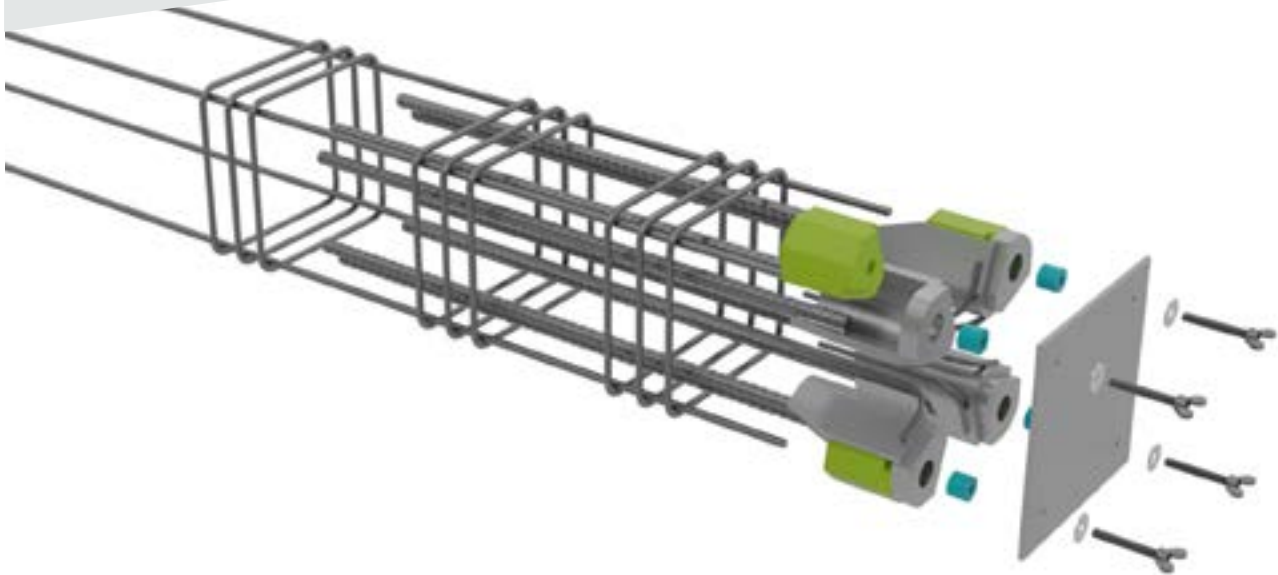


PEIKKO  
**WHITE  
PAPER**



DIE NEUE GENERATION VON  
**STÜTZENSCHUHVERBINDUNGEN**



**AUTOR:**  
**Thomas Sippel**  
 Dr.-Ing.  
 Codes and Approvals Director  
 Peikko Group Corporation

**EINLEITUNG**

BOLDA® Stützenschuhe sind Befestigungselemente, mit denen kostengünstige, steife Verbindungen zwischen Betonfertigteilstützen und Fundamenten oder zwischen Fertigteilstützen und anderen Stützen hergestellt werden können. Betonfertigteilstützen weisen viele Wettbewerbsvorteile auf, wie z. B. Schnelligkeit beim Bau, geringste Toleranzen, hohen Feuerwiderstand und hohe Qualität. Verbindungen zwischen Fertigteilstützen sind schnell und einfach zu installieren und gleichzeitig wirtschaftlich. Ziel der Peikko Group ist es, den Entwurfsprozess schneller und einfacher zu gestalten. ETAs, die auf einem gemeinsamen Verständnis innerhalb der Prüfverfahren basieren, vereinfachen die Arbeit der Konstrukteure, da die gleichen Konstruktionsregeln und -methoden, im Wesentlichen eine gemeinsame Bemessungssprache, in ganz Europa gelten und angewendet werden können. Diese werden darüber hinaus auch ausserhalb Europas weitgehend akzeptiert.

Die Entwicklung von Stützenschuhverbindungen begann bei Peikko bereits in den frühen 80er Jahren. Seitdem wurden mehr als 50 Grossversuche nach den jeweils aktuellen Richtlinien durchgeführt.

Im Folgenden werden die Neuentwicklung und Verbesserung von Peikko-Stützenschuhverbindungen und die Auswertung verschiedener experimenteller und theoretischer Untersuchungen ausführlich beschrieben.

**CE-KENNZEICHNUNG**

Im Jahr 2013 ersetzte die EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO = CPR, Construction Product Regulation) die Bauproduktenrichtlinie (CPD, Construction Product Directive). Die CPR ist in allen Mitgliedsstaaten direkt anwendbar, während die CPD durch nationale Gesetzgebung umgesetzt werden musste.

Die bis Juni 2013 erteilten Europäischen Technischen Zulassungen (ETApp = European Technical Approval) bleiben bis zum Ende ihrer Gültigkeitsdauer gültig und enthalten zum Teil auch ergänzende Vorschriften für die Auslegung. Diese „alten“ ETApp wurden bis 2018 durch eine neue Art von ETA, die Europäische Technische Bewertung (ETAss = European Technical Assessment), ersetzt. Nach der Bauproduktenverordnung enthalten die neuen Europäischen Technischen Bewertungen – im Gegensatz zu den Europäischen Technischen Zulassungen – keine Gültigkeitsdauer mehr. Es ist zu beachten, dass Europäische Technische Bewertungen ETAs keine Bemessungsvorschriften mehr enthalten dürfen.

Die neuen ETAs werden auf der Grundlage von Europäischen Bewertungsdokumenten (EAD) ausgestellt. Bestehende Leitlinien für Europäische Technische Zulassungen (ETAG) können übergangsweise als EADs verwendet werden. Die Dokumente eines „Common Understanding of Assessment

Procedure“ (CUAP) müssen in ein Europäisches Bewertungsdokument überführt werden, wenn in Zukunft eine Europäische Technische Bewertung auf der Grundlage dieser Dokumente ausgestellt werden soll.

Eine Europäische Technische Bewertung wird von einer Technischen Bewertungsstelle (TAB) ausgestellt. Die Europäischen Technischen Bewertungsstellen sind in der Europäischen Organisation für Technische Bewertung (EOTA) organisiert.

Auf der Grundlage einer ETA, einer Bescheinigung über die Leistungsbeständigkeit und einer Leistungserklärung (DoP = Declaration of Performance) des Herstellers kann auf den Produkten eine CE-Kennzeichnung angebracht werden. In der aktuellen Übergangsphase stehen für verschiedene Produktgruppen nationale Zulassungen, Europäische Technische Zulassungen (ETA „alt“) und Europäische Technische Bewertungen (ETA „neu“) zur Verfügung. Die CE-Kennzeichnung ist daher eine Erklärung, dass das Produkt bestimmte Sicherheitsanforderungen wie mechanische und/oder Feuerbeständigkeit erfüllt. Der Antrag auf eine Europäische Technische Bewertung der EOTA (ETA) und die damit verbundene CE-Kennzeichnung ist freiwillig. Die ETA enthält alle erforderlichen Kennwerte, die nach den anerkannten Regeln der Technik ermittelt und überprüft wurden. Sie ist die alleinige Möglichkeit, die Leistungsmerkmale von Stützenschuhsystemen zu beschreiben.

Der Ansatz von Peikko ist viel umfassender – nicht nur die sicherheitsrelevanten Eigenschaften eines Produktes stehen im Fokus, sondern auch die entsprechenden technischen Regeln und Bemessungsvorschriften werden ständig verbessert und weiterentwickelt mit dem Ziel, dem Anwender schnellere und effizientere Systemlösungen anzubieten. Dies fördert langfristig die Weiterentwicklung des Stahlbetonbaus.

**BOLDA® STÜTZENSCHUHE**

**GEOMETRIE**

BOLDA® Stützenschuhverbindungen werden verwendet, um wirtschaftliche, biegesteife Verbindungen zwischen Betonfertigteilstützen und Fundamenten oder zwischen Betonfertigteilstützen herzustellen.

Das System besteht aus Stützenschuhen und zugehörigen Ankerbolzen. Die Stützenschuhe werden in die vorgefertigte Betonstütze eingebaut, während die Ankerbolzen in das Fundament oder eine andere Stütze integriert werden. Auf der Baustelle werden die Stützen auf den Ankerbolzen montiert, auf die richtige Höhe und vertikale Position justiert und an den Bolzen befestigt. Zum Schluss wird die Fuge zwischen Stütze und Fundamentkonstruktion vergossen (Bild 2).

Der BOLDA® Stützenschuh (siehe Bild 3) besteht aus einer horizontalen Grundplatte, einer vertikal angeordneten seitlichen Platte, vertikalen Bewehrungsstäben und gebogenen rückseitigen Bewehrungsstäben. Zusätzliche nichttragende Stahlbleche, die beim Betonieren der Stütze als Schalung dienen, können zusätzlich vorhanden sein. Die einzelnen Komponenten des Stützenschuhs sind durch Schweissnähte miteinander verbunden.

Die Hauptabmessungen der verschiedenen Grössen der BOLDA® Stützenschuhe sind in Bild 4 dargestellt.

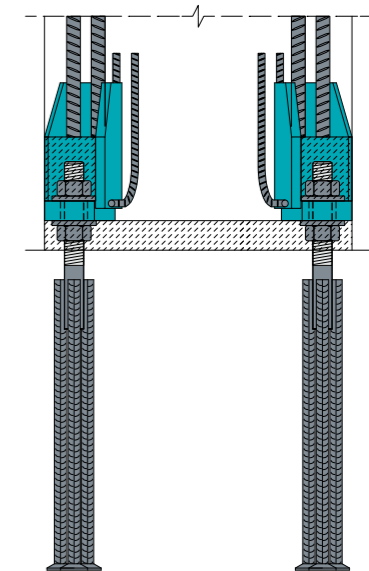


BILD 2: BEISPIEL EINER ANWENDUNG VON BOLDA® STÜTZENSCHUHEN

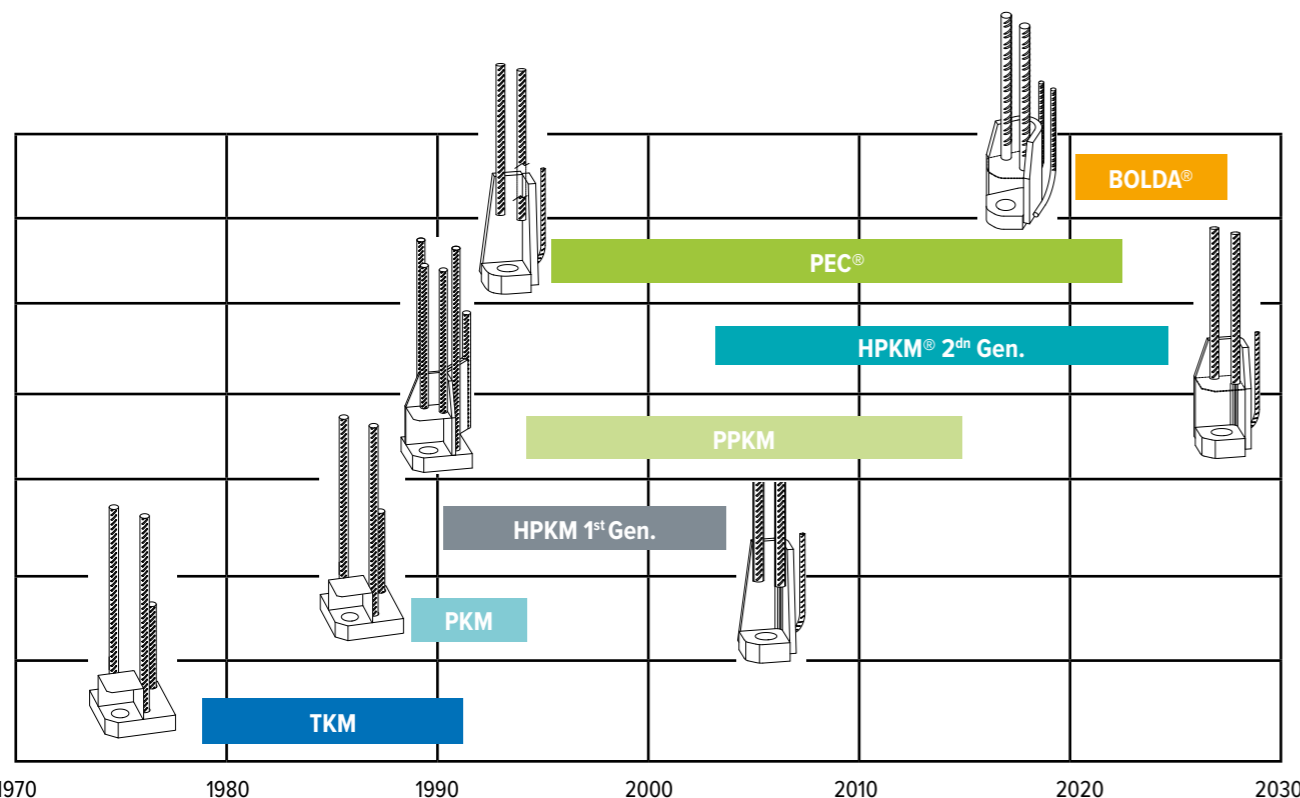


BILD 1: CHRONOLOGISCHE ENTWICKLUNG DER PEIKKO STÜTZENSCHUHSYSTEME

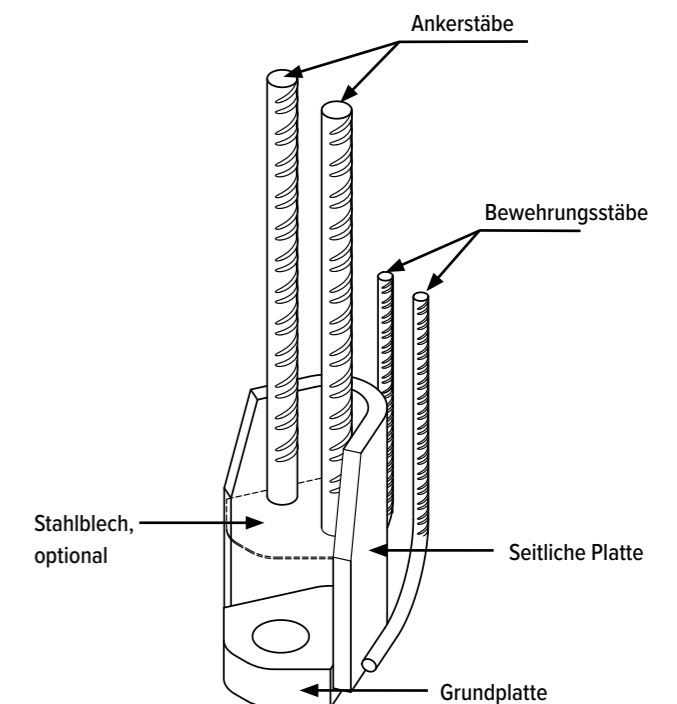
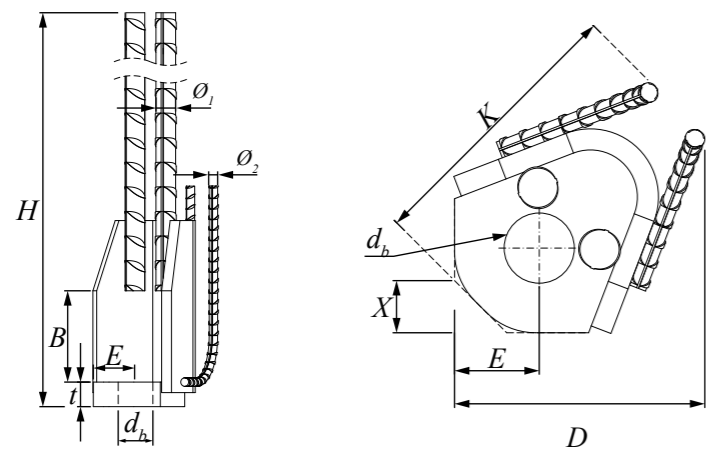


BILD 3: BOLDA® STÜTZENSCHUH



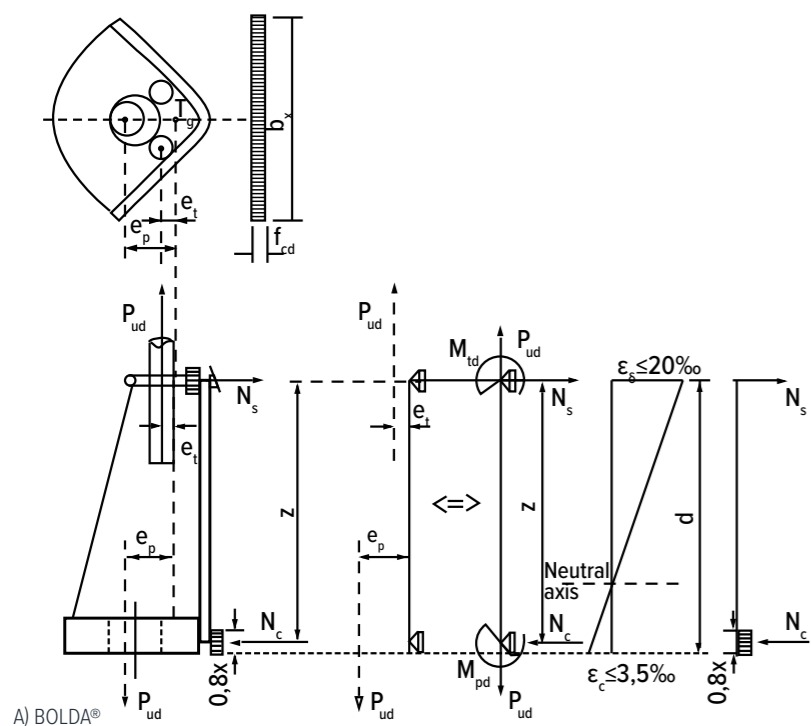
	BOLDA® 30	BOLDA® 36	BOLDA® 39	BOLDA® 45	BOLDA® 52
<b>H</b>	1058	1365	1600	1852	2190
<b>t</b>	30	35	40	50	55
<b>B</b>	100	130	130	140	170
<b>E</b>	50	60	60	60	70
<b>d<sub>b</sub></b>	40	50	55	60	70
<b>θ<sub>1</sub></b>	25	28	28	32	40
<b>θ<sub>2</sub></b>	10	12	14	16	16
<b>X</b>	30	37	37	37	42
<b>D</b>	153	178	195	217	245
<b>K</b>	173	200	220	250	269
<b>Gewicht</b>	13,7	22,6	29,4	42,5	74,9

BILD 4: HAUPTABMESSUNGEN [MM] UND GEWICHTE [KG] DER BOLDA® STÜTZENSCHUHE

**LAST-ÜBERTRAGUNGSMECHANISMUS**

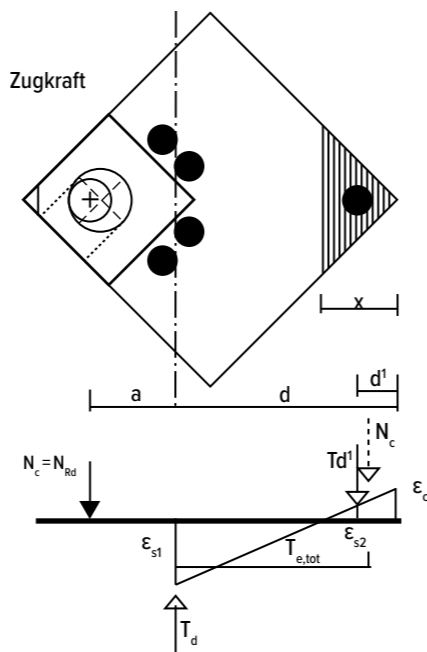
Stützenstöße oder Stützen-Fundament-Verbindungen werden in der Regel durch axiale Normalkräfte und horizontale Querkkräfte in Kombination mit Biegemomenten belastet. Die Biegemomente können paarweise in Zug- und Druckkräfte aufgeteilt werden. Die Querkkräfte werden über den Bolzenquerschnitt von einem Betonelement auf das andere übertragen. Bei Vorhandensein von Druckkräften können zusätzliche Reibungskräfte erzeugt werden. Die Zugkräfte in der Grundplatte werden durch die Ankerbolzen auf die Unterkonstruktion übertragen. Durch den Versatz zwischen dem Durchgangsloch in der Grundplatte (= Achse des Ankerbolzens) und der Achse der Ankerstäbe des Stützenschuhs entsteht eine Exzentrizität. Diese Exzentrizität wird durch ein horizontales Kräftepaar kompensiert (siehe Abb. 5 a). Bei Zugbelastungen im Anker wird das Moment infolge der Exzentrizität durch eine Zugkraft in horizontal angeordneten Bügeln und die auf die Seitenplatte wirkende Druckkraft übernommen. Im Gegensatz dazu führen Druckkräfte in den Ankerbolzen zu Druckkräften auf den oberen Teil der Seitenplatte und Zugkräfte im horizontalen Teil der hinteren Stäbe.

Bei den früheren Varianten der Stützenschuhe HPKM® und PEC® wurde die Exzentrizität der Kraft in den Ankerbolzen durch ein vertikales Kräftepaar, bestehend aus der Anschlussbewehrung der Stütze und der mit dem Stützenschuh verschweissten vertikalen Rückhängebewehrung, abgetragen (siehe Bild 5 b).

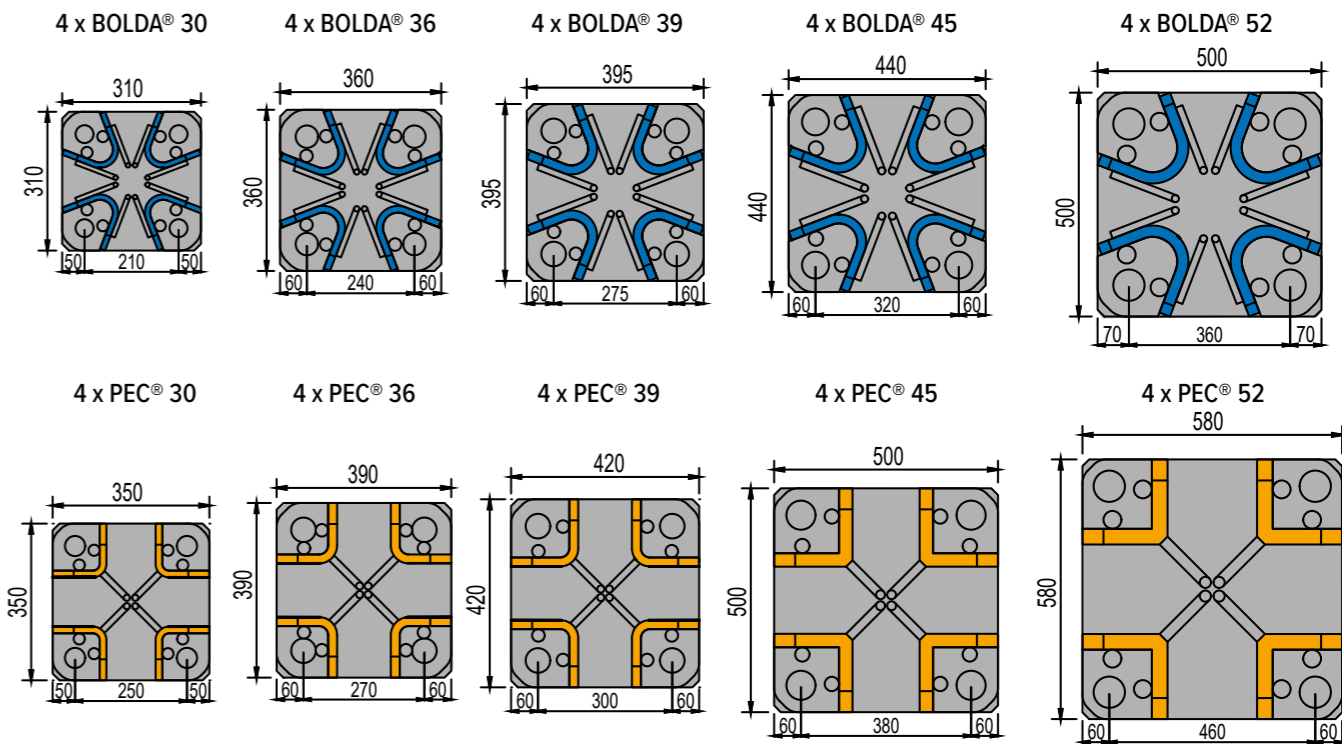


A) BOLDA®

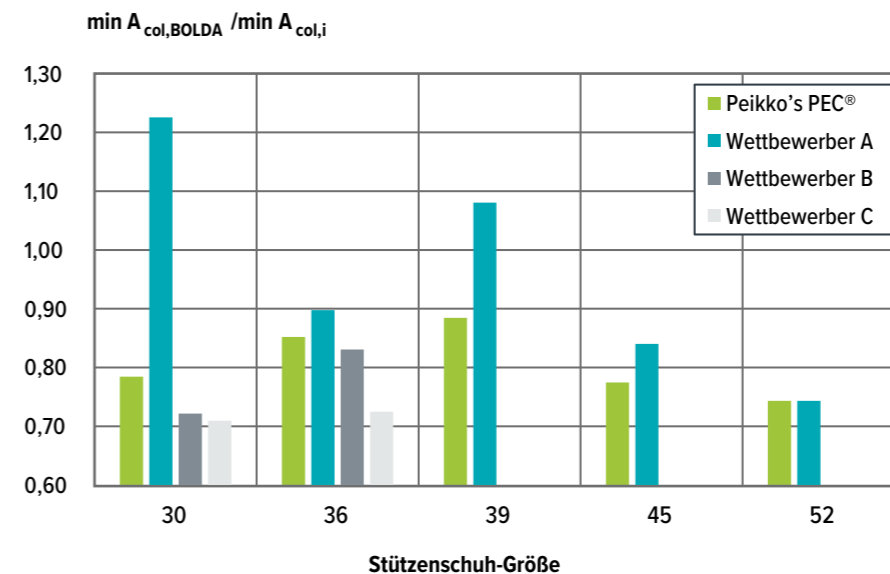
BILD 5: LAST-ÜBERTRAGUNGSMECHANISMUS VERSCHIEDENER STÜTZENSCHUHSYSTEME FÜR ZUGBEANSPRUCHUNG IN DEN ANKERBOLZEN.



B) TKM/PKM



A) GEOMETRIE DER STÜTZENQUERSCHNITTE FÜR BOLDA® UND PEC® STÜTZENSCHUHE



B) VERGLEICH

BILD 6: ERFORDERLICHE MINDESTQUERSCHNITTE DER BOLDA® STÜTZENSCHUHE IM VERGLEICH ZU PEC® STÜTZENSCHUHEN UND ZU VERSCHIEDENEN WETTBEWERBERN

**KONSTRUKTIVE VERBESSERUNGEN**

Es wurden weitere Änderungen zur Verbesserung der Gesamtsteifigkeit der Stützenschuhe vorgenommen. Bereits während des Entwicklungsprozesses der Stützenschuhe aus HPKM® wurde erkannt, dass der Aufbau einer geradlinigen Ausbildung der Seitenplatte bis zum Angriffspunkt der Ankerstäbe die Steifigkeit der Verbindung erhöht. Bei BOLDA® sind sowohl die Aussenkanten der Bodenplatte als auch die Seitenplatten nur um 48° zueinander geneigt gegenüber 90° bei den bisherigen Systemen TKM oder PKM, was wiederum zu einer erhöhten Stei-

figkeit führt. Dieser reduzierte Winkel in Kombination mit der unterschiedlichen Positionierung der hinteren Stäbe führt zu einem deutlich reduzierten Platzbedarf für jeden Stützenschuh, was folglich zu 12 % bis 26 % kleineren Stützenquerschnitten im Vergleich zum Vorgängertyp führt (vgl. Bild 6).

Während des Entwicklungsprozesses wurden auch Anstrengungen unternommen, den Produktionsprozess weiter zu verbessern und zu verschlanken. Dies wurde z. B. durch die Optimierung der Anzahl der Schweißnähte erreicht, was

in der Folge indirekt die Gesamtsicherheit durch Minimierung der Fehleranfälligkeit verbessert.

Aufgrund der oben genannten Verbesserungen ist die Gesamtbauweise der BOLDA® Stützenschuhe im Vergleich zu älteren Versionen kompakter und steifer. Der BOLDA® Stützenschuh ermöglicht im Vergleich zum Vorgängertyp PEC® um 20 % schlankere Querschnittsabmessungen.

In Kombination mit der Optimierung des Produktionsprozesses wurde eine signifikante Reduktion des gesamten CO2-Fussabdrucks erreicht.

**UNTERSUCHUNGEN  
EXPERIMENTELL**

**Allgemeines**

Es gibt keine eindeutige Korrelation zwischen der mechanischen Festigkeit eines Stützenschuhs im Lieferzustand und der mechanischen Festigkeit einer Stützenschuhverbindung. Eine Stützenverbindung ist verschiedenen Einwirkungen wie Längskraft, Querkraft und Biegemoment in verschiedenen Kombinationen ausgesetzt, und die Steifigkeit der Verbindung wirkt sich auch auf das Verhalten und die Konstruktion der Stütze aus. Es ist nicht möglich, den mechanischen Widerstand oder die Steifigkeit einer Stützenschuhverbindung als eine nach unterschiedlichen Normen und Richtlinien ermittelte Wertekombination zu bestimmen. Daher müssen diese Eigenschaften experimentell bestimmt werden.

Das EAD [1] fasst die erforderlichen Prüfungen und den zugehörigen Versuchsaufbau zusammen und gibt Hinweise für die Auswertung der Versuchsergebnisse. Die so ermittelten Werte können dann mit der in TR 068 [2] festgelegten Bemessungsmethode verwendet werden.

Die folgenden Prüfungen sind gemäss EAD zwingend erforderlich:

- a) Prüfung des Biege widerstands
- b) Prüfung der Biegesteifigkeit
- c) Prüfung des Querkraftwiderstands
- d) Prüfung des Feuerwiderstandes

**a) Versuche zum Biege widerstand (BR)**

Ziel der Untersuchungen zur Biegefestigkeit (BR) ist es, zu zeigen, dass die BOLDA® Stützenschuhverbindung mindestens einen Widerstand aufweist, der dem Biege widerstand einer monolithischen Ortbetonstütze entspricht.

**b) Versuche zur Biegesteifigkeit (BS)**

Im Allgemeinen muss die Bemessung von Stützenstössen oder Stützen-Fundamentverbindungen mit Stützenschuhen den Bemessungsgrundsätzen folgen, die in EN 1992-1-1 für monolithische Stützen mit durchgehender Bewehrung angegeben sind. Die Steifigkeit von Stützen bzw. das Momenten-Verformungsverhalten wird in EN 1992-1-1 durch unterschiedliche Knickfaktoren oder Knicklängen berücksichtigt. Daher wird im Rahmen dieser Versuche überprüft, ob für Stützenschuhverbindungen die gleichen Annahmen wie für Ortbetonstützen gelten.

Bei Stützenschuhanschlüssen (Stütze A in Bild 7) sind im Vergleich zu Ortbetonstützen (Stütze B in Bild 7) unterschiedliche Zonen entlang der Stützenlänge zu berücksichtigen. Innerhalb der **Zone 1** unterscheiden sich Stützen mit Stützenschuhanschlüssen nicht von Ortbetonstützen, da die vorhandene Bewehrung identisch ist. In **Zone 2** ist die Biegesteifigkeit von Stütze A mit Stützenschuhen im Vergleich zu Stütze B wesentlich

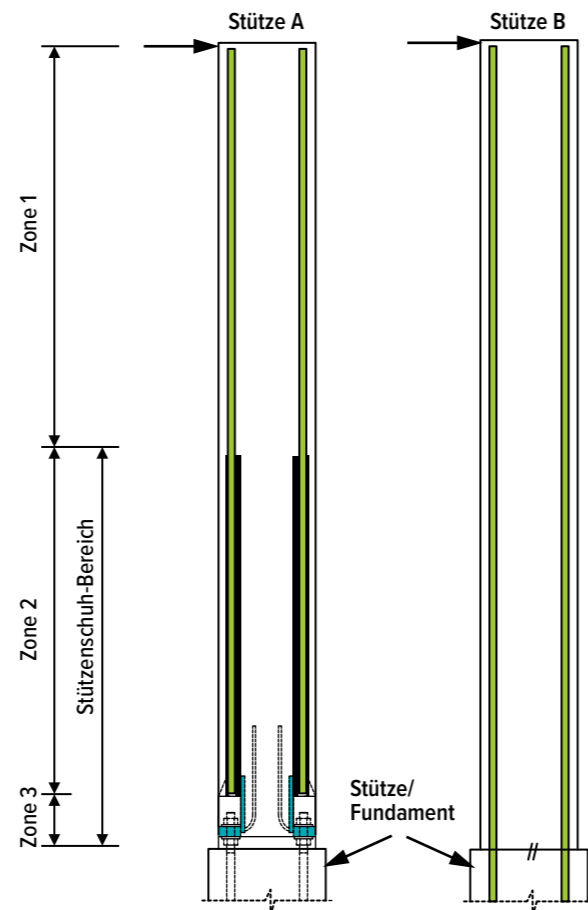


BILD 7: UNTERSCHIEDLICHE STEIFIGKEITSBEREICHE VON KRAGSTÜTZEN

höher. Dies ist auf die vorhandene Übergreifung der Ankerstäbe des Stützenschuhs mit der vorhandenen Bewehrung der Stütze zurückzuführen. Im Gegensatz dazu wird die Stütze B mit durchgehender Bewehrung in **Zone 2** nach EN 1992-1-1 [4] bemessen, obwohl in der Praxis ein Übergreifungsstoss eher gebräuchlich wäre.

In **Zone 3** ist die Biegesteifigkeit von Stütze A im Vergleich zu Stütze B geringer, was hauptsächlich auf den reduzierten effektiven Betonquerschnitt am unteren Ende der Stütze zurückzuführen ist. Eine weitere Verringerung der Steifigkeit wird durch die exzentrischen Zugkräfte in den Stützenschuhen verursacht (vgl. Bild 7). Die schematische Anordnung der Messpunkte über die Länge der Stütze ist in Bild 8 dargestellt.

Bei auskragenden Stützen ist im Vergleich zu anderen statischen Systemen die Steifigkeit der Stützenschuhverbindung von entscheidender Bedeutung. Das Verhalten von auskragenden Stützen ist extrem empfindlich gegenüber geometrischer Nichtlinearität und wird daher erheblich von der Steifigkeit

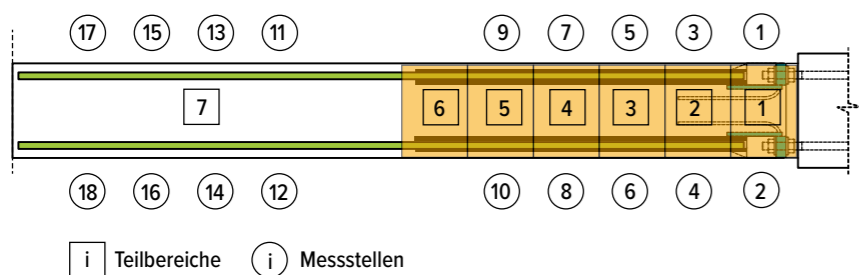


BILD 8: LAGE UND NUMMIERUNG DER TEILBEREICHE UND MESSPUNKTE (WEGAUFNEHMER), SCHEMATISCH

beeinflusst. Jeder negative Effekt, der durch eine nachgiebige Verbindung verursacht wird, wird innerhalb eines solchen Systems verstärkt.

**c) Versuche zum Querkraftwiderstand**

Bei den Querkraftversuchen wird angenommen, dass die maximalen Querkräfte durch eine horizontale Belastung in einem bestimmten Abstand von der Fundamentebene verursacht werden (z. B. Fahrzeuganprall). Die in den Versuchen ermittelten maximalen Querkraftwiderstände werden mit den theoretischen Werten von zwei wirksamen Stützenschuhen verglichen. Die theoretischen Widerstände werden gemäss EN 1993-1-8 unter Berücksichtigung sowohl der Grundplatte als auch des Bolzens bestimmt.

Die verschiedenen Versuchsaufbauten für alle drei Prüfverfahren sind in Abb. 9 dargestellt.

**AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE  
BIEGEWIDERSTAND**

Das ermittelte Biege widerstandsmoment  $M_{obs}$  und die damit verbundenen Versagensarten der Stützenschuhverbindungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. In zwei Versuchen wurde ein Druckversagen des Betons und/oder Mörtels beobachtet. Dies bedeutet, dass die Tragfähigkeit des Stützenschuhs nicht erreicht wurde und das Biege widerstandsmoment höher als der in Tabelle 1 angegebene Wert ist. Aus diesem Grund werden diese beiden Versuche bei der weiteren Auswertung vernachlässigt.

Der theoretische Biege widerstand  $M_t$  wurde nach EN 1992-1-1 unter Berücksichtigung der gemessenen Materialeigenschaften für die Druckfestigkeit des Betons und des Vergussmörtels, der Streckgrenze der Bewehrungsstäbe sowie

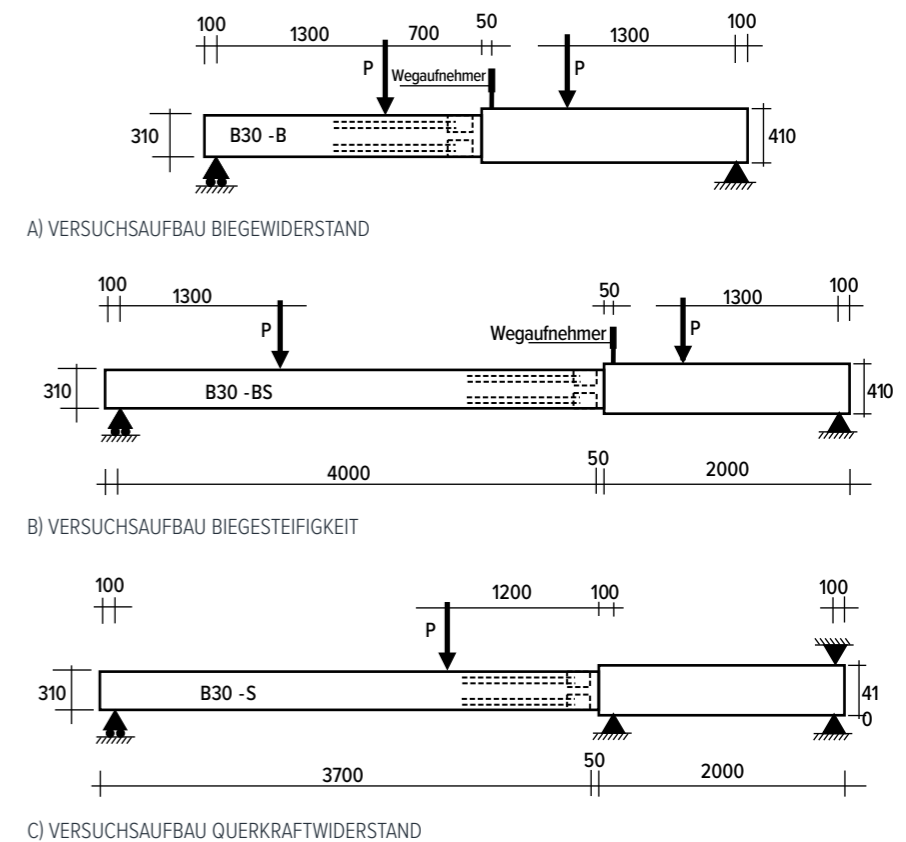


BILD 9: BEISPIELE FÜR DEN VERSUCHSAUFBAU NACH EAD [1]

der Streckgrenze der Ankerbolzen berechnet. Nach EAD enthält der Vergleich der Prüfergebnisse mit den theoretischen Werten  $m_k = (M_{obs} / (\eta_{d,0} \cdot M_t))$  einen Biege widerstandsfaktor  $\eta_{d,0} \leq 1,0$ , der für die Bemessung des Probekörpers verwendet wurde. Dieser Wert wurde zu  $\eta_{d,0} = 1,0$  angenommen.

Die oben gezeigte Auswertung bestätigt eindeutig, dass das Tragverhalten der Stütze bei Verwendung der BOLDA® Stützenschuhverbindung dem Verhalten einer monolithischen Stütze entspricht.

Test	$f_{gr}$ MPa	$b = d$ mm	$d_t$ mm	$f_{bolt,y}$ MPa	$A_{sp}$ mm <sup>2</sup>	$M_t$ kNm	$\eta_{d,0}$	$M_{obs}$ kNm	$M_{obs} / (\eta_{d,0} \cdot M_t)$	Versagensart
B30-BS.2 [1]	53,2	310	50	803	561	209,8	1,00	215,7	1,03	Ankerbolzen
B30-B [1]	49,9	310	50	803	561	208,5	1,00	220,2	1,06	Ankerbolzen
B30-BS.2 [2]	48,2	380	50	918	561	311,3	1,00	330,2	1,07	Ankerbolzen
B39-B [1]	49,2	390	60	855	976	485,3	1,00	453,8	-	Betondruckversagen
B39-B [2]	48,2	420	60	894	804	486,5	1,00	497,3	1,03	Ankerbolzen/Stützenschuh
B52-B [1]	49,9	500	70	964	1758	1273,4	1,00	1084,9	-	Betondruckversagen
B52-B [2]	40,9	580	70	890	1479	1214,6	1,00	1343,8	1,11	Ankerbolzen/Stützenschuh
B52-BS.2 [2]	43,5	580	70	890	1479	1218,9	1,00	1322,3	1,09	Ankerbolzen/Stützenschuh
Mittelwert $m_m$									1,07	
Standardabweichung $s_m$									0,032	
Charakteristischer Wert (unbekannte Standardabweichung) $m_k = m_m - k_{\alpha} \cdot s$ Statistischer Faktor nach EN 1990: $k_{\alpha} = 2,18$									1,00	

TABELLE 1: AUSWERTUNG DER BIEGEWIDERSTANDSVERSUCHE, ERGEBNISSE AUS [9, 10]

**BIEGESTEIFIGKEIT**

Es wurden zwei Biegesteifigkeitsversuche mit BOLDA® 30 und BOLDA® 52 durchgeführt. Die Dehnungen oben und unten entlang der Stützenachse wurden mit Hilfe der gemessenen Differenzverschiebung nach Bild 9 b) und Bild 8 bestimmt. Die Biegesteifigkeit der Stützenschuhverbindung wird beurteilt, indem die in den Versuchen mit Stützenschuhverbindungen und monolithischen Stützen ermittelten Gesamtverformungen verglichen werden (siehe Abb. 10). Die Teilbereiche in Abb. 10 sind identisch mit den in Abb. 7 und Abb. 8 dargestellten.

Das Biegemoment in jedem Teilbereich und die zugehörigen Steifigkeiten in der Mitte jedes Teilbereichs sowie das maximale Biegemoment am unteren Ende der Stütze sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Lage der Teilzonen ist wie folgt (vgl. Bild 7 und Bild 8):

- Teilbereich 1 ist identisch mit Zone 3 = Stützenschuhanschlussbereich.
- Die Teilbereiche 2 – 5 befinden sich in der Stützenschuhzone (Zone 2), während Teilbereich 6 in der Mischzone am Ende des Stützenschuhs liegt. Die Steifigkeit für den Teilbereich 6 wird aus dem Mittelwert der gemessenen Verformungen innerhalb der Teilbereiche 5 und 7 berechnet.
- Teilbereich 7 befindet sich ausserhalb der Zone des Stützenschuhs (= Zone 1). In diesem Bereich sind die Bewehrungsführungen von Stütze A und B identisch und führen zu gleichen Steifigkeiten. Die Steifigkeit für diese Teilzone wird aus dem Mittelwert der gemessenen Verformungen der Messpunkte 11 bis 18 berechnet.

Die maximalen Durchbiegungen am oberen Ende der Stütze, berechnet aus den relativen Steifigkeiten der Teilbereiche, sind zusätzlich in Tabelle 2 dargestellt.

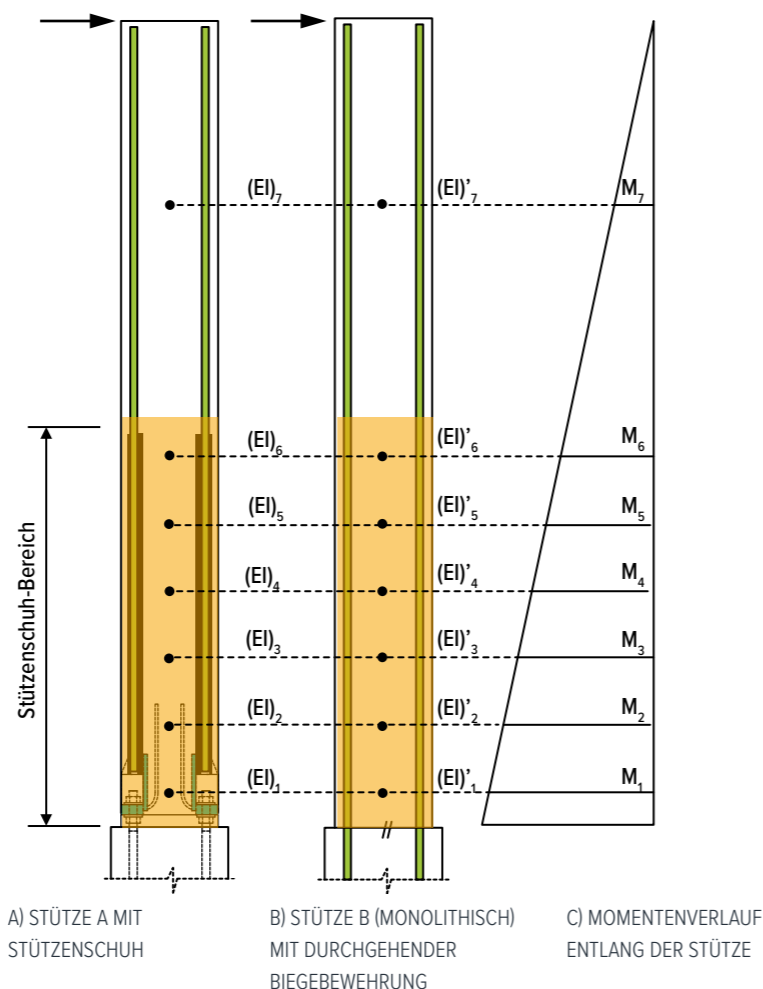


BILD 10: VERGLEICH DER BIEGESTEIFIGKEITEN

Teilbereich i	BOLDA® 30			BOLDA® 52		
	M <sub>i</sub>	Stütze A	Stütze B	M <sub>i</sub>	Stütze A	Stütze B
		(EI) <sub>i</sub>	(EI) <sub>i</sub> '		(EI) <sub>i</sub>	(EI) <sub>i</sub> '
	kNm	[MNm <sup>2</sup> ]	[MNm <sup>2</sup> ]	kNm	[MNm <sup>2</sup> ]	[MNm <sup>2</sup> ]
7	60,5	4,69	4,69	384,7	101,36	101,36
6	123,1	9,65	6,00	784,9	131,51	114,56
5	129,1	13,14	5,90	823,9	147,17	113,32
4	136,8	13,05	5,88	871,3	162,73	112,78
3	144,6	12,22	5,71	918,6	169,71	111,62
2	152,3	9,22	5,15	966,0	190,58	109,74
1	160,1	3,24	5,03	1013,3	43,56	104,12
1.0 · M <sub>1,0</sub>		163,9			1037,0	
Durchbiegung	v <sub>shoe</sub>	v <sub>ref</sub>		v <sub>shoe</sub>	v <sub>ref</sub>	
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	
	164,9	190,4		261,6	249,3	
v <sub>shoe</sub> /v <sub>ref</sub>	0,866			1,049		

TABELLE 2: VERGLEICH DER BIEGESTEIFIGKEITEN IN VERSCHIEDENEN TEILBEREICHEN UND DER BERECHNETEN DURCHBIEGUNGEN AM OBEREN ENDE DER STÜTZEN, ERGEBNISSE AUS [9, 10]

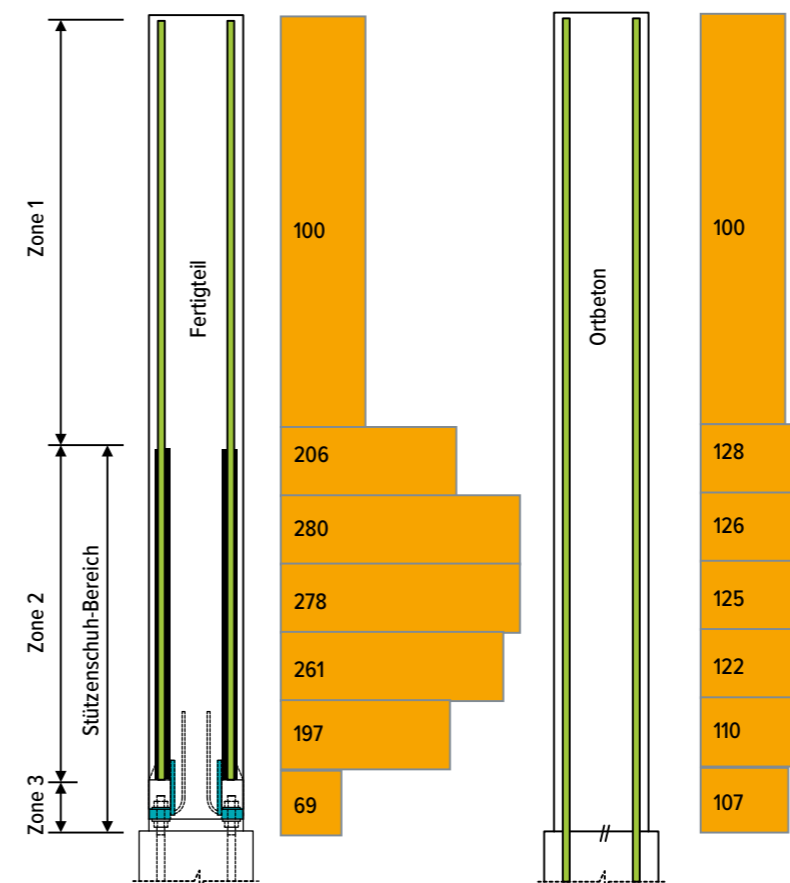


BILD 11: AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE FÜR DIE STÜTZEN A (BOLDA® 30) UND B – RELATIVE BIEGESTEIFIGKEIT DER TEILBEREICHE IN %

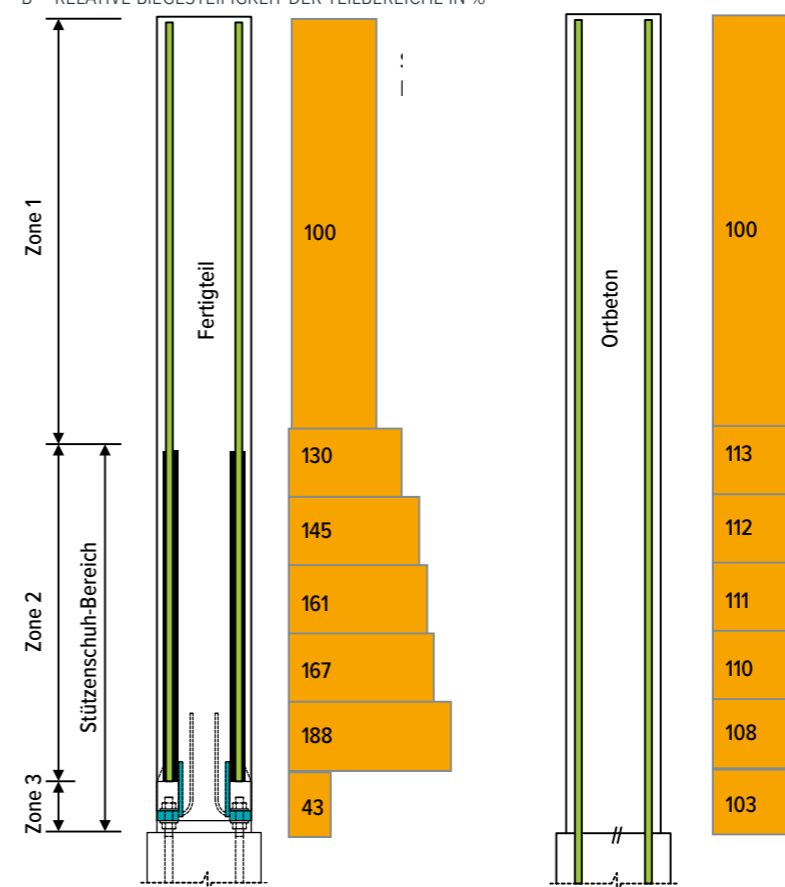


BILD 12: AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE FÜR DIE STÜTZEN A (BOLDA® 52) UND B – RELATIVE BIEGESTEIFIGKEIT DER TEILBEREICHE IN %

Bild 11 und Bild 12 zeigen die Verteilung der Biegesteifigkeit entlang der Stützenachse bezogen auf die Biegesteifigkeit des ungestörten Bereichs (Teilbereich 7). In Zone 2 ist die Steifigkeit der Fertigteilstütze A für beide Grössen der BOLDA® Stützenschuhe im Vergleich zu den Ortbetonstützen deutlich höher. In Zone 3 ist die relative Steifigkeit der Fertigteilstütze A kleiner als der für die Stütze B erhaltene Wert. Allerdings kann die höhere Steifigkeit der Zone 2 die geringere Steifigkeit in Zone 3 ausgleichen.

Die berechnete Durchbiegung am oberen Ende der Stützen, die auf den gemessenen Verformungen basiert, beträgt v<sub>shoe</sub> = 165 mm (BOLDA® 30) und v<sub>shoe</sub> = 262 mm (BOLDA® 52). Diese Werte sind ca. 13,4 % niedriger (BOLDA® 30) und 4,9 % (BOLDA® 52) höher als die Referenzwerte der Ortbeton-Stütze. Nach EAD [1] ist das Verhältnis von v<sub>shoe</sub>/v<sub>ref</sub> ≤ 1,05 begrenzt. Damit sind die Anforderungen erfüllt und es kann ein Faktor k<sub>1</sub> = 1,0 bei der Bemessung der Stützen nach EN 1992-1-1 [4] verwendet werden.

**QUERKRAFTWIDERSTAND**

Es wurden zwei Querkraftversuche mit BOLDA® 30 und BOLDA® 52 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 3 aufgeführt. Die gemessenen Scherwiderstände  $V_{u, \text{test}}$  wurden unter Berücksichtigung des Verhältnisses von nominaler zu tatsächlicher Stahlfestigkeit ( $f_u/f_{u, \text{test}}$ ) in  $V_{e,i}$  umgerechnet. Die so erhaltenen Werte werden mit dem theoretischen Wert  $V_{t,i}$  verglichen.

Versuch	$V_{t,i}$	$V_{u, \text{test}}$	$f_u$	$f_{u, \text{test}}$	$f_u/f_{u, \text{test}}$	$V_{e,i} = (f_u/f_{u, \text{test}}) \cdot V_u$	$V_{e,i}/V_{t,i}$
	kN	kN	MPa	Mpa	-	kN	-
B30-S [1]	198,6	346	800	889	0,90	311,3	1,57
B52-S [1]	561,5	1176,7	800	1059	0,76	894,3	1,59

TABELLE 3: VERGLEICH DER ERGEBNISSE DER QUERKRAFTVERSUCHE MIT DEN THEORETISCHEN WERTEN

Der Vergleich in Tabelle 3 zeigt deutlich, dass die Anforderung  $V_{e,i}/V_{t,i} \geq 1,0$  eindeutig erfüllt ist. Daher kann in der Querkraftbemessung nach EN 1992-1-1 ein Wert  $k_s = 1,0$  verwendet werden.

Nachfolgend sind alle charakteristischen Kennwerte zusammengestellt.

Stützenschuh		BOLDA® 30	BOLDA® 36	BOLDA® 39	BOLDA® 45	BOLDA® 52
Stahlversagen						
Widerstände	$N_{rd,s}$ [kN]	299	436	521	697	938
Beiwert Biege-widerstand	$\eta_d$ [-]	1,0				
Beiwert Biege-steifigkeit	$k_L$ [-]	1,0				
Beiwert Querkraft-widerstand	$k_s$ [-]	1,0				

**ZUSÄTZLICHE UNTERSUCHUNGEN DES VERFORMUNGSVERHALTENS MIT FE-BERECHNUNGEN**

Zur weiteren Bewertung des Tragverhaltens von Stützenschuhverbindungen im Vergleich zu Ortbetonstützen wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart [18] ein kleines Forschungsprojekt mit Hilfe der Finiten Elemente Methode beider Systeme durchgeführt. Es wurden zwei Systeme mit BOLDA® 30 und BOLDA® 52 Stützenschuhanschlüssen sowie die zugehörigen Ortbetonssysteme (monolithisch) untersucht. Der Versuchsaufbau für die Biegesteifigkeitsversuche nach Bild 9 b) einschliesslich der Messpunkte gemäss vorigem Abschnitt wurde sowohl für die Stützenschuhanschlüsse als auch für die monolithischen Ortbetonssysteme übernommen. Im Rahmen der Untersuchungen wurden die folgenden Materialeigenschaften für die verschiedenen Komponenten verwendet:

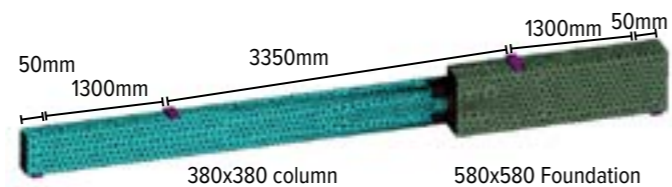
Das nichtlineare Finite-Elemente-Programm ATENA® kann das reale Bauteilverhalten einschliesslich Rissbildung, Betondruckversagen und Fliesen der Bewehrung simulieren. Die Software wurde anhand von experimentellen Daten und internationalen Vergleichen von Ringversuchen (sog. round robin tests) umfassend validiert.

Innerhalb des FE-Modells wurden Beton (Fundament, Stütze und Vergussmörtel) und Stahl (Stützenschuh-Platten, Ankerbolzen und Muttern, Last-/ Lagerplatten) als Festkörper-Elemente modelliert, während die Bewehrung

Material	Eigenschaften	
Beton	Druckfestigkeit $f_{ck}$	30 MPa
	Zugfestigkeit $f_{ctk}$	2,0 MPa
	E-Modul	32000 MPa
Vergussmörtel	Druckfestigkeit $f_{ck}$	50 MPa
	Zugfestigkeit $f_{ctk}$	2,9 MPa
	E-Modul	37000 MPa
PPM® Ankerbolzen und Mutter	Streckgrenze $f_{yk}$	640 MPa
	Zugfestigkeit $f_{uk}$	800 MPa
	E-Modul	200000 MPa
BOLDA® Stützenschuh Grund- und Seitenplatte	Streckgrenze $f_{yk}$	355 MPa
	Zugfestigkeit $f_{uk}$	490 Mpa
	E-Modul	200000 MPa
Bewehrung	Streckgrenze $f_{yk}$	500 MPa
	Zugfestigkeit $f_{uk}$	600 MPa
	E-Modul	200000 MPa

TABELLE 4: MATERIALEIGENSCHAFTEN DER KOMPONENTEN BEI DEN FE-UNTERSUCHUNGEN [18]

(Längsstäbe und Querbügel, Ankerstäbe) als 1D-Stabelemente mit axialem Freiheitsgrad modelliert wurden. Die Kontaktflächen zwischen Bewehrung und Beton sowie die Kontaktflächen zwischen verschiedenen Volumenelementen werden mit einem Verbundmodell beschrieben. Bild 13 a) zeigt das komplette System der Volumenelemente, Bild 13 b) zeigt die Diskretisierung der Längs- und Bügelbewehrung und Bild 13 c) zeigt die Details des FE-Modells der Stützenschuhe.



A) FESTKÖRPER-ELEMENTE DER STÜTZE, DES FUNDAMENTS UND DER LAST- BZW. LAGERPLATTEN



B) 1D-STABELEMENTE DER BEWEHRUNG [18]



C) FE-MODELL DER STÜTZENSCHUHE [18]

BILD 13: FE-MODEL DES GESAMTSYSTEMS

Bild 14 zeigt die berechneten Last-/Moment-Durchbiegungskurven des Stützen-Fundament-Systems mit BOLDA® 30 im Vergleich zum monolithischen System. Die Durchbiegungen sind sowohl für den Belastungspunkt im Stützen- und Fundamentbereich als auch für die Lage des Aufnehmers in der Nähe der Fuge zwischen Stütze und Fundament angegeben (vgl. Abb. 9 b). In Bild 15 ist die Rissentwicklung bei verschiedenen Laststufen dargestellt.

Im Allgemeinen steigen die Durchbiegungen linear mit zunehmender Belastung bis zu ca. 85 % der Traglast an. Bei weiterer Belastung nehmen

die Durchbiegungen mit zunehmender Last überproportional zu. Dies wird hauptsächlich durch fortschreitende Rissbildung sowie durch die Überschreitung der Streckgrenze der Bewehrung verursacht. Die Versagenslast des Systems mit Stützenschuh und des monolithischen Systems unterscheiden sich nur um ca. 2 %. Innerhalb des linearen Bereichs sind die Durchbiegungen des monolithischen Systems ca. 15 % grösser als die berechneten Werte des Stützenschuhsystems (vgl. Bild 14). Dieser Unterschied nimmt nach Überschreiten der Fließgrenze deutlich zu.

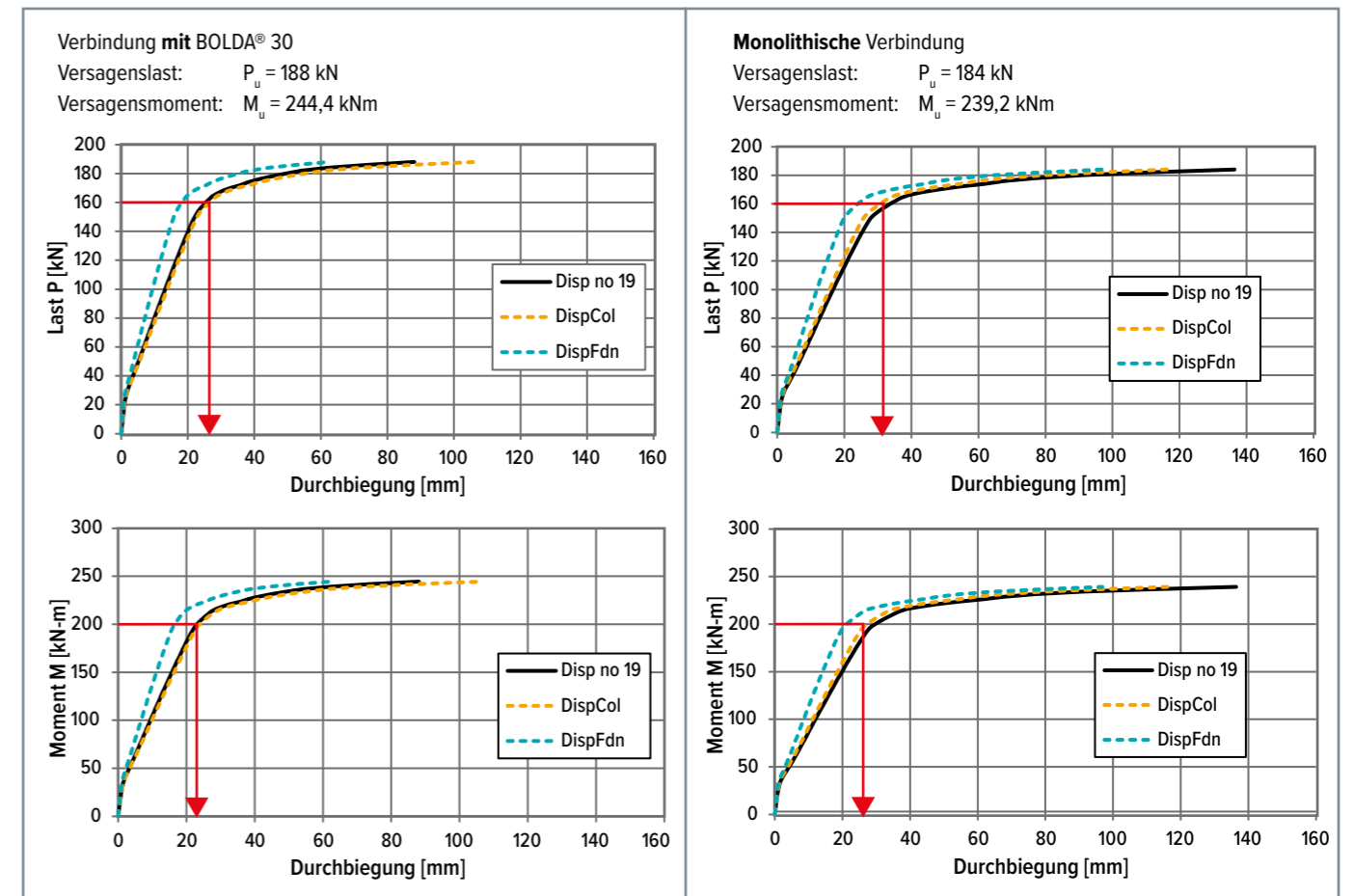


BILD 14: LAST-/MOMENT-DURCHBIEGUNGSKURVEN – VERBINDUNG MIT BOLDA® 30 IM VERGLEICH ZUR MONOLITHISCHEN VERBINDUNG [18]

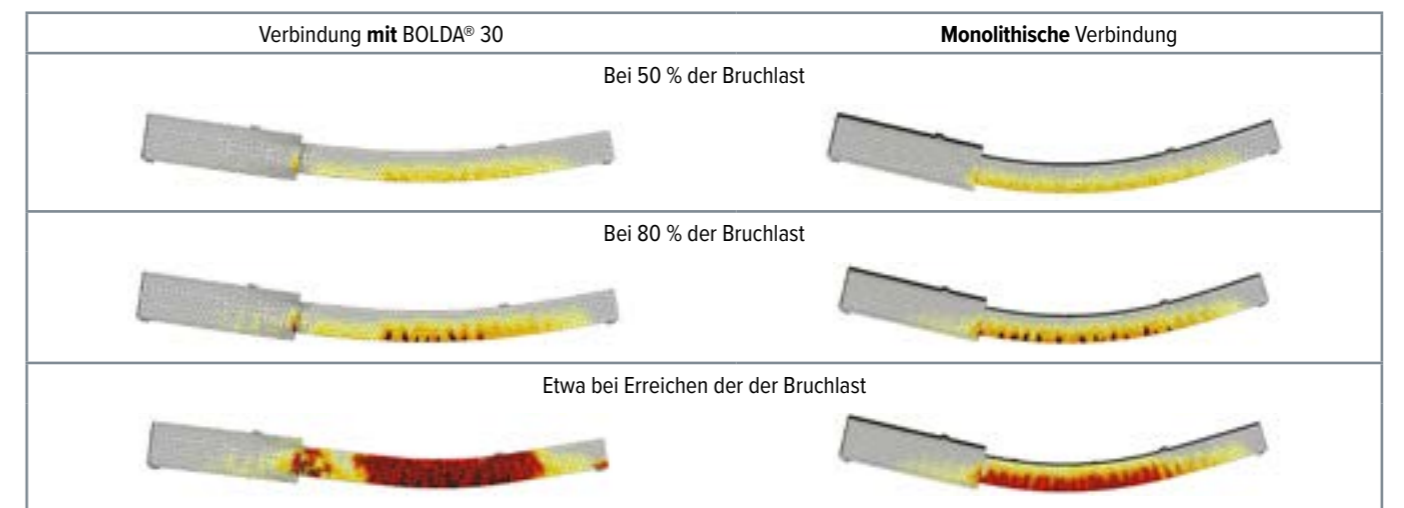


BILD 15: RISSENTWICKLUNG DER STÜTZENSCHUHVERBINDUNG IM VERGLEICH MIT EINER MONOLITHISCHEN VERBINDUNG [18]

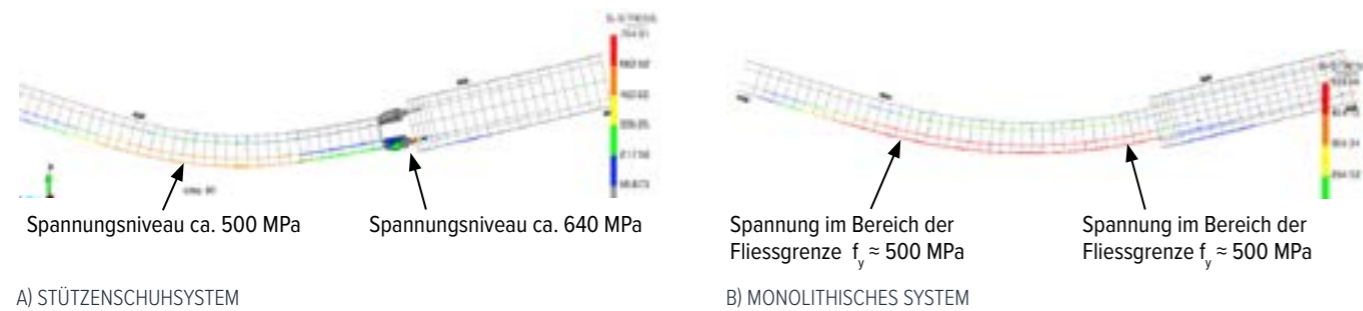


BILD 16: SPANNUNGSVERTEILUNG IN DEN ANKERBOLZEN, STÜTZENSCHUHEN UND DER BEWEHRUNG BEIM VERSAGEN [18]

Der Bruchzustand des Stützenschuhsystems ist durch das Fließen der PPM® Ankerbolzen gekennzeichnet (Bild 16 a). In diesem Zustand betragen die Spannungen in der Bewehrung ausserhalb des Stützenschuhbereichs  $\leq 500$  MPa. Innerhalb des monolithischen Systems ergeben sich bei Bruchtraglast die maximalen Spannungen innerhalb der Bewehrung im Stützenbereich zwischen Fundamentende und Belastungspunkt (siehe Bild 16 b).

Bild 17 und Bild 18 zeigen die entsprechenden Ergebnisse für die Berechnungen mit BOLDA® 52. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der Berechnungen die oben genannten Erkenntnisse und Zusammenhänge hinsichtlich Versagenslast, Versagensmodus und Durchbiegungen.

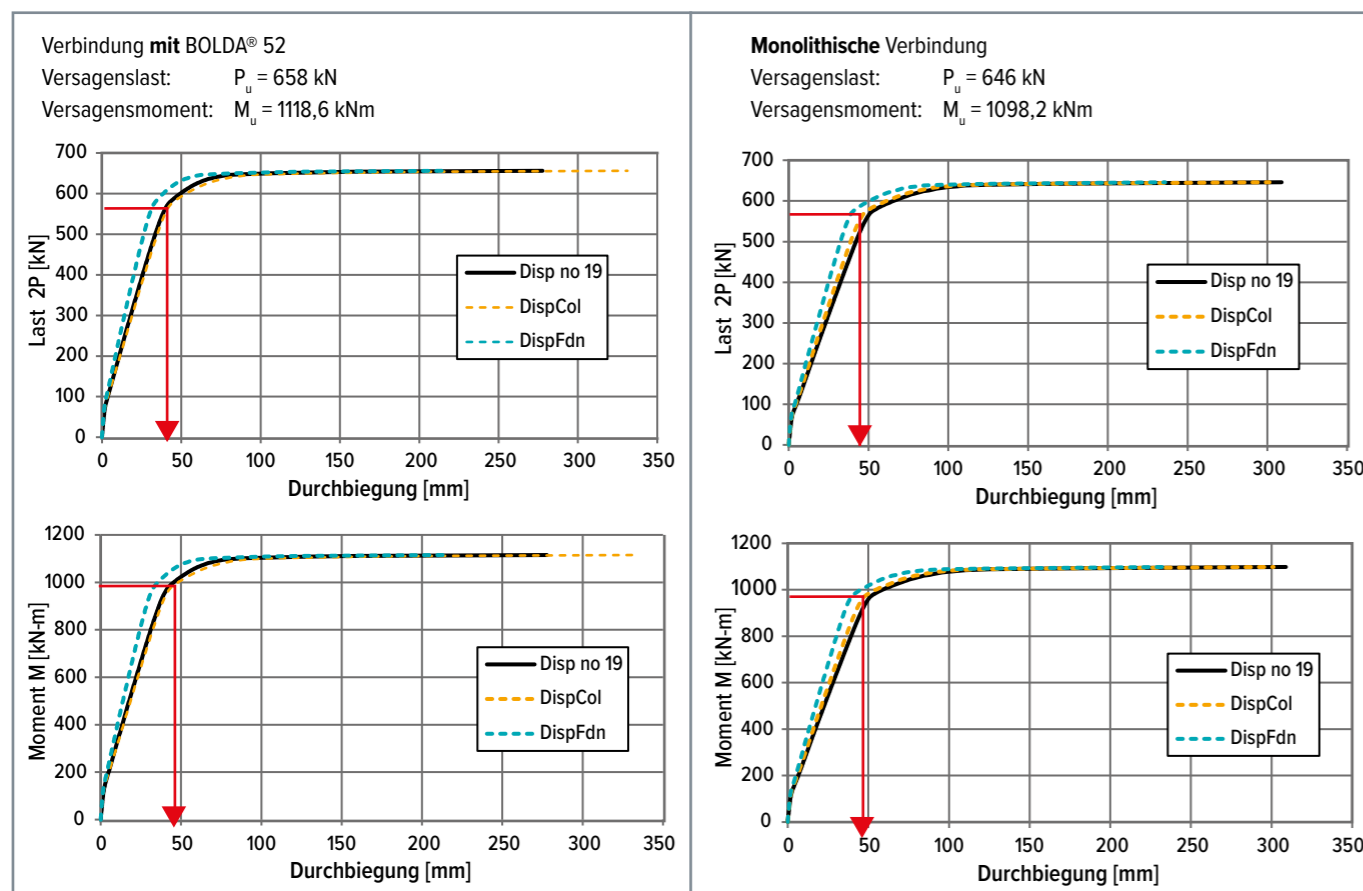


BILD 17: LAST-/MOMENT-DURCHBIEGUNGSKURVEN – VERBINDUNG MIT BOLDA® 5230 IM VERGLEICH ZUR MONOLITHISCHEN VERBINDUNG [18]

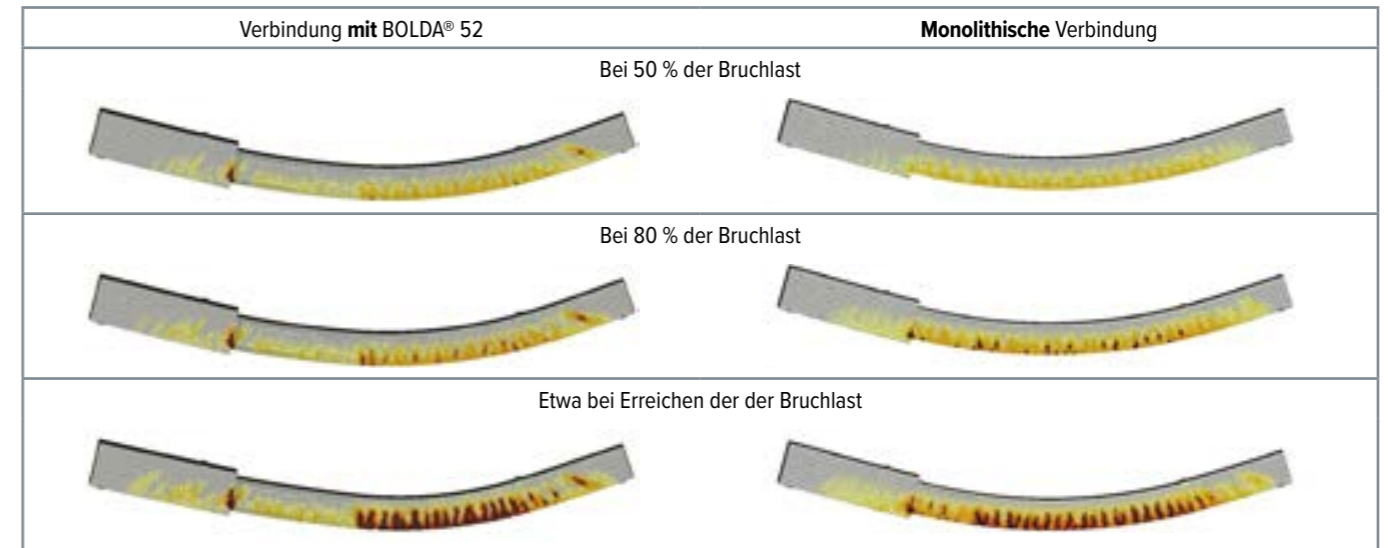


BILD 18: RISSENTWICKLUNG DER STÜTZENSCHUHVERBINDUNG IM VERGLEICH MIT EINER MONOLITHISCHEN VERBINDUNG [18]

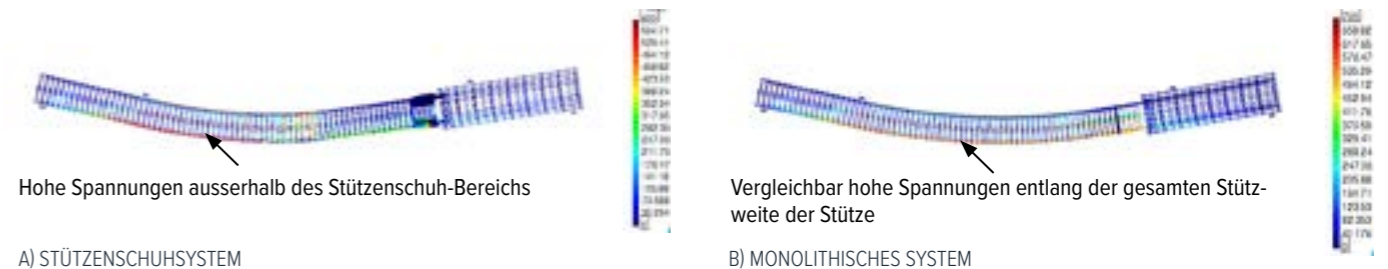


BILD 19: SPANNUNGSVERTEILUNG IN DEN ANKERBOLZEN, STÜTZENSCHUHEN UND DER BEWEHRUNG BEIM VERSAGEN [18]

Teilbereich i	BOLDA® 30			BOLDA® 52		
	$M_i$	Stütze A	Stütze B	$M_i$	Stütze A	Stütze B
		$(EI)_i$	$(EI)'_i$		$(EI)_i$	$(EI)'_i$
	kNm	[MNm <sup>2</sup> ]	[MNm <sup>2</sup> ]	kNm	[MNm <sup>2</sup> ]	[MNm <sup>2</sup> ]
7	90	18,30	18,07	412	147,05	142,95
6	181	23,80	15,23	835	184,00	128,37
5	188	29,60	15,56	872	233,57	120,10
4	200	28,77	15,48	923	224,66	114,66
3	211	29,61	12,66	973	248,73	136,18
2	222	27,33	8,76	1023	220,30	146,80
1	234	8,73	4,41	1073	102,57	79,68
$1.0 \cdot M_{t,0}$		239			1098	
Durchbiegung	$v_{shoe}$	$v_{ref}$		$v_{shoe}$	$v_{ref}$	
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	
	77	129		172	226	
$v_{shoe}/v_{ref}$	0,61			0,76		

TABELLE 5: VERGLEICH DER BIEGESTEIFIGKEITEN IN VERSCHIEDENEN TEILBEREICHEN UND DER BERECHNETEN DURCHBIEGUNGEN AM OBEREN ENDE DER STÜTZEN – AUSWERTUNG DER FE-ERGEBNISSE [18]

Der Bruchzustand des Stützenschuhsystems ist durch das Fließen der PPM® Ankerbolzen gekennzeichnet (Bild 19 a)). In diesem Zustand liegt die Spannung in der Bewehrung ausserhalb des Stützenschuhbereichs im Bereich von  $\leq 500$  MPa. Beim monolithischen System treten bei Bruchlast die maximalen Spannungen innerhalb der Bewehrung im gesamten Stützenbereich zwischen Fundamentende und Belastungspunkt auf (siehe Bild 19 b).

Das Biegemoment in den einzelnen Teilbereichen und die zugehörigen Steifigkeiten in der Mitte jedes Teilbereichs sowie das maximale Biegemoment am unteren Ende der Stütze werden nach dem im vorigen Abschnitt beschriebenen Verfahren berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Bild 20 und Bild 21 zeigen die Verteilung der Biegesteifigkeit entlang der Stützenachse bezogen auf die Biegesteifigkeit des ungestörten Bereichs (Teilbereich 7). In Zone 2 ist die Steifigkeit der Fertigteilstütze A für beide Grössen der BOLDA® Stützenschuhe im Vergleich zu den Ortbetonstützen deutlich grösser. In Zone 3 ist die relative Steifigkeit der Fertigteilstütze A kleiner als der für die Stütze B erhaltene Wert. Allerdings kann die höhere Steifigkeit der Zone 2 die geringere Steifigkeit in Zone 3 ausgleichen.

Die berechnete Durchbiegung am oberen Ende der Stützen auf der auf den gemessenen Verformungen basierenden Werte sind  $v_{shoe} = 77$  mm (BOLDA® 30) und  $v_{shoe} = 172$  mm (BOLDA® 52). Diese Werte sind ca. 39 % (BOLDA® 30) und 24 % (BOLDA® 52) niedriger als die Referenzwerte der Ortbetonstützen. Daher bestätigen die Ergebnisse der FE-Berechnungen die Versuchsergebnisse. Darüber hinaus sind diese FE-Modelle hervorragend geeignet, um die **Entwicklung zukünftiger Stützenschuhsysteme** schnell und effizient **zu unterstützen**, und es können detaillierte Parameterstudien durchgeführt werden.

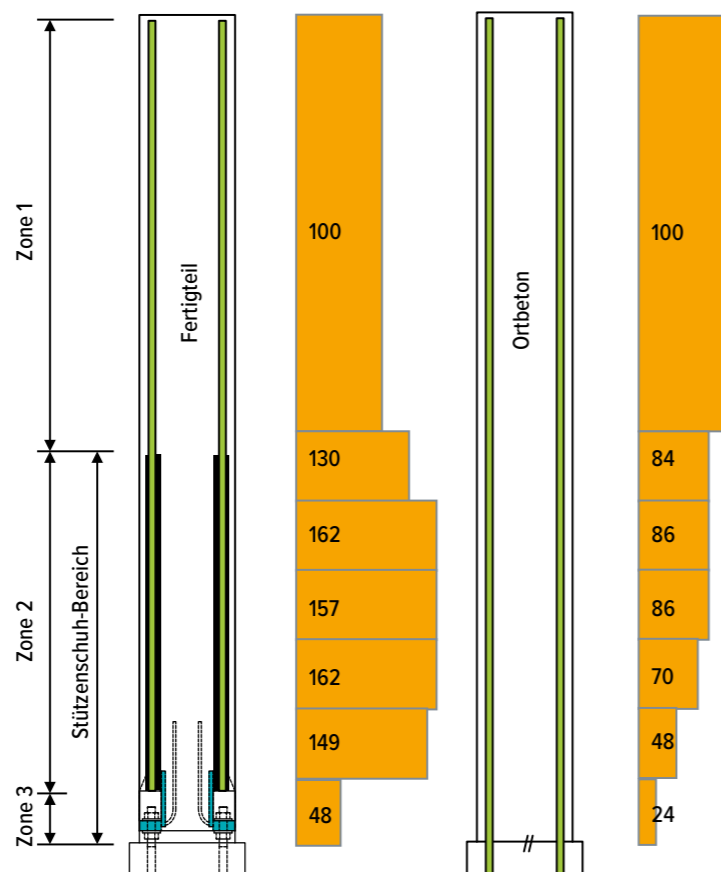


BILD 20: AUSWERTUNG DER FE-BERECHNUNGEN FÜR DIE STÜTZEN A (BOLDA® 30) UND B – RELATIVE BIEGESTEIFIGKEIT DER TEILBEREICHE IN %

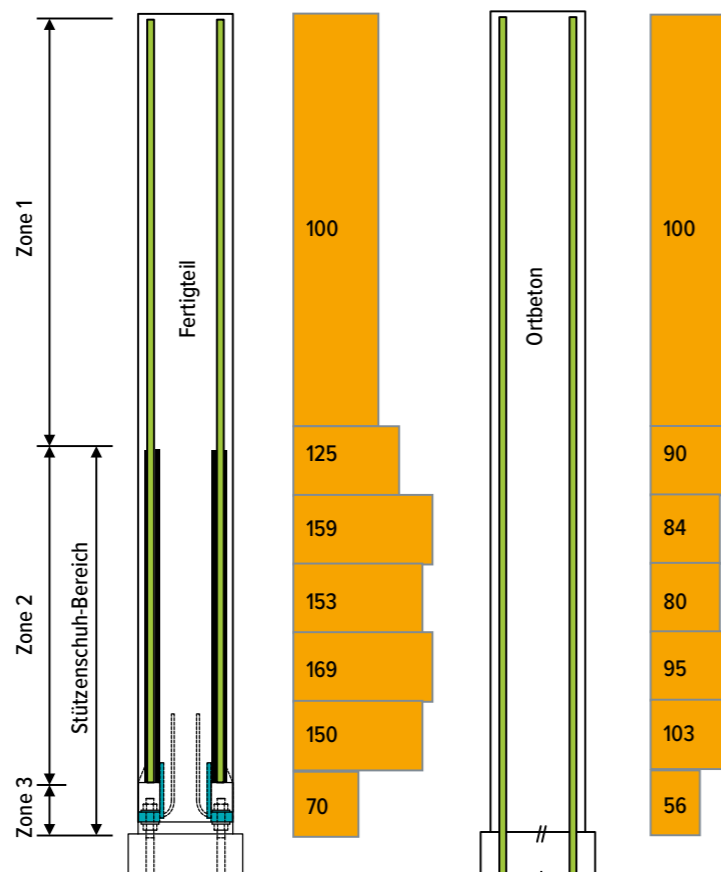


BILD 21: AUSWERTUNG DER FE-BERECHNUNGEN FÜR DIE STÜTZEN A (BOLDA® 52) UND B – RELATIVE BIEGESTEIFIGKEIT DER TEILBEREICHE IN %

**FEUERWIDERSTAND**

Zur Bestimmung der Temperaturen im Brandfall wurden an der Technischen Universität Kaiserslautern Brandversuche an drei Probekörpern (BOLDA® 30, BOLDA® 39 und BOLDA® 52) durchgeführt [12, 13]. Darüber hinaus wurden Brandsimulationen mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) an fünf Stützenschuhgrössen durchgeführt.

Die ermittelten Temperaturen dienen als Grundlage für die Bemessung im Brandfall. Die Bestimmung der Temperatur basiert auf dem EOTA Technical Report TR 068 [2]. Die Ergebnisse der Brandversuche [12] werden mit den Ergebnissen der FEM-Simulation [13] verglichen und die jeweiligen Temperaturen im Brandfall an den kritischen Punkten der Verbindung nach 30, 60, 90 und 120 Minuten Branddauer abgeleitet.

Die betrachteten Probekörper bestehen aus einer Stahlbetonstütze, die mit einem Stahlbetonfundament mittels BOLDA® Stützenschuhen und PPM® Ankerbolzen verbunden ist. Die Geometrie der Probekörper für die Brandversuche sowie für die FE-Analyse ist in Bild 22 schematisch dargestellt. Die Messpunkte in den Versuchen entsprechen den in Bild 22 dargestellten. Diese Messpunkte TE14 und TE15 wurden für die weitere Auswertung verwendet.

Die Abmessungen der Stütze und des Fundaments, die Dicke der Fuge und die Kombination von Stützenschuhen und Ankerbolzen sind in Tabelle 6 angegeben. Die Abmessungen der Stützen und des Fundaments entsprechen den jeweils geforderten Mindestwerten.

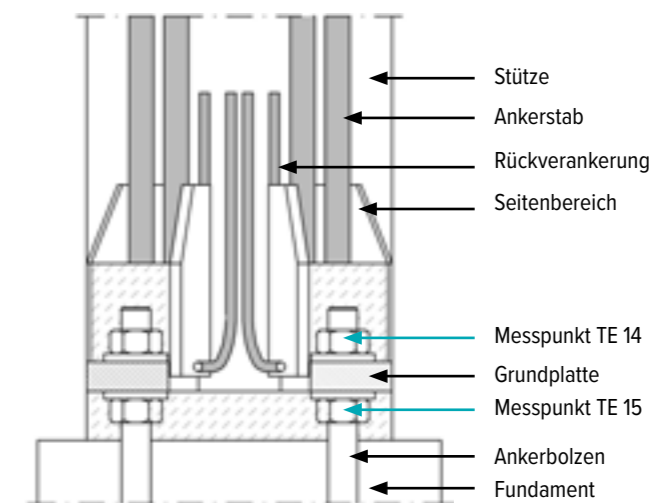


BILD 22: ANSICHT DES KRITISCHEN ABSCHNITTES

Stützenschuh	Ankerbolzen	Stütze	Fundament	Fugendicke
		mm x mm	mm x mm	mm
BOLDA® 30	PPM 30 P	310 x 310	410 x 410	50
BOLDA® 36	PPM 36 P	360 x 360	460 x 460	55
BOLDA® 39	PPM 39 P	390 x 390	490 x 490	60
BOLDA® 45	PPM 45 P	450 x 450	550 x 550	65
BOLDA® 52	PPM 45 P	500 x 500	600 x 600	70

TABELLE 6: STÜTZENSCHUHE UND ANKERBOLZEN UND ZUGEHÖRIGE MINDESTBETON-QUERSCHNITTE [12]



A) KOMPLETTES SYSTEM

B) BOLDA® 30 STÜTZENSCHUH UND ANKERBOLZEN PPM® 30 P

BILD 23: BEISPIEL FE-MODELL [13]



## PEIKKO WHITE PAPER

Die thermische Beanspruchung des Stützenanschlusses erfolgte unter Verwendung der Standardbrandkurve nach DIN EN 1363-1 [16]. Der Versuchsaufbau innerhalb der Brennkammer ist in Bild 24 dargestellt. Die Probekörper nach Abschluss der Brandversuche sind in Bild 25 gezeigt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die grössten Schäden in Form von Betonabplatzungen an den Stellen mit der höchsten Wärmeeinbringung und gleichzeitig mit dem kleinsten Betonvolumen – also an den Ecken der Stützen – auftreten. Zu beachten ist, dass im Bereich der Stützenschuhverbindung keinerlei Schädigungen auftreten.

Die Ergebnisse der Finite-Elemente-Berechnung sind in [13] zusammengefasst. Bild 26 zeigt beispielhaft die Ergebnisse für BOLDA® 39 nach einer Dauer von 120 min.

Abb. 26 zeigt deutlich, dass die maximale Temperatur auf den Aussenflächen der Grundplatte des Stützenschuhs und im unteren Bereich der Seitenwand auftritt. Die höchste Temperatur des Ankerbolzens befindet sich im Inneren der Grundplatte.

Die vergleichsweise niedrigeren Temperaturen in den Ankerstäben und den hinteren Stäben deuten darauf hin, dass der Feuerwiderstand des gesamten Systems überwiegend von der Temperatur im Ankerbolzen auf Höhe der Grundplatte beeinflusst wird.

Für alle Verbindungen werden sowohl die berechnete Temperatur des Ankerbolzenabschnitts als auch die gemessene Temperatur der geprüften Ankerbolzen, jeweils zum Zeitpunkt 30, 60, 90 und 120 Minuten,



BILD 25: PROBEKÖRPER NACH ABSCHLUSS DER BRANDVERSUCHE



BILD 24: PROBEKÖRPER IM BRANDRAUM UND ANORDNUNG DER THERMOELEMENTE [12]

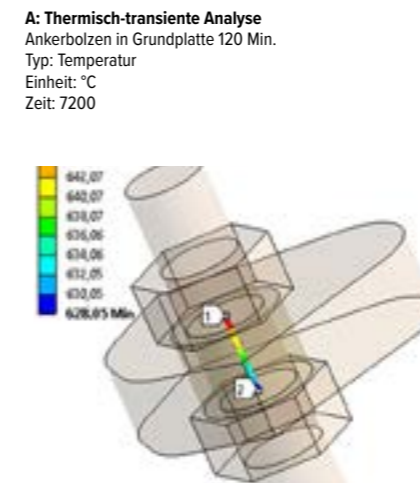
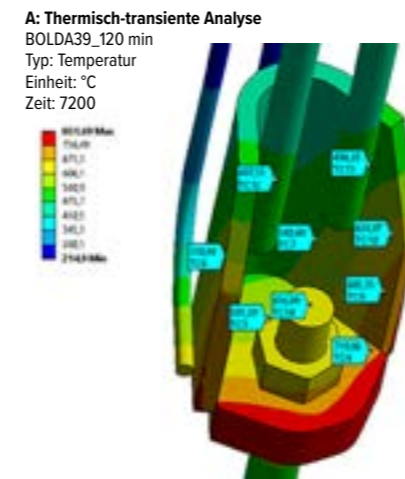


BILD 26: TEMPERATURVERTEILUNG IM STÜTZENSCHUH BOLDA® 39 NACH 120 MIN. [13]

ausgewertet. Als Nächstes wird die Differenz zwischen den **gemessenen** Temperaturen und den berechneten Temperaturen bei TE14 oder TE15 für BOLDA® 30, BOLDA® 39 und BOLDA® 52 berechnet. Der Mittelwert der mittleren Differenzen wird dann aus den Unterschieden an den Positionen TE14 und TE15 berechnet. Der so ermittelte Mittelwert der Differenzen zwischen den **Versuchsergebnissen** und den **Ergebnissen der FEM-Berechnung** ermöglicht die Berechnung der Temperatur im Ankerbolzen in Höhe der Grundplatte unterhalb der oberen Mutter. Daher wird die Temperatur des Bolzens aus der FEM-Simulation um die mittlere Differenz reduziert. Für die Stützenschuhe BOLDA® 36 und 45 erfolgt dies mit

Zeit	BOLDA® 30	BOLDA® 36	BOLDA® 39	BOLDA® 45	BOLDA® 52
Min	°C	°C	°C	°C	°C
30	206	171	182	178	147
60	387	336	349	340	293
90	530	475	488	470	412
120	641	588	594	571	508

TABELLE 7: RESULTIERENDE TEMPERATUREN FÜR DIE BRANDBEMESSUNG VON BOLDA® STÜTZENSCHUHVERBINDUNGEN

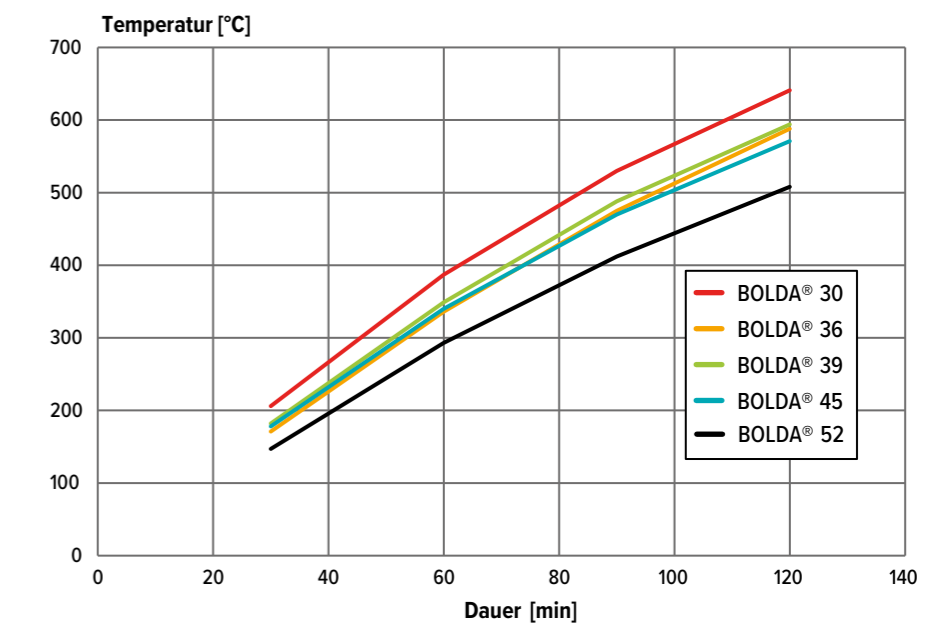


BILD 27: ZEIT-TEMPERATUR-KURVEN AM ANKERBOLZEN VON BOLDA® STÜTZENSCHUHVERBINDUNGEN [14]

dem Mittelwert der benachbarten Stützenschuhgrössen. Die resultierenden Temperaturen sind in Tabelle 7 angegeben und in Bild 27 graphisch dargestellt. Tabelle 7 und Bild 27 zeigen, dass mit zunehmender Grösse der Stützenschuhe im Allgemeinen die resultierende Temperatur im Bolzen abnimmt. Bei den drei Zwischengrössen ist dieser Effekt weniger stark ausgeprägt.

### ZUSAMMENFASSUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Die Auswertungen der Versuchsergebnisse in den vorangegangenen Abschnitten zeigen deutlich, dass die im EAD angegebenen Bemessungsmethoden für Stützenschuhverbindungen auch

für BOLDA® Stützenschuhe gültig sind. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass sich das Tragverhalten sowie die Verformungen einer Fertigteilstütze mit BOLDA® Stützenschuhen nicht von dem Verhalten von Ortbetonstützen gleicher Abmessungen und Bewehrungsführung unterscheiden.

BOLDA® Stützenschuhe und Stützenanschlüsse erfüllen alle Anforderungen nach EAD hinsichtlich mechanischen Widerstands, Feuerwiderstand und Korrosionsbeständigkeit. Die Bemessung von Stützenanschlüssen mit BOLDA® Stützenschuhanschlüssen ist in der Bemessungssoftware Peikko Designer® enthalten, um die tägliche Arbeit des Tragwerksplaners zu erleichtern.

LITERATUR

- [1] EAD 220102-00-0302: Column shoes for structural connections of reinforced concrete columns. Ed. 06/2020 (to be published in OJEU)
- [2] EOTA Technical Report TR 068: Design of structural connections with column shoes. Ed. 03/2020
- [3] EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 Eurocode: Basis of structural design
- [4] EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
- [5] EN 1992-1-2:2004 + AC:2008 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design
- [6] EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
- [7] EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules – Structural fire design
- [8] EN 1993-1-8 Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints
- [9] Research Report No. BRK-1-2020. Bending and shear tests on BOLDA® column shoe connections. Tmi Berakon. May 26, 2020.
- [10] Research Report No. BRK-2-2020. Bending and shear tests on BOLDA® column shoe connections. Tmi Berakon. May 26, 2020.
- [11] Static Calculations of BOLDA® 30-52 Column Shoes. Peikko Group Oy. Sept. 7, 2020. (not published)
- [12] Report: 19040CaS/14560a Fire tests on the BOLDA® column shoe. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany, 2020. (not published)
- [13] Report: 19040CaS/14560b FEM analyses on the BOLDA® column shoe. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany, 2020. (not published)
- [14] Evaluation report for the assessment of measured and calculated temperatures for fire resistance of connections with BOLDA® column shoes. Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany, 2020. (not published)
- [15] Z-30.6-39: Peikko PPM Ankerbolzen und HPM Ankerbolzen. Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Berlin, Germany, 2018.
- [16] DIN EN 1363-1: Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Deutsches Institut für Normung, Berlin, Germany, 2012.
- [17] Evaluation Report for the assessment of BOLDA column shoes. Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Berlin, Germany, 2020 (not published).
- [18] FAST³Solutions: Report No FAST 20-035 on FE calculations for BOLDA® column shoe connections, Nov 2020 (not published).



**DEFINING  
THE GAME**  
Bolted column  
connections

# BOLDA® – STÜTZENVERBINDUNG DER ZUKUNFT

**Vor 30 Jahren haben wir eine leistungsfähige und handliche Lösung entwickelt, mit der das Errichten von Stützen schneller, effizienter und sicherer wurde. Und jetzt haben wir es wieder getan - mit einem stärkeren, kompakteren und optimierten Entwurf.**

BOLDA® soll den Anforderungen heutiger – und zukünftiger – Tragwerke aus Betonfertigteilen gerecht werden. Der neue Stützenschuh ist die Zukunft der geschraubten Stützenverbindungen. Einmal mehr definiert Peikko die Massstäbe

**Erfahren Sie mehr:**  
[peikko.ch/peikkoway](https://peikko.ch/peikkoway)





# Schnell, effizient und sicher planen und bauen

Peikko ist Hersteller von Verbindungstechnik und Verbundkonstruktionen für den Stahlbeton-, Betonfertigteile- und Verbundbau. Die innovativen Produktlösungen von Peikko gestalten Ihren Bauablauf effizienter.

[www.peikko.ch](http://www.peikko.ch)

