

Heftreihe

**DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.**

24

Begründung eines reduzierten  
Zuverlässigkeitsindexes und modifizierter  
Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetontragwerke  
im Bestand



**Bau  
Kompetenz  
im Dialog**

**DEUTSCHER BETON- UND  
BAUTECHNIK-VEREIN E.V.**

DBV-Heft 24 „Begründung eines reduzierten Zuverlässigkeitsindex und modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetontragwerke im Bestand“

© Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin 2014

Redaktion: Dr.-Ing. Frank Fingerloos

Herausgeber: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.  
Kurfürstenstraße 129  
10785 Berlin  
info@betonverein.de  
www.betonverein.de

Verlag: Eigenverlag

Druck: Druckerei Chmielorz GmbH, 65205 Wiesbaden

Titelbild/Quelle: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell

Hinweis: Für den Inhalt dieses Heftes sind die Autoren allein verantwortlich. Die Autorenbeiträge spiegeln daher nicht unbedingt die Auffassung des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins E. V. (DBV) wider. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte sowie die Anwendbarkeit etwaiger Erkenntnisse und Empfehlungen, die sich aus dem Heft ergeben oder ableiten lassen, übernimmt der DBV keinerlei Haftung oder Gewährleistung. Von etwaigen Ansprüchen Dritter ist der DBV freizustellen.



# **Begründung eines reduzierten Zuverlässigkeitsindexes und modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetontragwerke im Bestand**

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

# Vorwort

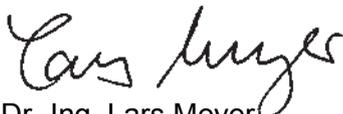
Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein E.V. hat zur besonderen Bauaufgabe „Bauen im Bestand“ eine Rubrik in seiner Merkblattsammlung aufgelegt, die sich mit den Merkblättern „Leitfaden“, „Bauwerksbuch“, „Brandschutz“, „Beton und Betonstahl“ und „Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetonbauteile“ verschiedenen Aspekten dieses Themas widmet. Ein Schwerpunkt dabei sind spezifische Fragen der Tragwerksplanung in Bezug auf die Standicherheit älterer Betonkonstruktionen.

Wenn bestehende Tragwerke nicht mehr auf der Grundlage historischer Regelwerke nachgewiesen werden dürfen oder können, müssen auch diese auf der Grundlage moderner Nachweisverfahren mit dem bauaufsichtlich eingeführten semiprobabilistischen Sicherheitskonzept beurteilt werden. Hierfür sind angepasste charakteristische Materialkennwerte der historischen Baustoffe und zweckmäßige Teilsicherheitsbeiwerte erforderlich. Im Unterschied zu geplanten, in der Zukunft entstehenden Neubauten, haben sich bei bestehenden Tragwerken mögliche Fehler in der Planung und Abweichungen in der Bauausführung schon weitgehend materialisiert. Diese lassen sich somit detektieren oder messen. Mit Hilfe dieser festgestellten zusätzlichen Informationen zur Schadensfreiheit sowie zu den tatsächlich am Bauteil erreichten Baustoffeigenschaften und Abmessungen können Anpassungen des Zuverlässigkeitsindex und der Teilsicherheitsbeiwerte für Bestandstragwerke gegenüber den Werten für neue Tragwerke gerechtfertigt werden.

Das DBV-Merkblatt „Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetonbauteile“ enthält pragmatische Werte in praxisnaher und komprimierter Form, die eine wirtschaftliche und nachhaltige Nachrechnung solcher Bestandsbauteile erlauben. Um die Hintergründe unter Würdigung nationaler und internationaler Ideen und Literaturen hierzu ausführlicher aufzubereiten, wurde ein DBV-Forschungsvorhaben initiiert, dessen Ergebnisse mit diesem Heft vorgelegt werden. Dabei werden die allgemeinen Grundlagen für mögliche Anpassungen des Sicherheitskonzeptes im Bestand und die relativ konservativen Annahmen für die im Merkblatt modifizierten Werte erläutert. Weiterführende Modifikationsansätze zeigen Wege auf, im Einzelfall noch differenziertere Anpassungen im Sicherheitskonzept vornehmen zu können.

Das vorliegende Heft soll den interessierten Ingenieuren eine wirkliche Hilfe beim Verständnis der Zusammenhänge im aktuellen Sicherheitskonzept der modernen Normengeneration sein und verschiedene Wege zur zweckmäßigen Anpassung dieses Konzeptes auf Bestandstragwerke aufzeigen.

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.



Dr.-Ing. Lars Meyer  
Geschäftsführer



Dr.-Ing. Frank Fingerloos  
Leiter Bautechnik

# Inhaltsverzeichnis

Autorenverzeichnis .....	V
1 Einleitung .....	1
1.1 Einführung .....	1
1.2 Vorgehensweise .....	2
1.3 Zielstellung .....	2
2 Theoretische Grundlagen zur Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für das Bauen im Bestand .....	3
3 Geschichtliche Entwicklung des Sicherheitskonzeptes im Bauwesen .....	5
4 Grundlagen des Sicherheitskonzeptes nach Eurocode DIN EN 1990 .....	7
4.1 Geplante Nutzungsdauer .....	7
4.2 Bemessungswerte der Bauteilwiderstände .....	7
4.3 Anhang B: Behandlung der Zuverlässigkeit im Bauwesen .....	9
4.3.1 Gesellschaftlicher Konsens .....	9
4.3.2 Schadensfolgekassen .....	9
4.3.3 Zuverlässigkeitsklassen .....	10
4.4 Anhang C: Grundlagen für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten und die Zuverlässigkeitsanalyse .....	11
4.4.1 Allgemeines .....	11
4.4.2 Zuverlässigkeitsmethoden im Überblick .....	11
4.4.3 Zuverlässigkeitsindex $\beta$ .....	12
4.4.4 Zielwerte des Zuverlässigkeitsindex .....	12
4.4.5 Kalibration der Bemessungswerte .....	14
4.4.6 Beziehungen zwischen Teilsicherheitsbeiwerten nach Eurocode DIN EN 1990 .....	16
5 Normen, Richtlinien und Merkblätter zum Umgang mit bestehender Bausubstanz ....	17
5.1 Einführung .....	17
5.2 ISO 2394: General principles on reliability for structures .....	17
5.3 ISO 13822: Bases for design of structures – Assessment of existing structures .....	19
5.4 SIA 269: Erhaltung von Tragwerken (Schweiz) .....	20
5.5 NEN 8700 und 8701: Assessment of existing structures in case of reconstruction and disapproval (Niederlande) .....	21
5.6 ONR 24009: Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Hochbauten (Österreich) ....	24
5.7 GruSiBau: Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen .....	25
5.8 Hinweise der ARGEBAU .....	26
5.9 VDI-Richtlinie 6200: Standsicherheit von Bauwerken – Regelmäßige Überprüfung ...	27
5.10 BMVBS: Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand .....	28
5.11 DB-Ril-805: Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken .....	30

5.12	DAfStb-Heft 467: Sachstandbericht Verstärken von Betonbauteilen .....	31
5.13	DAfStb-Richtlinie: Belastungsversuche an Betonbauwerken .....	32
5.14	Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins .....	33
5.15	Joint Committee on Structural Safety .....	34
5.16	Gegenüberstellung und Bewertung bestehender Dokumente .....	35
6	Aspekte zur Bestimmung eines angepassten Zielzuverlässigkeitsindex für das Bauen im Bestand .....	41
6.1	Allgemeines .....	41
6.2	Einfluss des Bauwerksalters – Ausfallrate .....	41
6.3	Einfluss von Fehlern auf die Versagenswahrscheinlichkeit .....	42
6.4	Einfluss der Restnutzungsdauer .....	46
6.5	Vorschlag eines reduzierten Zuverlässigkeitsindex für das Bauen im Bestand .....	50
7	Ansätze zur Ermittlung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte .....	51
7.1	Einführung .....	51
7.2	Grundlagen .....	52
7.3	Aufarbeitung und Bewertung internationaler Veröffentlichungen und Fachberichte ...	53
7.4	Reduktion des Zuverlässigkeitsindex $\beta$ .....	55
7.5	Berücksichtigung angepasster Modellunsicherheitsfaktoren .....	56
7.6	Berücksichtigung angepasster Variationskoeffizienten .....	56
7.7	Berücksichtigung des Umrechnungsbeiwertes $\eta$ .....	58
8	Ableitung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte auf semiprobabilistischer Basis .....	61
8.1	Begründung von Teilsicherheitsbeiwerten .....	61
8.2	Vereinfachte Bestimmung der Bemessungswerte .....	61
8.3	Sicherheitselemente für Materialfestigkeiten .....	63
8.3.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Betonfestigkeiten .....	64
8.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte für die Festigkeit von Betonstahl .....	65
8.4	Sicherheitselemente für Einwirkungen .....	66
8.4.1	Ständige Einwirkungen .....	66
8.4.2	Veränderliche Einwirkungen, Extremwertverteilungen .....	67
8.4.3	Nutzlasten .....	68
8.4.4	Ansätze für klimatische Einwirkungen .....	69
8.4.5	Windlasten .....	71
8.4.6	Schneelasten .....	73
8.4.7	Betrachtung unterschiedlicher Bezugszeiträume .....	74
8.5	Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten .....	76
8.5.1	Nachweiskonzept 1a für Bestandsbauten .....	76
8.5.2	Nachweiskonzept 1 b für Bestandsbauten .....	79
9	Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DBV-Merkblatt „Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetonbauteile“ .....	83
9.1	Einführung .....	83
9.2	Kalibration der Teilsicherheitsbeiwerte für den Werkstoff Beton .....	85
9.3	Kalibration der Teilsicherheitsbeiwerte für den Werkstoff Betonstahl .....	87

10	Ableitung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte auf Basis einer probabilistischen Analyse nach FORM .....	90
10.1	Einführung .....	90
10.2	Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM) .....	90
10.3	Bestimmung des Bemessungspunktes (Nachweiskonzept 2) .....	91
10.4	Bestimmung von Teilsicherheitsbeiwerten nach dem <i>R-G-Q</i> -Modell für vorgegebene Zuverlässigkeitsindizes $\beta$ .....	93
10.4.1	Ständige Lasten und Nutzlasten kombiniert mit Betonwiderstand .....	95
10.4.2	Ständige Lasten und Nutzlasten kombiniert mit Betonstahlwiderstand .....	97
10.4.3	Ständige Lasten und Windlasten kombiniert mit Betonwiderstand .....	99
10.4.4	Ständige Lasten und Windlasten kombiniert mit Betonstahlwiderstand .....	101
10.4.5	Ständige Lasten und Schneelasten kombiniert mit Betonwiderstand .....	103
10.4.6	Ständige Lasten und Schneelasten kombiniert mit Betonstahlwiderstand .....	105
10.4.7	Zusammenfassung .....	107
10.5	Bestimmung der Zuverlässigkeitsindizes $\beta$ nach dem <i>R-G-Q</i> -Modell mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach DBV-Merkblatt .....	110
10.5.1	Ständige Lasten und Nutzlasten kombiniert mit Betonwiderstand .....	111
10.5.2	Ständige Lasten und Nutzlasten kombiniert mit Betonstahlwiderstand .....	113
10.5.3	Ständige Lasten und Windlasten kombiniert mit Betonwiderstand .....	115
10.5.4	Ständige Lasten und Windlasten kombiniert mit Betonstahlwiderstand .....	118
10.5.5	Ständige Lasten und Schneelasten kombiniert mit Betonwiderstand .....	121
10.5.6	Ständige Lasten und Schneelasten kombiniert mit Betonstahlwiderstand .....	123
10.6	Ergebnisse .....	124
10.6.1	Betondruckfestigkeit .....	124
10.6.2	Betonstahlstreckgrenze .....	125
11	Ableitung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte auf probabilistischer Basis (FORM) in Abhängigkeit von der Nachweisgleichung .....	126
11.1	Lösungsansatz zur Bestimmung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte .....	126
11.2	Ergebnisse der probabilistischen Querschnittsanalysen .....	128
11.2.1	Bewehrte Biegebauteile, Druckstrebennachweis $V_{Rd,max}$ .....	129
11.2.2	Unbewehrte Bauteile, Nachweis Biegung mit Längskraft .....	129
11.2.3	Unbewehrte Bauteile, Nachweis für zentrischen Druck und für Querkraft .....	130
11.2.4	Nachweis zentrisch gedrückter, nicht stabilitätsgefährdeter Bauteile .....	132
12	Zusammenfassung .....	134
	Schrifttum .....	136