

ÖNORM B4008-2

Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke – Teil 2: Brückenbau



**FH-Prof. DI Dr. Markus Vill,
FH-Campus Wien - FG Brückenbau und Betonbau**

Die ÖNORM B4008-2: Hintergrund und Ziele

- Regelt die Bewertung von bestehenden **Straßen- und Eisenbahnbrücken** und sonstigen Ingenieurbauwerken im **Zuge von Verkehrswegen**
- Eurocodes für die **Neubauten entwickelt (100 Jahre)**
- Grundlage: **Brückenprüfung nach RVS** (Straße) oder Instandhaltungsplan (Schiene)
- Bauwerke sollen über **Restlebensdauer zielsicher** genutzt werden können;
Zuverlässigkeitsniveau EN 1990 muss eingehalten sein
- Praxisgerechte und **einheitliche Vorgehensweise** für Infrastrukturbetreiber und Ingenieurbüros soll gegeben werden
- Vergleichbarkeit von Ergebnissen und Einstufung der Bauwerke

Ersatz für ONR 24008:2014 – Wesentliche Änderungen

- Erweiterung auf gleichartige Ingenieurbauwerke im Zuge von Verkehrswegen wie z. B. Durchlässe, Stützbauwerke, Tunnel in offener Bauweise und Schutzbauwerke
- Anwendungsbereich und Abgrenzung zu ÖNORM B4008-1
- Überarbeitung von Abschnitt 4.3 (Umgang bei Änderungen von technischen Regelwerken)
- Anhang C: ergänzender Nachweis von Querkraft und Torsion bestehender Stahlbeton- und Spannbetontragwerke
- Anhang D: nachvollziehbares einfaches Beispiel einer probabilistischen Berechnung
- Anhang I: Militärische Lastklassen auf Basis der vom österreichischen Bundesheer für die Einstufung von Bestandsbrücken verwendeten eigenen Lastmodelle

Vertrauensgrundsatz

Bewertung der Tragfähigkeit von Brücken:

- Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass das Bauwerk nach den zum Zeitpunkt der Errichtung geltenden Regeln geplant und ausgeführt wurde, sofern keine gegenteiligen Hinweise bekannt sind
- Besteht hinsichtlich der Quantifizierung von Einflussgrößen oder Risiken eine grobe Unsicherheit (z.B. technologische Kennwerte, Bruchverhalten von Baustoffen bzw. einwirkende Kräfte aus Erddruck), sind ergänzende Untersuchungen anzustellen
- **Voraussetzung: Regelmäßige Inspektion hinsichtlich statisch relevanter Schäden**

Notwendigkeit der Bewertung - Beispiele

- Feststellung von statisch relevanten Schäden (z.B. Risse, Verformungen, Korrosion)
- Eingriffe in die Tragstruktur (z.B. Ertüchtigung)
- Erhöhung der Einwirkungen
- Bei Nutzungsänderungen
- nach außergewöhnlichen Ereignissen
- Auftreten neuer Kenntnisse, die Tragfähigkeit betreffend, sofern in Neufassung der Regelwerke angegeben



- Erhaltungszustand in Ordnung und keine Änderungen
 - keine Nachrechnung erforderlich!

Entscheidung

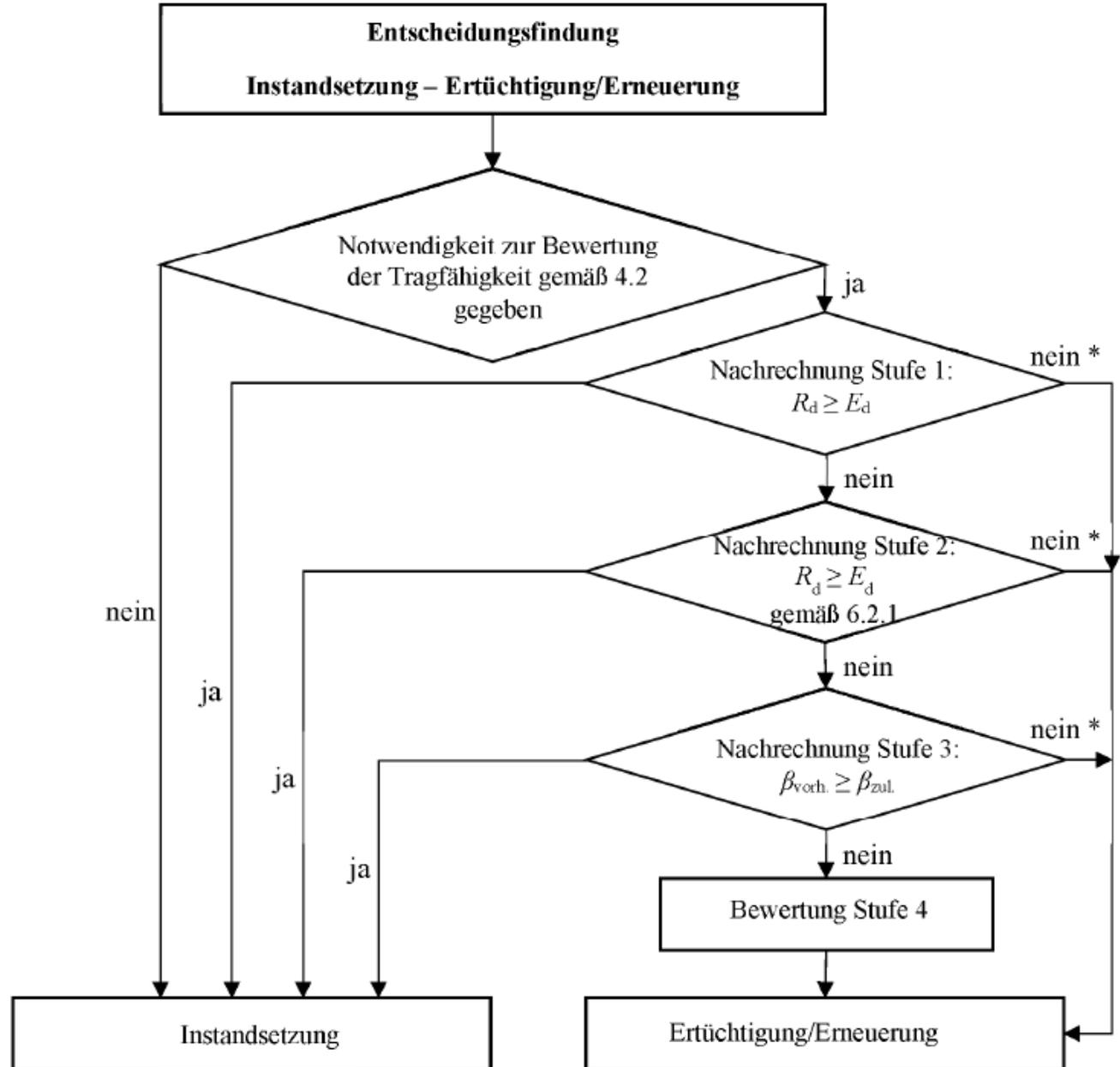
Kapitel 6.2.1:

Straßenbrücken:

80% von gr1a gr1b und gr2

Eisenbahnbrücken:

LM71 $\alpha = 1,0$ oder
Betriebslastenzug

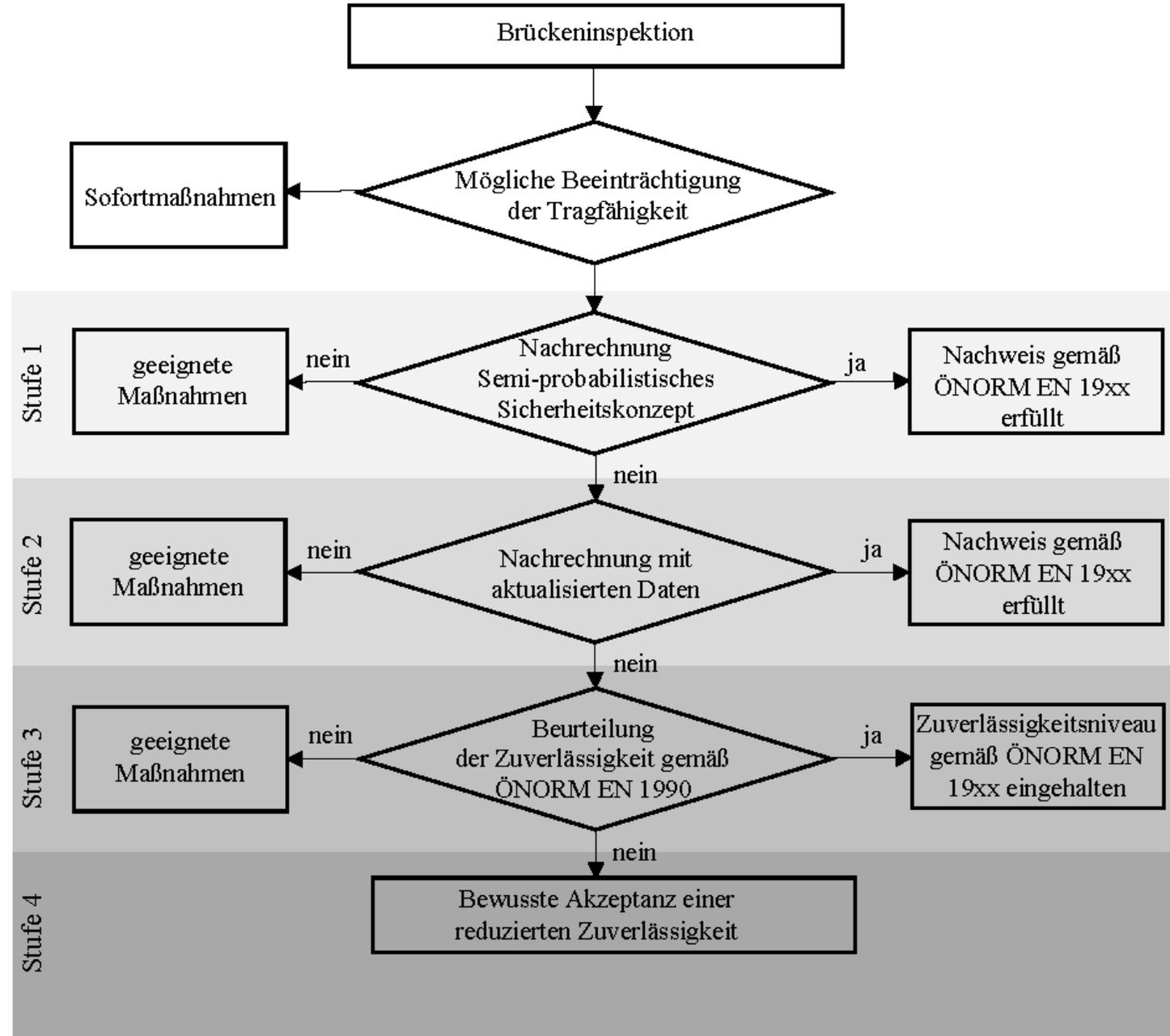


Grundlage der Bewertung – Zustandsaufnahme

- Abmessungen der Tragstruktur
- Verwendete Baustoffe inklusive Eigenschaften
- Mängel und Schäden zum Untersuchungszeitpunkt
- Berechnung auf Basis der Nennwerte der Querschnittsabmessungen (Voraussetzung: Pläne und Check am Bauwerk); gilt auch bei Schäden (Querschnittsminderungen)
- Materialkennwerte auf Basis Pläne oder am Bauwerk

ÖNORM B4008-2

Stufen der Bewertung



Nachrechnung der Tragfähigkeit – schrittweises Vorgehen

- Start mit einfachen Modellen
- Interaktion zwischen Modellgenauigkeit und Datenerhebung
z.B. Korrosion: Beurteilung des Grades der Querschnittsminderung
- Ausnutzung von Umlagerungsmöglichkeiten (auch in den einfachen Betrachtungen, z.B. Rahmenwirkungen)
- Reduktion des Lastansatzes
- Anwendung höherwertiger Rechenmodelle (Strukturmodellierung)
gemäß B4008-2

Prüffähige Dokumentation der Nachrechnung

- Prüfgegenstand und Prüfumfang
- gewählte Stufe der Bewertung
- geometrische und konstruktive Grundlagen
- gewählte Materialkennwerte
- Lage allfälliger Probenentnahmen
- verwendete Normen und spezielle wissenschaftliche Literatur
- Empfehlung von Maßnahmen (optional)
 - sichernde Sofortmaßnahmen
 - weitere detailliertere Untersuchungen
 - Reparatur- und Instandsetzungsmaßnahmen
 - Überwachungsmaßnahmen
 - Verstärkungen bzw. Ersatz des Tragwerks oder von Tragwerksteilen

Nachrechnung nach Stufe 1

1. Berechnung und Einstufung des Tragwerks nach dem letztgültigen Normenstand nach ÖNORM EN 19XX
2. Erfüllung der Bedingungen $E_d < R_d$

Bauwerk erfüllt das derzeit geforderte Zuverlässigkeitsniveau für Neubauten

Nachrechnung nach Stufe 2

1. Einwirkungen

Reduktion der Teilsicherheitsbeiwerte, z.B. für ständige Lasten (Messungen)

2. Widerstände

Berücksichtigung der Ergebnisse von Materialuntersuchungen (z.B.

Nacherhärtung Beton, etc.)

3. Nachweisführung

Berücksichtigung definierter Schwertransporte

4. Erfüllung der Bedingung $E_d < R_d$

Zuverlässigkeitsniveau gem. EN 1990 eingehalten

Erfassung von Reserven

Nachrechnung von Bestandsobjekten erfordert in der Regel gegenüber der Neuberechnung eine **erheblich wirklichkeitsnähere Modellierung** des Tragverhaltens, **stellt höhere Genauigkeitsansprüche** und verlangt Nachweisführungen mit **meist höherem Berechnungsaufwand** zur Aktivierung von Tragreserven

- Einwirkungsseite
- Widerstandsseite inkl. Modellbildung
- Sicherheitskonzept

Erfassung Tragreserven - Einwirkungsseite

- Verkehr von Betriebsfahrzeugen (Eisenbahnverkehr) und Sondertransporten (Straßenverkehr), verknüpft mit einem für diese Fahrzeuge gültigen dynamischen Beiwert, anstelle der Normfahrzeuge
- Herabsetzung der Geschwindigkeit und damit Reduktion der dynamischen Beiwerte
- Vorschreibung definierter Fahrwege auf Brücken, z. B. nur zentrisches Befahren der Brücke in Längsrichtung als Einzelfahrzeug
- Lastausbreitung von Einzellasten
- Reihungsbeschränkungen von Fahrzeugen
- Verkehrslasteinschränkungen

Tragreserven Widerstandsseite + Modellbildung

- Feststellung der tatsächlichen Materialeigenschaften des Tragwerkes
- Verwendung von elastoplastischen Modellen für den Querschnittswiderstand anstatt linear elastischer Modelle (nicht anwendbar für den Ermüdungsnachweis sowie für den Nachweis der Spannungsbegrenzung)
- Verwendung von realitätsnäheren Modellen als in der Originalstatik

Stufe 2: Reduktion Teilsicherheitsbeiwerte

Beispiel: Ständige Lasten

| Teilsicherheitsbeiwert | | | Voraussetzung |
|--|---|-------------------|---|
| für ständige Einwirkungen γ_G | für Eigenlasten des Tragwerkes, dauerhaft wirkend; für bestehende ständige Auflasten (Belag, Randleiste u. dgl.) | 1,20 ^a | Tatsächlich am Bauwerk festgestellte Abmessungen sind der Ermittlung der Belastung zugrunde zu legen. Sollte nicht mit den tatsächlich am Bauwerk festgestellten Abmessungen gerechnet werden, ist der Teilsicherheitsbeiwert gemäß Eurocode zu verwenden. |
| | nicht dauerhaft wirkend, nicht der Konstruktion primär zugehörige Teile (z. B. Überschüttung, Schotterbett) | 1,30 ^a | Die tatsächlich ermittelten Abmessungen werden der Berechnung zugrunde gelegt und es muss sichergestellt werden, dass diese nicht zunehmen ^b . |
| | für ständige Einwirkungen aus geplanten Maßnahmen bei Instandsetzungen bzw. Ertüchtigungen (z. B. Aufbeton) | 1,35 | |
| ^a bei günstiger Auswirkung: 1,0 ^b Die gemäß ÖNORM EN 1991-1-1:2011, Abschnitt 5.2.3 und ÖNORM B 1991-1-1:2017, Abschnitt 7.2 vorgesehene Abweichung von $\pm 30\%$ von der Regeldicke des Schotterbettes (55 cm) muss nicht berücksichtigt zu werden. | | | |

Nachrechnung nach Stufe 1 + 2

(semiprobabilistisches Konzept)

- Basiert auf Normen und Richtlinien für Brücken im Neubau
 - Entwurfsnormen (z.B. Eurocodes)
- Generalisierung
 - Teilsicherheitsbeiwerte
 - Lastmodelle
 - verschiedenste Brückentypen
- Vorteil
 - wirtschaftlich für den Entwurf
 - relativ einfach in der Anwendung
- Nachteil
 - für die Beurteilung einer bestehenden Brücke meist unwirtschaftlich oder nicht anwendbar, da kürzere Restlebensdauer als bei Neubau

Nachrechnung nach Stufe 3

(Probabilistisches Konzept)

Problem:

- Stufe 1 und 2 „gehen sich nicht aus“
- Ungenügende Tragfähigkeit einer bestehenden Brücke
 - Verkehrslasterhöhung
 - zeitbedingte Schädigungen an den Materialien
- Beschränkte Mittel für die Instandsetzung

Lösung:

- Bestehende Brücke muss nicht alle Forderungen einer Entwurfsnorm erfüllen
- Generelles Zuverlässigkeitsniveau des Eurocode 0 **muss** aber eingehalten sein

Nachrechnung nach Stufe 3

Motivation:

- Kostenreduktion für Instandsetzung und Erneuerung
- Sicherheitsniveau der Normen wird nicht unterschritten

Methode:

- Bestimmung der „tatsächlichen“ Tragfähigkeit
 - wirklichkeitsnahe Modelle
 - Zuverlässigkeitsanalyse
- Probabilistische Beurteilung unter Berücksichtigung der spezifischen Brücke
 - Lastmodell
 - Widerstandsmodell

Brückenspezifische „Norm“

Normativer Hintergrund

ÖNORM EN 1990 - Zuverlässigkeitsanforderungen

Bezugszeitraum: 1 Jahr

| Schadensfolgeklasse Konsequenz eines Versagens | Zuverlässigkeits- klasse | Zuverlässigkeits- anforderung |
|--|-----------------------------|--|
| <p>CC 1</p> <p>Niedrige Folgen für Menschenleben <u>und</u> keine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen</p> | RC 1 | $p_f \leq 10^{-5}$ $\beta \geq 4,2$ |
| <p>CC 2</p> <p>Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen</p> | RC 2 | $p_f \leq 10^{-6}$ $\beta \geq 4,7$ |
| <p>CC 3</p> <p>Hohe Folgen für Menschenleben und sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen</p> | RC 3 | $p_f \leq 10^{-7}$ $\beta \geq 5,2$ |

Ablauf Stufe 3

1. Einwirkungen

Lastmodell basierend auf dem tatsächlichen Verkehr

2. Widerstände

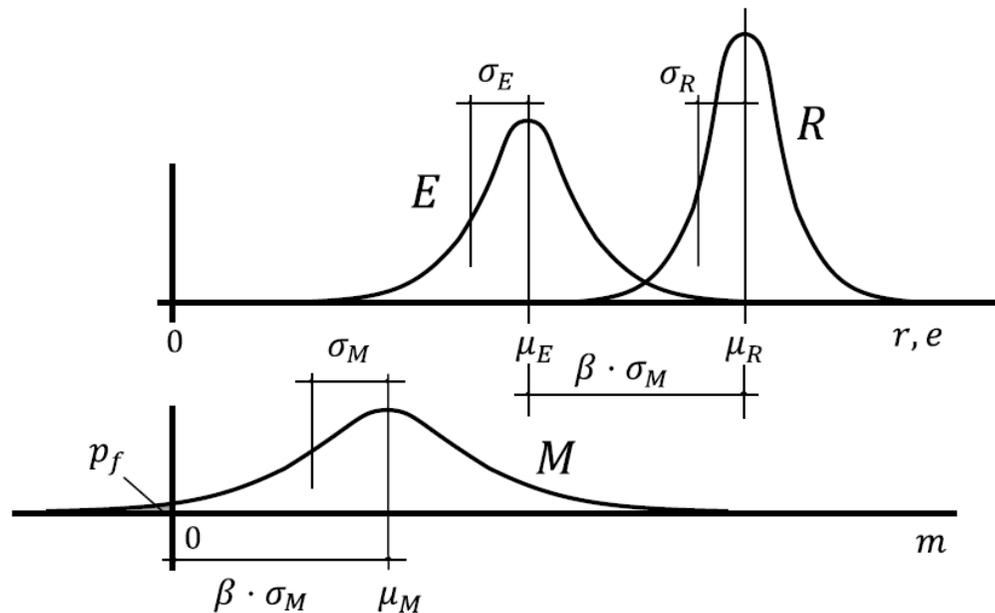
Direkte Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Brückenprüfung, z.B. mittlere Betondruckfestigkeit und Streuung (keine Umrechnung der Baustoffkennwerte auf Bemessungswerte erforderlich)

3. Bestimmung des maßgebenden Grenzzustands

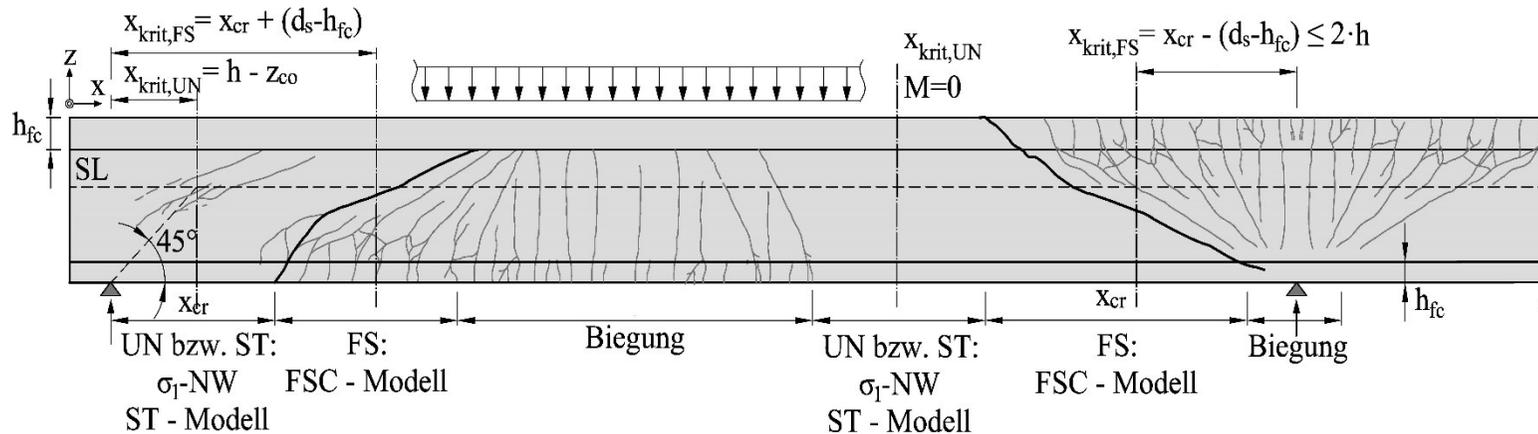
4. Erfüllung der Bedingung $P_{f,vorh} < P_{f,erf}$

Anhang D (informativ) – Beispiel Probabilistik

- Grundlagen: ÖNORM EN 1990 und JCSS Probabilistic Model Code
- Grenzzustandsfunktion - Beispiel mit zwei Variablen
- Projekt „SAFEBRIDGE“ Boku, TU Brunn



Beispiel: Anhang C - Erweiterte Querkraftmodelle auf Basis von Versuchen



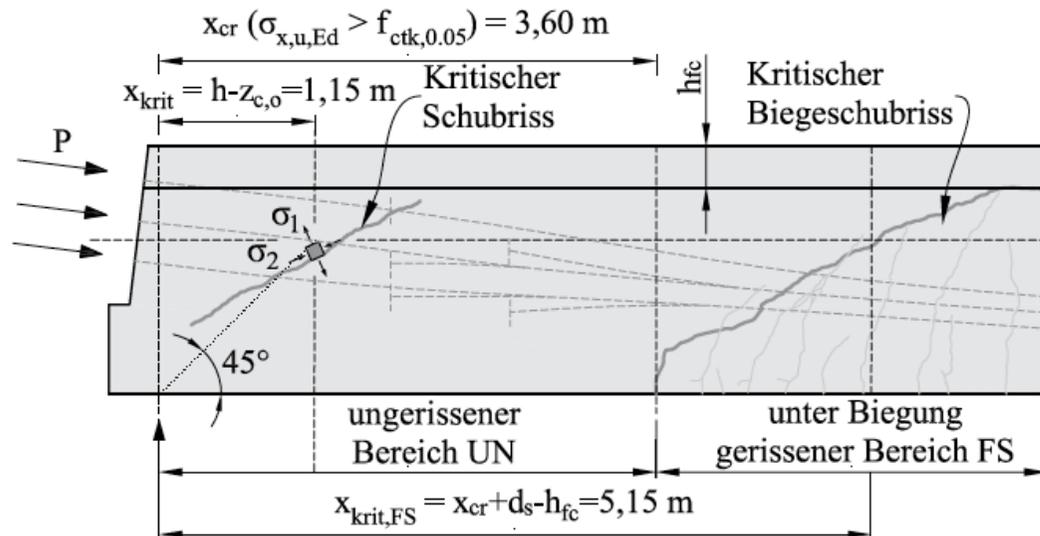
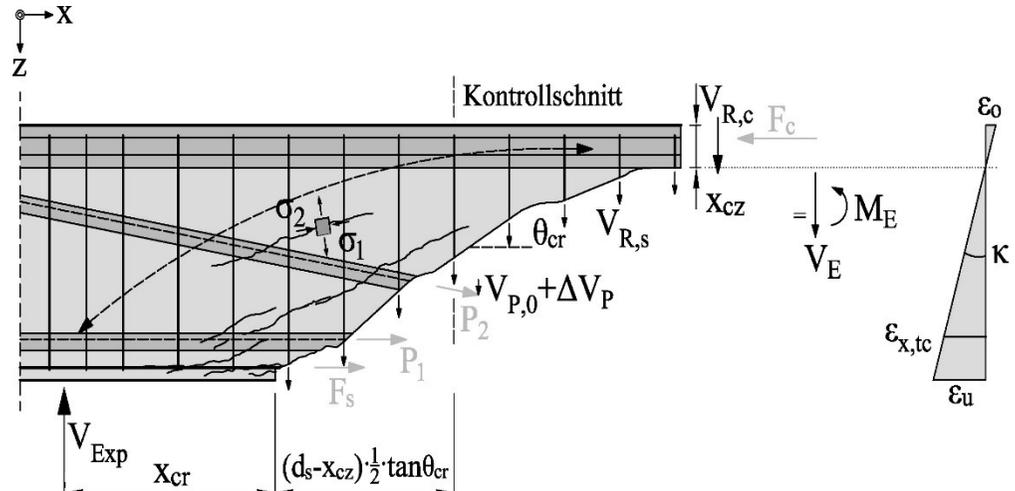
- Bereich UN – Ungerissener Bereich: Hauptzugspannungsnachweis
- Bereich ST – Bereich mit reinen Schubrisen: ST - Modell
- Bereich FS – Bereich mit Biege- bzw. Biegeschubrisen: FSC – Modell

Anhang C

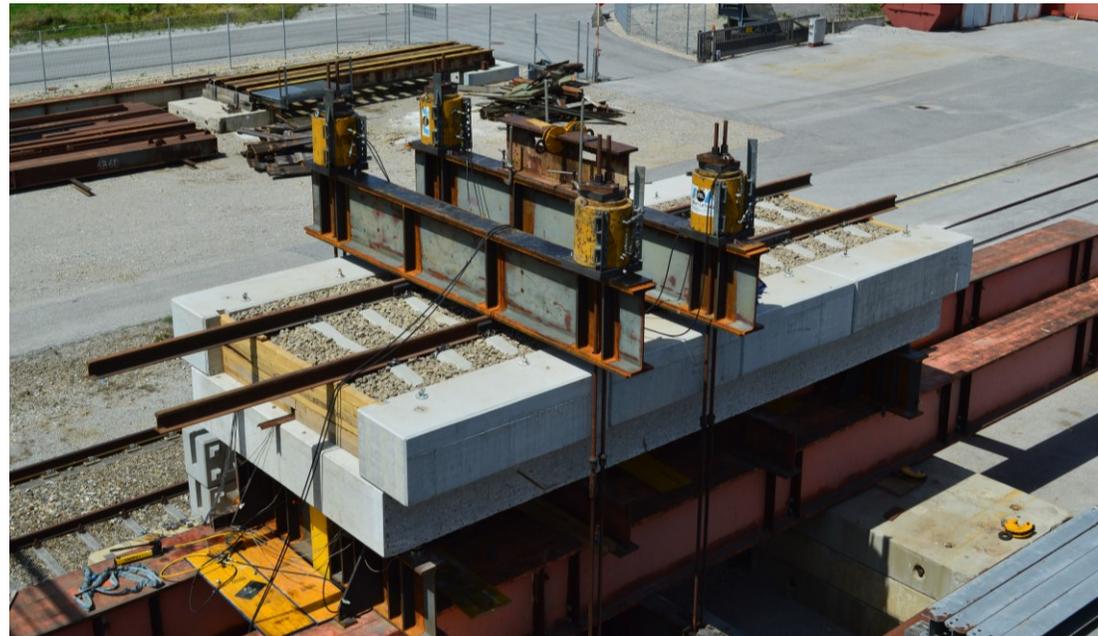
Vorgangsweise:

1. Ermittlung Hauptzugspannungen für Zone A und B
2. Ermittlung Biegeriss aufgrund Überschreitung 5% Fraktile Zugfestigkeit
3. Festlegung Nachweisschnitt
4. Ermittlung Widerstand

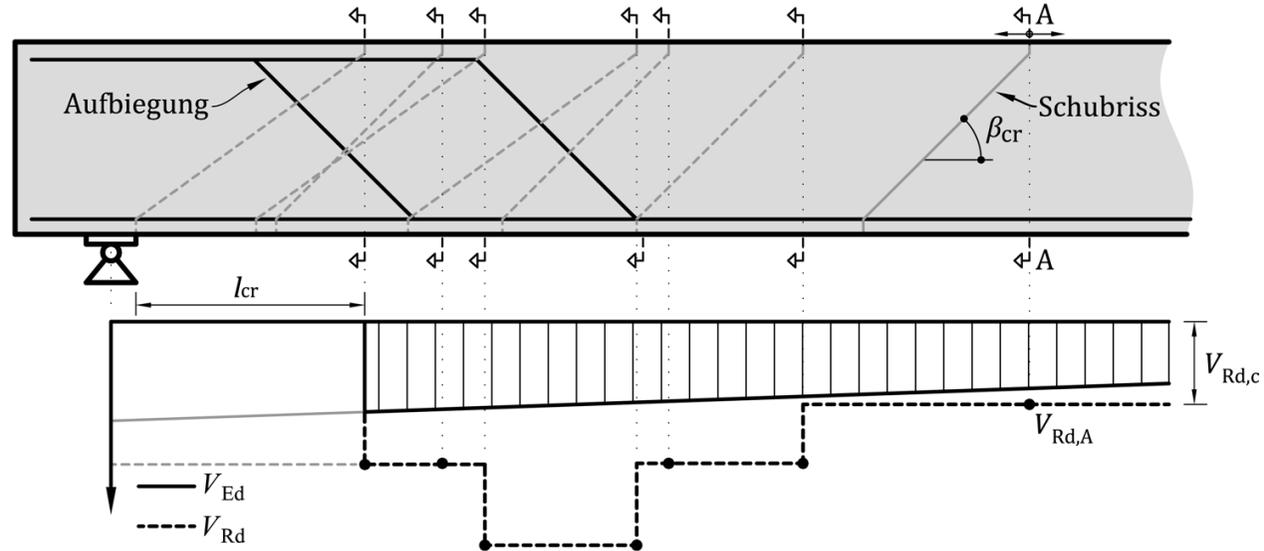
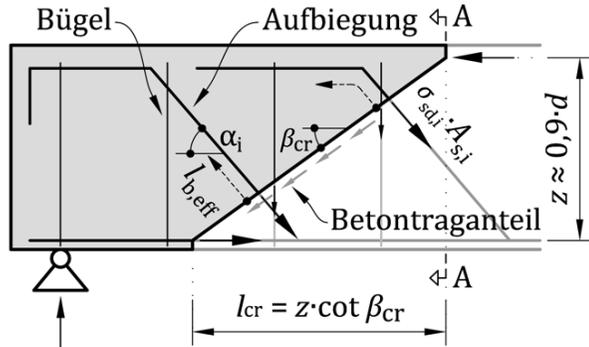
$$V_{Rd,FS} = V_{Rd,s} + V_{Rd,cz} + V_p \geq V_{Ed}$$



Beispiel: Anhang C - Erweiterte Querkraftmodelle auf Basis von Versuchen mit Aufbiegungen



Anhang C: Berechnungsmodell ÖNORM B4008-2 für Platten mit Querkraftaufbiegungen



$$V_{Rd} = \max \left\{ V_{Rd,s} + k_i \cdot V_{Rd,c}; V_{Rd,c} \right\}$$

ÖNORM B4008-2

Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke – Teil 2: Brückenbau



Danksagung allen Mitwirkenden im ONK 014.04 „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Brücken“