

Jürgen Schnell, Markus Loch,  
Florian Stauder, Michael Wolbring

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

F 2815

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

2012

ISBN 978-3-8167-8814-0

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)

## **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.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>2</b>
1.1	Vorbemerkung .....	2
1.2	Begründung des Forschungsprojekts .....	2
1.3	Projektbegleitung / Wissenschaftlicher Beirat .....	4
1.4	Bearbeitungsschwerpunkte .....	5
1.5	Danksagung .....	5
<b>2</b>	<b>Bauen im Bestand als Schwerpunkt an der TU Kaiserslautern .....</b>	<b>6</b>
2.1	Allgemein .....	6
2.2	Gremientätigkeit .....	6
2.3	Veröffentlichungen .....	6
2.4	Vorträge.....	8
<b>3</b>	<b>Grundlagen für das Konstruieren und Bemessen von Stahlbetonbauten im Bestand .....</b>	<b>10</b>
3.1	Einführung .....	10
3.2	Regelwerke.....	11
3.2.1	Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins.....	12
3.2.2	Hinweise der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz - ARGEBAU .....	13
3.2.3	Normen des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins – SIA.....	15
3.2.4	DB-Richtlinie .....	16
3.2.5	DAfStb-Richtlinie „Belastungsversuche an Massivbauwerken“ .....	16
3.2.6	Nachrechnungsrichtlinie Brückenbau.....	16
3.2.7	DIN EN 13791:2008.....	17
3.3	Strukturierte Erfassung häufiger Fehler beim Bauen im Bestand .....	21
3.3.1	Häufige Fehler bei der Bestandsaufnahme.....	22
3.3.2	Häufige Fehler bei der Planung .....	23
3.3.3	Häufige Fehler bei der Bauausführung .....	25
3.3.4	Ansätze für Verbesserungen.....	26
3.4	Bestandsaufnahme.....	27

---

<b>3.4.1</b>	<b>Allgemeine Anmerkungen</b> .....	<b>27</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Ermittlung der Bauteilgeometrie und der Tragstruktur</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Ermittlung des Zustandes der tragenden Bauteile, Ermittlung und Analyse von Schäden</b> .....	<b>30</b>
3.4.3.1	Vorbemerkungen.....	30
3.4.3.2	Visuelle Begutachtung.....	31
3.4.3.3	Zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP).....	32
3.4.3.4	Ausgewählte Untersuchungsverfahren zur Bauwerksuntersuchung.....	33
3.4.3.5	Ausgewählte Untersuchungsverfahren in der praktischen Anwendung.....	37
3.4.3.5.1	Bohrkernentnahmen zur Ermittlung von Materialkennwerten des Betons.....	37
3.4.3.5.2	Betondeckungsmessung / Bewehrungslokalisierung.....	39
3.4.3.5.3	Radarverfahren.....	41
3.4.3.5.4	Ultraschall-Verfahren.....	43
3.4.3.5.5	Impakt-Echo-Verfahren.....	44
3.4.3.5.6	Potentialfeldmessungen.....	45
3.4.3.5.7	Bestimmung der Bauteilfeuchte.....	47
3.4.3.5.8	Barkhausenrausch-Messungen.....	48
3.4.3.5.9	Bestimmung der Karbonatisierungstiefe.....	49
3.4.3.5.10	Elementzusammensetzung mit EDX-Analyse:.....	50
<b>3.4.4</b>	<b>Hinweise zu statischen und konstruktiven Problemen mit älteren Stahlbetonbauten</b> .....	<b>50</b>
3.4.4.1	Allgemeine Anmerkungen.....	50
3.4.4.2	Bewehrungsführung in Platten.....	50
3.4.4.3	Bewehrungsführung in Balken.....	51
3.4.4.4	Bewehrungsführung in Konsolen.....	52
3.4.4.5	Schäden durch Unwissenheit über die Bewehrungsführung.....	53
3.4.4.6	Schäden durch Fehlleistungen.....	53
3.4.4.7	Mögliche Schäden durch Unwissen über Konstruktion.....	53
<b>3.5</b>	<b>Bestimmung charakteristischer Werkstoffkennwerte</b> .....	<b>54</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Baustoffe</b> .....	<b>54</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Bewertung nach Norm</b> .....	<b>55</b>
3.5.2.1	Beton.....	55
3.5.2.2	Betonstahl.....	62
3.5.2.3	Spannstahl.....	71
<b>3.5.3</b>	<b>Bestimmung charakteristischer Materialkennwerte durch Bauwerksuntersuchungen</b> .....	<b>75</b>
3.5.3.1	Allgemeines.....	75
3.5.3.2	Hinweise zu Werkstoffuntersuchungen.....	75

3.5.3.3	Statistische Auswertung von Versuchsergebnissen .....	77
3.5.3.4	Charakteristische Betondruckfestigkeiten.....	82
3.5.3.5	Charakteristische Betonstahleigenschaften.....	86
<b>3.6</b>	<b>Bemessung von Bestandstragwerken .....</b>	<b>87</b>
3.6.1	Regeln.....	87
3.6.2	Probebelastungen.....	87
3.6.3	Querkraftbemessung .....	88
3.6.4	Anwendungen in Sonderfällen.....	89
3.6.4.1	Allgemeine Anmerkungen .....	89
3.6.4.2	Alte Rippendecken.....	90
3.6.4.3	Umbau von Fertigteilkonstruktionen.....	91
<b>3.7</b>	<b>Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten beim Bauen im Bestand .....</b>	<b>92</b>
3.7.1	Bemessung von Bestandstragwerken .....	92
3.7.2	Nachrechnung bestehender Tragwerke ohne zusätzliche Informationen aus einer Bestandsaufnahme.....	92
3.7.3	Nachrechnung bestehender Tragwerke mit zusätzlichen Informationen aus einer Bestandsaufnahme.....	93
3.7.4	Bewertung der Zuverlässigkeit .....	94
3.7.4.1	Zuverlässigkeit hinsichtlich Biegezugversagen.....	94
3.7.4.2	Zuverlässigkeit bei Querkraftbeanspruchung.....	96
3.7.4.2.1	Versagensart $V_{Rd,ct}$ .....	96
3.7.4.2.2	Versagensart $V_{Rd,sy}$ .....	97
3.7.4.2.3	Versagensart $V_{Rd,max}$ .....	98
3.7.4.3	Zuverlässigkeit bei Durchstanzen.....	99
3.7.4.4	Zuverlässigkeit zentrisch gedrückter Bauteile.....	99
3.7.4.5	Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....	102
<b>3.7.5</b>	<b>Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte.....</b>	<b>104</b>
3.7.5.1	Einführung.....	104
3.7.5.2	Optimierung von Teilsicherheitsbeiwerten .....	105
3.7.5.2.1	Allgemeines.....	105
3.7.5.2.2	Vereinfachtes Verfahren nach DIN 1055-100 .....	106
3.7.5.2.3	Lösungsansatz zur Bestimmung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte .....	109
3.7.5.2.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Biegezugversagen .....	113
3.7.5.2.4.1	Variation des Materialsicherheitsbeiwertes $\gamma_c$ .....	114
3.7.5.2.4.2	Variation des Materialsicherheitsbeiwertes $\gamma_s$ .....	117
3.7.5.2.4.3	Erkenntnisse aus den Untersuchungen für Biegezugversagen.....	120

3.7.5.2.5	Querkraftnachweis bei nicht querkraftbewehrten Bauteilen .....	120
3.7.5.2.5.1	Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_c$ für nicht querkraftbewehrte Bauteile.....	121
3.7.5.2.6	Querkraftnachweis bei querkraftbewehrten Bauteilen .....	123
3.7.5.2.6.1	Variation der Sicherheitsbeiwerte $\gamma_s$ für den Zugstrebenachweis.....	123
3.7.5.2.6.2	Variation der Sicherheitsbeiwerte $\gamma_c$ für den Druckstrebenachweis.....	127
3.7.5.2.7	Teilsicherheitsfaktoren für Durchstanzen.....	131
3.7.5.2.7.1	Durchstanzen bei nicht querkraftbewehrten Bauteilen .....	132
3.7.5.2.7.2	Durchstanzen bei querkraftbewehrten Stahlbetonbauteilen .....	134
3.7.5.2.8	Teilsicherheitsbeiwerte bewehrter, zentrisch gedrückter Querschnitte .....	142
3.7.5.2.8.1	Variation des Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_c$ .....	143
3.7.5.2.8.2	Variation des Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_s$ .....	149
3.7.5.2.8.3	Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_c$ und $\gamma_s$ .....	150
3.7.5.2.8.4	Ergebnisse der Parameterstudien zentrisch gedrückter Querschnitte .....	154
3.7.5.2.9	Teilsicherheitsbeiwerte für unbewehrte Bauteile .....	155
3.7.5.2.9.1	Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_c$ für zentrisch gedrückte Bauteile .....	155
3.7.5.2.9.2	Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_c$ für unbewehrte Biegebauteile.....	158
3.7.5.2.9.3	Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_c$ für querkraftbeanspruchte unbewehrte Bauteile .....	161
3.7.5.3	Berücksichtigung von Monitoringmaßnahmen.....	164
3.7.5.4	Berücksichtigung einer Restnutzungsdauer .....	165
3.7.5.5	Ausweisung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte .....	166
3.7.5.5.1	Teilsicherheitsbeiwerte für zentrisch beanspruchte Stahlbetondruckglieder .....	167
3.7.5.5.2	Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Biegezugversagen.....	172
3.7.5.5.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Querkraftversagen nicht querkraftbewehrter Bauteile	174
3.7.5.5.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Querkraftversagen querkraftbewehrter Stahlbetonbauteile .....	175
3.7.5.5.5	Teilsicherheitsbeiwerte für Durchstanzen bei Bauteilen ohne Querkraftbewehrung .....	176
3.7.5.5.6	Teilsicherheitsbeiwerte für Durchstanzen querkraftbewehrter Bauteile.....	177
3.7.5.5.7	Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für unbewehrte Biegebauteile.....	179
3.7.5.5.8	Teilsicherheitsbeiwerte unbewehrter, querkraftbeanspruchter Bauteile .....	180
3.7.5.5.9	Teilsicherheitsbeiwerte für zentrisch gedrückte, unbewehrte Bauteile .....	181
3.7.5.6	Bestimmung des Übertragungsfaktors $\gamma_{TF}$ .....	181
3.7.5.7	Nachweisführung mit modifizierten Teilsicherheitsbeiwerten .....	183
3.7.5.8	Optimierte Sensitivitätsfaktoren.....	184
3.7.5.9	Zusammenfassung.....	186

---

<b>4</b>	<b>Hintergründe der Bewehrungs- und Konstruktionsregeln .....</b>	<b>192</b>
4.1	Historische Entwicklung der zentralen Bemessungsnorm DIN 1045.....	192
4.2	Betondeckung.....	193
4.3	Biegerollendurchmesser .....	193
4.4	Hin- und Zurückbiegen.....	199
4.5	Mindeststababstände von Betonstählen.....	204
4.6	Verankerung der Längsbewehrung .....	206
4.6.1	Verankerungsarten .....	206
4.6.2	Verankerungslänge.....	212
4.7	Verbundbedingungen für Betonstähle.....	221
4.8	Verbundspannung .....	224
4.9	Biegebeanspruchte Bauteile.....	230
4.9.1	Bemessungsgrundlagen .....	230
4.9.2	Mindestbewehrung zur Rissbreitenbegrenzung .....	231
4.10	Balken und Plattenbalken .....	238
4.10.1	Mindestanforderungen .....	238
4.10.2	Anschluss der Plattengurte.....	238
4.10.3	Zugkraftdeckung.....	241
4.10.4	Querkraftbewehrung.....	252
4.11	Rahmenecken .....	257
4.12	Vollplatten aus Ortbeton .....	260
4.12.1	Mindestplattendicke.....	260
4.12.2	Mindestauflagertiefe .....	261
4.12.3	Schlankheitsverhältnis .....	261
4.12.4	Zugkraftdeckung.....	263
4.12.5	Querbewehrung für einachsig gespannte Platten .....	264
4.13	Stützen .....	264
4.13.1	Mindest- und Höchstbewehrung.....	264
4.13.2	Bügelbewehrung.....	266
4.14	Zusammenfassung der Konstruktionsregeln verschiedener Normengenerationen.....	270
4.14.1	1904 - 1916 (Preußen) .....	274



---

4.14.2	1916 - 1925.....	275
4.14.3	1925 - 1932.....	276
4.14.4	1932 - 1937.....	277
4.14.5	1937 - 1943.....	279
4.14.6	1943 - 1959.....	280
4.14.7	1959 - 1972.....	281
4.14.8	1972 - 1978.....	282
4.14.9	1978 - 1988.....	283
4.14.10	1988 - 2001.....	284
<b>5</b>	<b>Tragfähigkeit von Rippendecken (Herstellzeitraum bis 1960) .....</b>	<b>285</b>
5.1	Querkrafttragfähigkeit von Rippendecken bis 1960.....	285
5.2	Experimentelle „in-situ“ Versuche der TU Kaiserslautern.....	287
5.3	Experimentelle Untersuchungen an der TU Kaiserslautern .....	289
5.3.1	Versuchsprogramm .....	289
5.3.2	Herstellung der Versuchskörper.....	290
5.3.3	Versuchsdurchführung .....	293
5.3.3.1	Betonprüfungen.....	293
5.3.3.2	Stahlprüfungen.....	293
5.3.4	Versuchsdurchführung .....	295
5.3.4.1	Versuchsreihe A.....	295
5.3.4.2	Versuchsreihe B.....	297
5.3.5	Zusammenstellung der erreichten Taglasten in den Versuchen.....	297
5.3.6	Vergleich der Versuchsergebnisse mit berechneten Bruchlasten nach [DIN 1045-1:2008].....	298
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>302</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>303</b>