

Update der Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken

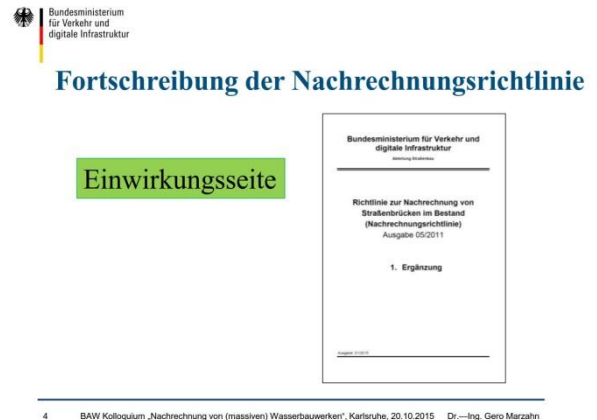
Dr.-Ing. G. Marzahn (BMVI)



Erste Ergänzung zur Nachrechnungsrichtlinie
Karlsruhe, 28.10.2015

TRDir Dr.-Ing. Gero Marzahn
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Referat Brücken-, Tunnel und sonstige Ingenieurbauwerke

www.bmvi.de



Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie

Einwirkungsseite

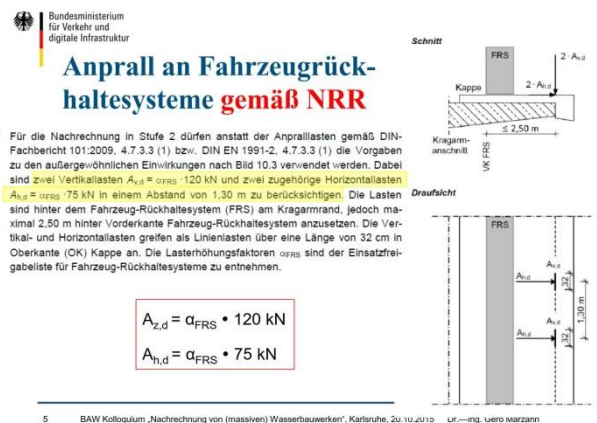
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)
Ausgabe 05/2011
1. Ergänzung

4 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn



Brückenertüchtigung für eine leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur

Erfüllen die vorhandenen Brücken noch die gestellten Anforderungen?



Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme gemäß NRR

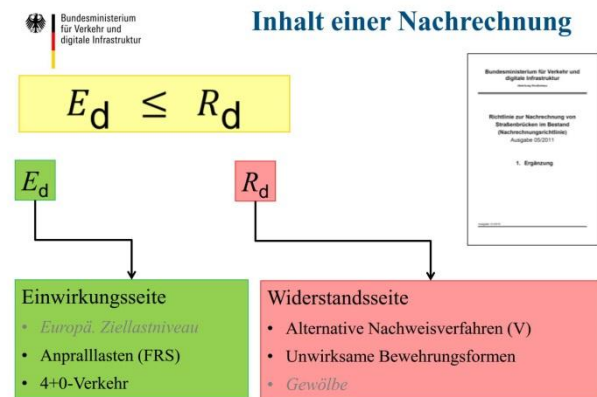
(1) Für die Nachrechnung in Stufe 2 dürfen anstatt der Anpralllasten gemäß DIN-Fachbericht 101:2009, 4.7.3.3 (1) bzw. DIN EN 1991-2, 4.7.3.3 (1) die Vorgaben zu den außergewöhnlichen Einwirkungen nach Bild 10.3 verwendet werden. Dabei sind zwei Vertikallasten $A_{z,d} = \alpha_{FRS} \cdot 120 \text{ kN}$ und zwei zugehörige Horizontallasten $A_{h,d} = \alpha_{FRS} \cdot 75 \text{ kN}$ in einem Abstand von 1,30 m zu berücksichtigen. Die Lasten sind hinter dem Fahrzeug-Rückhaltesystem (FRS) am Kragamrand, jedoch maximal 2,50 m hinter Vorderkante Fahrzeug-Rückhaltesystem anzusetzen. Die Vertikal- und Horizontallasten greifen als Linienlasten über eine Länge von 32 cm in Oberkante (OK) Kappe an. Die Lasterhöhungsfaktoren α_{FRS} sind der Einsatzregelkarte für Fahrzeug-Rückhaltesysteme zu entnehmen.

Schnitt
Kragamanschnitt
Kappe
FRS
 $2 \cdot A_{z,d}$
 $2 \cdot A_{h,d}$
 $\leq 2,50 \text{ m}$

Draufsicht
FRS
 $A_{z,d}$
 $A_{h,d}$
 $1,30 \text{ m}$
 32 cm

$A_{z,d} = \alpha_{FRS} \cdot 120 \text{ kN}$
 $A_{h,d} = \alpha_{FRS} \cdot 75 \text{ kN}$

5 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn



Inhalt einer Nachrechnung

$E_d \leq R_d$

E_d → **Einwirkungsseite**

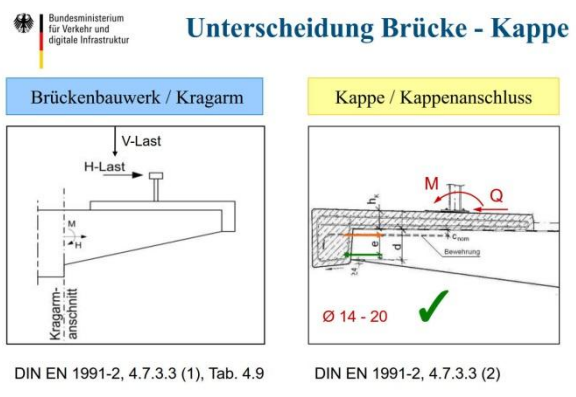
- Europa, Ziellastniveau
- Anpralllasten (FRS)
- 4+0-Verkehr

R_d → **Widerstandsseite**

- Alternative Nachweisverfahren (V)
- Unwirksame Bewehrungsformen
- Gewölbe

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)
Ausgabe 05/2011
1. Ergänzung

3 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn



Unterscheidung Brücke - Kappe

Brückenbauwerk / Kragarm

V-Last
H-Last
Kragamanschnitt
M
H
DIN EN 1991-2, 4.7.3.3 (1), Tab. 4.9

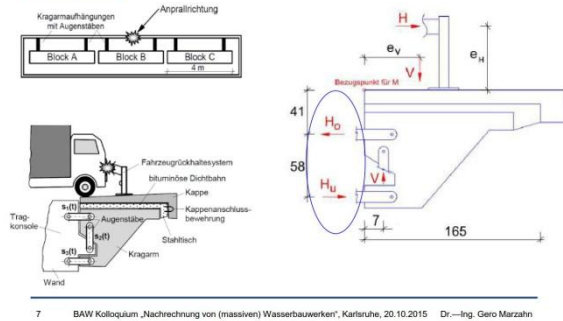
Kappe / Kappenanschluss

M
Q
C_{cap}
Bewehrung
Ø 14 - 20 ✓
DIN EN 1991-2, 4.7.3.3 (2)

6 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

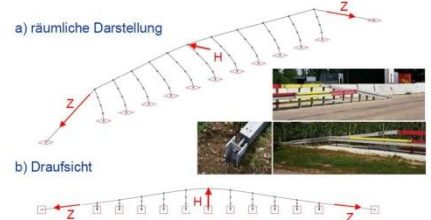
Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme

Prüfstand



Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme

Zugbandwirkung der (Stahl-) Schutzeinrichtung



DIN EN 1991-2 Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme

DIN EN 1991-2; 4.7.3.3, Tab. 4.9
Anpralllasten auf Fahrzeugrückhaltesysteme

Klasse	Horizontalkraft (kN)
A	100
B	200
C	400
D	600

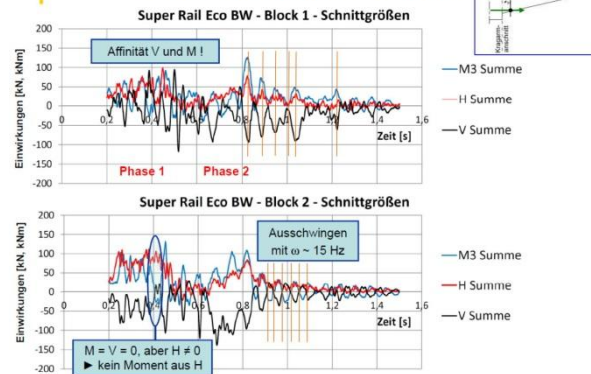
Horizontalkraft

- über eine Länge von 0,5 m quer zur Fahrtrichtung
- 0,1 m unter OK Schutzeinrichtung, jedoch mindestens 1,0 m über Fahrbahn

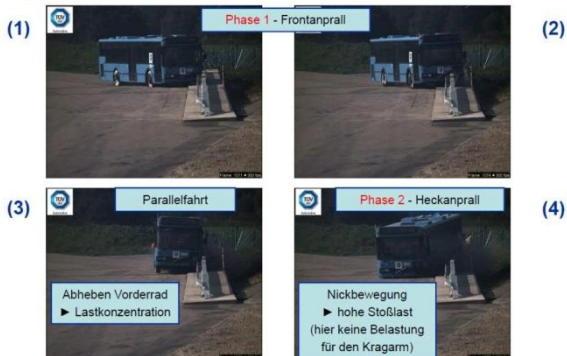
Vertikalkraft $V = f \cdot 0,75 \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k}$
Biegemomente maßgeblich infolge H-Kräften

Kragarmbemessung für vertikale und horizontale Einwirkungen (außergewöhnlicher Lastfall, $\gamma_F = 1,0$)

Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme

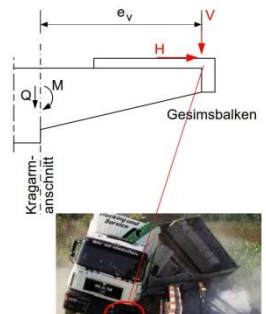


Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme



Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme

- Die Biegebeanspruchung des Kragarms resultiert aus der Vertikalkraft
- Deutlicher Zusammenhang zwischen gemessener Vertikalkraft und dem Fahrzeuggewicht



Anprall an Fahrzeugrückhaltesysteme gemäß NRR

Ergebnisse der vergleichenden Berechnungen

► Neuer Lastansatz liefert plausible Kappenbewehrung



Realer Verkehr

Lastmodelle



Überfahrende Folge von Rad-lasten

- Verkehrsstärke
- Verkehrszusammensetzung
- Fahrzeuggewichte
- Stau
- Spurlage und Spurgeometrie

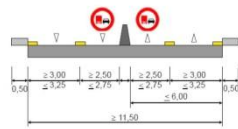
Anordnung von Flächenlasten und Einzellasten

- Lastgrößen und Lastkonfiguration
- Ungünstigste Anordnung in Längs- und Querrichtung

Zeitverläufe von Beanspruchungen (Momente, Querkräfte,...)

zeitunveränderliche Werte von Beanspruchungen (Momente, Querkräfte,...)

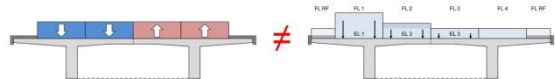
Verkehrslastmodell für 4+0 /4s+0-Verkehr gemäß NRR



- Die Einwirkungen aus Verkehr in einer 4+0- bzw. 4s+0-Verkehrsführung (Bild A5-1) gemäß den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) sind
 - beginnend mit dem Verkehrslastmodell Brückenklasse 60 und höher gemäß der Normenreihe DIN 1072 inkl. Einrechnung eines Schwingbeiwertes zur Erfassung dynamischer Einflüsse oder
 - mit dem Lastmodell LM1 nach DIN-Fachbericht 101, 4.3.2 oder höher abgedeckt.
- Sofern die Nachweise mit dem Verkehrslastmodell Brückenklasse 60 oder Brückenklasse 60/30 der Normenreihe DIN 1076 erbracht werden, sind die verkehrlichen Kompensationsmaßnahmen gemäß Anlage 1 zu beachten.

Realer Verkehr

Lastmodelle

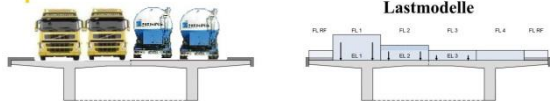


Zeitverläufe von Beanspruchungen (Momente, Querkräfte,...)

„gesicherter“ Maximalwert innerhalb der Nutzungszeit (mittlere Wiederkehrperiode)

zeitunveränderliche Werte von Beanspruchungen (Momente, Querkräfte,...)

Lastmodelle



Folge von Radlasten

- Verkehrsstärke
- Verkehrszusammensetzung
- Fahrzeuggewichte
- Stau
- Spurlage und Spurgeometrie

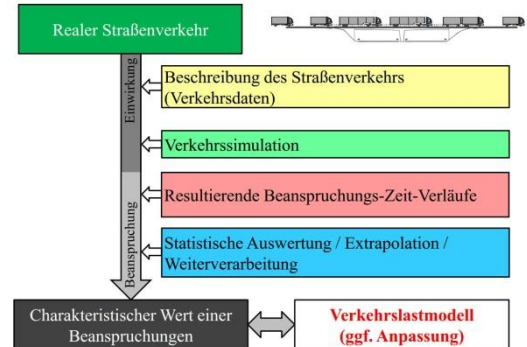
Zeitabhängige Verläufe von Beanspruchungen (Momente, Querkräfte,...)

Anordnung von Flächenlasten und Einzellasten

- Lastkonfiguration
- Lastgröße
- Ungünstigste Anordnung in Längs- und Querrichtung

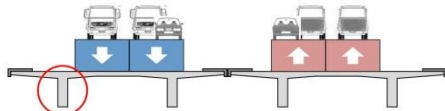
Zeitunabhängige Werte von Beanspruchungen (Momente, Querkräfte,...)

4+0-Verkehr

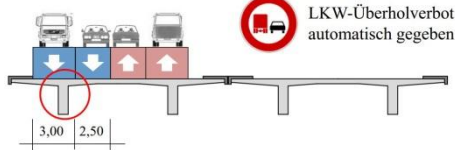


4+0-Verkehr

Üblicher Autobahnverkehr (Regelverkehr)



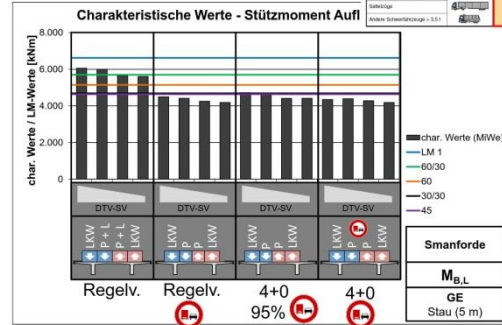
4+0-Autobahnverkehr



LKW-Überholverbot automatisch gegeben

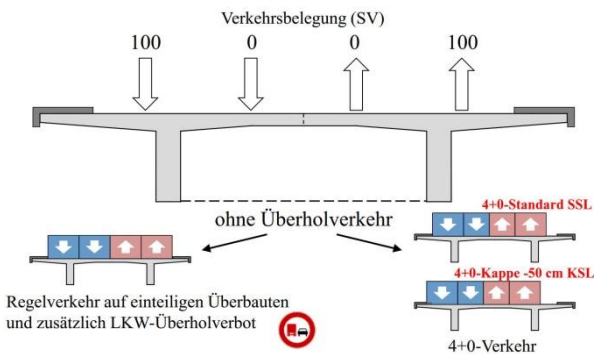
Tabelle 10.3 Summarische Verkehrszusammensetzung des DTV-SV [%] zur Bestimmung der objektbezogenen Verkehrsart (Anhaltswerte)

Fahrzeuggruppe	1	2	3	4	5
LKW					
LKW > 3,5 t mit 2 oder 3 Achsen ohne Anhänger					
Busse					
LKW > 3,5 t mit Anhänger					
Sattelzüge					
Andere Schwerverfahrzeuge > 3,5 t					



4+0-Verkehr

Autobahnverkehr mit LKW-Überholverbot sowie 4+0-Verkehr

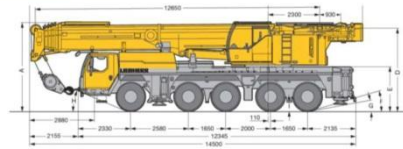


4+0-Verkehr



Erweiterung durch NRW-Vorhaben

4+0-Verkehr mit eingemischtem genehmigungspflichtigen Schwerverkehr mit Dauererlaubnis



23 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

4+0-Verkehr

Tabelle 10.3 Summarische Verkehrszusammensetzung des DTV-SV [%] zur Bestimmung der objektbezogenen Verkehrsart (Anhaltswerte)

Fahrzeuggruppe	1	2	3	4	5
LKW					
LKW > 3,5 t mit 2 oder 3 Achsen ohne Anhänger					
Busse					
LKW > 3,5 t mit Anhänger					
Sattelzüge					
Andere Schwerverfahrzeuge > 3,5 t					

Verkehrsstärken (DTV-SV pro Richtung)

- 10.000
- 5.000
- 1.000
- 500

Brücken

- Große / kleine Stützweite
- Verschiedene Breiten

Fließender Verkehr / Stau

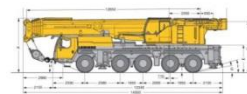
- fließend
- Stau (Varianten: lichter Abstand zwischen den Fahrzeugen)

4+0-Verkehr

- Einmischung von zwei bzw. drei Ersatzfahrzeuggruppen in den „normalen“ LKW-Verkehr

- Gruppen:

- Gruppe 1 36 – 39 t Gesamtgewicht (AK + BP)
- Gruppe 2 48 t Gesamtgewicht (AK + BP)
- Gruppe 3 60 t Gesamtgewicht (AK)



24 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

4+0-Verkehr

Üblicher Autobahnverkehr (Regelverkehr)

Bild 10.1 Brücken mit Straßengansschritten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung

Tabelle 10.1 Zeitstufen für Brücken mit Straßengansschritten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung

	Verkehrsart		
	Große Entfernungen	Mittlere Entfernungen	Ortsverkehr
1 DTV-SV < 2.000		BK60/30	BK60 ¹⁾ /30
2 2.000 ≤ DTV-SV < 20.000	LM1 ¹⁾	LM1 ¹⁾	BK60/30
3 DTV-SV ≥ 20.000			LM1 ¹⁾

Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie

Widerstandsseite

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)
Ausgabe 05/2011
1. Ergänzung

28 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

4+0-Verkehr

4+0-Autobahnverkehr

SSL LKW-Überholverkehr praktisch nicht möglich

KSL LKW-Überholverkehr praktisch

Bild 10.1 Brücken mit Straßengansschritten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung

Tabelle 10.1 Zeitstufen für Brücken mit Straßengansschritten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung

	Verkehrsart		
	Große Entfernungen	Mittlere Entfernungen	Ortsverkehr
1 DTV-SV < 2.000		BK60/30	BK60 ¹⁾ /30
2 2.000 ≤ DTV-SV < 20.000	LM1 ¹⁾	LM1 ¹⁾	BK60/30
3 DTV-SV ≥ 20.000			LM1 ¹⁾

Nachweise gemäß Nachrechnungsrichtlinie (NRR)

Stufe 1 DIN-Fachbericht 102

Stufe 2 Ergänzende Regelungen

Stufe 3 Bauwerksmessungen

Stufe 4 Wissenschaftliche Methoden

Erweiterte Ansätze MCFT FEM

29 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

4+0-Verkehr

4+0-Autobahnverkehr

SSL LKW-Überholverkehr praktisch nicht möglich

KSL LKW-Überholverkehr praktisch

Bild 10.1 Brücken mit Straßengansschritten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung

Tabelle 10.1 Zeitstufen für Brücken mit Straßengansschritten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung

	Verkehrsart		
	Große Entfernungen	Mittlere Entfernungen	Ortsverkehr
1 DTV-SV < 2.000		BK60	BK60 ¹⁾ /30
2 2.000 ≤ DTV-SV < 20.000		BK30/30	BK60/30
3 DTV-SV ≥ 20.000			LM1 ¹⁾

Nachweise gemäß Nachrechnungsrichtlinie (NRR)

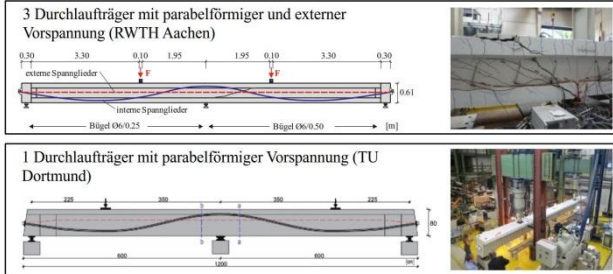
Erweiterung der Regelungen in Stufe 2 der NRR zur Erhöhung des rechnerischen Tragwiderstandes:

- weitere Regelungen für Querkraftnachweise
- Aktivierung der Tragreserven von Bestandsbrücken ohne oder mit geringer Bügelbewehrung
- Abminderung der Torsionssteifigkeit bei der Schnittgrößenermittlung
- Anrechenbarkeit von Spanngliedern auf die Torsionslängsbewehrung

30 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

Quertragfähigkeit Längssystem
(statisch)

FE-Vorhaben zur Quertragfähigkeit vorgespannter Durchlaufträger (BAST)



31 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.–Ing. Gero Marzahn

Quertragfähigkeit Längssystem
(statisch)

Ergänzung der Nachrechnungsrichtlinie

Hauptspannungsnachweis für Bauteile ohne Querkraftbewehrung

$$\sigma_{t,Ed,i} = 0,5 \cdot \sigma_{ct,Ed,i} + \sqrt{0,25 \cdot \sigma_{ct,Ed,i}^2 + (\tau_{V,Ed,i} + \tau_{T,Ed,i})^2} \leq k_1 \cdot f_{ctd}$$

Modifikation des Fachwerkmodells für Bauteile mit Querkraftbewehrung

$$\frac{4}{7} \leq \cot \theta \leq \cot \beta_r + \frac{V_{Ed,r}}{(A_{wv}/s) \cdot z \cdot f_{ywd}} \leq 2,5$$

$$\cot \beta_r = 12 + \frac{f_{ctd}}{70 \rho_{w,prov} \cdot f_{ywd}} - 14 \frac{\sigma_{cp}}{f_{ctd}} \leq 22,5 \quad (\text{flachere Druckstreben})$$



34 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.–Ing. Gero Marzahn

Quertragfähigkeit Längssystem
(statisch)

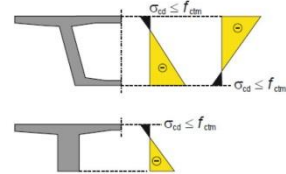


32 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.–Ing. Gero Marzahn

Quertragfähigkeit Längssystem
(statisch)

Nachweis unter Vernachlässigung der Querkraftbewehrung

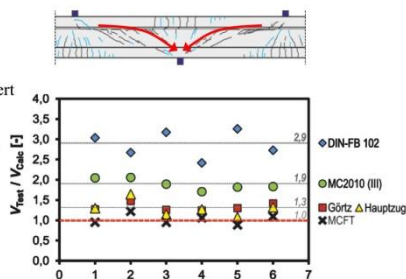
- (8) Bei Spannbetonbauteilen darf in ungerissenen Bereichen (auch keine verpressten Risse) der Nachweis der Quertragfähigkeit unter Vernachlässigung der Querkraftbewehrung auf der Grundlage des Hauptzugspannungskriteriums in den folgenden Bereichen angewendet werden:
- Querschnittsbereiche, in denen im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausschließlich Längsdruckspannungen auftreten
 - Querschnittsbereiche mit in der Zugzone liegendem Gurt bzw. an deren weniger gedrücktem Querschnittsrand sich ein Gurt befindet, wenn die zugehörigen Biegezugspannungen am Querschnittsrand im Grenzzustand der Tragfähigkeit den Wert f_{ctm} nicht überschreiten (Bild 12.5)



Quertragfähigkeit Längssystem
(statisch)

Versuchsergebnisse

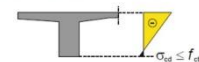
- Reserven in aktuellen Bemessungsmodellen
- Betontanteil dominiert
- Hohe Duktilität
- wenig Untersuchungen an Durchlaufträgern / mit Linienlasten



33 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.–Ing. Gero Marzahn

Quertragfähigkeit Längssystem
(statisch)

- c) Querschnittsbereiche ohne in der Zugzone liegendem Gurt bzw. an deren weniger gedrücktem Querschnittsrand sich kein Gurt befindet, wenn die zugehörigen Biegezugspannungen am Querschnittsrand im Grenzzustand der Tragfähigkeit den Wert f_{ctd} nicht überschreiten (Bild 12.6)

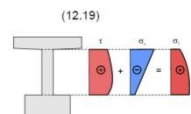


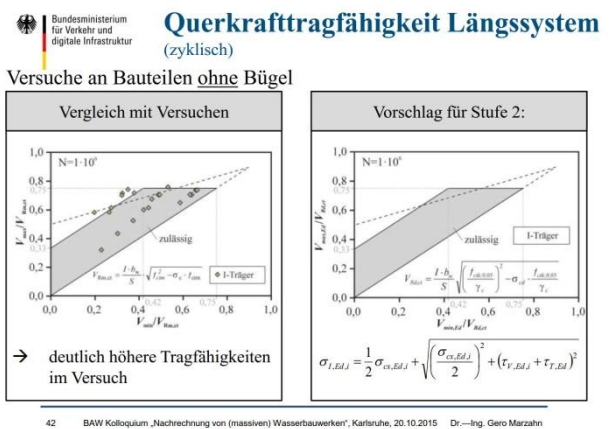
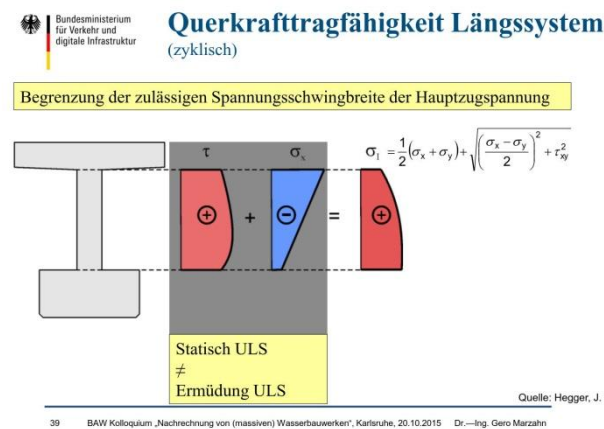
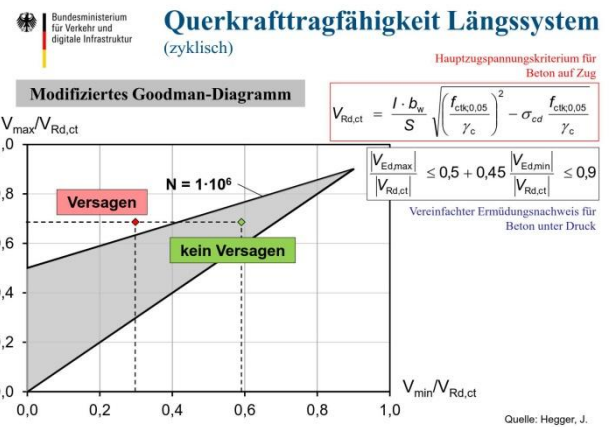
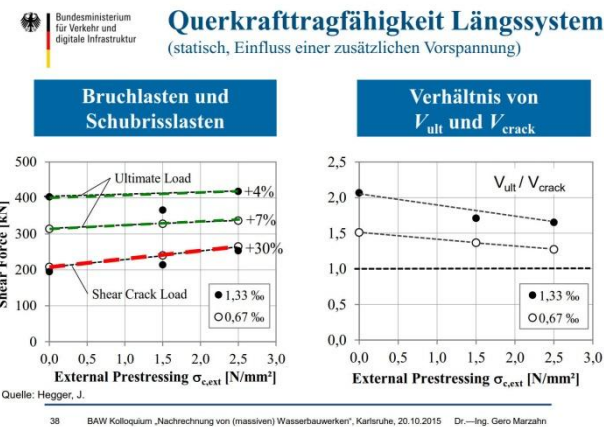
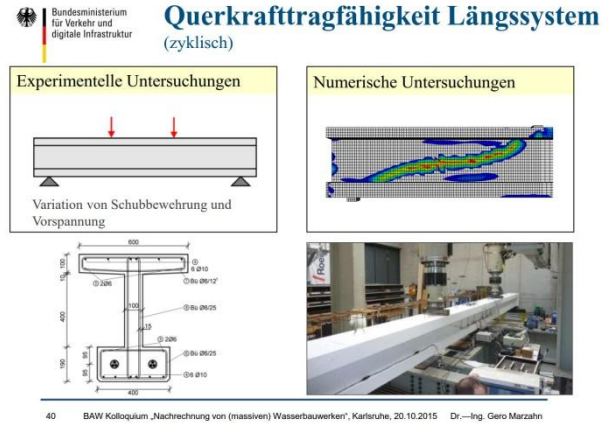
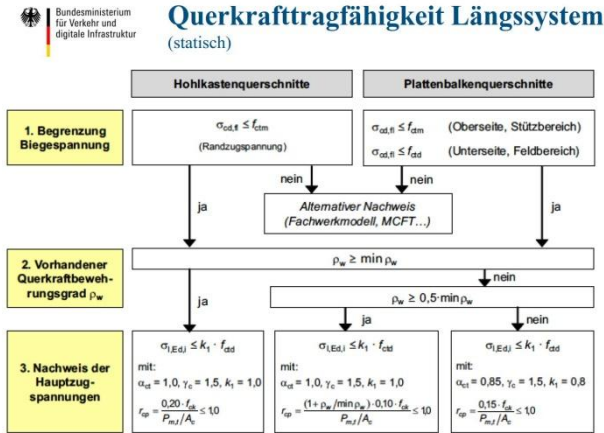
- (9) In Bereichen nach Absatz (8) darf der Nachweis der Quertragfähigkeit durch den Nachweis der schiefen Hauptzugspannungen erbracht werden. Aufgrund der über die Bauteilhöhe veränderlichen Hauptzugspannungen müssen die maximalen Bemessungswerte der Hauptzugspannung $\sigma_{t,Ed,i}$ jeweils in verschiedenen Höhen „z“ des Stegquerschnitts ermittelt werden.

$$\sigma_{t,Ed,i} \leq k_1 \cdot f_{ctd}$$

Dabei sind

$$\sigma_{t,Ed,i} = 0,5 \cdot \sigma_{ct,Ed,i} + \sqrt{0,25 \cdot \sigma_{ct,Ed,i}^2 + (\tau_{V,Ed,i} + \tau_{T,Ed,i})^2}$$





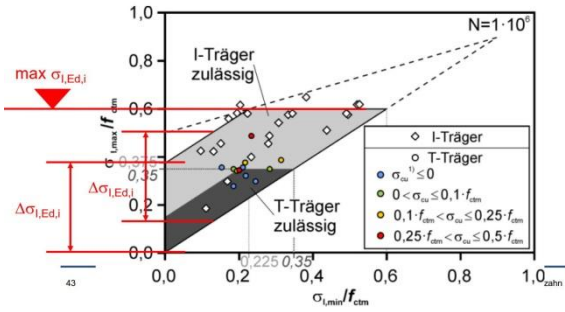
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

(6) In Querschnittsbereichen mit in der Zugzone liegendem Gurt bzw. an deren weniger gedrücktem Querschnittsrand sich ein Gurt befindet (Bild 12.8), muss in der Höhe J die Hauptzugspannung unter maximaler Beanspruchung $\sigma_{1,Ed,j}$ folgende Bedingung einhalten

$$\sigma_{1,Ed,j} \leq 0,6 \cdot f_{ctm} \quad (12.25)$$

Die zugehörige Schwingbreite $\Delta\sigma_{1,Ed,j}$ darf dabei folgenden Grenzwert nicht überschreiten

$$\Delta\sigma_{1,Ed,j} \leq 0,375 \cdot f_{ctm} \quad (12.26)$$

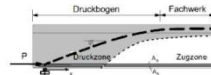


Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

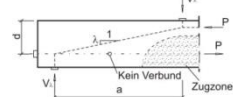
Querkrafttragfähigkeit Längssystem (zyklisch)

Derzeit noch Stufe 4

Druckbogenmodell nach Maurer



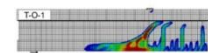
Modell nach Görtz



Modified Compression Field Theory



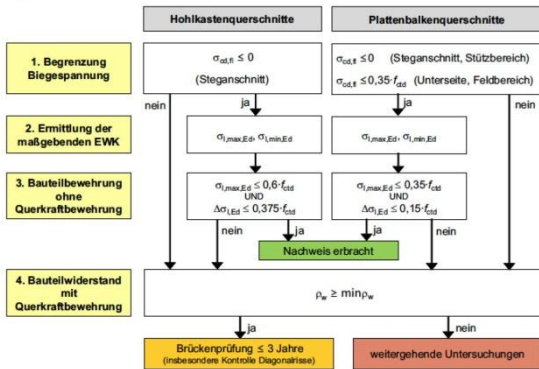
Nichtlineare FEM



46 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

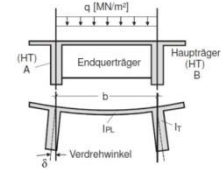
Querkrafttragfähigkeit Längssystem (zyklisch)



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Abminderung Torsionssteifigkeit

Bei mehrstegigen Plattenbalkenbrücken darf die Torsionssteifigkeit im GZT abgemindert werden.

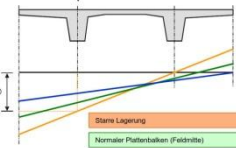


Folge:

Weniger erforderliche Querkraftbewehrung und Längsbewehrung

Aber:

Rissbildung infolge Torsion möglich
(erste Risse bei 70 % Steifigkeit von Zustand I, Fließen der Längsbewehrung bei 20 % Steifigkeit von Zustand I)



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Querkrafttragfähigkeit Längssystem (zyklisch)

Bemessungskonzept: statisch / zyklisch

Anwendungsbereich der Ansätze:

$$\rho_w = 0 \quad \min \rho_w \quad \rho_w \gg \min \rho_w$$

Hauptzugspannungskriterium

$$\sigma_{1,Ed,j} = 0,5 \cdot \sigma_{cs,Ed,j} + \sqrt{0,25 \cdot \sigma_{cs,Ed,j}^2 + (\tau_{V,Ed,j} + \tau_{T,Ed,j})^2} \leq k_1 \cdot f_{ctd}$$

Fachwerkmodell

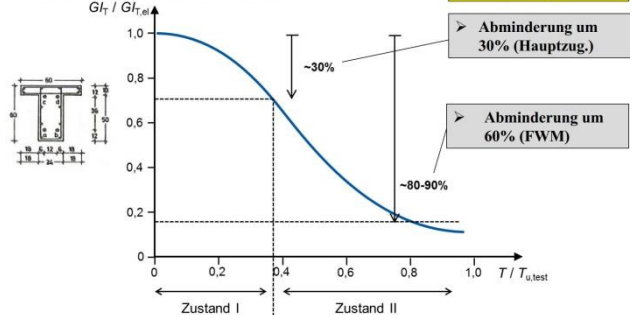
$$V_{Rd,sy} = a_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot \theta \quad \frac{4}{7} \leq \cot \theta \leq \cot \beta_r + \frac{V_{Rd,c}}{(A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd}} \leq 2,5$$

45 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

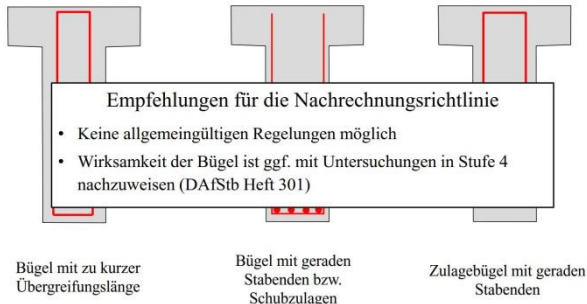
Abminderung Torsionssteifigkeit

Versuche von Kordina / Teutsch



48 BAW Kolloquium „Nachrechnung von (massiven) Wasserbauwerken“, Karlsruhe, 20.10.2015 Dr.-Ing. Gero Marzahn

Abweichende Bügelform



Empfehlungen für die Nachrechnungsrichtlinie

- Keine allgemeingültigen Regelungen möglich
- Wirksamkeit der Bügel ist ggf. mit Untersuchungen in Stufe 4 nachzuweisen (DAIStb Heft 301)

Bügel mit zu kurzer Übergreifungslänge Bügel mit geraden Stabenden bzw. Schubzulagen Zulagebügel mit geraden Stabenden

Anlage 1 zur Nachrechnungsrichtlinie

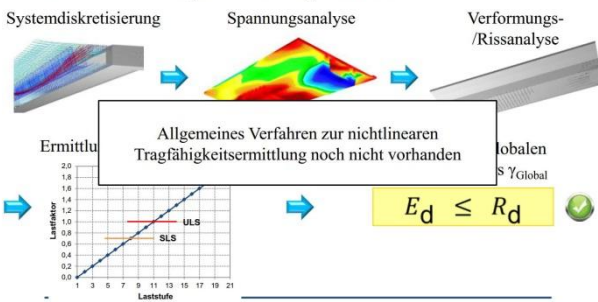
Anlage 1 – Verkehrliche Kompensationsmaßnahmen

A1.1 Verkehrliche Nutzungsaufgaben

- Wenn bei der Nachrechnung von Bauwerken das Ziellastniveau LM1 für die Verkehrsart „Große Entfernung“ nicht nachgewiesen werden kann, darf der Nachweis für ein geringeres Lastniveau gemäß Tabellen A1-1 bis A1-3 geführt werden, wenn zusätzlich bestimmte verkehrliche Nutzungsaufgaben als Kompensationsmaßnahmen für die eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Brücke angeordnet werden. Die verkehrlichen Kompensationsmaßnahmen beziehen sich allein auf die Einwirkungsseite.
 - A50 LKW-Mindestabstand von mindestens 50 Metern zum vorausbefindlichen Fahrzeug (fahrend und/oder im Stau stehend);
 - ÜV LKW-Überholverbot
 - SV Genehmigungspflichtiger Schwerverkehr (Einzel- und/oder Dauergenehmigung) nur mit statischem Einzelnachweis.
- Die in den Tabellen A1-1 bis A1-3 verwandten verkehrlichen Kompensationsmaßnahmen tragen folgende Bedeutung

Vergleichsrechnungen an Brücken

Nichtlineare FE-Analyse einer Beispielbrücke



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
Referat Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke
Robert-Schuman-Platz 1
D-53175 Bonn

Vergleichsrechnungen an Brücken

Beispiel für Querkrafttragfähigkeit Längssystem

