

Jürgen Schnell, Uwe Angnes

# **Optimierte Übergreifungsstöße von Betonstahl unterschiedlicher Güte beim Bauen im Bestand**

F 2979

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2016

ISBN 978-3-8167-9752-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

## **Optimierte Übergreifungsstöße von Betonstahl unterschiedlicher Güte beim Bauen im Bestand**

- Abschlussbericht -

Der Forschungsbericht wird mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-035 / SWD-10.08.18.7-12.48)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

Projektleiter: Prof.-Dr.-Ing. Jürgen Schnell

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing.(FH) Uwe Angnes M.Eng.

Kaiserslautern, im Oktober 2015

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>Abkürzungs- und Formelzeichenverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Ziele .....	1
1.2 Vorgehensweise und Arbeitsprogramm.....	2
1.3 Projektbegleitung / Beratergruppe .....	4
<b>2 Grundsätzliches zur Berechnung von Übergreifungsstößen.....</b>	<b>5</b>
2.1 Historische Grundlagen.....	5
2.1.1 Vorbemerkungen.....	5
2.1.2 Die Historie des Übergreifungsstoßes in Deutschland .....	6
2.2 Der Verbund zwischen Stahl und Beton .....	13
2.2.1 Der Verbund als Grundlage der Stahlbetonbauweise .....	13
2.2.2 Wirkungsweise des Verbunds.....	13
2.2.3 Ursachen von Verbundbeanspruchungen.....	18
2.2.4 Mechanismen des Verbunds .....	18
2.2.5 Einflussgrößen auf das Verbundverhalten des Stahlbetons .....	26
2.2.6 Zulässige Verbundspannungen für die Bemessung.....	29
2.3 Werkstoffeigenschaften historischer Betonstähle .....	31
2.3.1 Vorbemerkungen.....	31
2.3.2 Werkstoffkennwerte glatter Betonstähle .....	32
2.3.3 Werkstoffkennwerte von Betonformstählen.....	32
2.3.4 Werkstoffkennwerte von Betonrippenstählen.....	33
2.3.5 Charakteristische Werte der Streckgrenze historischer Betonstähle .....	33
2.4 Verankerung glatter Betonstähle .....	35
2.4.1 Der Nachweis der Haftspannungen am Anfang des Stahlbetonbaus .....	35

---

2.4.2	Die Tragkraft von Glattstahlverankerungen mit Haken nach <i>Bach 1911</i> .....	36
2.4.3	Das Prinzip der Seilreibung an Haken von Glattstählen nach <i>Bauer 1949</i> .....	37
2.4.4	Ingenieurmodell zur Berechnung von Seilreibung und Haltekraft am Haken.....	45
2.4.5	Der Schlupf am Hakenende als Kenngröße für die Gebrauchstauglichkeit .....	49
2.4.6	Die Verankerung glatter Stähle nach <i>DIN 1045 1972 und 1978</i> .....	49
2.4.7	Die Verankerung glatter Stähle nach <i>ENV 1992 1991</i> .....	50
2.4.8	Berechnung der Verankerungslänge glatter Betonrundstähle .....	51
2.5	Verankerung gerippter Betonstähle .....	54
2.5.1	Der Scherverbund als Entwicklungshelfer der Rippenstähle .....	54
2.5.2	Der quengerippte Betonformstahl mit baupolizeilicher Zulassung.....	55
2.5.3	Die Verankerung des Betonrippenstahls mit geraden Stabenden .....	56
2.5.4	Die Verankerung von Betonrippenstahl nach DIN 1045 und Eurocode 2 .....	57
2.5.5	Der Einfluss der bezogenen Rippenfläche $f_R$ .....	59
2.5.6	Berechnung der Verankerungslänge gerippter Betonrundstähle.....	62
2.6	Tragverhalten von Übergreifungsstößen mit glatten Betonstählen .....	66
2.6.1	Tragkraft von Übergreifungsstößen mit Glattstählen nach <i>DAfStb 14</i> ...	66
2.6.2	Das Tragverhalten von Glattstahl-Übergreifungsstößen mit Haken .....	70
2.6.3	Entwicklung der Spannungen zwischen Haken von Glattstahlstößen ...	72
2.6.4	Berechnung der Übergreifungslänge von Glattstahlstößen mit Haken ..	76
2.7	Tragverhalten von Übergreifungsstößen gerippter Betonstähle .....	78
2.7.1	Erforschung des Tragverhaltens in den 1970-er und 1980-er Jahren ...	78
2.7.2	Versagensmechanismen für Rippenstahlstöße mit geraden Enden .....	78
2.7.3	Lastübertragungsmodell für Rippenstahlstöße mit geraden Enden .....	80

---

2.7.4	Die Tragfähigkeit von Rippenstahlstößen mit geraden Enden.....	84
2.7.5	Die Gebrauchstauglichkeit von Rippenstahlstößen mit geraden Enden	91
2.7.6	Übergreifungsstöße gerippter Stähle mit Haken .....	94
2.7.7	Berechnung der Übergreifungslänge von Rippenstahlstößen .....	96
2.8	Die genormten Konstruktionsregeln für Übergreifungsstöße .....	99
2.8.1	Die Konstruktionsregeln der frühen Jahre von 1925 bis 1972.....	99
2.8.2	Die Konstruktionsregeln der 1970-er Jahre.....	99
2.8.3	Die Konstruktionsregeln von heute .....	103
<b>3</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen.....</b>	<b>105</b>
3.1	Versuchsprogramm.....	105
3.2	Referenz- und Tastversuche .....	106
3.2.1	Herstellung der Probekörper.....	106
3.2.2	Messtechnik und Versuchsdurchführung .....	107
3.2.3	Versuchsverlauf.....	108
3.2.4	Vergleichsberechnung und Bewertung .....	114
3.3	Ergänzende Tastversuche .....	116
3.3.1	Herstellung der Probekörper.....	116
3.3.2	Messtechnik und Versuchsdurchführung .....	118
3.3.3	Versuchsergebnisse .....	119
3.3.4	Messung der Spannungsverläufe mit DMS.....	122
3.3.5	Vergleichsberechnungen und Bewertung .....	124
<b>4</b>	<b>Systematische Versuchsreihen.....</b>	<b>127</b>
4.1	Entwicklung der systematischen Versuchsreihen .....	127
4.1.1	Definition der Randbedingungen .....	127
4.1.2	Vordimensionierung der kombinierten Übergreifungsstöße .....	129
4.1.3	Wahl der Prüfkörperabmessungen .....	134

---

4.1.4	Wahl von Bewehrung und Beton .....	136
4.2	Versuchsdurchführung .....	140
4.2.1	Versuchsaufbau und Messtechnik .....	140
4.2.2	Festlegung der Einwirkung für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit .....	141
4.3	Versuchsergebnisse.....	142
4.3.1	Betonkennwerte und Traglasten im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT).....	142
4.3.2	Rissbreiten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).....	146
4.4	Versagensmechanismen kombinierter Übergreifungsstöße.....	149
4.4.1	Kombinierte Übergreifungsstöße Typ I (Glatt, Haken und Gerippt, gerade).....	149
4.4.2	Kombinierte Übergreifungsstöße Typ II (Glatt, Haken und Gerippt, Haken).....	152
4.5	Zuggliedversuche.....	154
4.5.1	Entwicklung .....	154
4.5.2	Versuchsdurchführung.....	157
4.5.3	Versuchsergebnisse .....	158
4.5.4	Messung der Spannungsverläufe mit DMS.....	160
4.6	Lastübertragungsmodell für kombinierte Übergreifungsstöße Typ I.....	162
4.7	Tastversuche mit variierter Stoßausbildung.....	164
4.7.1	Veranlassung .....	164
4.7.2	Versuchsdurchführung und -ergebnisse .....	164
<b>5</b>	<b>Ingenieurmodell zur Bemessung kombinierter Übergreifungsstöße .....</b>	<b>167</b>
5.1	Entwicklung des Ingenieurmodells für Kombi-Stöße Typ I.....	167
5.1.1	Vergleichsberechnungen zu den systematischen Versuchsreihen.....	167
5.1.2	Einführung der bezogenen kombinierten Übergreifungslänge $\alpha_{com}$ .....	168

---

5.1.3	Bemessungsdiagramm für kombinierte Übergreifungsstöße des Typs I .....	173
5.1.4	Bemessungswert der Übergreifungslänge $l_{0,com,I}$ des Kombi-Stoßes Typs I .....	179
5.1.5	Vergleich der Kombi-Stöße Typ I mit Übergreifungsstößen nach EC2 2011 .....	185
5.1.6	Kombi Stöße Typ I mit ungleicher Ausnutzung der Streckgrenzen .....	186
5.1.7	Kombi-Stöße des Typs I mit verminderter seitlicher Betondeckung .....	189
5.2	Die Tragfähigkeit weiterer untersuchter Kombi-Stöße .....	189
5.2.1	Kombi-Stöße des Typs II (Haken, Glatt – Haken, Gerippt).....	189
5.2.2	Kombi-Stöße mit gleichen Durchmessern und ungleicher Stabanzahl .....	190
5.3	Konstruktionsregeln für kombinierte Übergreifungsstöße .....	191
5.3.1	Anforderungen an die bauliche Durchbildung der Stöße.....	191
5.3.2	Querbewehrung kombinierter zugbeanspruchter Übergreifungsstöße .....	193
5.4	Vergleichsberechnungen mit dem FE-Programm ATENA 3D .....	194
5.4.1	Entwicklung der berechneten FE-Modelle .....	194
5.4.2	Zusammenfassung der erzielten Rechenergebnisse .....	197
5.4.3	Bewertung der Ergebnisse .....	200
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>204</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>208</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>218</b>
	<b>Anhang 1 Historische Übergreifungsstöße – Beispielrechnungen.....</b>	<b>A.1-1</b>
	<b>Anhang 2 Experimentelle Untersuchungen.....</b>	<b>A.2-1</b>
	<b>Anhang 3 Finite-Elemente-Berechnungen mit ATENA 3D.....</b>	<b>A.3-1</b>
	<b>Ausführliche Inhaltsverzeichnisse der Anhänge siehe Seiten A.1-1, A.2-1 und A.3-1</b>	