

BAUFORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS, BAND 108

Jürgen Schnell; Markus Loch; Florian Stauder; Michael Wolbring

Bauen im Bestand – Bewertung der Anwendbarkeit aktueller Bewehrungs- und Konstruktionsregeln im Stahlbetonbau

Fraunhofer IRB Verlag

Die vorliegende Arbeit wurde unter dem
Förderkennzeichen Z6 10.08.18.7-08.6/II 2 F20-08-014
vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn, mit Mitteln der
Forschungsinitiative Zukunft Bau gefördert. Für den Inhalt sind allein die Verfasser
verantwortlich.

Druck und Weiterverarbeitung:

IRB Mediendienstleistungen des
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© by **Fraunhofer IRB Verlag**, 2014

ISBN 978-3-8167-9162-1

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 0711 970-2500, Telefax 0711 970-2508

E-Mail info@irb.fraunhofer.de

URL www.baufachinformation.de

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warennamen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen werden oder aus ihnen zitiert werden, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Bauen im Bestand – Bewertung der Anwendbarkeit aktueller Bewehrungs- und Konstruktionsregeln im Stahlbetonbau

-Abschlussbericht-

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) gefördert.

(Aktenzeichen: Z 6 – 10.08.18.7- 08.6/ II 2 – F20-08-014)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Markus Loch
Dipl.-Ing. Florian Stauder
Michael Wolbring, M.Eng.

Kaiserslautern Dezember 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Begründung des Forschungsprojekts	1
1.2	Projektbegleitung / Wissenschaftlicher Beirat	2
1.3	Bearbeitungsschwerpunkte	3
1.4	Danksagung	3
2	Bauen im Bestand als Schwerpunkt an der TU Kaiserslautern	4
2.1	Allgemein	4
2.2	Gremientätigkeit	4
2.3	Veröffentlichungen	4
2.4	Vorträge.....	6
3	Grundlagen für das Konstruieren und Bemessen von Stahl- betonbauten im Bestand	8
3.1	Einführung	8
3.2	Regelwerke.....	9
3.2.1	Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins.....	10
3.2.2	Hinweise der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz - ARGEBAU	11
3.2.3	Normen des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins – SIA.....	12
3.2.4	DB-Richtlinie	13
3.2.5	DAfStb-Richtlinie „Belastungsversuche an Massivbauwerken“	13
3.2.6	Nachrechnungsrichtlinie Brückenbau	14
3.2.7	DIN EN 13791:2008	15
3.3	Strukturierte Erfassung häufiger Fehler beim Bauen im Bestand	18
3.3.1	Häufige Fehler bei der Bestandsaufnahme	19
3.3.2	Häufige Fehler bei der Planung.....	20
3.3.3	Häufige Fehler bei der Bauausführung.....	21
3.3.4	Ansätze für Verbesserungen.....	22
3.4	Bestandsaufnahme	24
3.4.1	Allgemeine Anmerkungen	24
3.4.2	Ermittlung der Bauteilgeometrie und der Tragstruktur	25
3.4.3	Ermittlung des Zustandes der tragenden Bauteile, Ermittlung und Analyse von Schäden	27

3.4.3.1	Vorbemerkungen	27
3.4.3.2	Visuelle Begutachtung	28
3.4.3.3	Zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP).....	28
3.4.3.4	Ausgewählte Untersuchungsverfahren zur Bauwerksuntersuchung.....	29
3.4.3.5	Ausgewählte Untersuchungsverfahren in der praktischen Anwendung.....	32
3.4.3.5.1	Bohrkernentnahmen zur Ermittlung von Materialkennwerten des Betons.....	33
3.4.3.5.2	Betondeckungsmessung / Bewehrungslokalisierung	34
3.4.3.5.3	Radarverfahren	37
3.4.3.5.4	Ultraschall-Verfahren	39
3.4.3.5.5	Impakt-Echo-Verfahren	40
3.4.3.5.6	Potentialfeldmessungen.....	40
3.4.3.5.7	Bestimmung der Bauteilfeuchte	42
3.4.3.5.8	Barkhausenrausch-Messungen	43
3.4.3.5.9	Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	43
3.4.3.5.10	Elementzusammensetzung mit EDX-Analyse:	44
3.4.4	Hinweise zu statischen und konstruktiven Problemen mit älteren Stahl- betonbauten.....	45
3.4.4.1	Allgemeine Anmerkungen	45
3.4.4.2	Bewehrungsführung in Platten	45
3.4.4.3	Bewehrungsführung in Balken	45
3.4.4.4	Bewehrungsführung in Konsolen	47
3.4.4.5	Schäden durch Unwissenheit über die Bewehrungsführung	47
3.4.4.6	Schäden durch Fehlleistungen.....	47
3.4.4.7	Mögliche Schäden durch Unwissen über Konstruktion.....	48
3.5	Bestimmung charakteristischer Werkstoffkennwerte.....	48
3.5.1	Baustoffe.....	48
3.5.2	Bewertung nach Norm.....	49
3.5.2.1	Beton	49
3.5.2.2	Betonstahl.....	55
3.5.2.3	Spannstahl.....	64
3.5.3	Bestimmung charakteristischer Materialkennwerte durch Bauwerks- untersuchungen	68
3.5.3.1	Allgemeines	68
3.5.3.2	Hinweise zu Werkstoffuntersuchungen	68
3.5.3.3	Statistische Auswertung von Versuchsergebnissen	69
3.5.3.4	Charakteristische Betondruckfestigkeiten	74
3.5.3.5	Charakteristische Betonstahleigenschaften	78

4	Bemessung von Bestandstragwerken.....	79
4.1	Regeln	79
4.2	Probebelastungen	79
4.3	Querkraftbemessung.....	80
4.4	Anwendungen in Sonderfällen	81
4.4.1	Allgemeine Anmerkungen	81
4.4.2	Alte Rippendecken	81
4.4.3	Umbau von Fertigteilkonstruktionen	83
5	Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten beim Bauen im Bestand.....	84
5.1	Bemessung von Bestandstragwerken	84
5.2	Nachrechnung bestehender Tragwerke ohne zusätzliche Informationen aus einer Bestandsaufnahme	84
5.3	Nachrechnung bestehender Tragwerke mit zusätzlichen Informationen aus einer Bestandsaufnahme	85
5.4	Bewertung der Zuverlässigkeit.....	86
5.4.1	Zuverlässigkeit hinsichtlich Biegezugversagen.....	86
5.4.2	Zuverlässigkeit bei Querkraftbeanspruchung	87
5.4.2.1	Versagensart $V_{Rd,ct}$	87
5.4.2.2	Versagensart $V_{Rd,sy}$	88
5.4.2.3	Versagensart $V_{Rd,max}$	89
5.4.2.4	Zuverlässigkeit bei Durchstanzen	90
5.4.3	Zuverlässigkeit zentrisch gedrückter Bauteile.....	91
5.4.4	Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....	94
5.5	Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte.....	95
5.5.1	Einführung.....	95
5.5.2	Optimierung von Teilsicherheitsbeiwerten	96
5.5.2.1	Allgemeines	96
5.5.2.2	Vereinfachtes Verfahren nach DIN 1055-100	97
5.5.2.3	Lösungsansatz zur Bestimmung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte.....	100
5.5.2.3.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Biegezugversagen	104
5.5.2.3.1.1	Variation des Materialsicherheitsbeiwertes γ_c	105
5.5.2.3.1.2	Variation des Materialsicherheitsbeiwertes γ_s	108
5.5.2.3.1.3	Erkenntnisse aus den Untersuchungen für Biegezugversagen	111
5.5.2.3.2	Querkraftnachweis bei nicht querkraftbewehrten Bauteilen	111
5.5.2.3.2.1	Teilsicherheitsbeiwert γ_c für nicht querkraftbewehrte Bauteile	112

5.5.2.3.3	Querkraftnachweis bei querkraftbewehrten Bauteilen	114
5.5.2.3.3.1	Variation der Sicherheitsbeiwerte γ_s für den Zugstrebenachweis	114
5.5.2.3.3.2	Variation der Sicherheitsbeiwerte γ_c für den Druckstrebenachweis	118
5.5.2.3.4	Teilsicherheitsfaktoren für Durchstanzen.....	121
5.5.2.3.4.1	Durchstanzen bei nicht querkraftbewehrten Bauteilen.....	122
5.5.2.3.4.2	Durchstanzen bei querkraftbewehrten Stahlbetonbauteilen	124
5.5.2.3.5	Teilsicherheitsbeiwerte bewehrter, zentrisch gedrückter Querschnitte	132
5.5.2.3.5.1	Variation des Teilsicherheitsbeiwertes γ_c	132
5.5.2.3.5.2	Variation des Teilsicherheitsbeiwertes γ_s	139
5.5.2.3.5.3	Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s	139
5.5.2.3.5.4	Ergebnisse der Parameterstudien zentrisch gedrückter Querschnitte.....	143
5.5.2.3.6	Teilsicherheitsbeiwerte für unbewehrte Bauteile	143
5.5.2.3.6.1	Teilsicherheitsbeiwert γ_c für zentrisch gedrückte Bauteile.....	144
5.5.2.3.6.2	Teilsicherheitsbeiwert γ_c für unbewehrte Biegebauteile	146
5.5.2.3.6.3	Teilsicherheitsbeiwert γ_c für querkraftbeanspruchte unbewehrte Bauteile.....	149
5.5.2.4	Berücksichtigung von Monitoringmaßnahmen	151
5.5.2.5	Berücksichtigung einer Restnutzungsdauer.....	152
5.5.2.6	Ausweisung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte.....	154
5.5.2.6.1	Teilsicherheitsbeiwerte für zentrisch beanspruchte Stahlbetondruckglieder	154
5.5.2.6.2	Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Biegezugversagen.....	159
5.5.2.6.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Querkraftversagen nicht querkraftbewehrter Bauteile	160
5.5.2.6.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Querkraftversagen querkraftbewehrter Stahlbetonbauteile	161
5.5.2.6.5	Teilsicherheitsbeiwerte für Durchstanzen bei Bauteilen ohne Querkraftbewehrung	163
5.5.2.6.6	Teilsicherheitsbeiwerte für Durchstanzen querkraftbewehrter Bauteile.....	163
5.5.2.6.7	Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für unbewehrte Biegebauteile.....	165
5.5.2.6.8	Teilsicherheitsbeiwerte unbewehrter, querkraftbeanspruchter Bauteile	166
5.5.2.6.9	Teilsicherheitsbeiwerte für zentrisch gedrückte, unbewehrte Bauteile	167
5.5.2.7	Bestimmung des Übertragungsfaktors γ_{TF}	168
5.5.2.8	Nachweisführung mit modifizierten Teilsicherheitsbeiwerten	169
5.5.2.9	Optimierte Sensitivitätsfaktoren.....	170
5.5.2.10	Zusammenfassung.....	172
6	Hintergründe der Bewehrungs- und Konstruktionsregeln.....	177
6.1	Historische Entwicklung der zentralen Bemessungsnorm DIN 1045.....	177
6.2	Betondeckung.....	178
6.3	Biegerollendurchmesser	179

6.4	Hin- und Zurückbiegen	184
6.5	Mindeststababstände von Betonstählen	190
6.6	Verankerung der Längsbewehrung	192
6.6.1	Verankerungsarten.....	192
6.6.2	Verankerungslänge	197
6.7	Verbundbedingungen für Betonstähle	205
6.8	Verbundspannung	209
6.9	Biegebeanspruchte Bauteile	215
6.9.1	Bemessungsgrundlagen.....	215
6.9.2	Mindestbewehrung zur Rissbreitenbegrenzung.....	216
6.10	Balken und Plattenbalken	222
6.10.1	Mindestanforderungen	222
6.10.2	Anschluss der Plattengurte.....	222
6.10.3	Zugkraftdeckung	225
6.10.4	Querkraftbewehrung.....	236
6.11	Rahmenecken	241
6.12	Vollplatten aus Ortbeton	243
6.12.1	Mindestplattendicke.....	243
6.12.2	Mindestauflagertiefe	244
6.12.3	Schlankheitsverhältnis.....	245
6.12.4	Zugkraftdeckung	246
6.12.5	Querbewehrung für einachsig gespannte Platten	247
6.13	Stützen	247
6.13.1	Mindest- und Höchstbewehrung.....	247
6.13.2	Bügelbewehrung	249
6.14	Zusammenfassung der Konstruktionsregeln verschiedener Normen- generationen	252
6.14.1	1904 - 1916 (Preußen)	255
6.14.2	1916 - 1925.....	256
6.14.3	1925 - 1932.....	258
6.14.4	1932 - 1937	259
6.14.5	1937 - 1943.....	260
6.14.6	1943 - 1959.....	261
6.14.7	1959 - 1972.....	262

6.14.8	1972 - 1978.....	263
6.14.9	1978 - 1988.....	264
6.14.10	1988 - 2001.....	264
7	Tragfähigkeit von Rippendecken (Herstellzeitraum bis 1960).....	265
7.1	Querkrafttragfähigkeit von Rippendecken bis 1960.....	265
7.2	Experimentelle „in-situ“ Versuche der TU Kaiserslautern.....	267
7.3	Experimentelle Untersuchungen an der TU Kaiserslautern	269
7.3.1	Versuchsprogramm.....	269
7.3.2	Herstellung der Versuchskörper	269
7.3.3	Versuchsdurchführung	272
7.3.3.1	Betonprüfungen.....	272
7.3.3.2	Stahlprüfungen	273
7.3.4	Versuchsdurchführung	274
7.3.4.1	Versuchsreihe A	274
7.3.4.2	Versuchsreihe B	276
7.3.5	Zusammenstellung der erreichten Taglasten in den Versuchen	276
7.3.6	Vergleich der Versuchsergebnisse mit berechneten Bruchlasten nach [DIN 1045-1:2008].....	277
8	Zusammenfassung	281
9	Literatur	282