

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 Schadensfolgeklassen	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 β	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 β	55
7.5	Berücksichtigung angepasster Modellunsicherheitsfaktoren	56
7.6	Berücksichtigung angepasster Variationskoeffizienten	56
7.7	Berücksichtigung des Umrechnungsbeiwertes η	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 β	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 β 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, Druckstrebenachweis $V_{Rd,max}$	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