

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

www.baufachinformation.de

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

Inhalt	Seite
Abkürzungs- und Formelzeichenverzeichnis	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation und Ziele	1
1.2 Vorgehensweise und Arbeitsprogramm.....	2
1.3 Projektbegleitung / Beratergruppe	4
2 Grundsätzliches zur Berechnung von Übergreifungsstößen.....	5
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 Glattstähen 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 Glattstähen 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
3	Experimentelle Untersuchungen.....	105
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
4	Systematische Versuchsreihen.....	127
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
5	Ingenieurmodell zur Bemessung kombinierter Übergreifungsstöße	167
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 α_{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
6	Zusammenfassung und Ausblick	204
	Literaturverzeichnis	208
	Tabellenverzeichnis	218
	Anhang 1 Historische Übergreifungsstöße – Beispielrechnungen.....	A.1-1
	Anhang 2 Experimentelle Untersuchungen.....	A.2-1
	Anhang 3 Finite-Elemente-Berechnungen mit ATENA 3D.....	A.3-1
	Ausführliche Inhaltsverzeichnisse der Anhänge siehe Seiten A.1-1, A.2-1 und A.3-1	