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 Zuverlässigkeitsindexes 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.

Bau
Kompetenz
im Dialog

DEUTSCHER BETON- UND
BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

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 Standsicherheit 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 Zuverlässigkeitsindexes 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 Zuverlässigkeitsindexes 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 Zielzuverlässigkeitsindexes 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 Zuverlässigkeitsindexes 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 Zuverlässigkeitsindexes 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 *R*-*G*-*Q*-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 *R*-*G*-*Q*-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