

Brückenverstärkung durch Aufbeton

(RVS 15.02.34)

DI Dr. Helmut Hartl

Amt der Burgenländischen Landesregierung

Inhalt

- Einleitung: Notwendigkeit der Brückenverstärkung
- „status quo im Burgenland“, Anwendungsbeispiele
- Vergleich der Normenkonzepte
- Ergebnisse verschiedener nationaler Versuche
- Eckpunkte der RVS 15.02.34
- Zusammenfassung

Notwendigkeit der Brückenverstärkung




illustrativ



Individuelle statische Berechnung für Sondertransport

Transport (Zl. od. Name) : Untersuchungen für generelle Stellungnahme
 Gesamtgewicht to: 2009 V1
 Gesamtlänge m:
 Gewicht schwerste Achsgruppe to:
 Länge schwerste Achsgruppe m:
 Höhe des Fahrzeuges m:

B50 Burgenland Straße von 2,83 bis 152,684

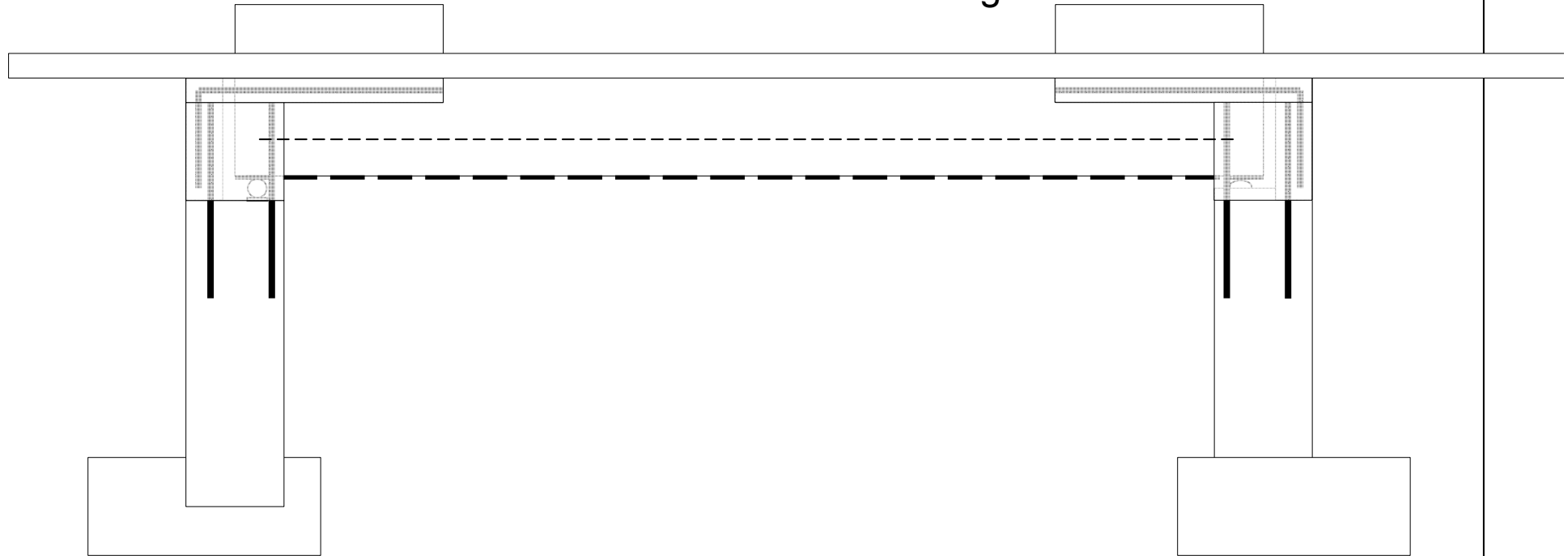
ObjNr	km	Typ	Bereich	Eigentüm	oben unten	Höhe	Kat
Name							
03006 1	8,427	Brücke	EPA	Land	B50 Wirtsch	 	82
Brücke über einen Wirtschaftsweg mit Wilddurchlass bei Kittsee/Pama							
BrKl: I+RVS							
Plan BrLg: 36,00 StLg: 18,00/9,00 FbBr:		Ausnutzung %					
03001 1	10,095	Brücke	EPA	Land	B50 Spitzerb	 	79
Brücke über den Spitzerbach und einen Wirtschaftsweg mit Wilddurchlass bei Pama							
BrKl: I+RVS							
Plan BrLg: 41,00 StLg: 28,00/12,00 FbBr:		Ausnutzung %					
02003 1	11,380	Brücke	EPA	Land	B50 Wirtsch	 	82
Brücke über die Hirschländer Rinne und einen Wirtschaftsweg mit Wilddurchlass bei Prellenkirchen							
BrKl: I+RVS							
Plan BrLg: 71,00 StLg: 25,00/18,00 FbBr:		Ausnutzung %					
02002 1	15,123	Brücke	EPA	Land	B50 Leitha	 	110
Leithabrücke in Gattendorf							
BrKl: I+Rm/48							
Originalstatik BrLg: 32,50 StLg: 32,50/8,70 FbBr:		Ausnutzung %					
06001 1	15,725	Brücke	EPA	Land	B50 ÖBB	 	93
Brücke über die ÖBB inParndorf							
BrKl: I-R/70							
Nachrechnung BrLg: 10,50 StLg: 9,90 FbBr:		Ausnutzung %					

Ausnutzungsgrad zufolge des ungünstigen Fahrzeuges mit Dauerausnahmegenehmigung bei normaler Fahrt und Regelverkehr als Gegenverkehr

Verstärkung im Fall der Brückensanierung sinnvoll

Anwendungsbeispiele

- Umbau einer konventionellen Brücke in eine integrale Brücke

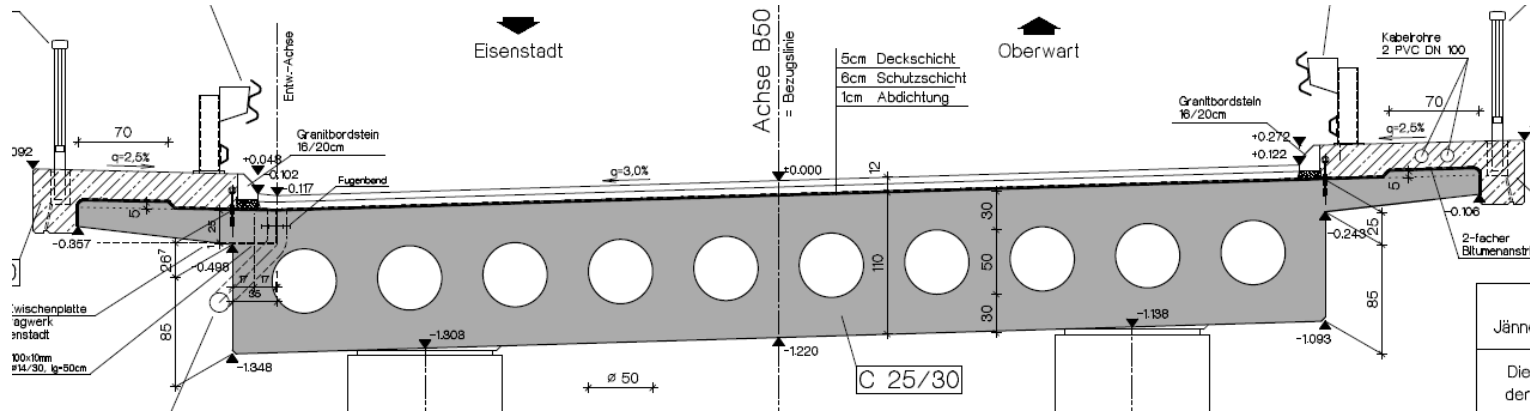


Vorteile

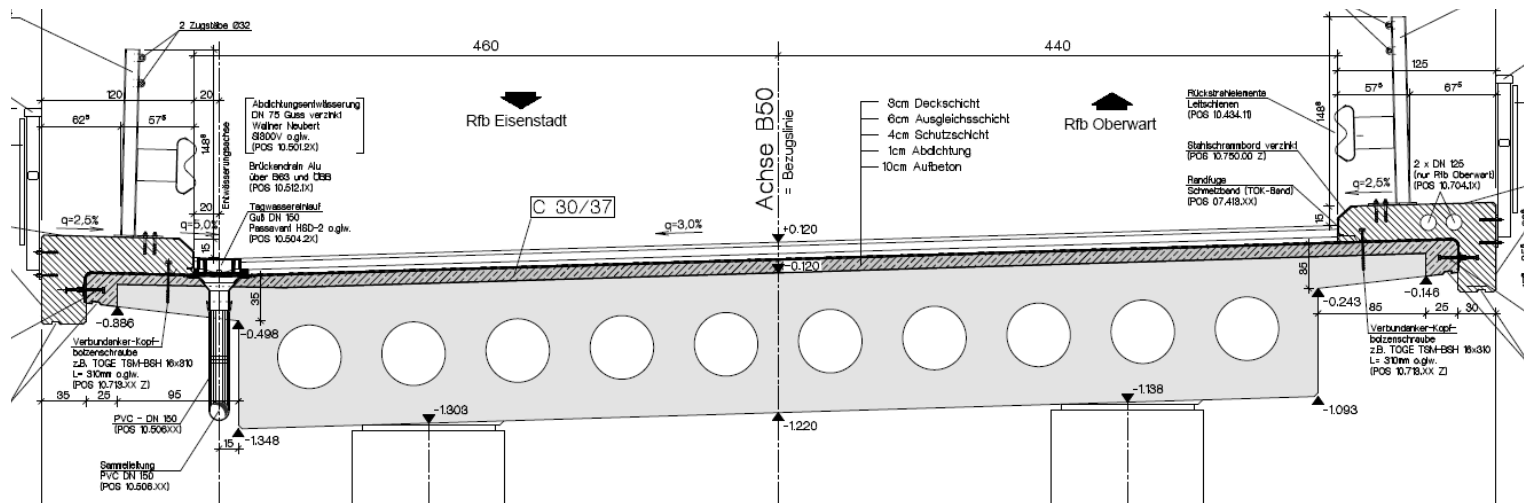
- gesteigerte (Längs-)Tragfähigkeit
- Reduktion von Wartungs- und Erhaltungskosten
- keine Änderung der Nivellette

Umbau einer konventionellen Brücke in eine integrale Brücke unter Verwendung von Aufbeton

alter
Quer-
schnitt

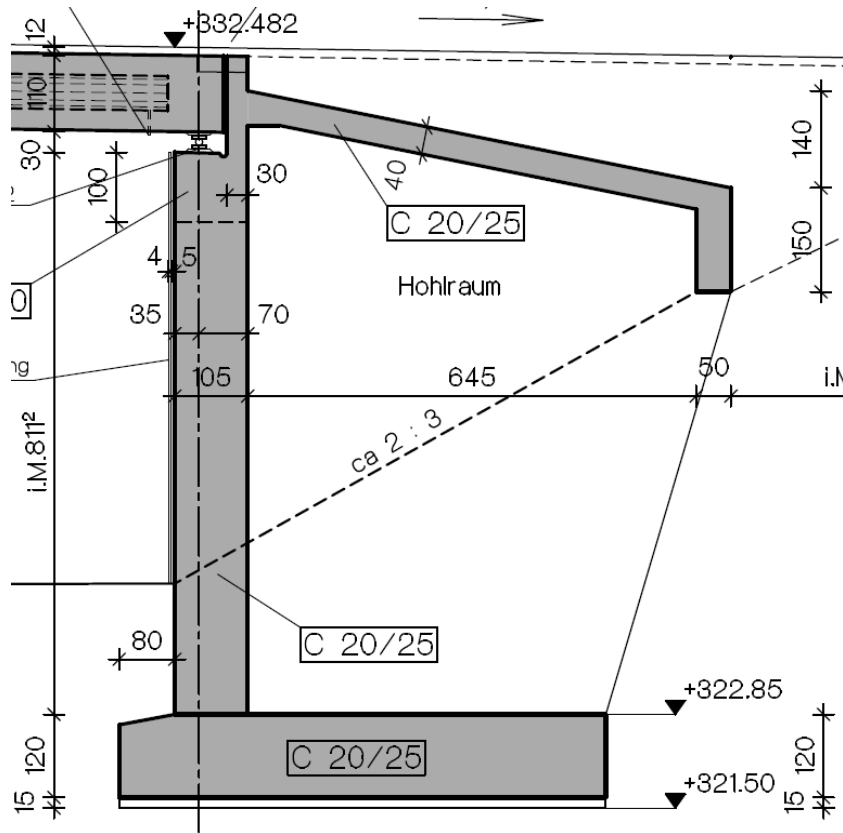


neuer
Quer-
schnitt

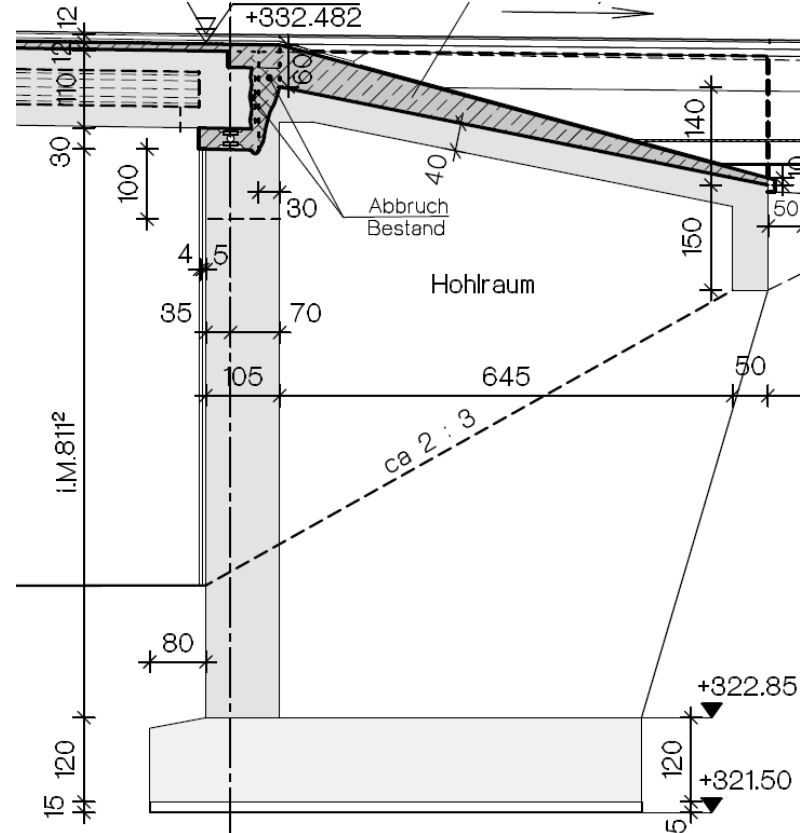


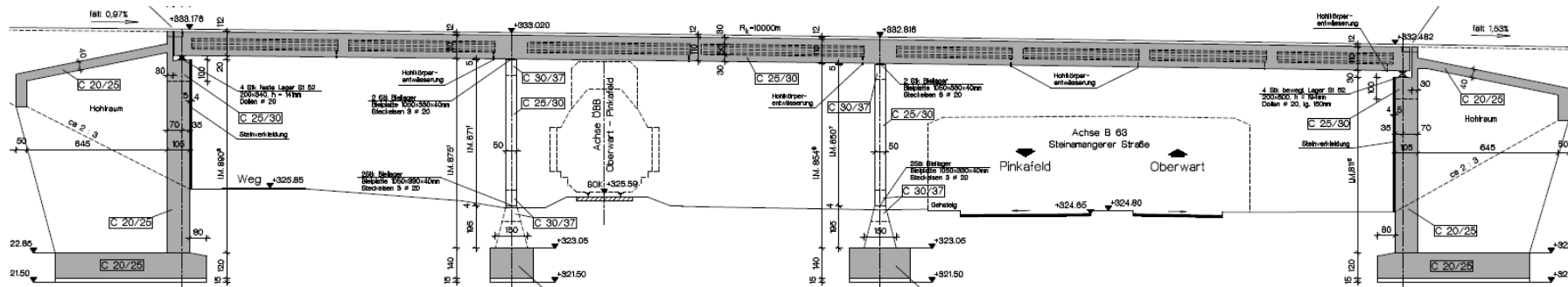
Anwendungsbeispiele

Brückende: alt

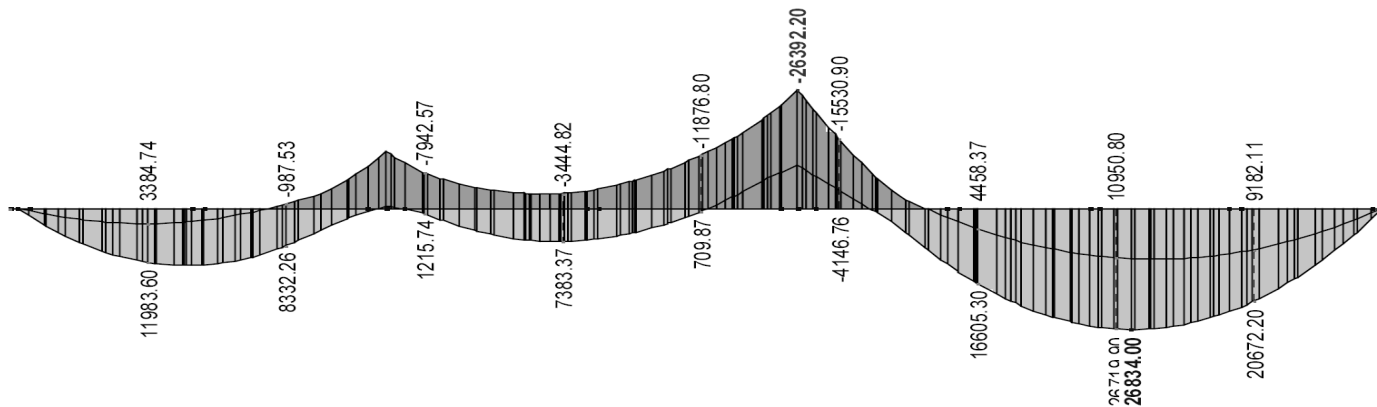


neu

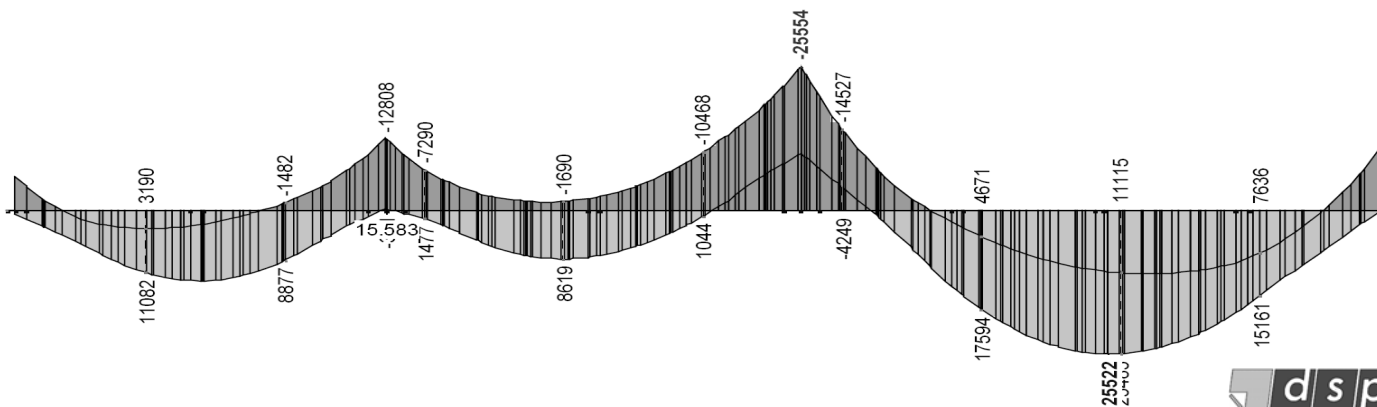




**BkrKI
I/64**



**BkrKI
I/70
+
RVS
200to**



Anwendungsbeispiele

ON B4700-Konzept

- leicht verschieblicher Verbund
- Qualität der Fuge entspricht üblichen Baustellenbedingungen
- statisch ist die Fuge selbst ohne Beton-Beton-Verbund tragfähig

$$\tau_{Rd} = \kappa_1 \cdot \tau_d + \rho \cdot \kappa_2 \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot \kappa_3 \cdot \sqrt{f_{yd} \cdot f_{cd}} \cdot \sin \alpha \leq \beta \cdot v \cdot f_{cd}$$

⇒ höhere Kosten für Verdübelung

⇒ gelöste Fugen können sich mit chloridhaltigem Wasser füllen
und weitere größere Schäden verursachen.

- mit Ablauf der Koexistenzperiode steht das **ON Konzept nicht mehr zur Verfügung**
- EC2 kennt kein äquivalentes Modell

EC2 & Eckpunkte der neuen RVS

$$V_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd}$$

viele Wahlmöglichkeiten in der Bemessung

Typ der Fuge?

$c = 0,50$, $\mu = 0,90$? (verzahnte Fuge?)

dort wo $\sigma_n = \text{Zug}$, ist $c = 0$

Fugengewehrung nur auf Zug in Rechnung gestellt
und muss beidseits der Fuge voll verankert sein

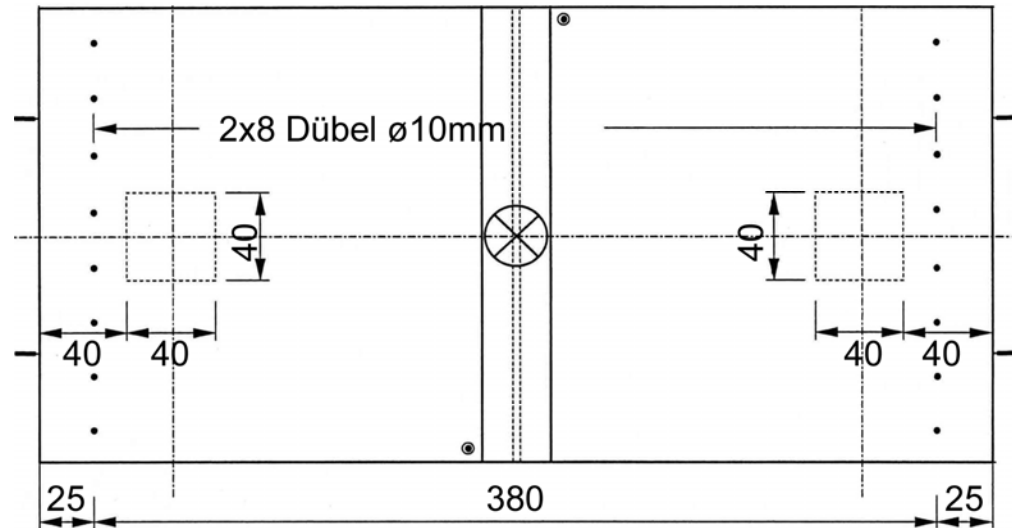
Vorgehen, wenn keine Fugengewehrung vorhanden? Dübel?

Bei Dübel: $\rho \cdot f_{yd}$ durch $n \cdot N_{RK} / (A_i \gamma_M)$ ersetzen

N_{RK} für gerissenen Beton gemäß ETA bzw. ÖNORM CEN/TS 1992-4

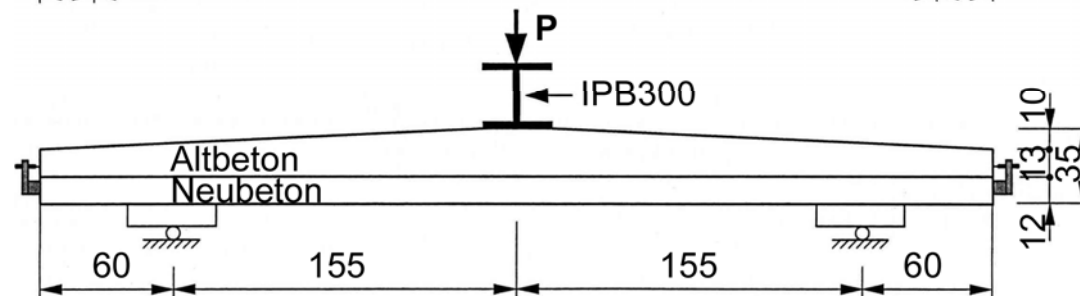
Ergebnisse der durchgeführten Versuche

Verstärkung Betonfahrbahnplatte A10 Donnergrabenbrücke



Setup:

- Quersystem im Labor nachgebildet
- Rautiefen 1,0 – 2,8 mm
- 3×10^6 Lastwechsel mit Radlast 100 kN
- Zugfestigkeit der Bohrkerne nahm kaum ab
- kein Fugenversagen bei Traglastversuch



Versuche

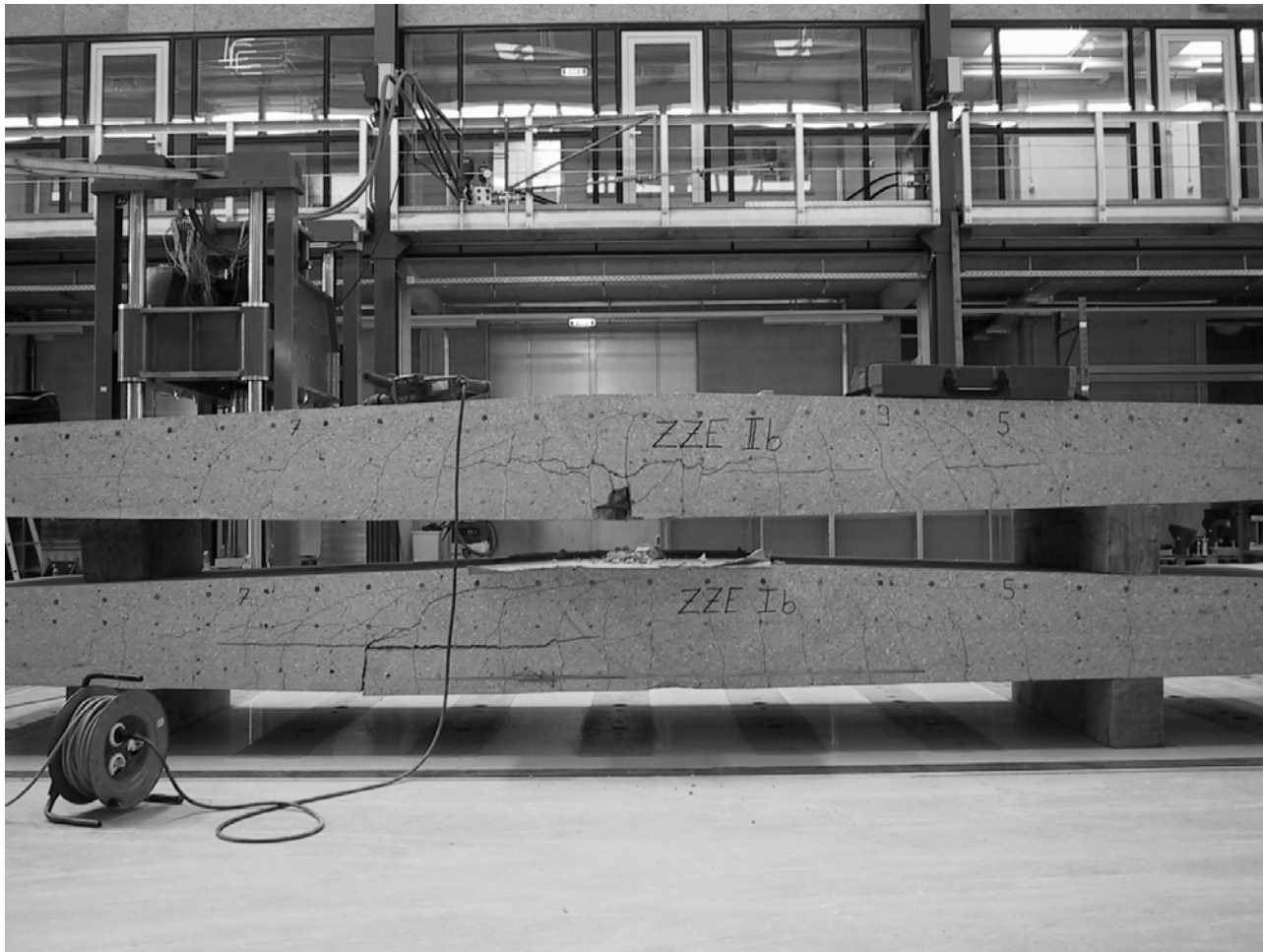
Versuchsergebnisse A10 Donnergrabenbrücke



Riss setzt sich beidseits im monolithischen Beton fort



Detail: Riss auch parallel zur Schubfuge

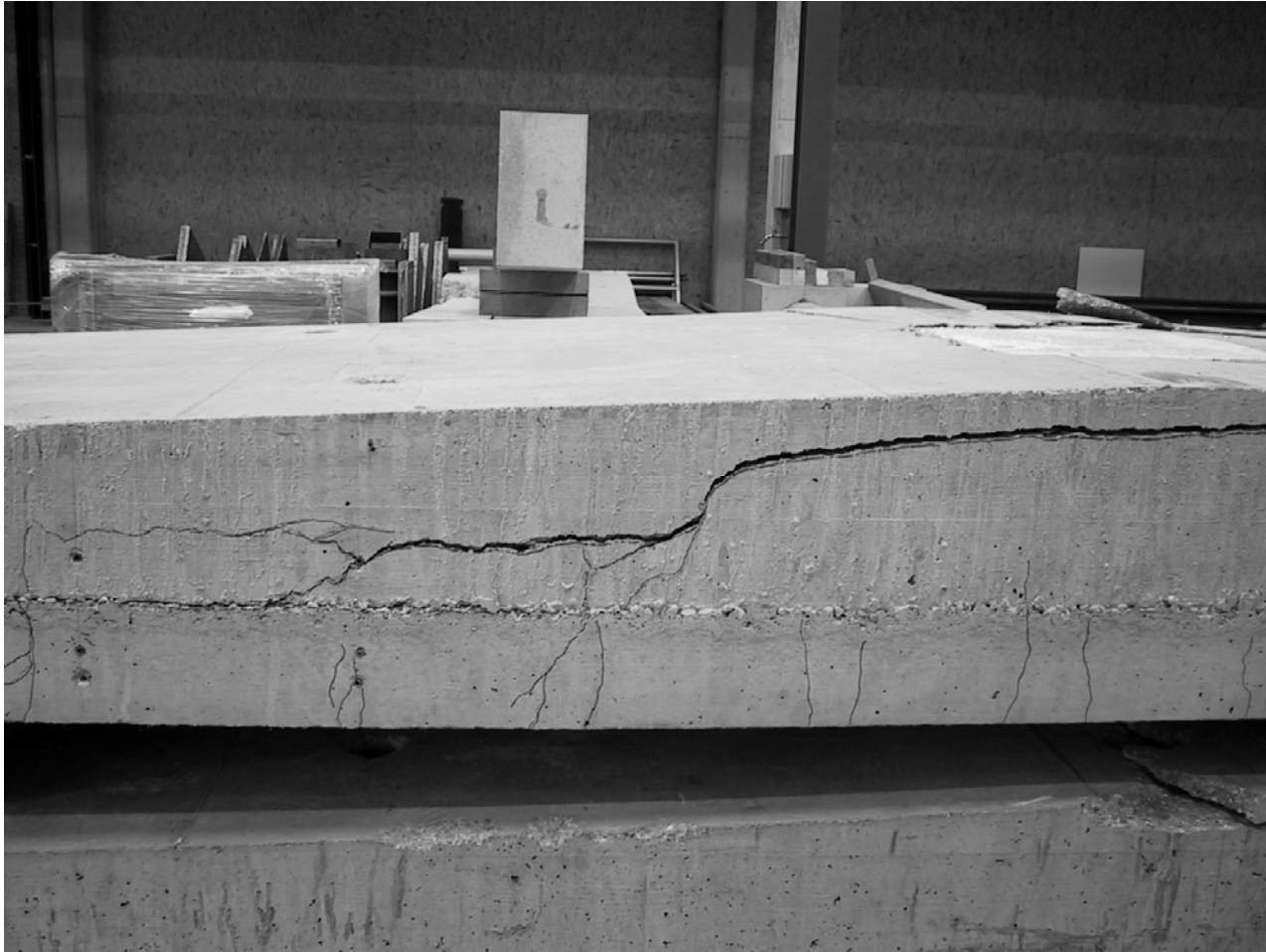


Riss in Schubfuge, aber nicht auslösend für Versagenslast



Detail





markante Risse außerhalb der Schubfuge





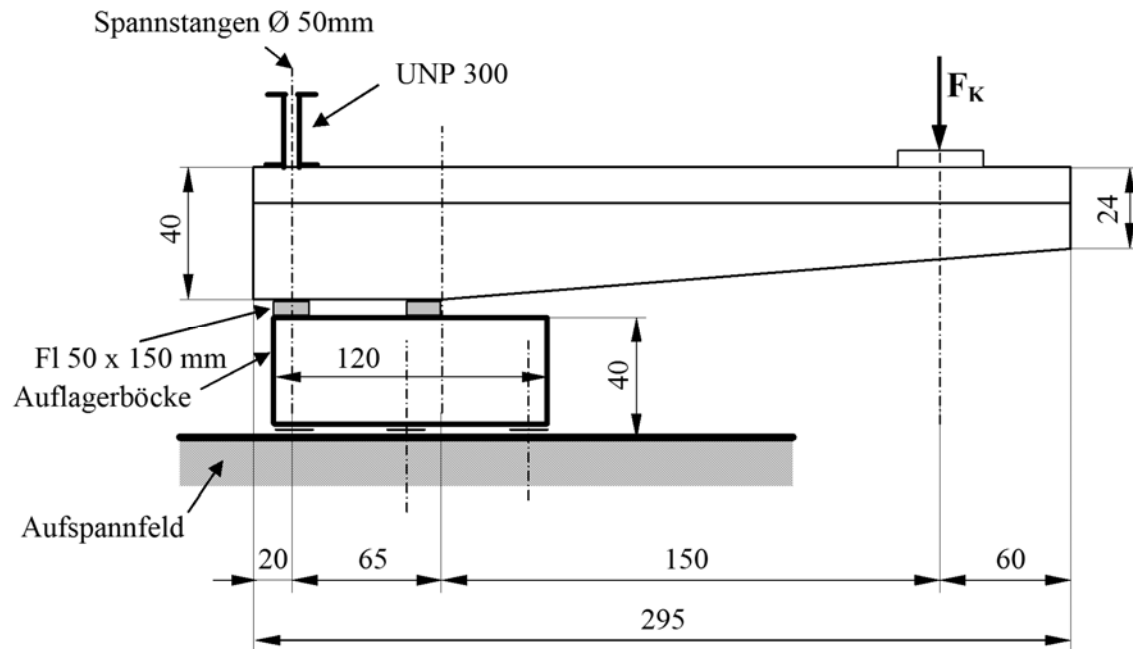
reduzierte Verbunddübel gegenüber B4700 zufolge erster Versuchsergebnisse



Oberfläche vor Ort

Ergebnisse der durchgeführten Versuche

Straßenforschungsauftrag, Heft 565



Setup:

- Grundplatte aus 1968 erbauter Brücke
- Aufbeton komplett ohne Verdübelung
- Lastwechsel mit Radlast 200kN

Versagensmodi

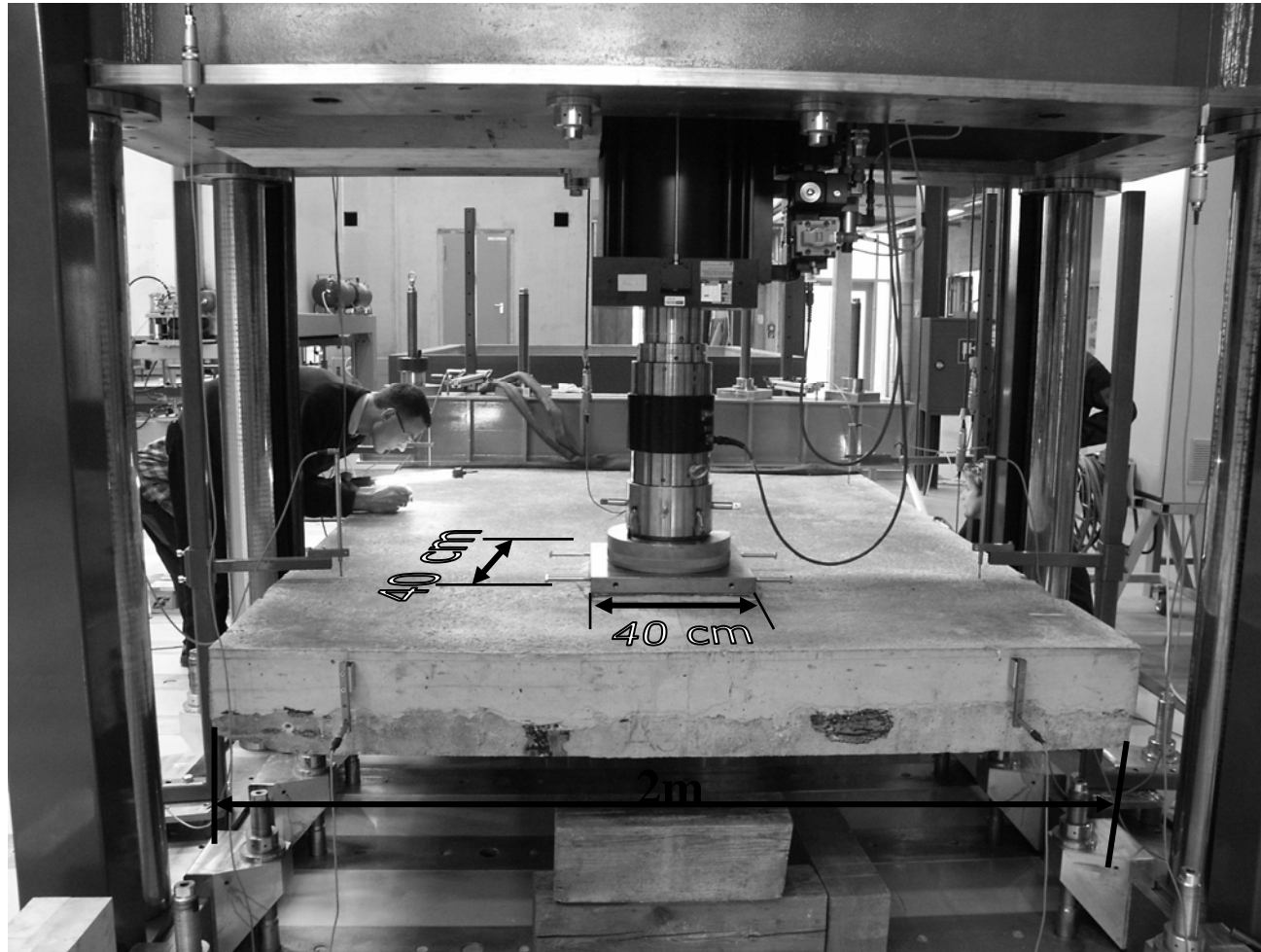
Platte 1: Traglastversuch nach $2,00 \cdot 10^6$ Ermüdungslastzyklen: **Biegezugversagen**

Platte 2: **Ermüdungsbruch der Bewehrung** nach $3,44 \cdot 10^6$ Lastzyklen

Platte 4: Traglastversuch nach $2,15 \cdot 10^6$ Ermüdungslastzyklen: **Biegedruckversagen**

Ergebnisse der durchgeführten Versuche

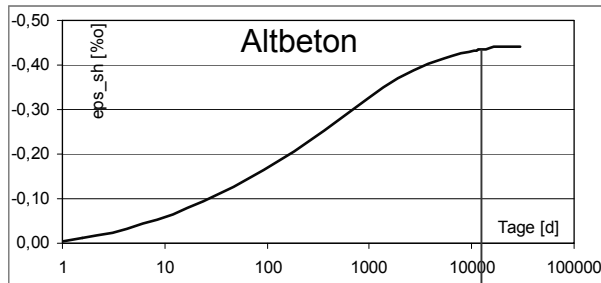
Straßenforschungsauftrag, Heft 565



Versuche

numerische Untersuchungen

inkrementelles Schwinden

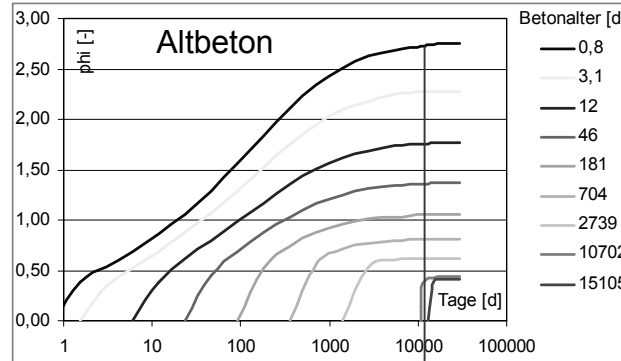


(A-Schicht, Altbeton)

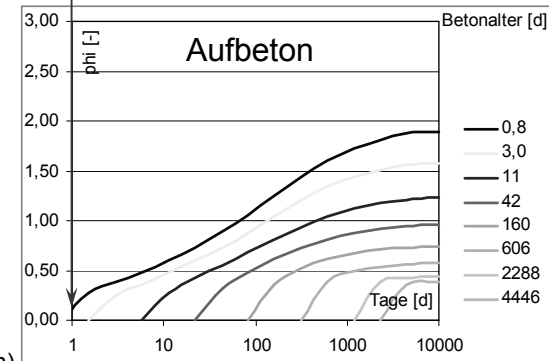


(B-Schicht, Aufbeton)

(Relaxations-) Kriechen



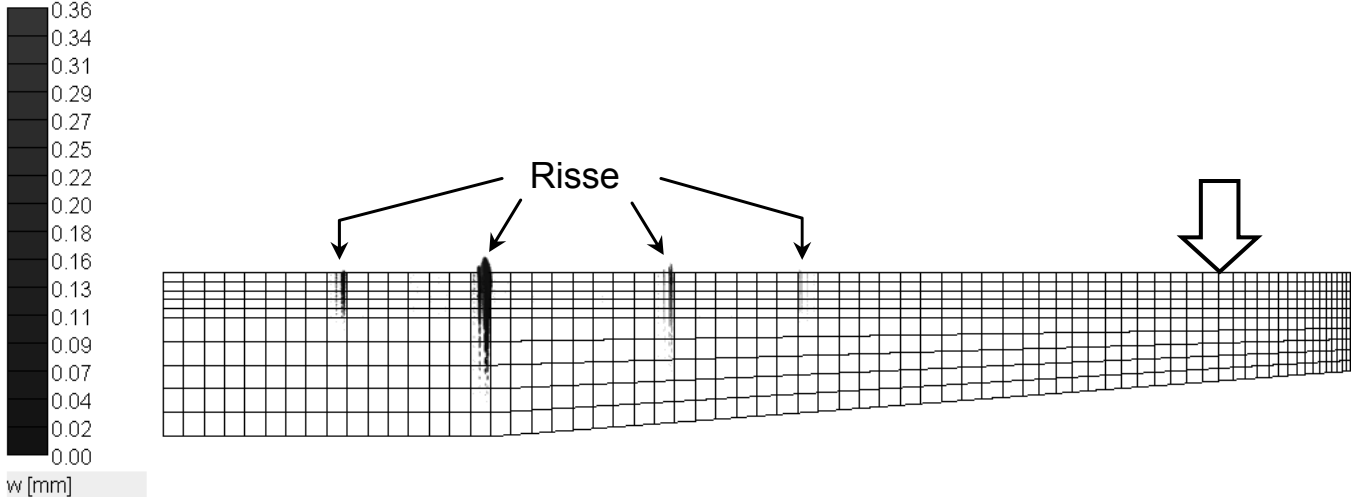
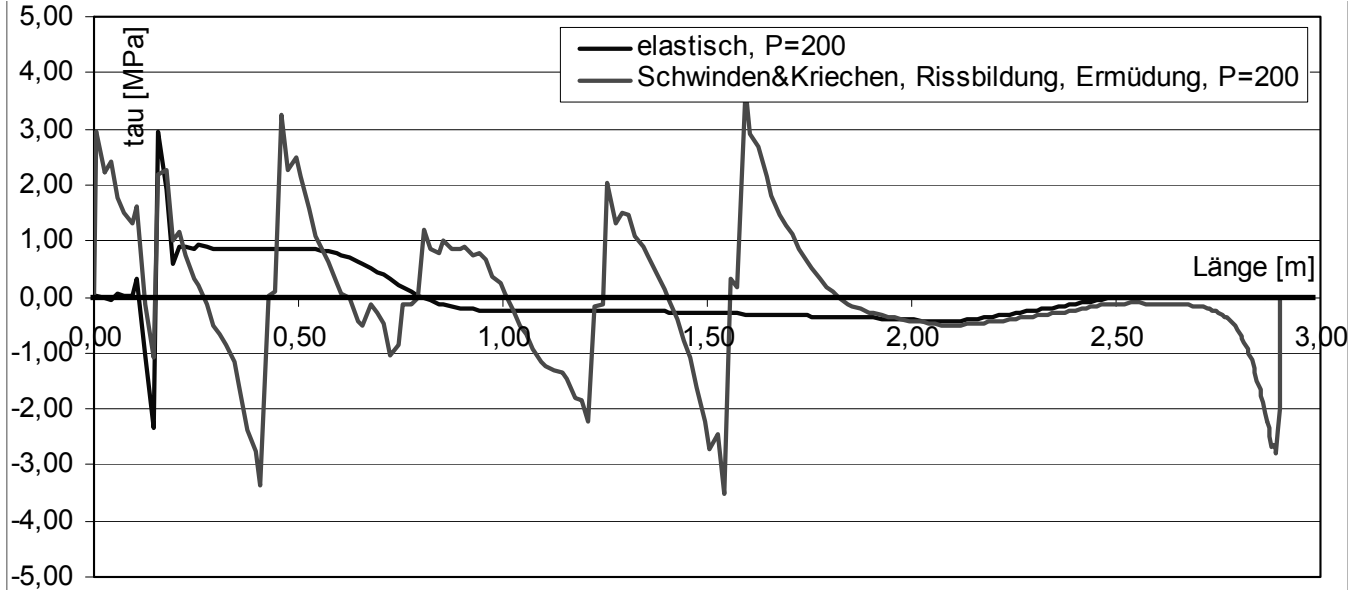
(A-Schicht, Altbeton)



(B-Schicht, Aufbeton)

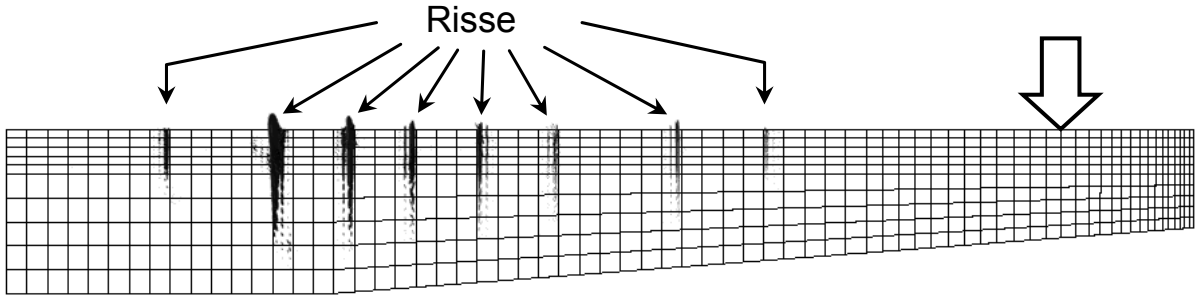
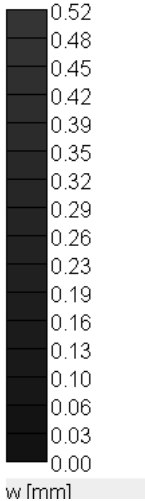
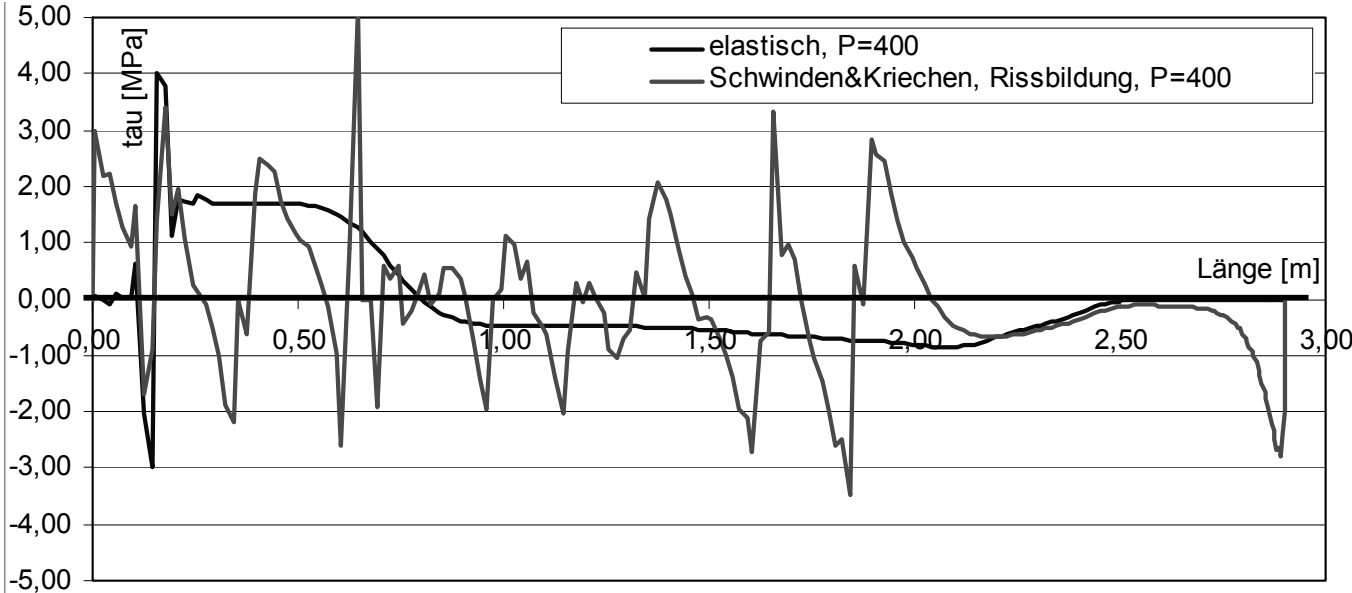
Versuche

Radlast 200kN; Schwinden & Kriechen, Ermüdung



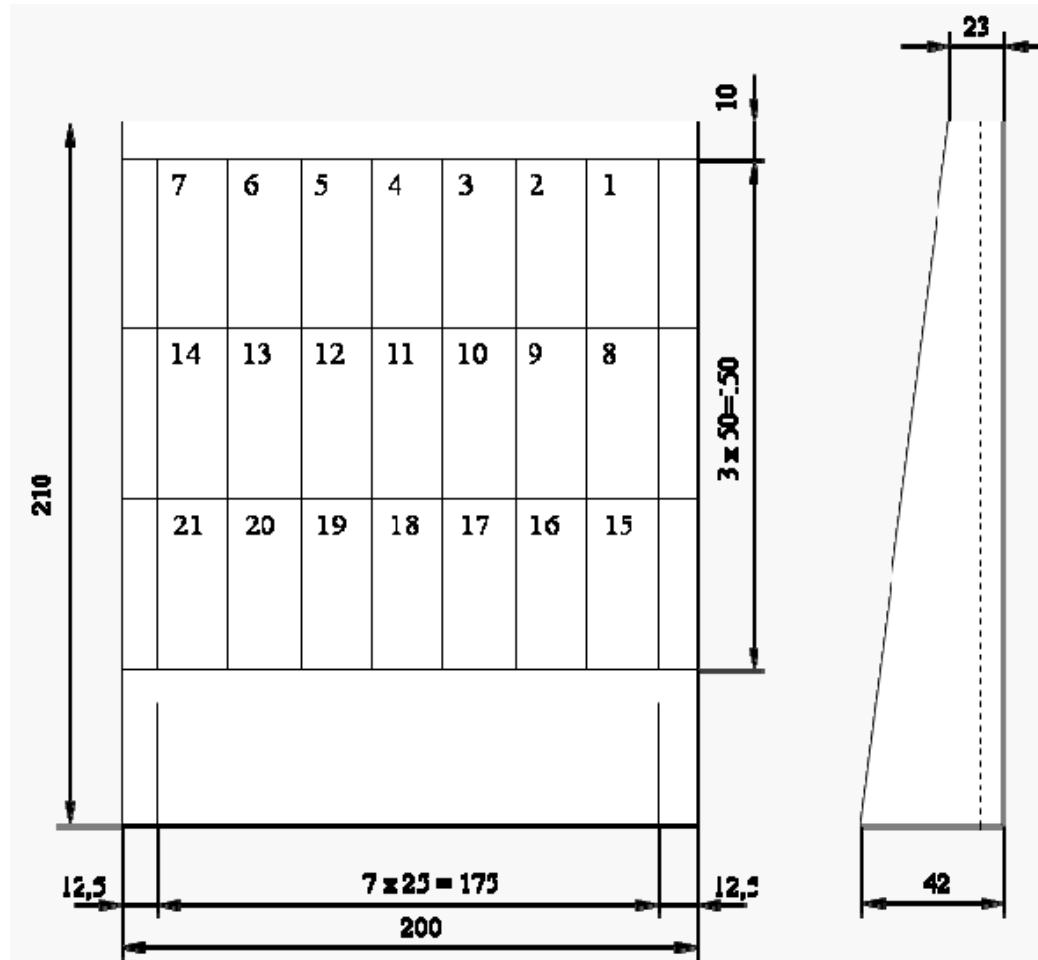
Versuche

Radlast 400kN; Schwinden & Kriechen, (keine Ermüdung)



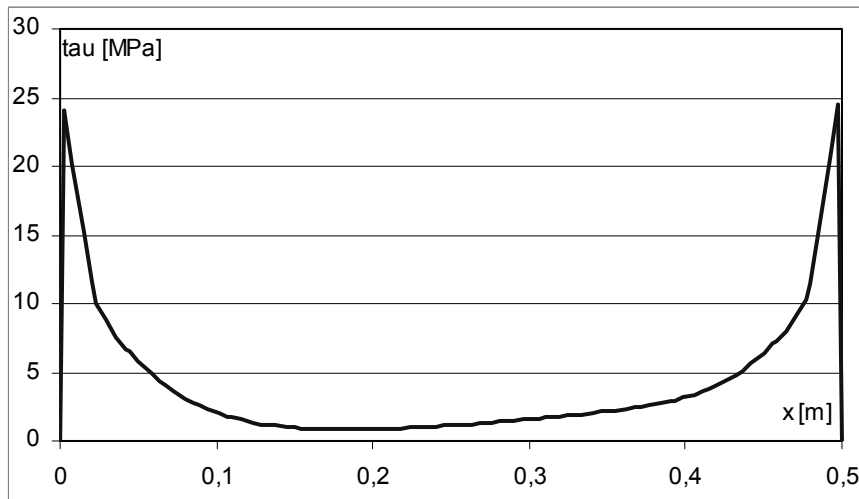
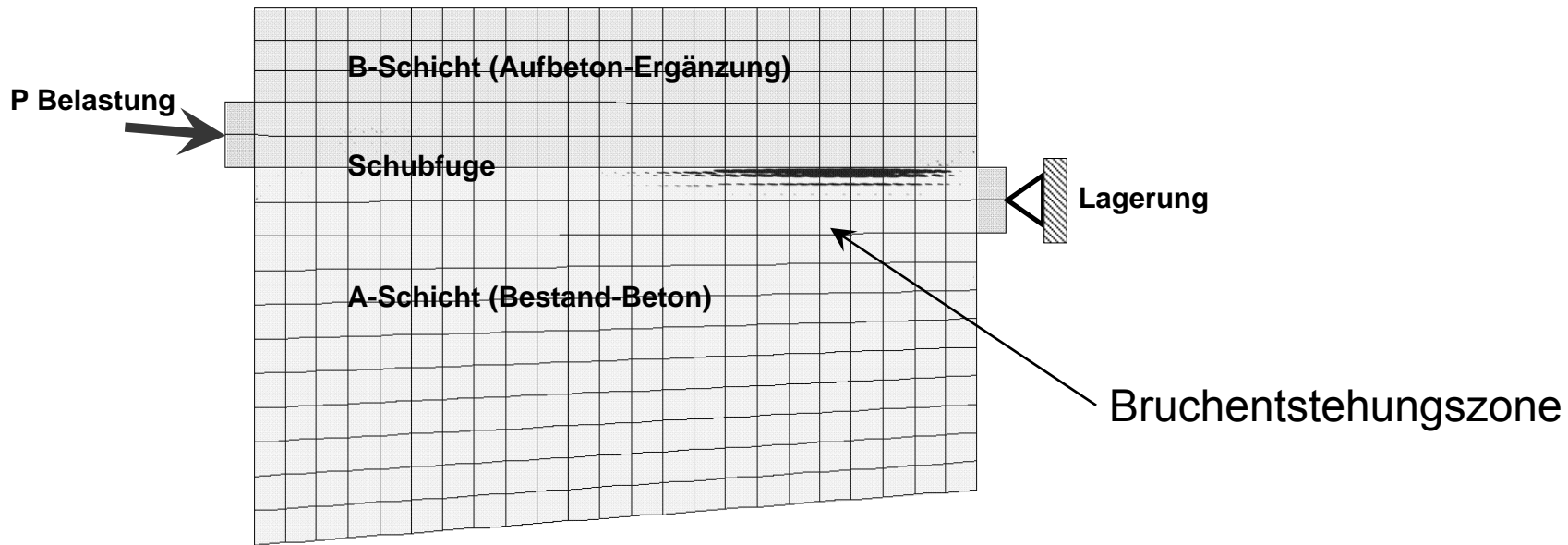
Versuche

Scherversuche



Scherversuche



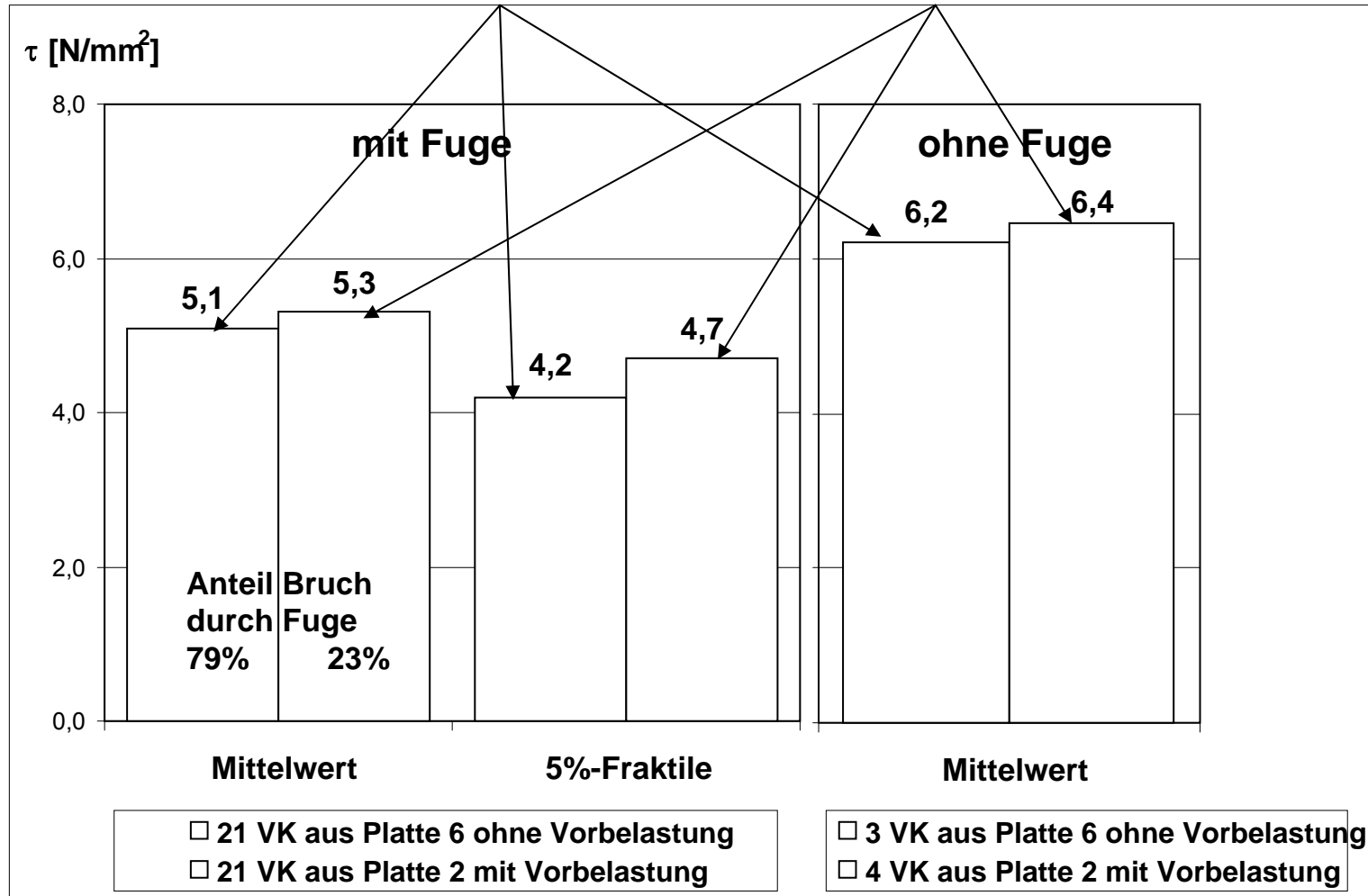


Schubspannungsverlauf
unmittelbar vor dem Bruch

Scherversuche

ohne Vorbelastung

Ermüdungswirksam vorbelastet



Versuche

Straßenforschungsvorhaben Nr. 3.321 – Universität Innsbruck

Setup

nachgebildete Brückenkragsplatten

Variation von:

- Rauigkeit der mit HDW aufgerauten Grundplatte
- Bewehrungsmenge
- wirksame Verbundfläche

Lasteinleitung direkt am Bestandsbeton

⇒ keine Klemmwirkung durch Last

⇒ Kerbwirkung



Versagensmodi:

- Biegedruckversagen
- Biegezugversagen
- Grundplatte auf Schub

Schub zwischen Ziegel-Einhängträger und Ortbetoneergänzung (Porotherm Decke Fa. Wienerberger)

System

vorgespannte Einhängträger
Oberfläche gereicht, sonst unbehandelt
Klappbügel
Einhängziegel ohne statische Wirkung
Aufbeton

Fragestellung

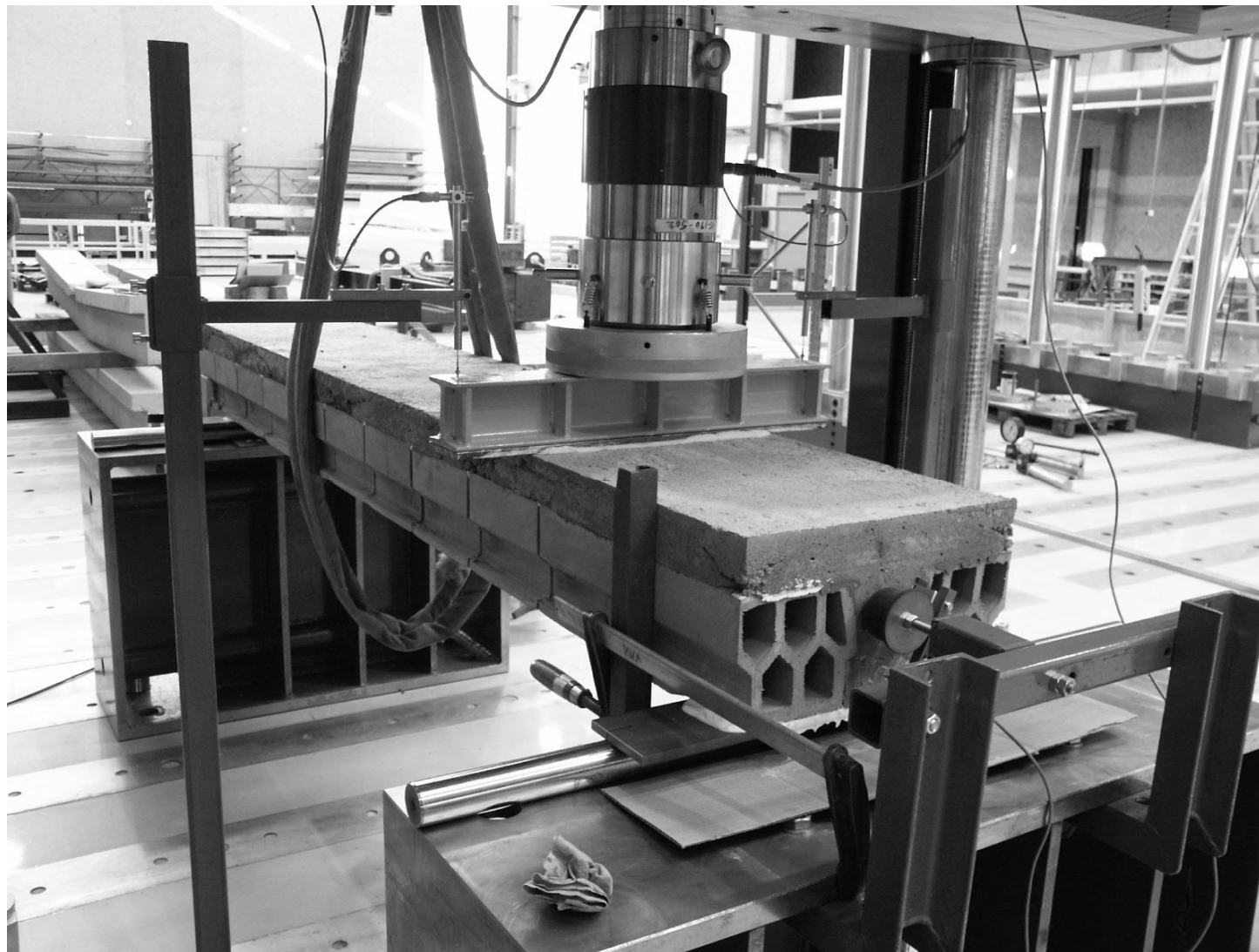
Schubtragfähigkeit des Systems

Versuchsprogramm

10 Träger mit Bügel (=Dübel)
10 Träger ohne Bügel

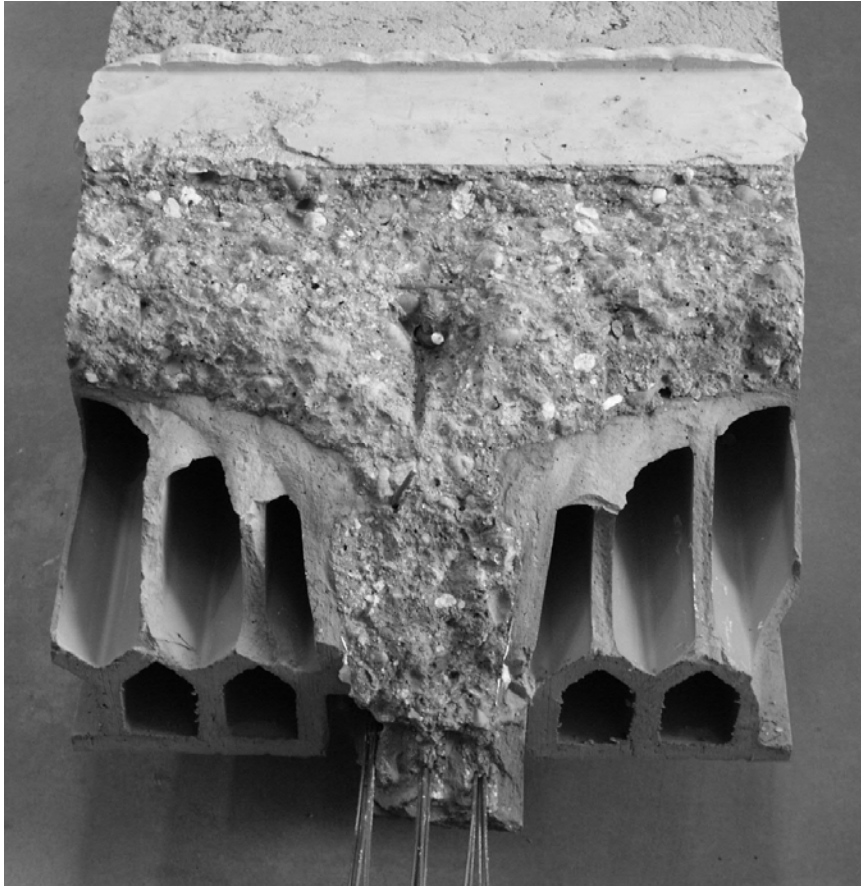


Versuchsstand

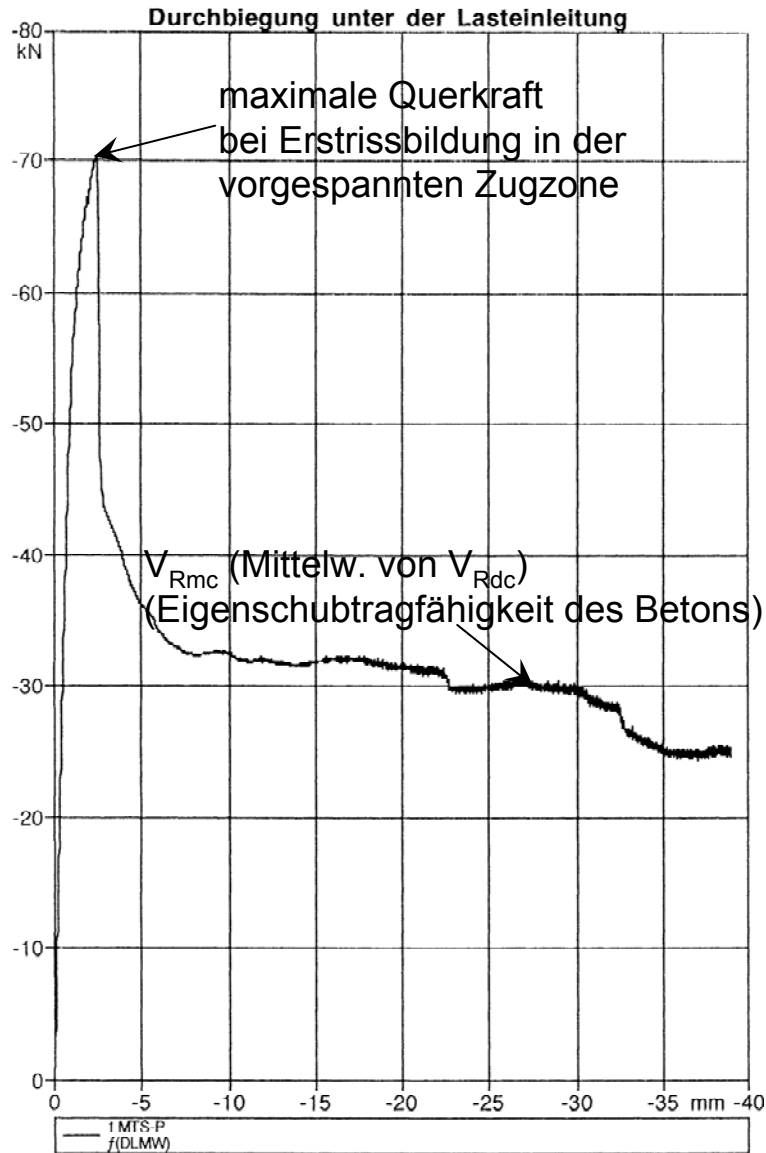




typischer Versagensmodus, Riss kreuzt Fuge



keine Relativverschiebung am Trägerende



Wienerberger / Deckenträger / 03/2004

WB-DT 3/7 L

saubere aber unbehandelte Schubfuge
hat Beanspruchungen von ca $2 \times V_{Rdc}$
stand gehalten

Versuche

Zusammenfassung der durchgeführten Versuche

- bei keinem Versuch hat die Schubfuge versagt

⇒ es war kein Versagensmechanismus beobachtbar

⇒ es ist somit auch kein neues Nachweiskonzept ableitbar

bei Annahme einer **verzahnten Fuge** stehen die Versuchsbeobachtungen in guter Übereinstimmung mit Ergebnisse lt. EC2 sowohl für statische als auch für ermüdungswirksame Beanspruchungen

Eckpunkte der neuen RVS 15.02.34

EC2 – konformes Konzept

- EC2 ist in sich komplex und erlaubt eine Vielzahl von Annahmen für die Fuge (Grunddokumente, NADs, zahlreiche Korrekturpapiere, ETAGs, TRs und ETAs)
- RVS gibt ausschließlich Hilfestellung zur Anwendung des EC2
 - ⇒ keine Konkurrenz der Vorschriften
 - ⇒ Empfehlungen in der RVS beruhen auf nationalen Versuchen abgestimmt mit internationalen Erfahrungen
 - ⇒ keine Zusatzkosten da anstatt „voller Verdübelung“ nun „optimale Fugenvorbereitung“
- wenn RVS nicht zur Anwendung kommt, ist der nahtlose Übergang zum vollen Umfang des EC2 in konsistenter Weise möglich

Generell:

- Grunddokument **EN 1992-1-1** erlaubt eine Schubkraftübertragung über eine **unbewehrte Schubfuge** sowohl für den statischen Fall als auch im Fall von **Ermüdungsbeanspruchungen**
- Gemäß **Brückenteil EN 1992-2** sind für dynamische oder Ermüdungsbeanspruchungen in der Regel die Werte für **c zu 0** anzunehmen.
- **Es wird davon ausgegangen, dass die hohen Anforderungen, welche die RVS an die Fuge stellt, außerhalb „der Regel“ sind**

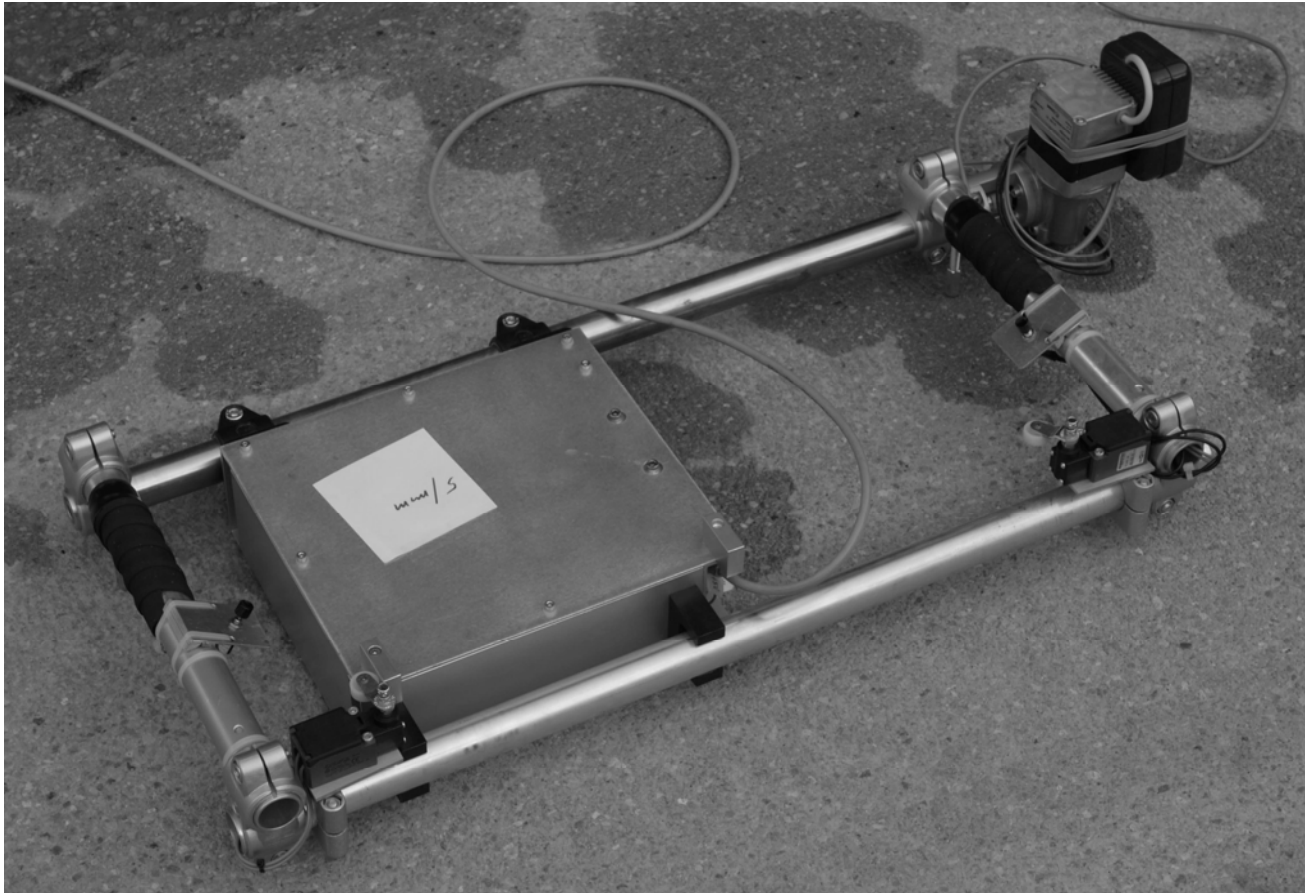
Oberflächenvorbereitung der Fuge

Arbeitsgänge	Anforderung
Hochdruck- wasserstrahlen	frei liegendes Korngerüst mittlere Rautiefe $R_t \geq 3 \text{ mm}$ Abreißfestigkeit $f_A \geq 1,5 \text{ MPa}$ $\geq f_{ctm}$ aus statischer Berechnung
Bohren	Bohrstaub Absaugen
Reinigen mit Druckluft	nur wenn nötig, - Ölfilter im Luftstrom
Vornässen	mehrere Tage vor dem Betonieren feucht halten am Tag des Betonierens: Wasserlachen absaugen und zum Zeitpunkt des Anbetonierens hat die Oberfläche etwas abgetrocknet zu sein (seidenmatt nass)

Die Verwendung von Haftbrücken ist nicht erforderlich.

Rautiefenbestimmung

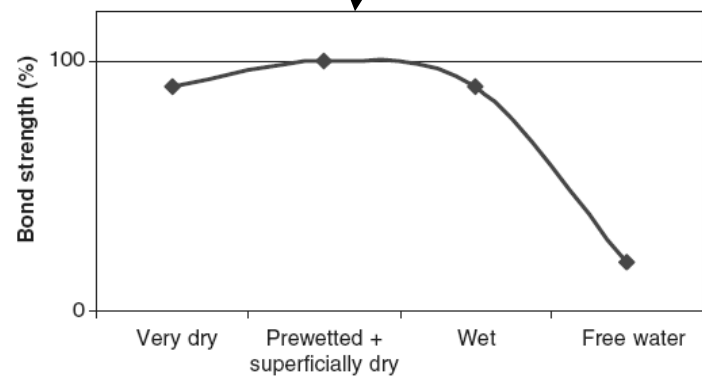
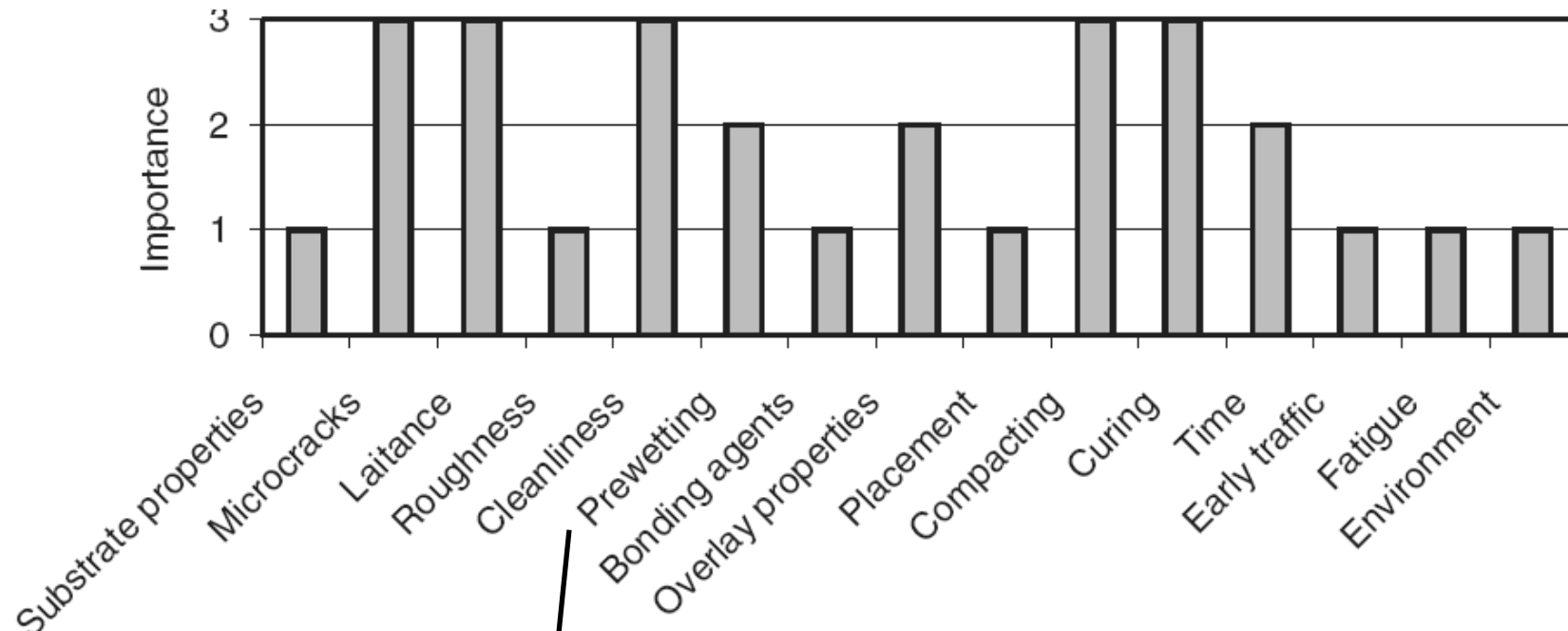
- Kaufmann-Verfahren (Sandfleck)
- elektronische Bestimmung



Tragfähigkeit von Schubfugen wird beeinflusst durch

- Sauberkeit der Grenzfläche
 - Mikrorisse in der Grenzzone
 - Rauheit der Fugenoberfläche
 - Zementschlempe an der Fugenoberfläche
 - Altbetoneigenschaften
 - Altersunterschied
 - Vornässen des Altbetons
 - Neubetoneigenschaften
 - Betonzusatzmittel
 - Verdichtung des Neubetons
 - Nachbehandlung des Neubetons
 - Art der Beanspruchung
 - Zeitpunkt der Erstbeanspruchung
 - Lage der Verbundfuge (oben/seitlich/unten)
 - Ermüdung
- **örtliche Bauaufsicht in hohem Maße gefordert (Maßnahmenkette)**
- **Notwendigkeit eines Regelwerkes für die Praxis**

Tragfähigkeit von Schubfugen wird beeinflusst durch



erforderliche Nachweise

Schubfuge

gemäß EC2

Dübel für gerissenen Beton gemäß ETA bzw. ÖNORM CEN/TS 1992-4

Ermüdungsnachweis

wenn ELM 3 anzuwenden ist, ist aber in der Regel nicht maßgebend

Querkraft

in der Regel maßgebend gegenüber dem Fugennachweis

Rissbreite im Aufbeton

Zwang durch Altbeton, $w_{\max} = 0,3 \text{ mm}$

Verankerung von Zugkräften

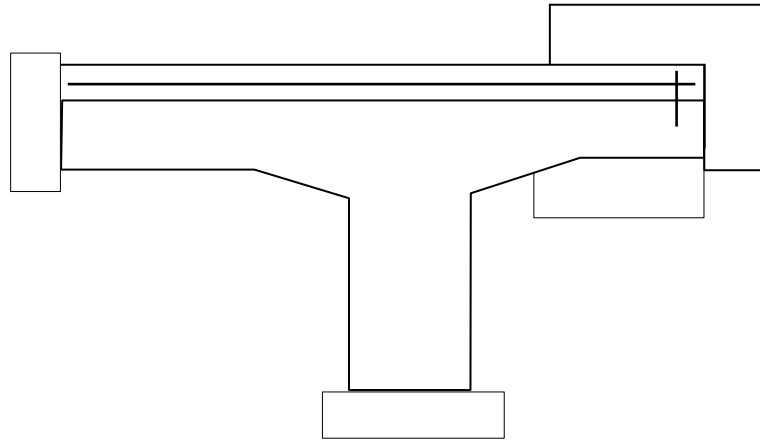
Umlenkkräfte in der Entwässerungsachse: Verbindungsmittel anordnen

Randbalkenanker:

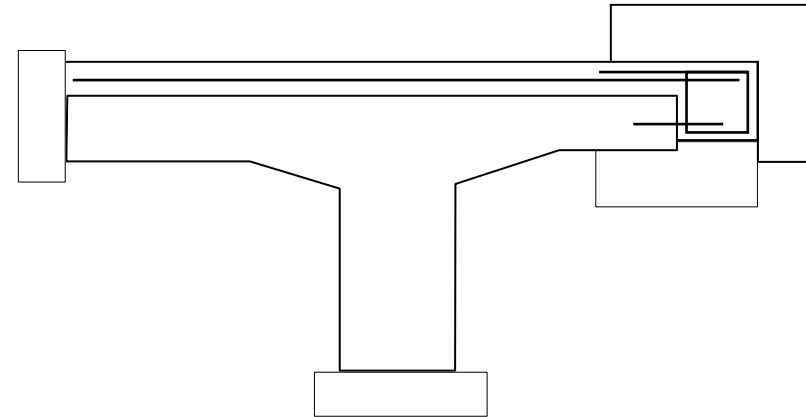
Kräfte in den Bestand führen

Eckpunkte der neuen RVS

Ausbildung des Plattenrandes



mögliche Lösung



empfohlene Lösung

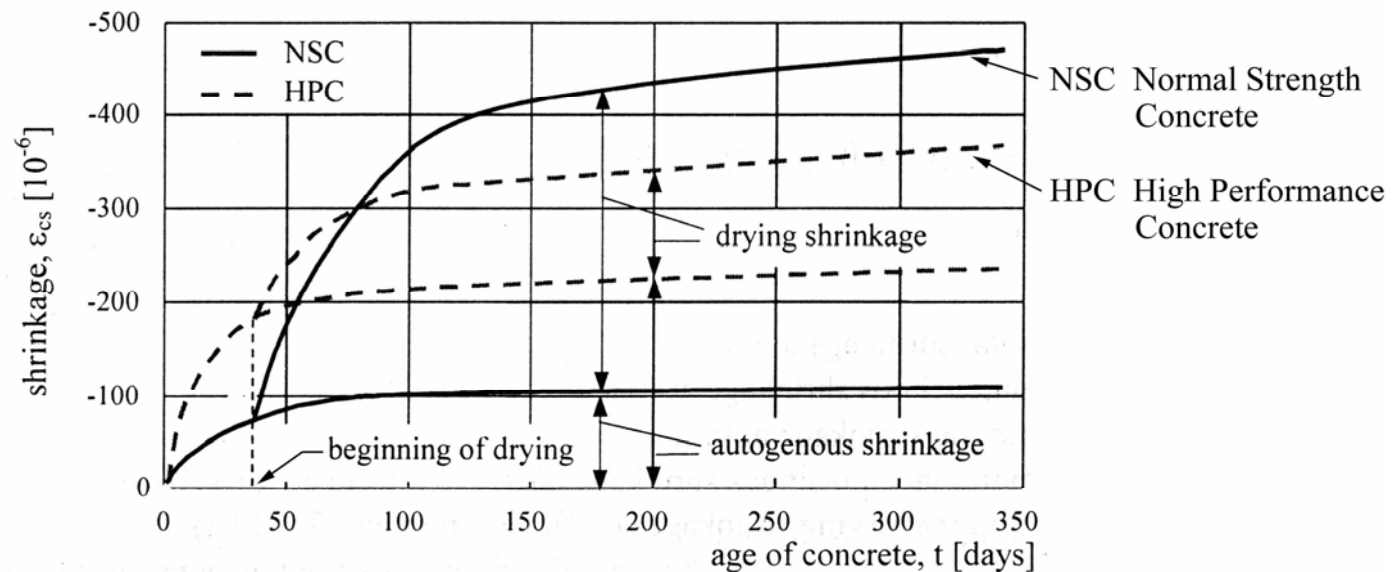
Zusammenfassung

- Notwendigkeit von effizienten Methoden zur Brückenverstärkung
- Zur Anwendungssicherheit des EC2 ist eine neue Regelung notwendig
- RVS 15.02.34 gibt Hilfestellung und Sicherheit bei der Anwendung des EC2 und Auswahl der „brauchbaren Produkte“ gemäß BPR
- Empfehlungen sind durch verschiedenste Versuche abgesichert da die Ergebnisse des EC2 den Versuchsbeobachtungen entsprechen

Eckpunkte der neuen RVS

Betoneigenschaften des Aufbetons

- **Betongüte:** mindestens C30/37
- **Ausbreitmaß:** mindestens F38 (je mehr desto besser, das Ausbreitmaß wird durch das resultierende Gefälle der Oberfläche begrenzt)
- **Schwinden:** RRS-Beton (radikal reduziertes Schwinden gemäß B4710)
Zusätzlich darf das Schwindmaß nach 56 Tagen 0,35 mm/m nicht überschreiten.



Eckpunkte der RVS

Eckpunkte der neuen RVS

Betoneinbau und Nachbehandlung

Flaschenrüttler & Rüttelbohle

Flaschenrüttler: Tiefenwirkung und Formschluss zwischen Altbeton und Aufbeton

Rüttelbohle: Oberfläche

Nachbehandlung gemäß RVS 08.17.02

Die Methode ist nachrangig gegenüber der Qualität.

Eckpunkte der neuen RVS

Konstruktives

Mindestbewehrung

keine, wenn keine Fugenbew. erforderlich ist

$n \cdot N_{Rk} / A_j \geq 0,50 \text{ MPa}$, wenn Fugenbew. rechnerisch erforderlich ist

wesentliche zweiachsiale Beanspruchung

Fugenbewehrung bis zum Vorliegen wissenschaftlicher Untersuchungen

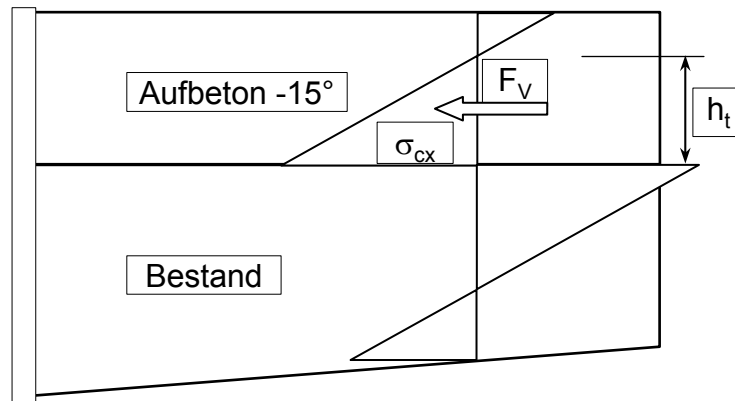
Abstandsicherung

2 Stk. / m²

Erleichterungen für Betobdeckung nach unten bei lokalen Hochpunkten

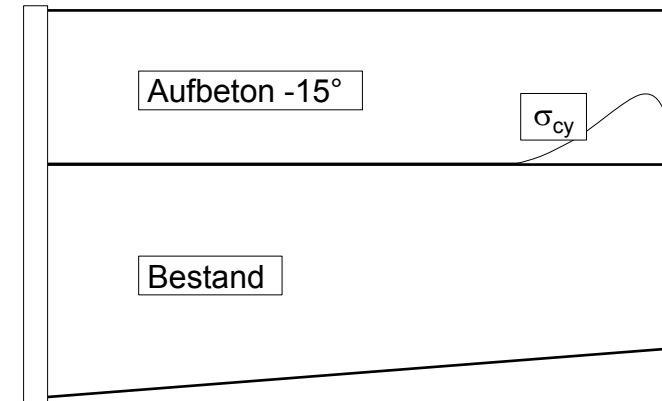
Eckpunkte der neuen RVS

Bemessung des Plattenrandes



$$F_V = h_t \times \sigma_{cx} / 2$$

$$\text{maximal } F_V = t_{\text{Aufb}} \times f_{\text{ctm}} \times 0,80$$



$$F_T = \int \sigma_{cy}$$

$$\text{maximal } F_T = F_V / 6$$