  in allen ETA-Zulassungen von Doppelkopfbolzen angewendet, ungeachtet des Herstellers oder der Handelsbezeichnung.

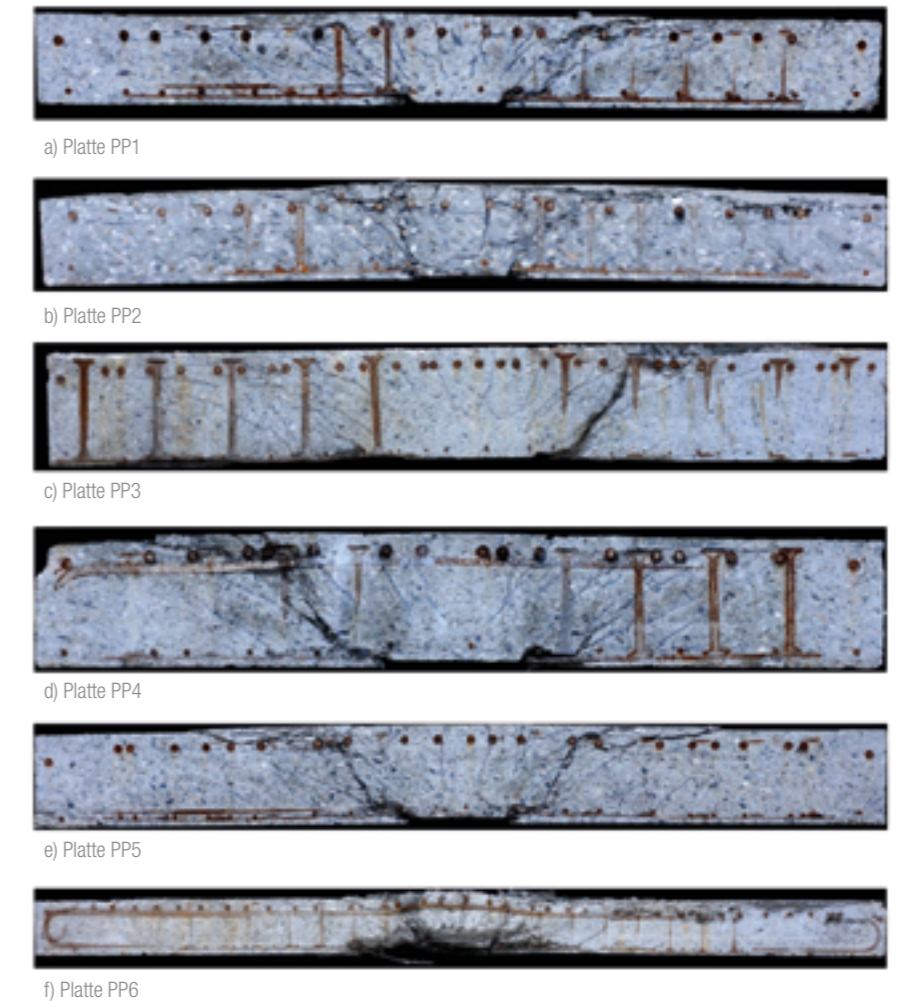


Abbildung 6 Schnitt durch Platten mit PSB Bewehrung nach Durchstanzversagen im Versuch

Tabelle 2: Auswertung der Versuchsergebnisse und Entwicklung eines Planungsmodells

	$V_{R,test}$	$V_{R,EC}$	$V_{R,test}/V_{R,EC}$	$a_\lambda/d$	$r_s/d$	$k_{max} = 1,96$		$k_{max}$ gem. Gl. (4)	
						$V_{R,test}/V_{R,ETA}$	$V_{R,test}/V_{R,ETA}$	$k_{max,i}$	$V_{R,test}/V_{R,eq(4)}$
PP1	864	395,3	2,19	5,0	5,6	1,12	1,12	1,88	1,16
PP2	1095	535,8	2,04	4,9	5,5	1,04	1,04	1,90	1,08
PP3	4754	2076,9	2,29	3,9	4,6	1,17	1,17	2,02	1,13
PP4	2076	946,9	2,19	3,0	3,6	1,12	1,12	2,18	1,00
PP5	1812	922,5	1,96	4,8	5,5	1,00	1,00	1,90	1,03
PL9	3132	1491,8	2,10	5,0	5,7	1,07	1,07	1,88	1,12
PL10	5193	2350,1	2,21	3,7	4,4	1,13	1,13	2,05	1,08
PP6	1569	926,4	1,69	8,8	9,5		0,86	1,58	1,07
PL6	1363	689,6	1,98	7,3	7,6		1,01	1,70	1,16
PL7	1773	922,9	1,92	7,0	7,6		0,98	1,70	1,13

(1) Platten innerhalb des Anwendungsbereichs des CUAP-Verfahrens

AVG	1,09	1,05	1,10
SDEV	0,05	0,09	0,05
5%	1,00	0,90	1,01

Betrachtet man alle Versuche mit einem konstanten Wert  $k_{max} = 1,96$  (einschließlich Versuche PP6, PL6, PL7 mit Abmessungen außerhalb des CUAP-Verfahrens), ergibt die Auswertung 5% Fraktile von 0,90. Also berücksichtigt das Bemessungsmodell keinen ausreichenden Sicherheitsbeiwert im Rahmen der Eurocodes (EN 1990). Diese Folgerung ist zutreffend für schlanke Decken mit einem Spannweiten-Dicken-Verhältnis  $L/d > 30$ . Dieses Defizit in den ETA-Zulassungen resultiert daraus, dass es nach den Vorgaben des CUAP-Verfahrens ausreicht, Versuche an Platten mit beschränkter Schlankheit durchzuführen, die Ergebnisse aber auf jeden tatsächlichen Schlankheitswert hochgerechnet werden dürfen. Die Folgerung ist also anwendbar auf alle ETA-Zulassungen von Doppelkopfbolzen auf dem europäischen Markt, ungeachtet der Handelsbezeichnung. Eine Verbesserung des Sicherheits-

beiwertes von mit Doppelkopfbolzen bewehrten Platten kann durch die Einführung des Schlankheitsgrades der Platte im Bemessungsmodell erzielt werden. Die korrigierte Planungsformel lautet:

$$k_{max,i} = 1,96 \cdot \left(\frac{5-d}{r_s}\right)^{1/3} \quad (4)$$

wobei  $r_s$  den Punkt bezeichnet, an dem das radiale Biegemoment bezogen auf die Auflagerachse gleich Null ist. Bei normalen Flachdecken wird ein Näherungswert von  $r_s = 0,22 \cdot L$  eingesetzt. Der Vergleich der Ergebnisse der vollständigen Versuchsdatenbank eines Modells mit konstantem Faktor  $k_{max} = 1,96$  mit dem korrigierten Modell wird in Abbildung 7 dargestellt.

### FAZIT

Dieser Artikel bietet einen Überblick der Versuchsreihe mit dem Ziel, die maximalen

Tragfähigkeiten von Platten mit PSB Durchstanzbewehrung zu veranschaulichen. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe in Verbindung mit Ergebnissen von früheren Versuchen durch das IBeton Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) waren Grundlage für die Erstellung der ETA-Zulassung für PSB Durchstanzbewehrung von Peikko. Das Bemessungsmodell nach den Empfehlungen des CUAP-Verfahrens (Modell mit konstantem Faktor  $k_{max} = 1,96$ ), das in ETA-Zulassungen von Doppelkopfbolzen angewendet wird, weist nur für Platten mit einer Schlankheit von  $L/d < 30$  einen ausreichenden Sicherheitsbeiwert auf. Für Platten mit höherem Schlankheitsgrad ist das Verfahren potenziell unsicher. Ein Modell mit verbessertem Sicherheitsbeiwert wird in diesem Artikel dargelegt. Beide Bemessungsmodelle sind im PSB-Modul des Peikko Designers®, der Planungssoftware von Peikko, verfügbar. ■

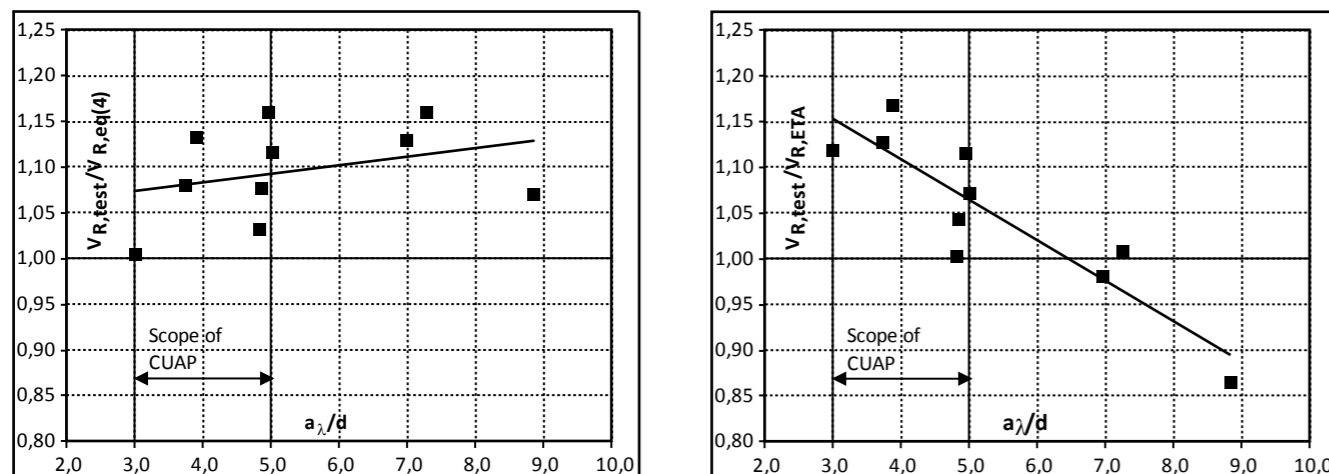
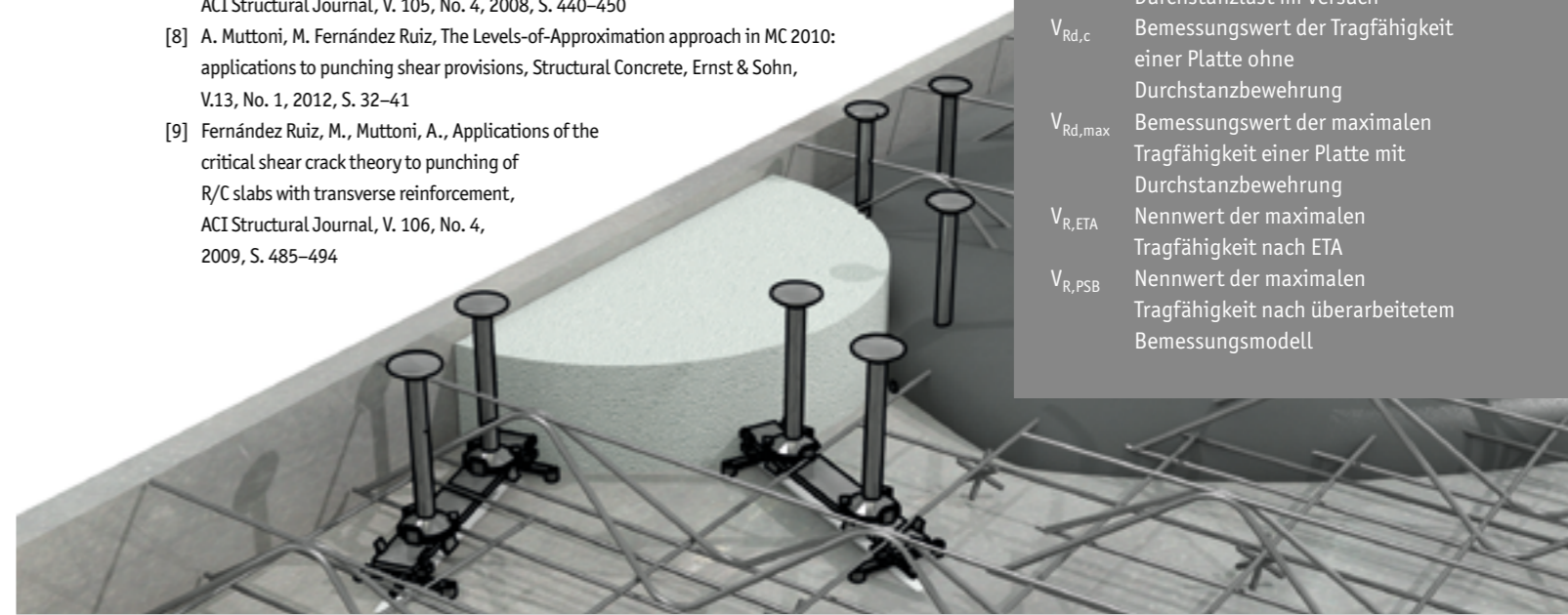


Abbildung 7 Sicherheitsbeiwerte des a) angepassten Bemessungsmodells b) ETA Bemessungsmodells

### VERWEISE

- [1] EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004, S. 225 ff.
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2011 Nationaler Anhang – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Berlin, Germany, 2011, S. 101 ff.
- [3] EN 1992-1-1/AC: Corrigendum AC – Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, CEN, Brussels, Belgium, 2010, S. 23 ff.
- [4] fib Bulletin No. 66: Model Code 2010 – Final draft, V. 2, Lausanne, Switzerland, 2012, S. 370 ff.
- [5] EOTA, Common Understanding of Assessment Procedure 03.01/05, Double headed studs for the increase of punching resistance in flat slabs on column, for European Technical Approval, Brussels, Belgium, February 2012, S. 29
- [6] S. Lips, M. Fernández Ruiz, A. Muttoni, Experimental investigation on the punching strength and deformation capacity of shear-reinforced slabs, ACI Structural Journal, V. 109, No. 6, 2012, S. 889–900
- [7] A. Muttoni, Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement, ACI Structural Journal, V. 105, No. 4, 2008, S. 440–450
- [8] A. Muttoni, M. Fernández Ruiz, The Levels-of-Approximation approach in MC 2010: applications to punching shear provisions, Structural Concrete, Ernst & Sohn, V.13, No. 1, 2012, S. 32–41
- [9] Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Applications of the critical shear crack theory to punching of R/C slabs with transverse reinforcement, ACI Structural Journal, V. 106, No. 4, 2009, S. 485–494



## BESSERE TRAGFÄHIGKEITEN MIT PSB DURCHSTANZBEWEHRUNG

Ende Mai 2013 wurde die ETA-Zulassung der PSB Durchstanzbewehrung von Peikko geändert. Die Korrektur wurde vom DIBT auf Grundlage der Ergebnisse der Versuchsreihe an Gründungsplatten mit PSB Durchstanzbewehrung durch die Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne (EPFL) in Kooperation mit der Peikko Group freigegeben.

Gründungsplatten mit PSB Durchstanzbewehrung erreichen eine fast 10% höhere Tragfähigkeit als mit vergleichbaren Produkten (z. B. Doppelkopfbolzen) bewehrte Platten. Die vorhandene ETA-Zulassung wurde angepasst, so dass dieser Vorteil bei der Bemessung

nutzt werden kann. Darüber hinaus besitzt PSB Durchstanzbewehrung eine CE-Kennzeichnung.

„Lösungen zu entwickeln, die den Bauablauf schneller, einfacher und zuverlässiger gestalten, ist das primäre Ziel der Forschung und Entwicklung der Peikko Group. Selbstverständlich müssen die Produkte auch auf dem Markt konkurrenzfähig sein. In diesem Fall hat unser Engagement in der Forschung Nachweise hervorgebracht, die Planern die Bemessung von Platten mit PSB Bewehrung erlaubt, deren Tragfähigkeiten weit über dem aktuellen Standard liegen. Dies trägt dazu bei, die Planung und die Kosten kompletter Bauvorhaben zu optimieren.“

Für Bodenplatten und Fundamente können höhere maximale Tragfähigkeiten als bei vergleichbaren Systemen angesetzt werden.

Flachdecken:

$$V_{Rd,max} = 1,96 \cdot V_{Rd,c}$$

Fundamente, Bodenplatten:

$$V_{Rd,max} = 1,62 \cdot V_{Rd,c}$$

Die Bemessung nach der neuen ETA-Zulassung ist im kostenlosen hauseigenen Bemessungsprogramm Peikko Designer® implementiert, um Planern eine schnelle und einfache Bemessung zu ermöglichen. ■

- $a_\lambda$  Abstand vom Rand des Auflagers zum Umfang der Lasteinleitungsfläche
- $c$  Seitenlänge eines Auflagers
- $d$  Effektive Höhe der Platte
- $f_c$  Zylinderdruckfestigkeit des Betons
- $h$  Höhe der Platte
- $r_s$  Radialer Abstand vom Mittelpunkt der Platte zu Lasteinleitungspunkt
- $u_0$  Länge des Stützenumfangs
- $B$  Seitenlänge einer Platte
- $L$  Maximale Spannweite einer Platte
- $d_A$  Durchmesser der Anker
- $\rho$  Bewehrungsgrad
- $V_{R,test}$  Maximale gemessene Durchstanzlast im Versuch
- $V_{Rd,c}$  Bemessungswert der Tragfähigkeit einer Platte ohne Durchstanzbewehrung
- $V_{Rd,max}$  Bemessungswert der maximalen Tragfähigkeit einer Platte mit Durchstanzbewehrung
- $V_{R,ETA}$  Nennwert der maximalen Tragfähigkeit nach ETA
- $V_{R,PSB}$  Nennwert der maximalen Tragfähigkeit nach überarbeitetem Bemessungsmodell