

Bewehrungsanschlüsse HBT

(STA, ST, K, K2, C)

Typenstatische Berechnung

17.06.2019

Diese Berechnung umfasst 39 Seiten und 48 Seiten Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben	4
2	Literatur	5
3	Bemessungsgrundlagen.....	6
3.1	Voraussetzungen	6
3.2	Materialkennwerte	8
3.3	Rechenwerte	9
3.4	Oberflächenbeschaffenheit Verwahrkästen	10
4	Produktbeschreibung und Anwendungsbereich.....	11
4.1	Rückbiegeanschluss HBT-ST.....	12
4.2	Rückbiegeanschluss HBT-STA	16
4.3	Rückbiegeanschluss HBT-K und HBT-K2	19
4.4	Rückbiegeanschluss HBT-C.....	22
5	Berechnungsgrundlagen	24
5.1	Verankerung des Betonstahls	25
5.1.1	Endverankerung des Betonstahls des Rückbiegeanschlusses	25
5.1.2	Übergreifung des Rückbiegeanschlusses mit der Bauteilbewehrung.....	26
5.1.3	Reduzierung der Streckgrenze des Betonstahls.....	27
5.2	Querkrafttragfähigkeit längs zur Betonierfuge (Fall A)	28
5.3	Querkrafttragfähigkeit längs zur Betonierfuge mit Ansatz der Betonierfuge (Fall B).....	31
5.4	Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne zusätzlicher Querkraftbewehrung in der Decke – gelenkige Lagerung (Fall C)	34
5.5	Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne zusätzlicher Querkraftbewehrung in der Decke – Einspannung (Fall E).....	37
	Anhang A – Bemessungstabellen.....	40
A.1	Bemessungstabellen HBT-ST	40
A.2	Bemessungstabellen HBT-STA.....	42

A.3	Bemessungstabellen HBT-K	43
A.4	Bemessungstabellen HBT-K2	43
A.5	Bemessungstabellen HBT-C	44

1 Allgemeine Angaben

Die vorliegende typenstatische Berechnung beschreibt die Bemessung des Rückbiegeanschlusses Ulmaco HBT nach DIN EN 1992-1-1 [R1] mit dem Nationalen Anhang [R2] sowie dem DBV-Merkblatt „Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen nach Eurocode 2“ [R3]. Des Weiteren werden auf dieser Grundlage und den hier festgelegten Randbedingungen Bemessungswerte der Tragfähigkeit berechnet und in tabellierter Form bereitgestellt.

Im Folgenden werden Tabellenwerte für fünf Untertypen, HBT – ST, HBT – STA, HBT – K, HBT – K2 und HBT – C, des Rückbiegeanschlusses Ulmaco HBT berechnet. Die Untertypen unterscheiden sich Grundsätzlich hinsichtlich der Anzahl der Bewehrungslagen in einem Verwahrkasten und in der Ausbildung der Stabenden. Der Einsatzbereich der unterschiedlichen Typen hängt von der Zuordnung zu einem der Bemessungsfälle nach Bild 8 DBV-Merkblatt [R3] ab.

2 Literatur

- [R1] DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R2] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R3] DBV-Merkblatt, Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen nach Eurocode 2, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin 2011

3 Bemessungsgrundlagen

3.1 Voraussetzungen

- a) Der Anwendungsbereich des Bewehrungsanschlusses HBT ist durch den Anwendungsbereich von DIN EN 1992-1-1 mit NA (D) und dem DBV-Merkblatt für Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen nach Eurocode 2 definiert.
- b) Die verbundenen Bauteile werden durch vorwiegend ruhende Einwirkungen belastet. Die Rissbreite w im Grenzzustand der Tragfähigkeit parallel zu den Stäben ist mit $w \leq 0,20$ mm eingehalten.
- c) Bei unterschiedlichen Betonfestigkeitsklassen der durch den Bewehrungsanschluss verbundenen Bauteile wird stets die geringere Betonfestigkeitsklasse für die Bemessung angesetzt.
- d) Der Einfluss von Zugspannungen aus Last oder Zwang in der Betonierfuge wird in dieser Berechnung nicht berücksichtigt.
- e) Die Voraussetzungen für eine direkte Lagerung sind stets erfüllt.
- f) Die Voraussetzungen nach DBV-Merkblatt Abschnitt 5.3 (6) zur Berücksichtigung des Konsolentraganteils sind stets erfüllt. Insbesondere darf im Bereich $h_a \geq 10 \cdot t$ unterhalb des Verwahrkastens keine Betonierfuge liegen und die Auflagerbreite muss $b_a \geq 5 \cdot h$ sein.
- g) Es liegen stets gute Verbundbedingungen nach DIN EN 1992-1-1 NA [R2] vor.
- h) Das Warmbiegen der Bewehrungsstähle ist ausgeschlossen.
- i) Im angeschlossenen Bauteil wird im Bereich des Übergreifungsstoßes zur Aufnahme der Kräfte der gleiche Stabdurchmesser wie im Rückbiegeanschluss eingelegt.
- j) Die minimalen Biegerollendurchmesser nach DIN EN 1992-1-1 NA [R2] Tabelle 8.1DE sind eingehalten.
- k) Die Betondeckung c senkrecht zur Krümmungsebene der Endverankerung darf nach DIN EN 1992-1-1 [R1] Bild 8.3 und Tabelle 8.2 nicht kleiner $c < 3 \cdot \emptyset$ (Bewehrungsdurchmesser) sein.
- l) Auf die erforderliche Querbewehrung für Übergreifungsstöße nach 1992-1-1 [R1] mit NA [R2] Abs. 8.7.4 ist zu achten.

- m) Der Übergreifungsstoß im angeschlossenen Bauteil entspricht hinsichtlich der Planung und Ausführung DIN EN 1992-1-1 [R1] Bild 8.7. Der lichte Abstand a darf nicht kleiner als $a < 8 \cdot \emptyset$ (Bewehrungsdurchmesser) sein. Der Randabstand c_1 nach DIN EN 1992-1-1 [R1] Bild 8.3 darf nicht kleiner $c_1 < 4 \cdot \emptyset$ sein. Ausnahmen sind HBT-Anschlüsse mit $\emptyset \geq 12 \text{ mm}$ und $a < 200 \text{ mm}$.
- n) Die Oberflächenbeschaffenheit der Betonflächen im Anschlussbereich ist mindestens in der Rauigkeit des Verwahrkastens ausgeführt.
- o) Das Rückbiegen der Anschlussbewehrung nach dem Ausschalen ist mittels geeignetem Werkzeug gemäß DBV-Merkblatt durchzuführen.

3.2 Materialkennwerte

Bei der Berechnung der Bemessungstabellen wurde mit den folgenden Materialkennwerten aus Tabelle 1 für Beton und Stahl gerechnet.

Tabelle 1 Materialkennwerte der verwendeten Baustoffe

Beton			
Festigkeitsklasse			C25/30
Druckfestigkeit (Zylinder)	f_{ck}	N/mm ²	25
	f_{cd}	N/mm ²	14,17
Zugfestigkeit	$f_{ctk,005}$	N/mm ²	1,8
	f_{ctd}	N/mm ²	1,02
Stahl			
Bewehrungsstahl			B500B
Streckgrenze der Längsbewehrung	f_{yk}	N/mm ²	500
Bemessungswert der Längsbewehrung	f_{yd}	N/mm ²	435

3.3 Rechenwerte

Es gelten die Rechenbeiwerte nach Tabelle 2 entsprechend DIN EN 1992-1-1 [R1] mit nationalem Anhang [R2].

Tabelle 2 Rechenbeiwerte nach Nationalem Anhang

Bezeichnung	Wert	Eurocode	Kapitel	EN/NA	Bemerkung
α_{cc}	0,85	1992-1-1	3.1.6 (1)	NA	
α_{ct}	0,85	1992-1-1	3.1.6 (2)	NA	generell
α_{ct}	1,00	1992-1-1	3.1.6 (2)	NA	Ermittlung der Verbundspannungen
γ_c	1,50	1992-1-1	2.4.2.4	NA	
γ_s	1,15	1992-1-1	2.4.2.4	NA	
η_1	1,00	1992-1-1	8.4.2 (2)	EN	guter Verbund
η_2	1,00	1992-1-1	8.4.2 (2)	EN	$\varnothing < 32 \text{ mm}$
α_1	1,00	1992-1-1	8.4.4 (2)	EN	gerades Stabende
α_1	0,70	1992-1-1	8.4.4 (2)	EN	gebogenes Stabende entsprechend Bild 8.1 und $c_d > 3 \varnothing$
α_2	1,00	1992-1-1	8.4.4 (2)	NA	
α_3	1,00	1992-1-1	8.4.4 (2)	EN	Rechnerisch sei keine Querbewehrung vorhanden
α_4	1,00	1992-1-1	8.4.4 (2)	EN	Rechnerisch sei keine Querbewehrung vorhanden
α_5	2/3	1992-1-1	8.4.4 (2)	NA	vorwiegend ruhende Einwirkung, Begrenzung der Rissbreiten im GZG parallel zu den Stäben auf $w \leq 0,20 \text{ mm}$, direkte Lagerung
α_5	1,00	1992-1-1	8.4.4 (2)	NA	vorwiegend ruhende Einwirkung, Begrenzung der Rissbreiten im GZG parallel zu den Stäben auf $w \leq 0,20 \text{ mm}$
α_6	1,00	1992-1-1	8.7.3 (1)	NA	$\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ bzw. Abstand der Bewehrungsseisen $\geq 200 \text{ mm}$
α_6	1,40	1992-1-1	8.7.3 (1)	NA	$\varnothing \geq 12 \text{ mm}$ und Abstand der Bewehrungsseisen $< 200 \text{ mm}$

3.4 Oberflächenbeschaffenheit Verwahrkästen

Für die hier vorliegende Berechnung wird die Oberflächenbeschaffenheit der Verwahrkästen mit glatt angenommen. Dies ist bei Anwendung der Bemessungstabellen durch ein entsprechendes Prüfzeugnis auf Grundlage des DBV-Merkblatts [R3] zu belegen. Die Bemessung erfolgt mit den in Tabelle 3 dargestellten Parametern.

Tabelle 3 Parameter für die « glatt » Oberflächenbeschaffenheit des Verwahrkastens

Bezeichnung	Wert	Eurocode	Kapitel	EN/NA
c	0,20	1992-1-1	6.2.5 (2)	EN
μ	0,60	1992-1-1	6.2.5 (2)	EN
v	0,20	1992-1-1	6.2.2 (6)	NA

4 Produktbeschreibung und Anwendungsbereich

Der in dieser typenstatischen Berechnung untersuchte Rückbiegeanschluss HBT kann in die fünf Untergruppen ST, STA, K, K2 und C unterteilt werden. Die Untergruppen decken unterschiedliche Anwendungsfälle ab, die im DBV-Merkblatt [R3] näher beschrieben werden. In dieser typenstatischen Berechnung wird jeder Untergruppe ein Haupttragmechanismus zugeordnet und dafür eine Tabelle mit den Bemessungswerten der Querkrafttragfähigkeiten berechnet.

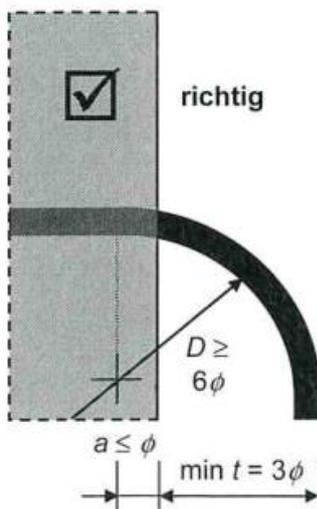


Bild 1 Auszug aus dem DBV-Merkblatt [R3] Bild 7

Beim „Hinbiegen“ des Bewehrungsstahls im Werk in den Verwahrkasten hinein ist der Mindestbiegerollendurchmesser gemäß DIN EN 1992-1-2 NA [R2] für vorwiegend ruhender Einwirkung von $6 \cdot \varnothing$ einzuhalten. Dabei ist gemäß DBV-Merkblatt [R3] sicherzustellen, dass der Bewehrungsstahl bis zum Krümmungsbeginn, jedoch maximal bis zu einer Länge eines Stabdurchmessers (\varnothing) der Krümmung einbetoniert werden darf, vgl. Bild 1.

Um diese Randbedingungen zu erfüllen, müssen für den hier beschriebenen Rückbiegeanschluss HBT mit seinen Untergruppen die Biegerollendurchmesser und Verwahrkästen gemäß Tabelle 4 ausgeführt werden.

Tabelle 4 Erforderlicher Verwahrkastentiefen und Biegerollendurchmesser für das « Hinbiegen » des Bewehrungsstahls in den Verwahrkasten hinein

Durchmesser des Bewehrungsstahl \varnothing	erforderlicher Biegerollendurchmesser D	Verwahrkastentiefe H2
8 mm	$8 \cdot \varnothing = 64 \text{ mm}$	36 mm
10 mm	$6 \cdot \varnothing = 60 \text{ mm}$	36 mm
12 mm	$6 \cdot \varnothing = 72 \text{ mm}$	36 mm
14 mm	$6 \cdot \varnothing = 84 \text{ mm}$	42 mm

4.1 Rückbiegeanschluss HBT-ST

Der Rückbiegeanschluss vom Typ HBT-ST wird als horizontaler, gelenkiger Anschluss für Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung an Stahlbetonwänden bemessen. Dies entspricht dem Fall C des DBV-Merkblatts [R3]. In Bild 2 ist der Anschluss mit den maßgebenden Abmessungen dargestellt. Im ersten Betonierabschnitt wird die Wand (1. Etappe) mit dem Verwahrkasten betoniert. Nach dem Aushärten des Betons wird der Verwahrkasten geöffnet und die Bewehrung zurückgebogen und die Decke (2. Etappe) betoniert.

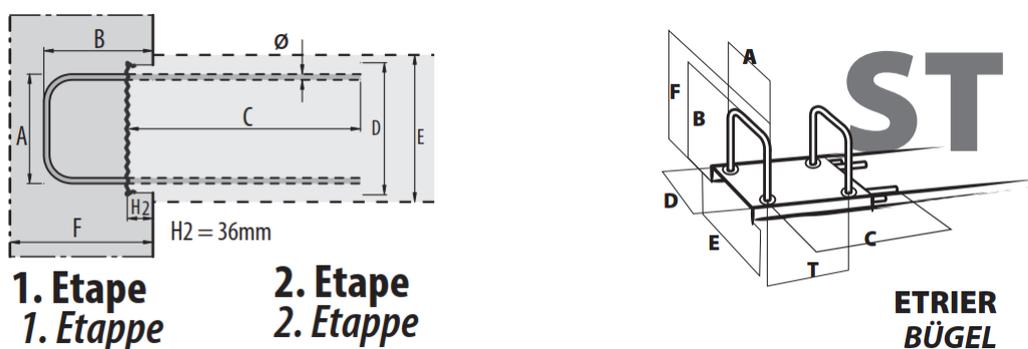


Bild 2 Rückbiegeanschluss HBT-ST mit maßgebenden Abmessungen

In Tabelle 5 bis Tabelle 7 sind die im vorliegenden Dokument untersuchten Rückbiegeanschlüsse des Typs HBT-ST mit den für die Berechnung herangezogenen Abmessungen dargestellt. Abweichungen der Abmessungen führen zu einer Veränderung der Tragfähigkeit des jeweiligen Anschlusses, bzw. zur Abweichung der normgemäßen Abmessungen nach DIN EN 1992-1-1 [R1] mit NA [R2] und DBV-Merkblatt [R3]. Die Berechnung der Bemessungstabellen wird anhand der in Abschnitt 5.4 dargestellten Formeln durchgeführt.

Tabelle 5 Rückbiegeanschluss HBT-ST mit maßgebenden Abmessungen

Modell-bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
80-8-15	8	150	60	120	400	86	126	150	36
80-8-20	8	200	60	120	400	86	126	150	36

Tabelle 6 Rückbiegeanschluss HBT-ST mit maßgebenden Abmessungen

Modell- bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
S120-8-15	8	150	90	120	400	122	162	150	36
S120-8-20	8	200	90	120	400	122	162	150	36
S120-10-15	10	150	90	120	500	122	162	150	36
S120-10-20	10	200	90	120	500	122	162	150	36
120-8-15	8	150	90	150	400	122	162	200	36
120-8-20	8	200	90	150	400	122	162	200	36
120-10-15	10	150	90	150	500	122	162	200	36
120-10-20	10	200	90	150	500	122	162	200	36
120-12-15X	12	150	90	150	400	122	162	200	36
120-12-15Y	12	150	90	200	400	122	162	250	36
120-12-15Z	12	150	90	250	400	122	162	300	36

S150-8-15	8	150	120	80	400	150	190	110	36
150-8-15	8	150	120	150	400	150	190	200	36
150-8-20	8	200	120	150	400	150	190	200	36
S150-10-15	10	150	120	120	500	150	190	150	36
150-10-15	10	150	120	150	500	150	190	200	36
150-10-15Y	10	150	120	200	500	150	190	250	36
150-10-15Z	10	150	120	250	500	150	190	300	36
150-10-20	10	200	120	150	500	150	190	200	36
150-12-15X	12	150	120	150	600	150	190	200	36
150-12-15Y	12	150	120	200	600	150	190	250	36
150-12-15Z	12	150	120	250	600	150	190	300	36
150-14-15X	14	150	120	200	480	150	190	250	42
150-14-15Y	14	150	120	200	480	150	190	250	42
150-14-15Z	14	150	120	250	480	150	190	300	42

Tabelle 7 Rückbiegeanschluss HBT-ST mit maßgebenden Abmessungen

Modell- bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
190-8-15	8	150	160	150	400	186	226	200	36
190-8-20	8	200	160	150	400	186	226	200	36
190-10-15	10	150	160	150	500	186	226	200	36
190-10-15Y	10	150	160	200	500	186	226	250	36
190-10-15Z	10	150	160	250	500	186	226	300	36
190-10-20	10	200	160	150	500	186	226	200	36
190-12-15X	12	150	160	150	600	186	226	200	36
190-12-15Y	12	150	160	200	600	186	226	250	36
190-12-15Z	12	150	160	250	600	186	226	300	36
190-14-15X	14	150	160	150	570	186	226	200	42
190-14-15Y	14	150	160	200	570	186	226	250	42
190-14-15Z	14	150	160	250	570	186	226	300	42

220-8-15	8	150	190	150	400	222	262	200	36
220-8-20	8	200	190	150	400	222	262	200	36
220-10-15	10	150	190	150	500	222	262	200	36
220-10-15Y	10	150	190	200	500	222	262	250	36
220-10-15Z	10	150	190	250	500	222	262	300	36
220-10-20	10	200	190	150	500	222	262	200	36
220-12-15X	12	150	190	150	600	222	262	200	36
220-12-15Y	12	150	190	200	600	222	262	250	36
220-12-15Z	12	150	190	250	600	222	262	300	36
220-14-15X	14	150	190	150	570	222	262	200	42
220-14-15Y	14	150	190	200	570	222	262	250	42
220-14-15Z	14	150	190	250	570	222	262	300	42

In Bild 3 sind die Biegeformen des Betonstahls des Rückbiegeanschlusses HBT-ST für die vier verwendeten Stabdurchmesser in Ansicht von vorne und Seitenansicht dargestellt. Der Mindestbiegerollendurchmesser von $4 \cdot \varnothing$ ist eingehalten. Die Biegerollendurchmesser für das „Hinbiegen“ sind strikt einzuhalten, vgl. Abschnitt 4.

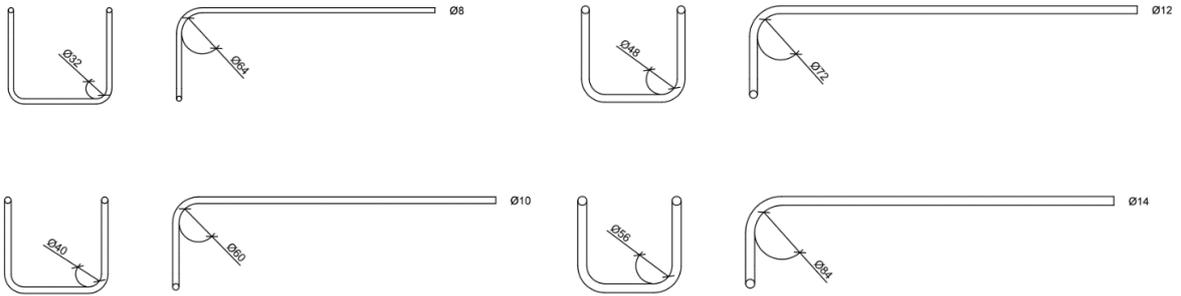


Bild 3 Biegeformen der Rückbiegebewehrung mit Angaben zu den Biegerollendurchmessern

Der Anhang A.1 enthält Bemessungstabellen mit der Querkrafttragfähigkeit des Rückbiegeanschlusses.

4.2 Rückbiegeanschluss HBT-STA

Der Rückbiegeanschluss vom Typ HBT-STA wird als zweiteiliger, vertikaler Anschluss einer Betonwand an eine Betonwand oder Stütze bemessen. Dies entspricht dem Fall B des DBV-Merkblatts [R3]. In Bild 4 ist der Anschluss mit den maßgebenden Abmessungen dargestellt. Im ersten Betonierabschnitt wird die Wand (1. Etappe) mit dem Verwahrkasten betoniert. Nach dem Aushärten des Betons werden die Verwahrkästen geöffnet und die Bewehrung zurückgebogen und die zweite Wand (2. Etappe) betoniert.

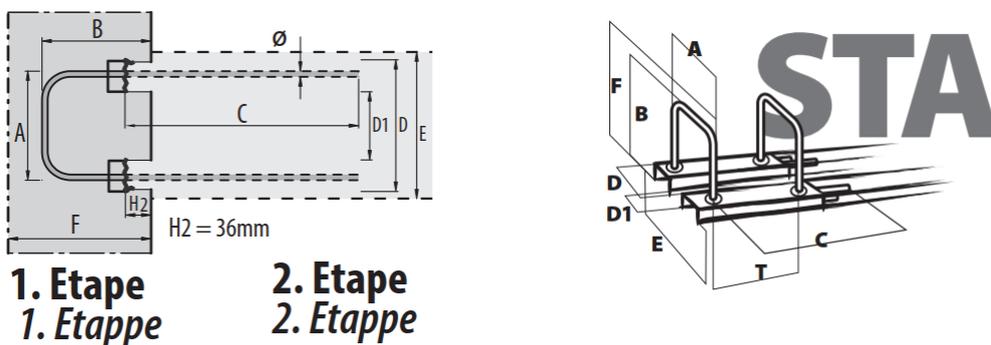


Bild 4 Rückbiegeanschluss HBT-STA mit maßgebenden Abmessungen

In den Tabelle 8 bis Tabelle 10 sind die im vorliegenden Dokument untersuchten Rückbiegeanschlüsse mit den für die Berechnungen herangezogenen Abmessungen dargestellt. Abweichungen der Abmessungen führen zu einer Veränderung der Tragfähigkeit des jeweiligen Anschlusses, bzw. zur Abweichung der normgemäßen Abmessungen nach DIN EN 1992-1-1 [R1] mit NA [R2] und DBV-Merkblatt [R3]. Die Betonoberfläche im Bereich D1 muss mindestens die gleiche Rauigkeit („glatt“, siehe DIN EN 1992-1-1 [R1] mit NA [R2] Abs. 6.2.5 (2)) der Oberfläche aufweisen wie der Verwahrkasten. Die Berechnung der Bemessungstabellen wird anhand der in Abschnitt 5.3 dargestellten Formeln durchgeführt.

Tabelle 8 Rückbiegeanschluss HBT-STA mit maßgebenden Abmessungen

Modell-bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	D1 [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
160-10-15	10	150	120	150	400	160	50	170	200	36
180-10-15	10	150	140	150	400	180	70	190	200	36
180-12-15X	12	150	140	150	600	180	10	190	200	36

Tabelle 9 Rückbiegeanschluss HBT-STA mit maßgebenden Abmessungen

Modell- bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	D1 [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
210-8-20	8	200	170	150	400	210	100	220	200	36
210-10-15	10	150	170	150	400	210	100	220	200	36
210-12-15X	12	150	170	150	600	210	40	220	200	36

250-10-15	10	150	210	150	500	250	80	260	200	36
250-12-15X	12	150	210	150	600	250	80	260	200	36
250-12-15Y	12	150	210	200	600	250	80	260	250	36
250-12-15Z	12	150	210	250	600	250	80	260	300	36
250-14-15X	14	150	210	150	560	250	80	260	200	42
250-14-15Y	14	150	210	200	560	250	80	260	250	42
250-14-15Z	14	150	210	250	560	250	80	260	300	42

280-8-15	8	150	240	150	400	280	170	300	200	36
280-8-20	8	200	240	150	400	280	170	300	200	36
280-10-15	10	150	240	150	500	280	110	300	200	36
280-10-15Y	10	150	240	200	500	280	110	300	250	36
280-10-15Z	10	150	240	250	500	280	110	300	300	36
280-10-20	10	200	240	150	400	280	110	300	200	36
280-12-15X	12	150	240	150	600	280	110	300	200	36
280-12-15Y	12	150	240	200	600	280	110	300	250	36
280-12-15Z	12	150	240	250	600	280	110	300	300	36
280-14-15X	14	150	240	150	560	280	110	300	200	42
280-14-15Y	14	150	240	200	560	280	110	300	250	42
280-14-15Z	14	150	240	250	560	280	110	300	300	42
280-14-15Z3	14	150	240	300	560	280	110	300	350	42
280-14-15Z4	14	150	240	400	560	280	110	300	450	42

Tabelle 10 Rückbiegeanschluss HBT-STA mit maßgebenden Abmessungen

Modell- bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	D1 [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
380-14-15X	14	150	340	150	560	380	210	400	200	42
380-14-15Y	14	150	340	200	560	380	210	400	250	42
380-14-15Z	14	150	340	250	560	380	210	400	300	42
380-14-15Z3	14	150	340	300	560	380	210	400	350	42
380-14-15Z4	14	150	340	400	560	380	210	400	450	42

480-14-15X	14	150	440	150	560	480	310	500	200	42
480-14-15Y	14	150	440	200	560	480	310	500	250	42
480-14-15Z	14	150	440	250	560	480	310	500	300	42
480-14-15Z3	14	150	440	300	560	480	310	500	350	42
480-14-15Z4	14	150	440	400	560	480	310	500	450	42

In Bild 5 sind die Biegeformen des Betonstahls des Rückbiegeanschlusses HBT-STA für die vier verwendeten Stabdurchmesser in Ansicht von vorne und Seitenansicht dargestellt. Der Mindestbiegerollendurchmesser von $4 \cdot \varnothing$ ist eingehalten. Die Biegerollendurchmesser für das „Hinbiegen“ sind strikt einzuhalten, vgl. Abschnitt 4.

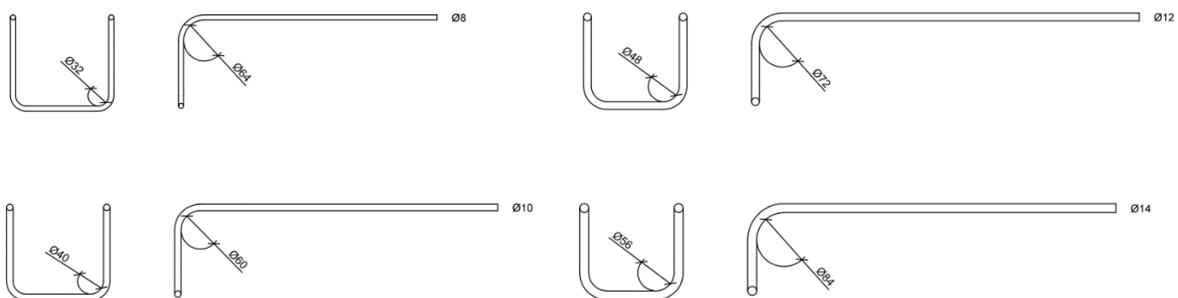


Bild 5 Biegeformen der Rückbiegebewehrung mit Angaben zu den Biegerollendurchmessern

Der Anhang A.2 enthält Bemessungstabellen mit der Querkrafttragfähigkeit des Rückbiegeanschlusses.

4.3 Rückbiegeanschluss HBT-K und HBT-K2

Die Rückbiegeanschlüsse vom Typ HBT-K und HBT-K2 werden als horizontale eingespannte Anschlüsse für Konsolen an Stahlbetonwänden bemessen. Dies entspricht dem Fall E des DBV-Merkblatts [R3]. In Bild 6 und Bild 7 sind die Anschlüsse mit den maßgebenden Abmessungen dargestellt. Im ersten Betonierabschnitt wird die Wand (1. Etappe) mit dem Verwahrkasten betoniert. Nach dem Aushärten des Betons werden die Verwahrkästen geöffnet, die Bewehrung zurückgebogen und die Konsole (2. Etappe) betoniert.

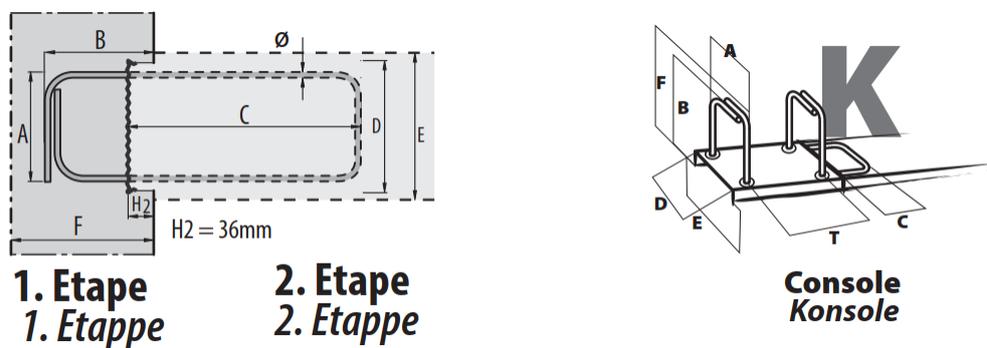


Bild 6 Rückbiegeanschluss HBT-K mit maßgebenden Abmessungen

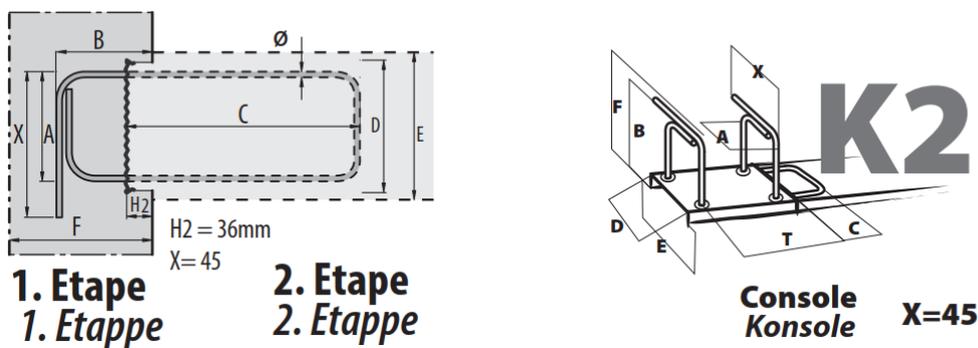


Bild 7 Rückbiegeanschluss HBT-K2 mit maßgebenden Abmessungen

In Tabelle 11 und Tabelle 12 sind die im vorliegenden Dokument untersuchten Rückbiegeanschlüsse des Typs HBT-K und HBT-K2 mit den für die Berechnungen herangezogenen Abmessungen dargestellt. Abweichungen der Abmessungen führen zu einer Veränderung der Tragfähigkeit des jeweiligen Anschlusses, bzw. zur Abweichung der normgemäßen Abmessungen nach DIN EN 1992-1-1 [R1] mit NA [R2] und DBV-Merkblatt [R3]. Die Berechnung der Bemessungstabellen wird anhand der in Abschnitt 5.5 dargestellten Formeln durchgeführt.

Tabelle 11 Rückbiegeanschluss HBT-K mit maßgebenden Abmessungen

Modell-bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
K120-10-20	10	200	90	150	180	122	150	200	36
K150-10-20	10	200	10	10	10	10	180	200	36
K190-10-20	10	200	200	150	200	200	220	200	36

Tabelle 12 Rückbiegeanschluss HBT-K2 mit maßgebenden Abmessungen

Modell-bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]	X [mm]
K2150-10-20	10	200	120	150	180	150	180	200	36	450
K2190-10-20	10	200	160	150	180	186	220	200	36	450
K2190-10-20Y	10	200	160	200	180	186	220	250	36	450
K2190-10-20Z	10	200	160	250	180	186	220	300	36	450

Bild 8 und Bild 9 sind die Biegeform des Betonstahls der Rückbiegeanschlüsse dargestellt. Der Mindestbiegerollendurchmesser von $4 \cdot \text{Ø}$ ist jeweils eingehalten.

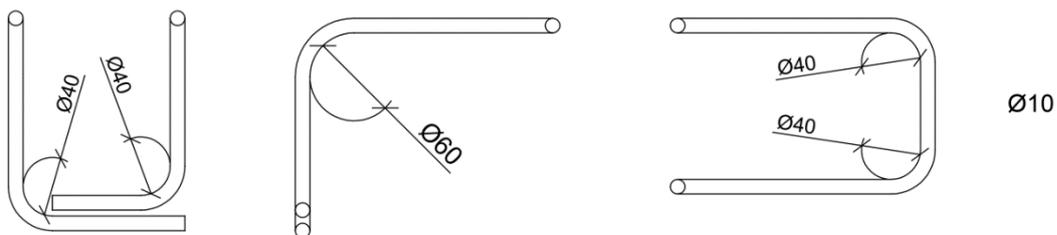


Bild 8 Biegeformen der Rückbiegebewehrung zu HBT-K mit Angaben zu den Biegerollendurchmessern

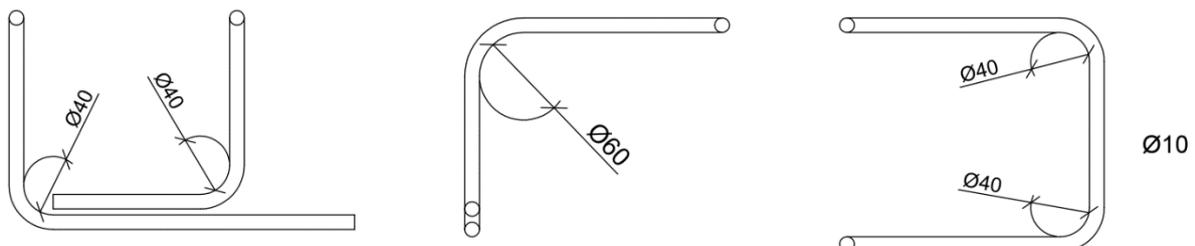


Bild 9 Biegeformen der Rückbiegebewehrung zu HBT-K2 mit Angaben zu den Biegerollendurchmessern

Die Anhänge A.3 und A.4 enthalten Bemessungstabellen mit der Querkrafttragfähigkeit des Rückbiegeanschlusses.

4.4 Rückbiegeanschluss HBT-C

Der Rückbiegeanschluss vom Typ HBT-C wird als vertikaler Anschluss einer Betonwand an eine Betonwand oder Betonstütze bemessen. Dies entspricht dem Fall A des DBV-Merkblatts [R3]. In Bild 10 ist der Anschluss mit den maßgebenden Abmessungen dargestellt. Im ersten Betonierabschnitt wird die Wand (1. Etappe) mit dem Verwahrkasten betoniert. Nach dem Aushärten des Betons wird der Verwahrkasten geöffnet, die Bewehrung zurückgebogen und die zweite Querwand (2. Etappe) betoniert.

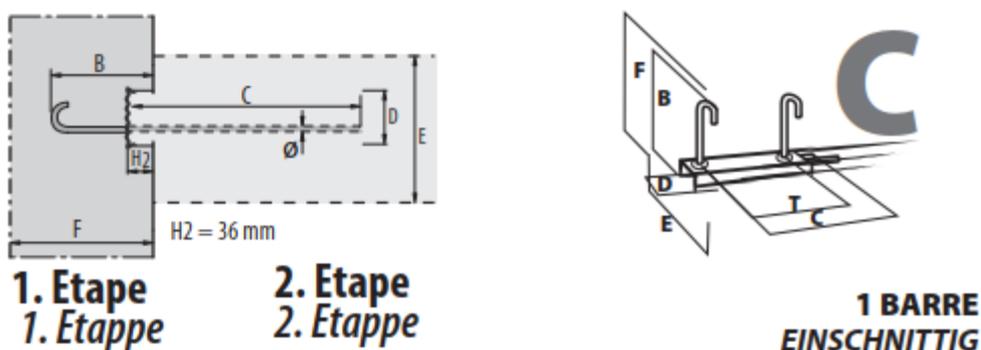


Bild 10 Rückbiegeanschluss HBT-C mit maßgebenden Abmessungen

In Tabelle 13 und Tabelle 14 sind die im vorliegenden Dokument untersuchten Rückbiegeanschlüsse des Typs HBT-C mit den für die Berechnungen herangezogenen Abmessungen dargestellt. Abweichungen der Abmessungen führen zu einer Veränderung der Tragfähigkeit des jeweiligen Anschlusses, bzw. zur Abweichung der normgemäßen Abmessungen nach DIN EN 1992-1-1 [R1] mit NA [R2] und DBV-Merkblatt [R3]. Die Berechnung der Bemessungstabellen wird anhand der in Abschnitt 5.2 dargestellten Formeln durchgeführt. Die Schubfläche des Betons jenseits des Verwahrkastens wird nicht für die Lastabtragung herangezogen, da diese von der Bauteildicke E abhängt, die bei der Anwendung des Produkts flexibel bleiben soll.

Tabelle 13 Rückbiegeanschluss HBT-C mit maßgebenden Abmessungen

Modell-bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
55-8-15	8	150	150	400	55	Variabel	200	36
55-8-20	8	200	150	400	55	Variabel	200	36

Tabelle 14 Rückbiegeanschluss HBT-C mit maßgebenden Abmessungen

Modell-bezeichnung	Ø [mm]	T [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	H2 [mm]
55-10-15	10	150	150	400	55	Variabel	200	36
85-10-15	10	150	150	500	86	Variabel	200	36
85-10-15Y	10	150	200	500	86	Variabel	250	36
85-10-15Z	10	150	250	500	86	Variabel	300	36

85-12-15X	12	150	150	600	86	Variabel	200	36
85-12-15Y	12	150	200	600	86	Variabel	250	36
85-12-15Z	12	150	250	600	86	Variabel	300	36

85-14-15X	14	150	150	560	86	Variabel	200	42
85-14-15Z	14	150	250	560	86	Variabel	300	42

In Bild 11 sind die Biegeformen des Betonstahls des Rückbiegeanschlusses HBT-C für die vier verwendeten Stabdurchmesser dargestellt. Der Mindestbiegerollendurchmesser von $4 \cdot \varnothing$ ist jeweils eingehalten. Die Biegerollendurchmesser für das „Hinbiegen“ sind strikt einzuhalten.

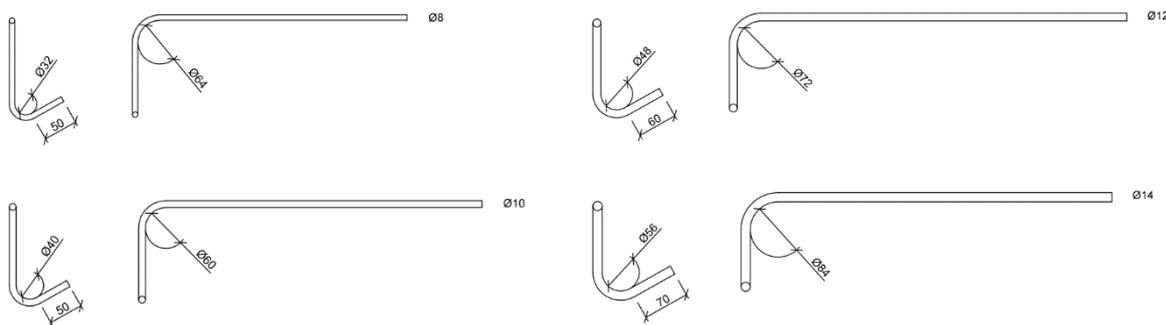


Bild 11 Biegeformen der Rückbiegebewehrung mit Angaben zu den Biegerollendurchmessern

Der Anhang A.5 enthält Bemessungstabellen mit der Querkrafttragfähigkeit des Rückbiegeanschlusses.

5 Berechnungsgrundlagen

Die typenstatistischen Berechnungen des Rückbiegeanschlusses HBT basiert auf der Bewertung der Verankerungs- bzw. Übergreifungslänge der Betonstähle gemäß DIN EN 1992-1-1 [R1] mit NA(D) [R2] und die Bewertung der Querkrafttragfähigkeit in Längs- und Querrichtung der Bauteilfugen nach DIN EN 1992-1-1 mit NA(D) und dem DBV-Merkblatt zu Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen nach Eurocode 2 von 2011 [R3].

Die Querkrafttragfähigkeit des Rückbiegeanschlusses wird maßgebend vom Grad der Verankerung des Betonstahls beeinflusst. In Abschnitt 5.1 wird die Verankerung der Bewehrung nachgewiesen und bei Nichteinhaltung der erforderlichen Längen der Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls reduziert.

In Abschnitt 5.2 wird die Querkrafttragfähigkeit längs zur Betonierfuge ohne Berücksichtigung der Betontraganteile der Flanken berechnet. In Abschnitt 5.3 wird die Querkrafttragfähigkeit längs zur Betonierfuge mit Berücksichtigung der Betontraganteile der Flanken berechnet.

In Abschnitt 5.4 wird die Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne zusätzlicher Querkraftbewehrung mit gelenkiger Lagerung berechnet. In Abschnitt 5.5 wird die Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne zusätzlicher Querkraftbewehrung mit Einspannung berechnet.

5.1 Verankerung des Betonstahls

Der Betonstahl des Rückbiegeanschlusses ist im Fertigteil, siehe Bild 2, linke Seite, mit dem Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} zu verankern. Im Bereich des Übergreifungsstößes des Rückbiegeanschlusses mit der Bauteilbewehrung, siehe Bild 2, rechte Seite, ist der Betonstahl mit dem Bemessungswert der Übergreifungslänge l_0 zu verankern. Eine Ausnahme bilden die Rückbiegeanschlüsse HBT-K/K2. Bei diesen ist der Betonstahl sowohl im Fertigteil als auch im angeschlossenen Bauteil, siehe Bild 6, mit dem Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} zu verankern. Ist eine Verankerung des Betonstahls nicht möglich, so muss die in der Berechnung der Querkrafttragfähigkeit des Rückbiegeanschlusses angesetzte Streckgrenze $f_{yd,red}$ reduziert werden.

5.1.1 Endverankerung des Betonstahls des Rückbiegeanschlusses

Der Betonstahl des Rückbiegeanschlusses im Fertigteil, siehe Bild 2, linke Seite, ist im Fertigteil mit dem Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} nach Gl. (1) zu verankern. Hierbei berechnet sich dieser aus dem Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$, siehe Gl. (2), sowie aus den α_x -Beiwerten nach Tabelle 2. Die in Gl. (2) zu berücksichtigende Stahlspannung σ_{sd} ist aufgrund des Rückbiegens pauschal auf 80% der Streckgrenze des Betonstahls begrenzt.

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (1)$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad (2)$$

$$\sigma_{sd} = 0,8 \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad (3)$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c} \quad (4)$$

$$f_{ctk,005} = 0,70 \cdot 0,30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

Dabei gilt:

\emptyset	=	Stabdurchmesser Betonstahl in mm
σ_{sd}	=	Stahlspannung des Betonstahls in N/mm ² –nach DIN EN 1992-1-1/NA [R2] auf 80 % reduziert
f_{bd}	=	Bemessungswert der Verbundspannung des Betons in N/mm ²
f_{yk}	=	charakteristische Streckgrenze der Längsbewehrung in N/mm ²
γ_s	=	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
η_1	=	1,0 für gute Verbundeigenschaften
η_2	=	1,0 für Stabdurchmesser $\emptyset < 32 \text{ mm}$
α_{ct}	=	1,0 für Verbundspannung nach DIN EN 1992-1-1 NA [R2]
$f_{ctk,005}$	=	charakteristische Zugspannung des Betons in N/mm ²
γ_c	=	Teilsicherheitsbeiwert für Beton
f_{ck}	=	charakteristische Druckfestigkeit des Betons in N/mm ²

Die drei α_x -Beiwerten $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$ dürfen als Produkt den Wert 0,7 nicht unterschreiten. Der Mindestwert der Verankerungslänge $l_{b,min}$ berechnet sich nach DIN EN 1992-1-1/NA [R2] gemäß Gl. (6) und ist zwingend einzuhalten.

$$l_{b,min} \geq \max\{0,3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \emptyset\} \quad (6)$$

5.1.2 Übergreifung des Rückbiegeanschlusses mit der Bauteilbewehrung

Der Bemessungswert der Übergreifungslänge l_0 berechnet sich nach Gl. (7). Hierbei berechnet sich dieser aus dem Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$, siehe Gl. (2), sowie aus den α_x -Beiwerten nach Tabelle 2.

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad (7)$$

Die drei α_x -Beiwerte $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$ dürfen als Produkt den Wert 0,7 nicht unterschreiten. Der Mindestwert der Übergreifungslänge $l_{0,min}$ berechnet sich nach DIN EN 1992-1-1/NA [R2] gemäß Gl. (8) und ist zwingend einzuhalten.

$$l_{0,min} = \max(0,30 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15 \cdot \emptyset; 0,2 \text{ m}) \quad (8)$$

5.1.3 Reduzierung der Streckgrenze des Betonstahls

Die Streckgrenze $f_{yd,red}$ des rückgebogenen Betonstahls wird aufgrund des Rückbiegens auf 80% der ursprünglichen Streckgrenze des Betonstahls reduziert, vgl. Gl. (3).

Um die Streckgrenze $f_{yd,red}$ in den Berechnungen der Querkrafttragfähigkeit der Rückbiegeanschlüsse ansetzen zu dürfen, muss gewährleistet sein, dass der Betonstahl vollständig für $\sigma_{sd} = f_{yd,red}$ mit l_{bd} verankert bzw. mit l_0 übergriffen ist, vgl. Gl.(1), Gl. (2), Gl. (3), Gl.(7).

Für den Verankerungsfall ist zu beachten: Ist die vorhandene Verankerungslänge $l_{b,min} < l_{vorh} < l_{bd}$, muss $f_{yd,red}$ für die Verwendung zur Berechnungen der Querkrafttragfähigkeit der Rückbiegeanschlüsse entsprechend Gl. (9) reduziert werden. Die vorhandene Verankerungslänge wird hier mit l_{vorh} bezeichnet.

$$f_{yd,red} = 80\% \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \frac{l_{vorh}}{l_{bd}} \quad (9)$$

Für den Übergreifungsfall ist zu beachten: Ist die vorhandene Übergreifungslänge $l_{0,min} < l_{vorh} < l_0$, muss $f_{yd,red}$ für die Verwendung zur Berechnungen der Querkrafttragfähigkeit der Rückbiegeanschlüsse entsprechend Gl. (10) reduziert werden. Die vorhandene Übergreifungslänge wird hier mit l_{vorh} bezeichnet.

$$f_{yd,red} = 80\% \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \frac{l_{vorh}}{l_0} \quad (10)$$

5.2 Querkrafttragfähigkeit längs zur Betonierfuge (Fall A)

Im vorliegenden Fall wird mit dem Rückbiegeanschluss eine Betonwand an eine Stütze oder Betonwand angeschlossen. In Bild 12 ist eine Schemaskizze des Anschlusses aus dem DBV-Merkblatt [R3] dargestellt. Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit längs zur Fuge setzt sich nach DBV-Merkblatt [R3] aus einem Betontraganteil infolge Adhäsion und Reibung, vgl. Gl. (12), sowie einem Verbundbewehrungstraganteil zusammen, vgl. Gl. (14). Der Betontraganteil der Flanken jenseits des Verwehrkastens, in Bild 12 mit a_1 bezeichnet, bleibt unberücksichtigt.

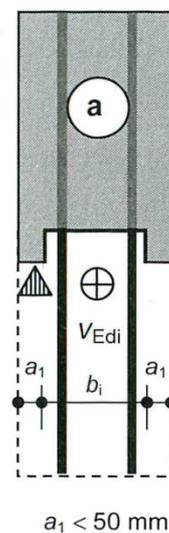


Bild 12 Auszug aus dem DBV-Merkblatt [R3] mit Darstellung von Fall A

Der Bemessungswert darf die maximal zulässige Fugenlängsquerkraft nicht überschreiten, vgl. Gl. (11).

$$V_{Rd,i} = v_{Rd,i,c} + v_{Rd,i,s} \leq v_{Rd,i,max} \quad (11)$$

Die Querkrafttragfähigkeit infolge Adhäsion und Reibung berechnet sich nach Gl. (12). Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenlänge.

$$v_{Rd,i,c} = (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) \cdot b_i \quad (12)$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c} \quad (13)$$

Dabei gilt:

c	=	Rauigkeitsbeiwert des Verwahrkastens gemäß Tabelle 3
f_{ctd}	=	Bemessungswert der Betonzugfestigkeit in N/mm ²
μ	=	Reibungsbeiwert des Verwahrkastens gemäß Tabelle 3
σ_n	=	Zug – oder Druckspannung senkrecht zur Betonierfuge, hier immer $\sigma_n = 0 \text{ N/mm}^2$
b_i	=	Kastenbreite in m
α_{ct}	=	0,85, siehe Tabelle 2
$f_{ctk,005}$	=	charakteristische Zugfestigkeit des Betons in N/mm ²
γ_c	=	Teilsicherheitsbeiwert für Beton

Der Verbundbewehrungstraganteil berechnet sich nach Gl.(14). Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenlänge.

$$v_{Rdi,s} = \rho \cdot f_{yd,red} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \cdot b_i \quad (14)$$

$$\rho = \frac{A_{sl}}{A_i} \quad (15)$$

Dabei gilt:

A_{sl}	=	Querschnittsfläche der Längsbewehrung, die die Fuge kreuzt in cm ² /m
A_i	=	Fugenfläche in cm ² /m
$f_{yd,red}$	=	reduzierte Streckgrenze nach Gl. (9) bzw. Gl. (10) in N/mm ²
μ	=	Reibungsbeiwert des Verwahrkastens gemäß Tabelle 3
α	=	Winkel zwischen Bewehrung und Fuge, hier immer $\alpha = 90^\circ$
b_i	=	Kastenbreite in m

Die maximal zulässige Fugenlängsquerkraft berechnet sich nach Gl. (16). Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenlänge.

$$v_{Rdi,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_i \quad (16)$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (17)$$

Dabei gilt:

- γ_c = Teilsicherheitsbeiwert für Beton
- v = Festigkeitsabminderungsbeiwert der Fuge gemäß Tabelle 3
- b_i = Kastenbreite in m
- α_{cc} = 0,85, siehe Tabelle 2
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons in N/mm²

5.3 Querkrafttragfähigkeit längs zur Betonierfuge mit Ansatz der Betonierfuge (Fall B)

Im vorliegenden Fall wird mit dem Rückbiegeanschluss eine Betonwand an eine Betonwand oder Stütze angeschlossen. In Bild 12 ist eine Schemaskizze des Anschlusses aus dem DBV-Merkblatt [R3] dargestellt. Zur Berechnung des Bemessungswerts der Querkrafttragfähigkeit längs zur Fuge mit Ansatz der Betonierfuge werden die Berechnungen aus Fall A erweitert.

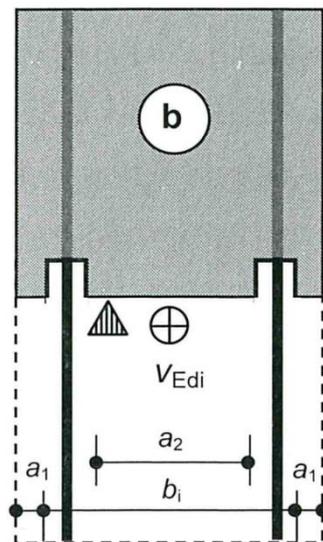


Bild 13 Auszug aus dem DBV-Merkblatt [R3] mit Darstellung von Fall B

Im vorliegenden Fall B wird der Betontraganteil zwischen den Verwahrkästen, in Bild 13 mit a_2 bezeichnet, beim Lastabtrag berücksichtigt. Ebenso wird die Tragfähigkeit der Flanken jenseits der Verwahrkästen, in Bild 13 mit a_1 bezeichnet, berücksichtigt, wenn $a_1 > 50$ mm.

Tabelle 15 Für die Berechnung relevante Schubflächenbreite b und zugehörige Beiwerte c , μ , v je nach Verhältnis der Oberflächenbeschaffenheit des Verwahrkastens (VK) und der Betonierfuge (BF)

Oberflächenbeschaffenheit	BF gleich VK		BF glatter als VK		BF rauer als VK	
	b	c, μ, v	b	c, μ, v	b	c, μ, v
$a_1 < 50$ mm	b_i	VK	b_i	BF	b_i	VK
alternativ			VK-Breite	VK	a_2	BF
$a_1 \geq 50$ mm	$b_i + 2 \cdot a_1$	VK	$b_i + 2 \cdot a_1$	BF	$b_i + 2 \cdot a_1$	VK
alternativ			VK-Breite	VK	$a_2 + 2 \cdot a_1$	BF

In Tabelle 15 wird je nach Oberflächenbeschaffenheit des Verwahrkastens und der Betonierfuge die rechnerisch anzusetzende Schubflächenbreite definiert. Im Rahmen der vorliegenden Berechnungen wird angesetzt, dass die Oberflächen in a_1 und a_2 die gleiche

Rauigkeit wie der Verwahrkasten aufweisen. Die ansetzbare Schubfläche zwischen den Bewehrungseisen ist hinsichtlich der Breite somit auf $2 \cdot T$ zu beschränken, wobei T der Abstand der Bewehrungseisen im Verwahrkasten ist, vgl. Bild 4. Dies kann unter den entsprechenden geometrischen Begebenheiten dazu führen, dass die Schubflächenbreite b für die Berechnung zu reduzieren ist.

Der Bemessungswert darf die maximal zulässige Fugenlängsquerkraft nicht überschreiten, vgl. Gl. (11).

$$V_{Rd,i} = v_{Rd,i,c} + v_{Rd,i,s} \leq v_{Rd,max} \quad (18)$$

Die Querkrafttragfähigkeit infolge Adhäsion und Reibung berechnet sich nach Gl. (12). Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenlänge.

$$v_{Rd,i,c} = (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) \cdot b \quad (19)$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c} \quad (20)$$

Dabei gilt:

c	=	Rauigkeitsbeiwert des Verwahrkastens gemäß Tabelle 3 und Tabelle 15
f_{ctd}	=	Bemessungswert der Betonzugfestigkeit in N/mm^2
μ	=	Reibungsbeiwert des Verwahrkastens gemäß Tabelle 3 und Tabelle 15
σ_n	=	Zug – oder Druckspannung senkrecht zur Betonierfuge, hier immer $\sigma_n = 0 N/mm^2$
b	=	Breite der Schubfläche gemäß Tabelle 15 in m
α_{ct}	=	0,85, siehe Tabelle 2
$f_{ctk,005}$	=	charakteristische Zugfestigkeit des Betons in N/mm^2
γ_c	=	Teilsicherheitsbeiwert für Beton

Der Verbundbewehrungstraganteil berechnet sich nach Gl.(14). Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenlänge.

$$v_{Rdi,s} = \rho \cdot f_{yd,red} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \cdot b \quad (21)$$

$$\rho = \frac{A_{sl}}{A_i} \quad (22)$$

Dabei gilt:

- A_{sl} = Querschnittsfläche der Längsbewehrung, die die Fuge kreuzt in cm²/m
- A_i = Fugenfläche gemäß Tabelle 15 in cm²/m
- $f_{yd,red}$ = reduzierte Streckgrenze nach Gl. (9) bzw. Gl. (10) in N/mm²
- μ = Reibungsbeiwert des Verwehrkastens gemäß Tabelle 3 und Tabelle 15
- α = Winkel zwischen Bewehrung und Fuge, hier immer $\alpha = 90^\circ$
- b = Breite der Schubfläche gemäß Tabelle 15 in m

Die maximal zulässige Fugenlängsquerkraft berechnet sich nach Gl. (16). Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenlänge.

$$v_{Rdi,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b \quad (23)$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (24)$$

Dabei gilt:

- γ_c = Teilsicherheitsbeiwert für Beton
- v = Festigkeitsabminderungsbeiwert der Fuge gemäß Tabelle 3 und Tabelle 15
- b = Breite der Schubfläche gemäß Tabelle 15 in m
- α_{cc} = 0,85, siehe Tabelle 2
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons in N/mm²

5.4 Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne zusätzlicher Querkraftbewehrung in der Decke – gelenkige Lagerung (Fall C)

Im vorliegenden Fall wird mit dem Rückbiegeanschluss eine gelenkige Linienlagerung für einen Decken-Wandanschluss ausgebildet. In Bild 14 ist eine Schemaskizze des Anschlusses aus dem DBV-Merkblatt [R3] dargestellt. Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne Querkraftbewehrung im angeschlossenen Bauteil berechnet sich nach DBV-Merkblatt [R3] aus dem Querkrafttraganteil der Fuge, vgl. Gl. (26) und dem Konsolentrageanteil, vgl. Gl. (30).

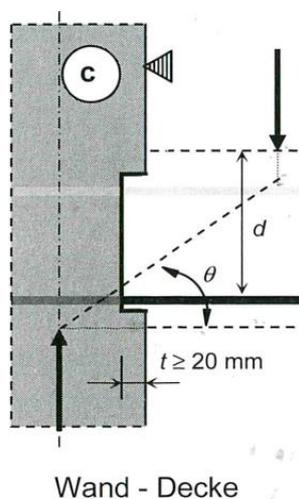


Bild 14 Auszug aus dem DBV-Merkblatt [R3] mit Darstellung von Fall C

Die Tragfähigkeit der beiden Anteile darf den Querkrafttraganteil für verzahnte Fugen nicht überschreiten, vgl. Gl. (25).

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c,Fuge} + V_{Rd,c,K} \leq V_{Rd,c,verzahnt} \quad (25)$$

Der Querkrafttraganteil der Fuge $V_{Rd,c,Fuge}$, bzw. $V_{Rd,c,verzahnt}$ berechnet sich nach den folgenden Gleichungen. Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenbreite b_w .

$$V_{Rd,c,Fuge} = \frac{c}{0,5} \cdot \left(\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,12 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d \cdot b_w \quad (26)$$

$$V_{Rd,c,verzahnt} = \left(\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,12 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d \cdot b_w \quad (27)$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,20 \quad (28)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{0,200}{d}} \leq 2,0 \quad (29)$$

Dabei gilt:

- c = Rauigkeitsbeiwert des Verwehrkastens gemäß Tabelle 3
- γ_c = Teilsicherheitsbeiwert des Betons
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons in N/mm²
- σ_{cp} = Zug- oder Druckspannung senkrecht zur Betonierfuge,
hier immer $\sigma_{cp} = 0 \text{ N/mm}^2$
- d = statische Nutzhöhe in m
- ρ_l = Bewehrungsgrad
- A_{sl} = Querschnittsfläche der Längsbewehrung in m²
- b_w = Breite des Verwehrkastens in m, hier immer $b_w = 1,0 \text{ m}$

Der Konsolentraganteil $V_{Rd,c,K}$ berechnet sich nach der nachfolgenden Gleichung. Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei auf einen Meter Kastenbreite.

$$V_{Rd,c,K} = \frac{F}{\tan(35^\circ)} \cdot 0,75 \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c} \cdot b_w \quad (30)$$

Dabei gilt:

- F = Verwehrkastentiefe in m
- α_{ct} = 0,85, siehe Tabelle 2
- $f_{ctk,005}$ = charakteristische Zugspannung des Betons in N/mm²

Aus der Forderung nach Zugkraftdeckung nach DIN EN 1992-1-1 [R1] Abschnitt 9.2.1.3 ist die Zugkraft F_{Ed} aus der einwirkenden Querkraft $V_{Ed} = V_{Rd,c}$ mithilfe der Längsbewehrung zu verankern, siehe Gl. (31).

$$F_{Ed} = \frac{V_{Rd,c} \cdot a_l}{z} \stackrel{!}{\leq} f_{yd,red} \cdot A_{sl} \quad (31)$$

Somit wird der Widerstand $V_{Rd,c}$ zusätzlich durch die reduzierte Streckgrenze $f_{yd,red}$ des rückgebogenen Betonstahls begrenzt, siehe Gl. (32). Die vorhandene Verankerungs- bzw.

Übergreifungslänge l_{vorh} ist bei der Berechnung von $f_{yd,red}$ nach Gl. (9) bzw. Gl. (10) zu berücksichtigen.

$$V_{Rd,c} \leq \frac{f_{yd,red} \cdot A_{sl} \cdot z}{a_l} \quad (32)$$

Dabei gilt:

$$a_l = 1,0 \cdot d \text{ in m}$$

$$z = 0,9 \cdot d \text{ in m}$$

$$A_{sl} = \text{Querschnittsfläche der Längsbewehrung in cm}^2$$

$$f_{yd,red} = \text{reduzierte Streckgrenze nach Gl. (9) bzw. Gl. (10) in N/mm}^2$$

5.5 Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne zusätzlicher Querkraftbewehrung in der Decke – Einspannung (Fall E)

Im vorliegenden Fall wird mit dem Rückbiegeanschluss eine Einspannung für einen Konsolen-Wandanschluss ausgebildet. In Bild 15 ist eine Schemaskizze des Anschlusses aus dem DBV-Merkblatt [R3] dargestellt. Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit quer zur Betonierfuge ohne Querkraftbewehrung im angeschlossenen Bauteil berechnet sich nach DBV-Merkblatt [R3] aus dem Querkrafttraganteil der Fuge, vgl. Gl. (33).

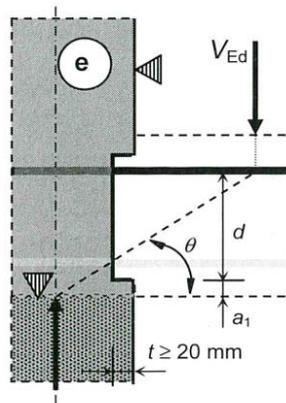


Bild 15 Auszug aus dem DBV-Merkblatt [R3] mit Darstellung von Fall E

Der Querkrafttraganteil der Fuge $V_{Rd,c}$ berechnet sich nach der folgenden Gleichung. Die Tragfähigkeit bezieht sich dabei immer auf einen Meter Kastenbreite b_w . Die statische Nutzhöhe wird im Folgenden um das Maß a_1 reduziert, um die schlechtere Betonqualität aufgrund von etwaigen Betonierschwierigkeiten für $a_1 \leq 50 \text{ mm}$ in der Druckzone zu berücksichtigen, vgl. Bild 15.

$$V_{Rd,c} = \frac{c}{0,5} \cdot \left(\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,12 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d \cdot b_w \quad (33)$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,20 \quad (34)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{0,200}{d}} \leq 2,0 \quad (35)$$

Dabei gilt:

- c = Rauigkeitsbeiwert des Verwahrkastens gemäß Tabelle 3
- γ_c = Teilsicherheitsbeiwert für Beton
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons in N/mm²
- σ_{cp} = Zug- oder Druckspannung senkrecht zur Betonierfuge,
hier immer $\sigma_{cp} = 0 \text{ N/mm}^2$
- d = statische Nutzhöhe in m (um a_1 reduziert)
- ρ_l = Bewehrungsgrad
- A_{sl} = Querschnittsfläche der Längsbewehrung in cm²
- b_w = Breite des Verwahrkastens in m, hier immer $b_w = 1,0 \text{ m}$

Aus der Forderung nach Zugkraftdeckung nach DIN EN 1992-1-1 [R1] Abschnitt 9.2.1.3 ist die Zugkraft F_{Ed} aus der einwirkenden Querkraft $V_{Ed} = V_{Rd,c}$ mithilfe der Längsbewehrung zu verankern, siehe Gl. (31).

$$F_{Ed} = \frac{V_{Rd,c} \cdot a_l}{z} \leq f_{yd,red} \cdot A_{sl} \quad (36)$$

Somit wird der Widerstand $V_{Rd,c}$ zusätzlich durch die reduzierte Streckgrenze $f_{yd,red}$ des rückgebogenen Betonstahls begrenzt, siehe Gl. (32). Die vorhandene Verankerungs- bzw. Übergreifungslänge l_{vorh} ist bei der Berechnung von $f_{yd,red}$ nach Gl. (9) bzw. Gl. (10) zu berücksichtigen.

$$V_{Rd,c} \leq \frac{f_{yd,red} \cdot A_{sl} \cdot z}{a_l} \quad (37)$$

Dabei gilt:

- a_l = $1,0 \cdot d$ in m
- z = $0,9 \cdot d$ in m
- A_{sl} = Querschnittsfläche der Längsbewehrung in cm²
- $f_{yd,red}$ = reduzierte Streckgrenze nach Gl. (9) bzw. Gl. (10) in N/mm²

Durch den geführten Querkraftnachweis ist an der Einspannstelle ein Biegemoment gemäß Gl. (38) abgedeckt. Bei größeren Momentenbeanspruchungen ist die Zugkraftdeckung gesondert nachzuweisen.

$$M_{Ed} \leq V_{Rd,c} \cdot z \quad (38)$$

Dabei gilt:

$$z = 0,9 \cdot d \text{ in m}$$

Anhang A – Bemessungstabellen

A.1 Bemessungstabellen HBT-ST

Tabelle 16 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-ST

HBT-ST C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V _{Rd} [kN/m]
80-8-15	8	86	150	37,6
80-8-20	8	86	200	34,1
S120-8-15	8	122	150	46,4
S120-8-20	8	122	200	42,1
S120-10-15	10	122	150	53,5
S120-10-20	10	122	200	48,6
120-8-15	8	122	150	46,4
120-8-20	8	122	200	42,1
120-10-15	10	122	150	53,5
120-10-20	10	122	200	48,6
120-12-15X	12	122	150	60,1
120-12-15Y	12	122	150	60,1
120-12-15Z	12	122	150	60,1
S150-8-15	8	150	150	53,5
150-8-15	8	150	150	53,5
150-8-20	8	150	200	48,6
S150-10-15	10	150	150	61,8
150-10-15	10	150	150	61,8
150-10-15Y	10	150	150	61,8
150-10-15Z	10	150	150	61,8
150-10-20	10	150	200	56,1
150-12-15X	12	150	150	67,0
150-12-15Y	12	150	150	67,0
150-12-15Z	12	150	150	67,0

Tabelle 17 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-ST

HBT-ST C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V _{Rd} [kN/m]
150-14-15X	14	150	150	76,4
150-14-15Y	14	150	150	76,4
150-14-15Z	14	150	150	76,4
190-8-15	8	186	150	62,1
190-8-20	8	186	200	56,4
190-10-15	10	186	150	68,0
190-10-15Y	10	186	150	68,0
190-10-15Z	10	186	150	68,0
190-10-20	10	186	200	65,2
190-12-15X	12	186	150	71,5
190-12-15Y	12	186	150	71,5
190-12-15Z	12	186	150	71,5
190-14-15X	14	186	150	81,5
190-14-15Y	14	186	150	81,5
190-14-15Z	14	186	150	81,5
220-8-15	8	222	150	66,2
220-8-20	8	222	200	61,2
220-10-15	10	222	150	70,4
220-10-15Y	10	222	150	70,4
220-10-15Z	10	222	150	70,4
220-10-20	10	222	200	67,6
220-12-15X	12	222	150	74,4
220-12-15Y	12	222	150	74,4
220-12-15Z	12	222	150	74,4
220-14-15X	14	222	150	84,7
220-14-15Y	14	222	150	84,7
220-14-15Z	14	222	150	84,7

A.2 Bemessungstabellen HBT-STA

Tabelle 18 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-STA

HBT-STA C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V _{Rd} [kN/m]
160-10-15	10	160	150	221,53
180-10-15	10	180	150	225,60
180-12-15X	12	180	150	255,00
210-8-20	8	210	200	156,12
210-10-15	10	210	150	231,71
210-12-15X	12	210	150	269,50
250-10-15	10	250	150	239,85
250-12-15X	12	250	150	277,64
250-12-15Y	12	250	150	354,17
250-12-15Z	12	250	150	354,17
250-14-15X	14	250	150	301,51
250-14-15Y	14	250	150	354,17
250-14-15Z	14	250	150	354,17
280-8-15	8	280	150	208,16
280-8-20	8	280	200	170,36
280-10-15	10	280	150	245,95
280-10-15Y	10	280	150	319,23
280-10-15Z	10	280	150	319,23
280-10-20	10	280	200	198,71
280-12-15X	12	280	150	283,74
280-12-15Y	12	280	150	383,20
280-12-15Z	12	280	150	396,67
280-14-15X	14	280	150	307,61
280-14-15Y	14	280	150	396,67
280-14-15Z	14	280	150	396,67
280-14-15Z3	14	280	150	396,67
280-14-15Z4	14	280	150	396,67

Tabelle 19 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-STA

HBT-STA C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V _{Rd} [kN/m]
380-14-15X	14	380	150	322,67
380-14-15Y	14	380	150	438,71
380-14-15Z	14	380	150	492,78
380-14-15Z3	14	380	150	492,78
380-14-15Z4	14	380	150	492,78
480-14-15X	14	480	150	322,67
480-14-15Y	14	480	150	438,71
480-14-15Z	14	480	150	492,78
480-14-15Z3	14	480	150	492,78
480-14-15Z4	14	480	150	492,78

A.3 Bemessungstabellen HBT-K

Tabelle 20 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-K

HBT-K C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V _{Rd} [kN/m]
K120-10-20	10	122	200	17,2
K150-10-20	10	150	200	20,4
K190-10-20	10	186	200	24,2

A.4 Bemessungstabellen HBT-K2

Tabelle 21 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-K2

HBT-K2 C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V _{Rd} [kN/m]
K2150-10-20	10	150	200	20,4
K2190-10-20	10	186	200	24,2
K2190-10-20Y	10	186	200	24,2
K2190-10-20Z	10	186	200	24,2

A.5 Bemessungstabellen HBT-C

Tabelle 22 Bemessungstabelle Rückbiegeanschluss HBT-C

HBT-C C25/30	Durchmesser Ø [mm]	Kastenhöhe D [mm]	Abstand T [mm]	Querkrafttragfähigkeit V_{Rd} [kN/m]
55-8-15	8	55	150	77,9
55-8-20	8	55	200	77,9
55-10-15	10	55	150	77,9
85-10-15	10	86	150	121,8
85-10-15Y	10	86	150	121,8
85-10-15Z	10	86	150	121,8
85-12-15X	12	86	150	121,8
85-12-15Y	12	86	150	121,8
85-12-15Z	12	86	150	121,8
85-14-15X	14	86	150	121,8
85-14-15Z	14	86	150	121,8