ÖNORM B 4759 – „Spannbeton - Spannsysteme“ –
Neuerungen und Praxisanwendung

FH-Prof. DI Dr. Markus Vill

FH Campus Wien, Massivbau und Brückenbau
Leiter Forschungszentrum Bauen und Gestalten
Zivilingenieur für Bauingenieurwesen

DI Dr. Helmut Hartl

Abteilung 5 - Baudirektion
Referat Brückenbau, Referatsleiter
Amt der Burgenländischen Landesregierung

Hintergrund

Großer Bestand an Spannbetonbrücken

- Spannbetonbrücken stellen flächenmäßig größter Anteil im hochrangigen Netz
- Anzahl der Spannbetonbrücken jedoch geringer, allerdings hohes Anlagevermögen

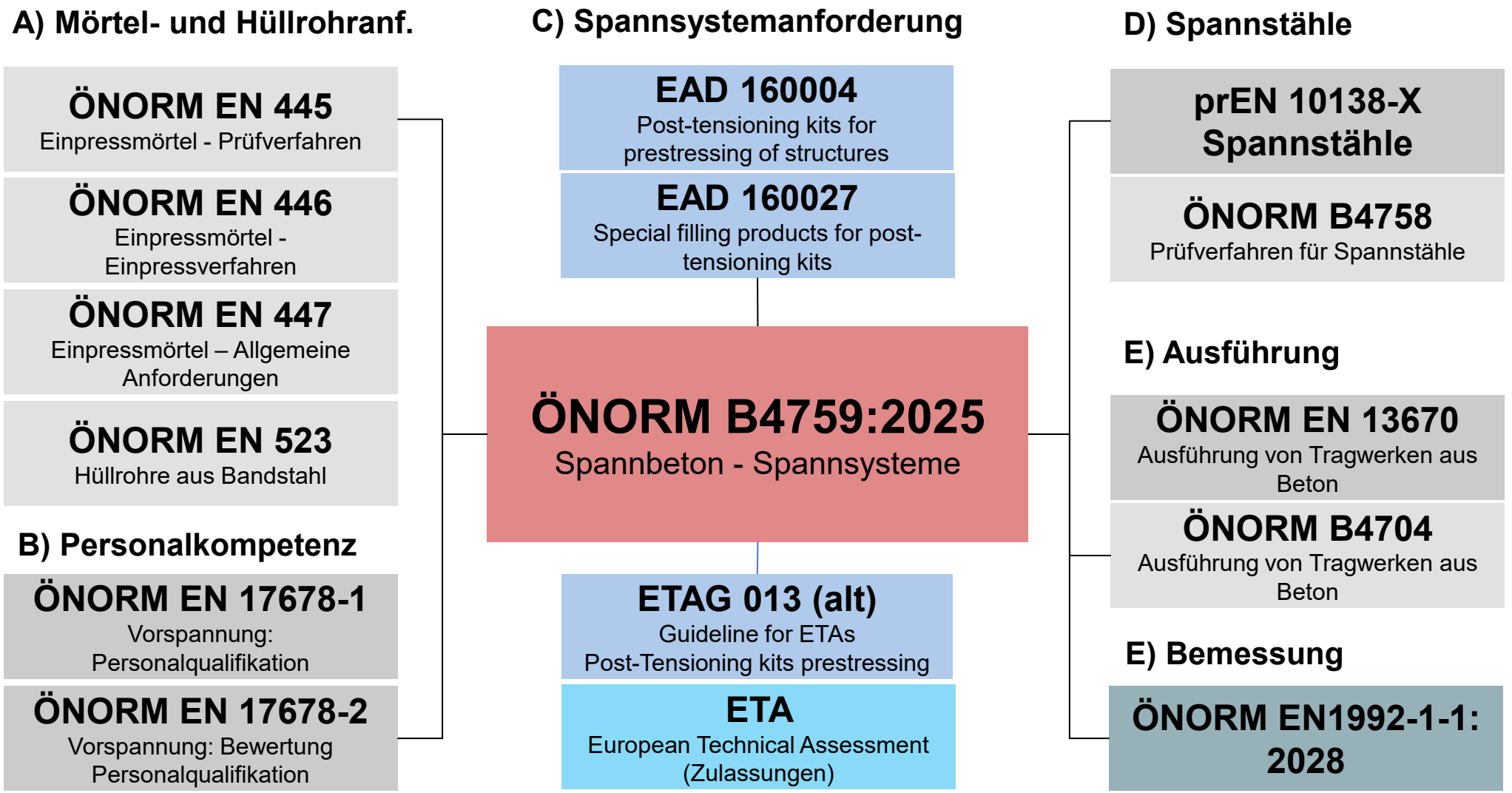
ÖNORM B4759:2005 überholt

- als Vorgängernorm aus dem Jahr 2005 zu überarbeiten
- Regelungen hinsichtlich Zulassungen, bzw. ETA (ETB), EAD nicht mehr aktuell in derzeitiger Norm

Klärungsbedarf bzw. offene Fragen

- Normative Verweisungen
- Konstruktive Anforderungen, z.B. Korrosionsschutz, Umlenkungen
- Ausführung, z.B. Lagerung, Einbau, Toleranzen, Spannen, Auspressen
- Bestandsdokumentation und Qualitätssicherung

Zusammenhang der Normen und Regeln



Anwendungsbereich ÖNORM B4759

- Anforderungen an Spannsysteme mit nachträglichem Verbund und ohne Verbund
- Ausschluss: Vorspannung mit sofortigem Verbund (z. B. Spannbettverfahren)

Inhalt

- Konstruktive Anforderungen
- Ausführungsgrundlagen
- Nachweise
- Bestandsdokumentation

Wichtigste Änderungen

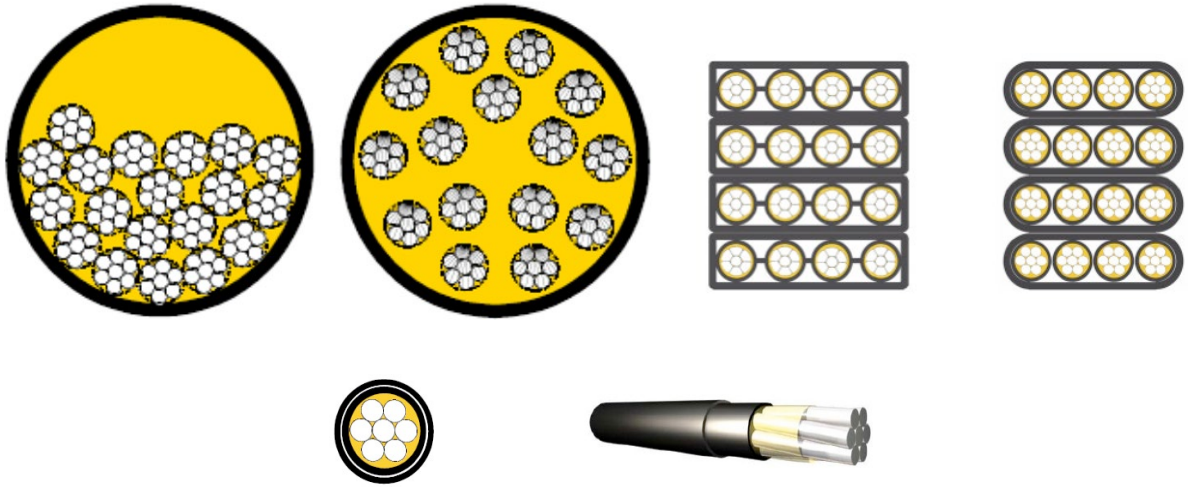
- Aktualisierung der normativen Verweisungen
- Anpassung an EAD 160004 und EAD 160027
- Einführung von Anforderungen an die Qualifikation des Personals gemäß ÖNORM EN 17678-1
- Neuer Anhang: Startbesprechung für Spannarbeiten

Neuerungen gegenüber B4759:2005

Auszugsweise

Korrosionsschutz bzw. Einpressmaterial

- Eignung bzw. Prüfung nach EAD 160027: Zement, Wachs, Fett, Parrafin
- Externe Spannglieder: bei Verkehrsinfrastrukturbauwerken sind Doppelummantelungen zu erstellen
- Interne Spannglieder mit Verbund: Temporärer Korrosionsschutz mit wasserlöslichen Ölen (vgl. TEKplus Dokument, (CH), EMPA Prüfbericht TEKORS *)



** Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern (TEKplus) –Wissenschaftlich, technische Begleitung der Umsetzung in die Praxis, Bundesamt für Strassen, Zürich, 2007*
Bericht TEKORS, Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern, EMPA, Dübendorf, 2004

Temporärer Korrosionsschutz nach B4759:2025

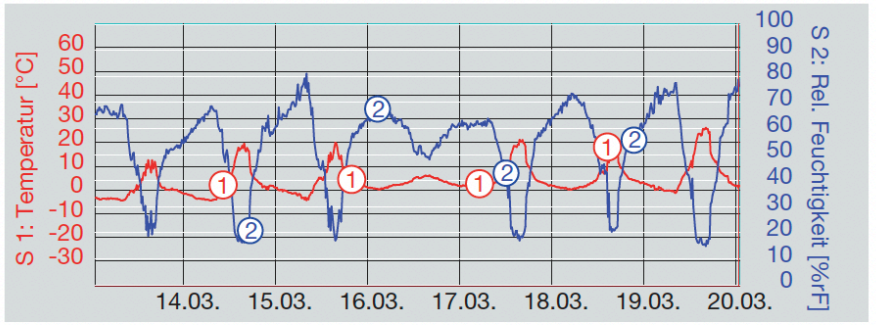
Korrosion an Spannstählen

- Chloridhaltiges eingedrungenes Tagwasser
- Langer Bauzustand > 4 Wochen unverpresst bzw. Spannstahl im Wasser liegend
- Ursache: Forderung Auspressen nicht. unter 5°C (10°C)

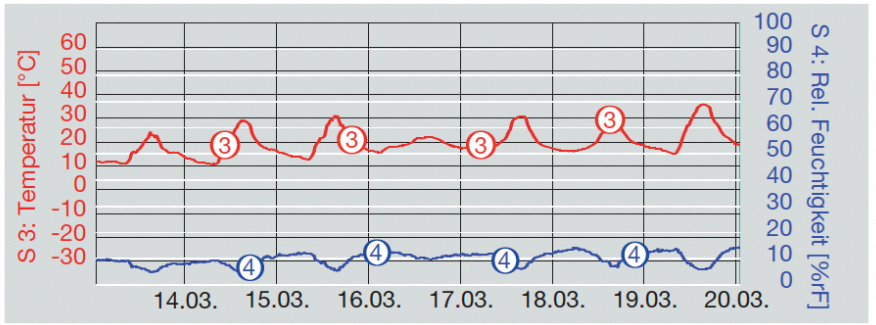
Maßnahmen

- **Temporärer Korrosionsschutz mit wasserlöslichen Ölen** (vgl. TEKplus Dokument*, CH)
- Spülen Hüllrohr mit Intergas (Stickstoff)
- Einblasen von Trockener Luft, Klima unter 50% rel. F.
- Problematisch Früher: Dampfphaseninhibitoren (VPI-Pulver, Di-cyclo-hexyl-ammonium-nitrit)

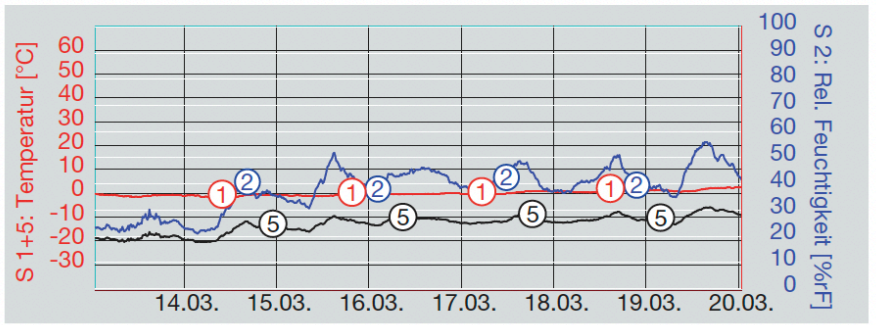
Gemessene Temperatur und relativer Feuchte im Verlaufe einer Woche (13. – 20. März 2006)



Außenluft



Trockenluft
Eingeblasene Trockenluft



Ausgeblasene Luft

Quelle: Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern (TEKplus) –Wissenschaftlich, technische Begleitung der Umsetzung in die Praxis, Bundesamt für Strassen, Zürich, 2007

Temporärer Korrosionsschutz nach B4759:2025

Zeitschiene bis zum Verpressen

Gem. ÖNORM B4759 bzw. auch ASTRA und SIA 262

- Weniger **als 3 Wochen Lagerung** auf der Baustelle, geschützt
- Weniger **als 6 Wochen** im eingebauten Zustand vor Verpressung, ansonsten temp. Schutzmaßnahmen
- Auch früher, bzw. sofortige Maßnahmen, wenn **aggressive Umgebung** im Winter/Herbst vorherrschend ist
- Gem. SIA 262, max. 2 Wochen im gespannten Zustand

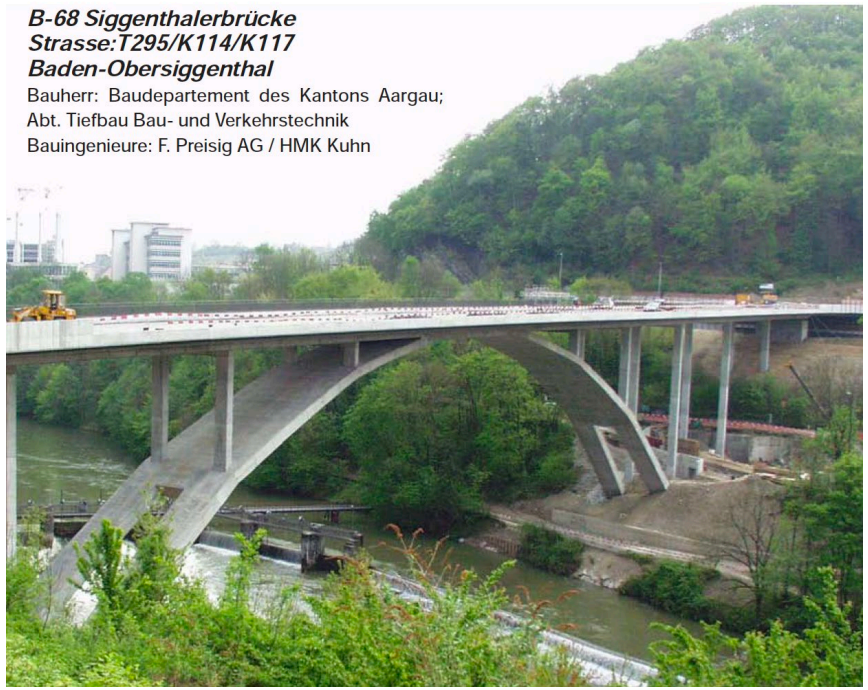
Ähnliche Regeln in DIN 4227 alt und ASSHTO (1994)

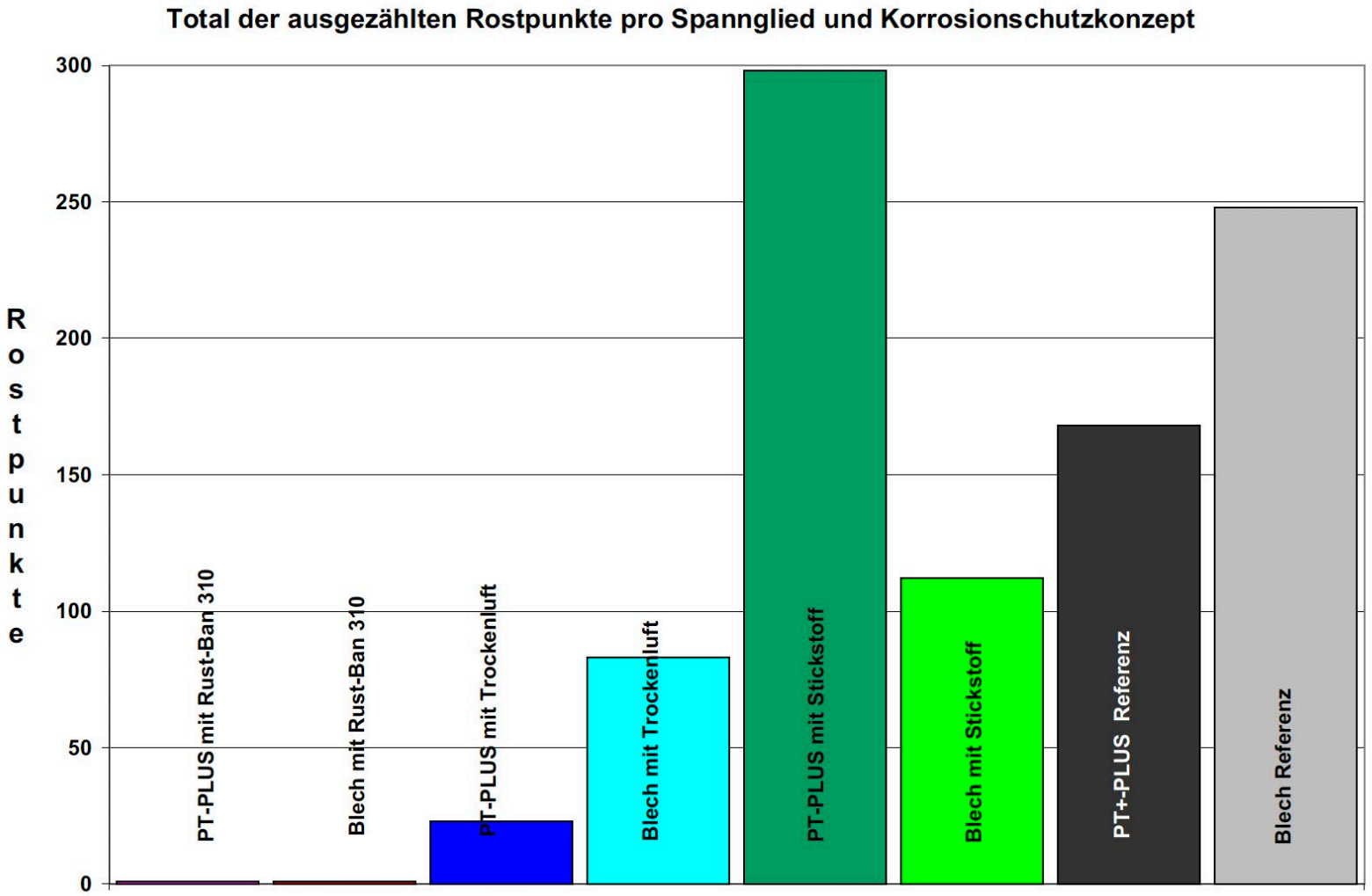
28 Tage Exposition in Kondenswasser-Prüfklima DIN 50017 KFW

Quelle: Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern (TEKplus) – Wissenschaftlich, technische Begleitung der Umsetzung in die Praxis, Bundesamt für Strassen, Zürich, 2007

Temporärer Korrosionsschutz

Pilotversuch, EMPA und ASTRA





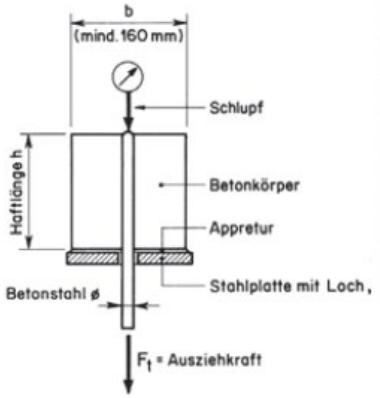
Quelle: Bericht TEKORS, Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern, EMPA, Dübendorf, 2004

Temporärer Korrosionsschutz nach B4759:2025

Verbundverhalten

- Grundsätzlich Reduktion Adhäsion, Scher- und Reibungsanteile weniger betroffen
- Versuche gem. EMPA Prüfbericht bestätigen rund 20% Verlust an Verbund
- Zulassung DIBt „Produkt RustBan 310“ gibt Rechenwerte an für EC 2 Nachweise

Beispiel: Ergebnisse von Pull-Out Versuchen, EMPA



Typ	Behandlung der Spannstahloberfläche	Art des Spannstahls	Anzahl Prüfkörper
1	Unbehandelt - dito -	Draht Litze	3 3
2	Emulsion mit 25% Rust-Ban 310 - dito -	Draht Litze	3 3
3	Emulsion mit 5% Rust-Ban 310 - dito -	Draht Litze	3 3

25% Emulsion “RustBan310“

Typ	"Gleitkraft" Einzelwerte kN	Mittelwert kN	%
1	9.93 8.92 11.79	10.21	100
2	9.54 11.19 7.48	9.40	92.1
3	8.83 7.52 11.41	9.25	90.6

Quelle: Bericht TEKORS, Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern, EMPA, Dübendorf, 2004

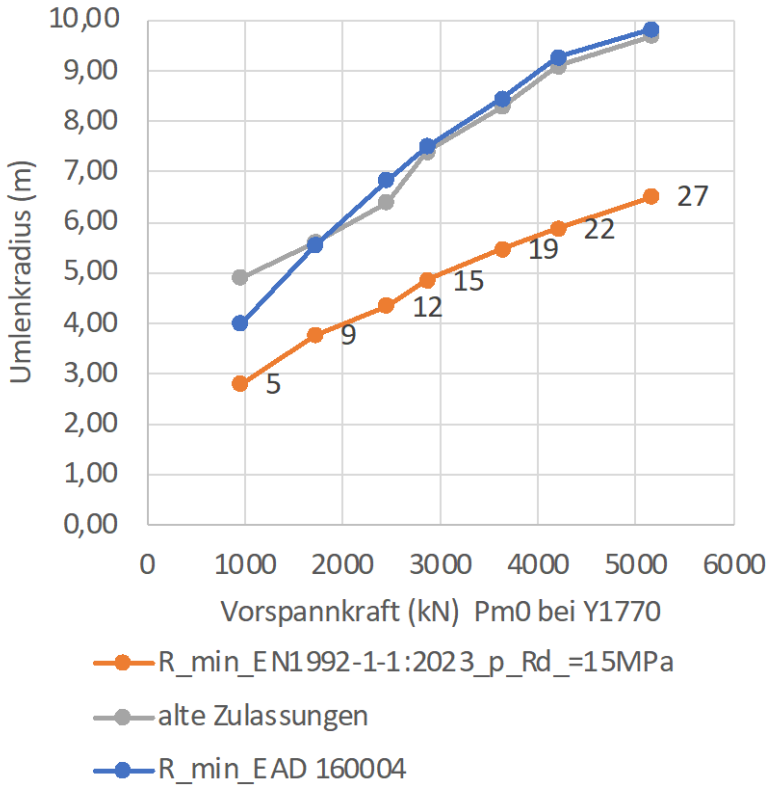
Krümmungsradien von Spanngliedern mit nachträgl Verbund

Problemstellung und Hintergrund

- ETA von Spannsystemen geben keine minimalen Radien an, Verweise auf EAD 160004, $p_{R,max}$ frei wählbar
- Grund: Schutz vor Beschädigung Stähle (Querpressung) und Spannungsbegrenzung im Beton unter Hüllrohren
- ÖNORM EN 1992-1-1:2015 enthält keine Regelungen

Neuer Ansatz in ÖNORM B4759

- Bauwerke mit Ermüdungsbelastung ist der Wert $p_{R,max}$ ≤ 150 kN/m für EAD unter dem Spannglied
- Betonspannungsnachweis Umlenkung:



$$R_{min} = \frac{\sigma_{pd}}{p_{Rd}} \sqrt{A_p}$$

R_{min} der minimale Krümmungsradius;

σ_{pd} die Bemessungsspannung des Spanngliedes (zum Zeitpunkt des Spannens unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte für die Vorspannung);

p_{Rd} die maximale Betonquerpressung unter dem Spannglied,
für Spannglieder mit gewellten Hüllrohren gilt: $p_{Rd} = 0{,}75\, f_{cd} \leq 15$ MPa;

Ertüchtigung mittels externer Vorspannung Praxiserfahrungen

Lafnitzbrücke Königsdorf 100 m (2 x 50 m)

Hangbrücke Henndorf 150 m (3 x 50 m)

Zustand vor der Sanierung, Hangbrücke Henndorf

FÜG schadhaft

Widerlagerkammer

Abplatzungen an der Wange

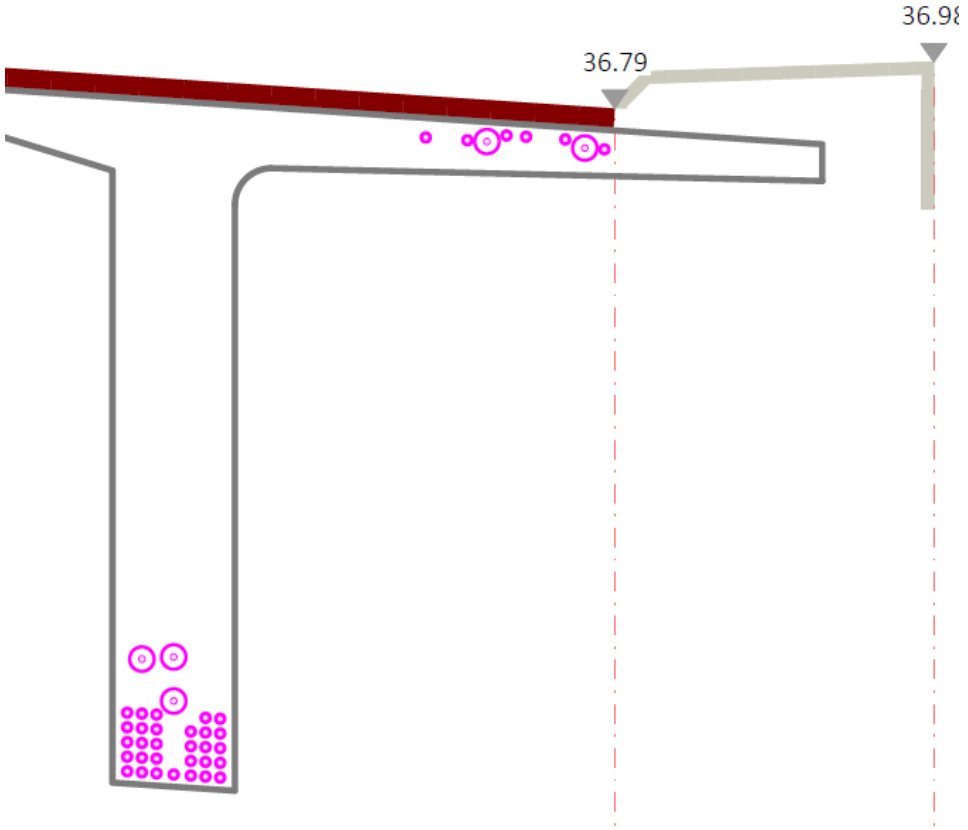
Schutzbeton über Spannköpfe

Bauwerksprüfung, Zustand vor der Sanierung

Hauptträgeruntersicht

- klingt bei Prüfung hohl
- Spannstangen in **5 Lagen !**
- entmischter Beton
- Sanierung quasi unmöglich

⇒ unbedingt trocken halten



Zustand vor der Sanierung, Lafnitzbrücke

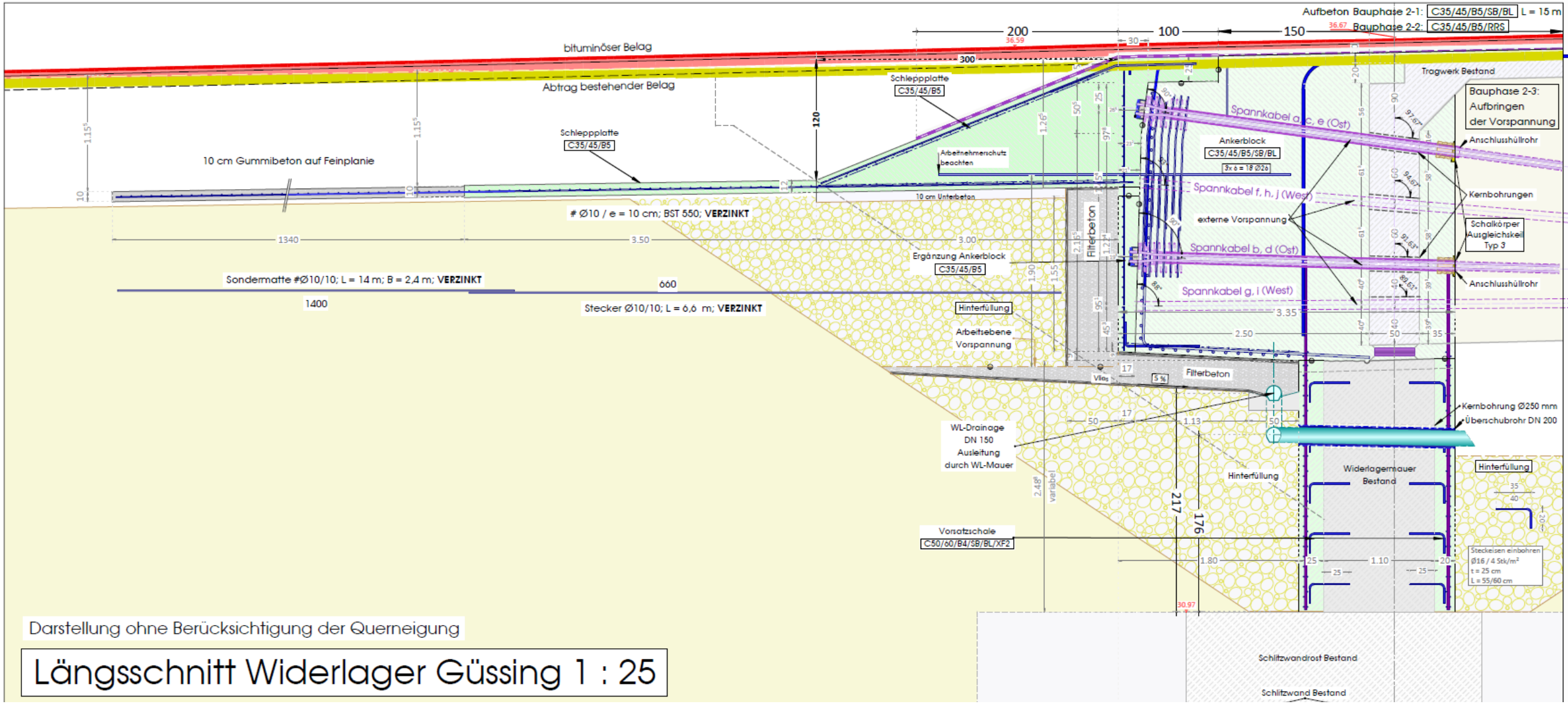
FÜG schadhaft & undicht

Kragplatte unter FÜG

Korrosion am Lager

Endquerträger, Hangbrücke Henndorf

Sanierung durch Integralisierung und Ertüchtigung auf LM1 & LM3 mit externer Vorspannung

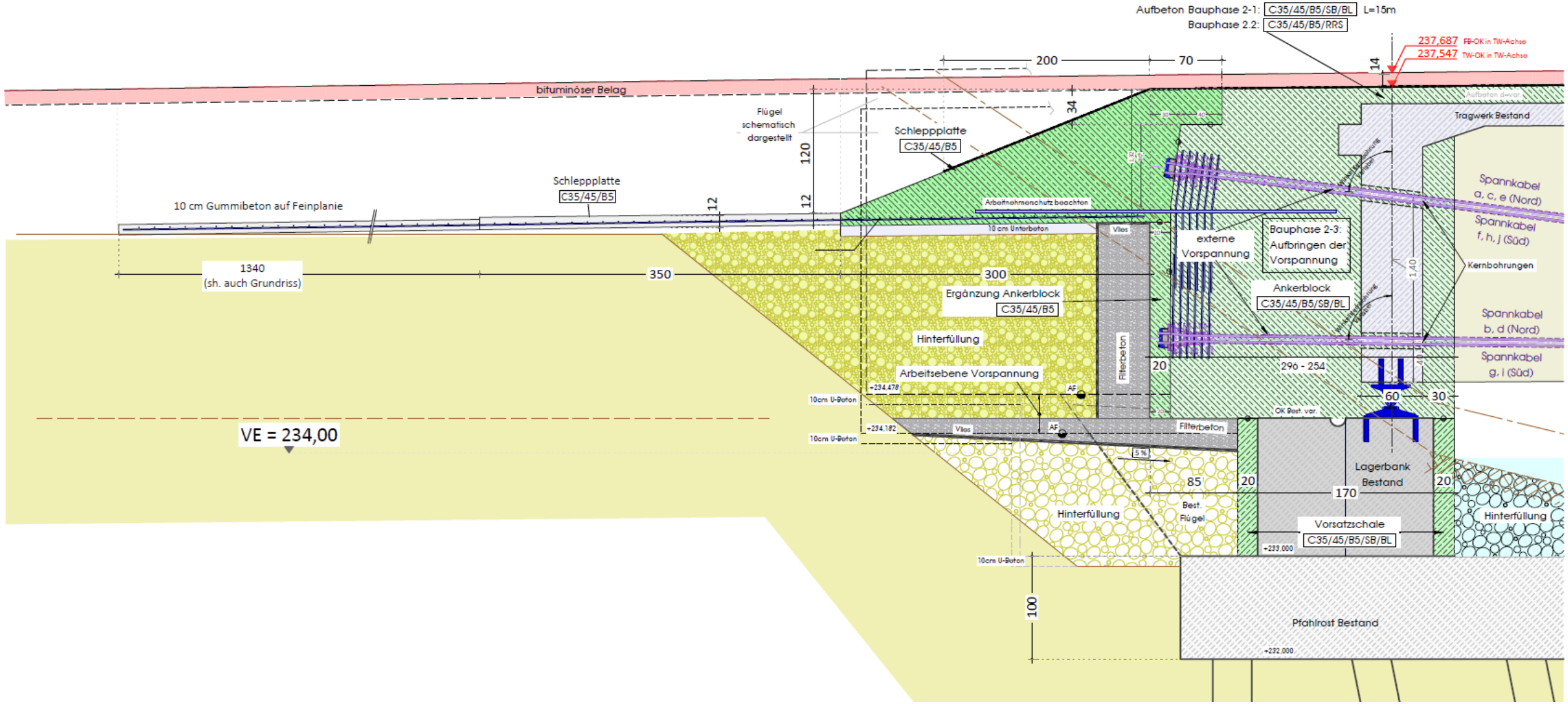


Darstellung ohne Berücksichtigung der Querneigung

Längsschnitt Widerlager Güssing 1 : 25

Endquerträger, Lafnitzbrücke

Sanierung durch Integralisierung und Ertüchtigung auf LM1 & LM3 mit externer Vorspannung



Freilegen der Spannköpfe, Hangbrücke Henndorf

stellenweise starke Korrosion am Spannsystem und an der schlaffen Bewehrung

Freilegen der Spannglieder an der Tragwerksoberfläche, Hangbrücke Henndorf

teilweise starke Korrosion, Vergussnischen, getrennte Spannglieder

Beim Freivorbau wurden Spannglieder aufgrund der unterschiedlichen Schnittkräfte im Bauzustand und Endzustand getrennt und die Nischen nachträglich vergossen.

=> Bestandsdokumentation genau studieren

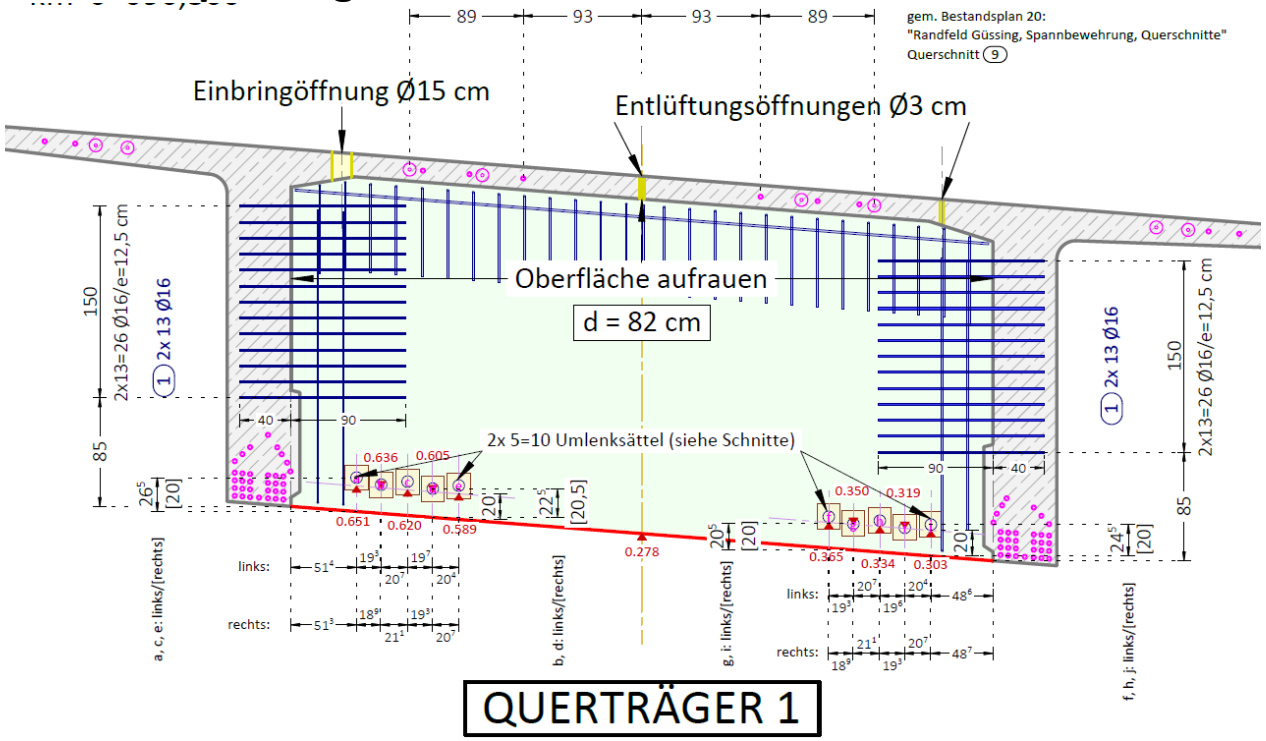
Vorsicht bei HDW: Spannköpfe werden relativ leicht frei gelegt

Freilegen der Spannköpfe, Lafnitzbrücke
keine Mängel

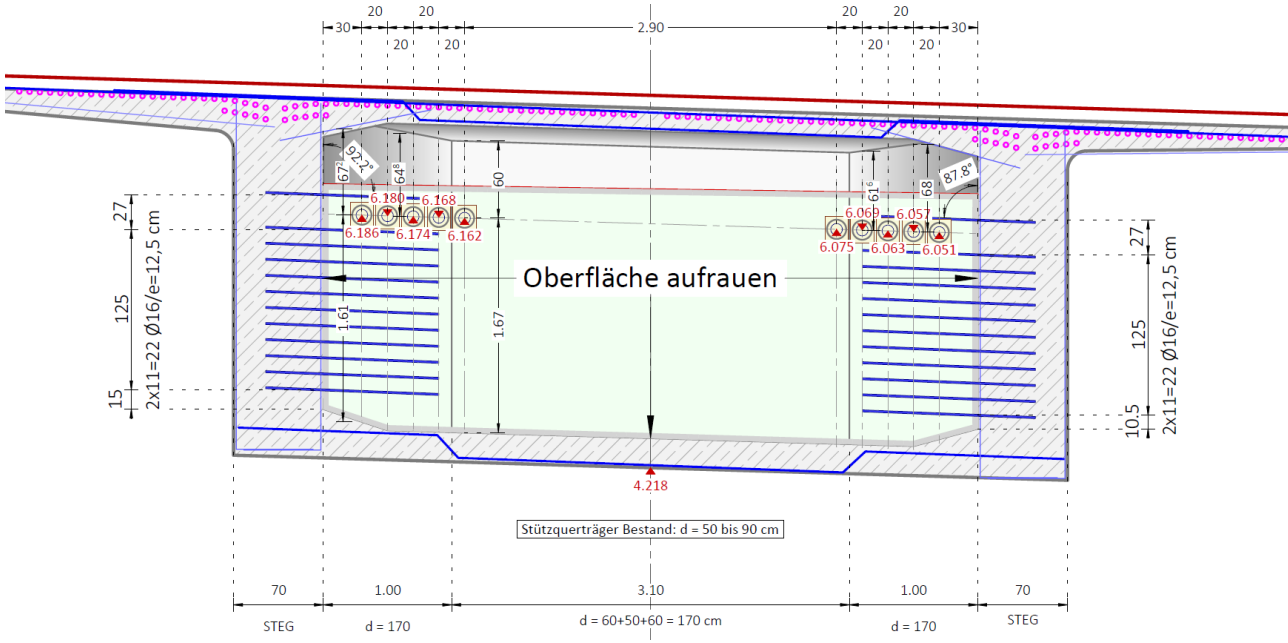
Lessons learned:
aus beiden Brücken
überschaubar!
(einmal war der Zustand mangelhaft, einmal sehr gut)

Herstellen der neuen Umlenkquerträger unter Verkehr

Umlenkquerträger im Feld



Umlenkquerträger bei Stütze



AG: Freigabe zur Kernbohrung bei voriger Erkundung mittels Hammerbohrung nur für Feldquerträger

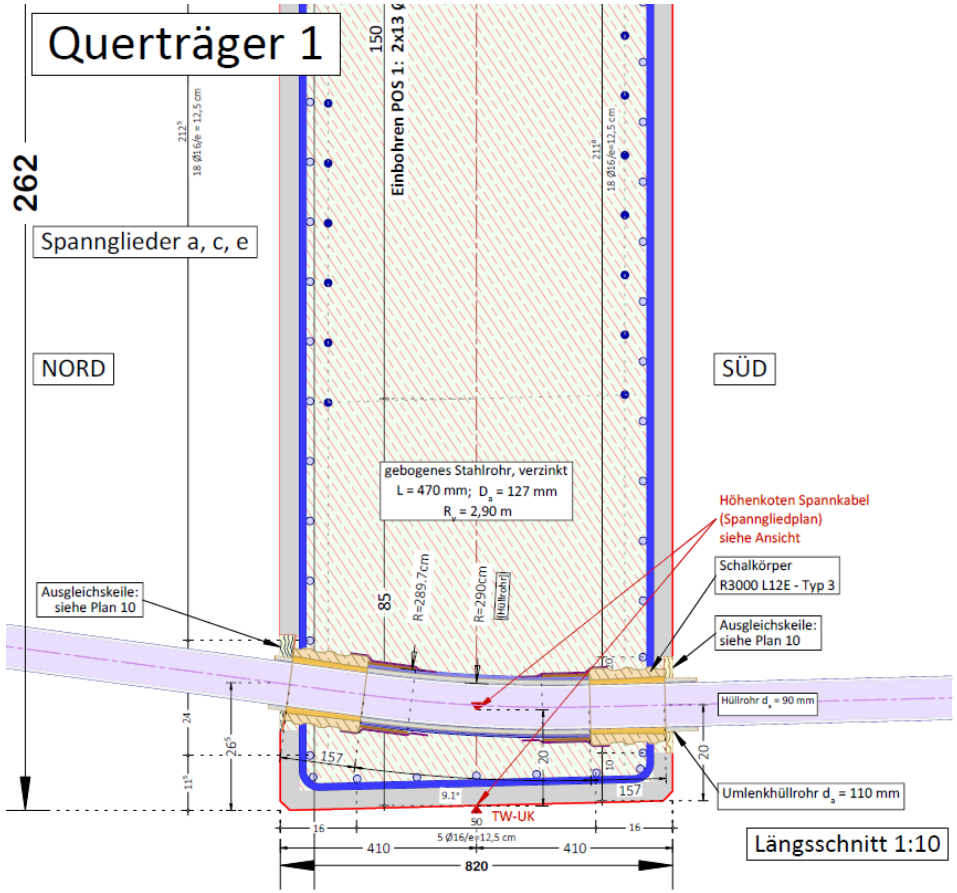
AN: Freibrief zur Kernbohrung überall

Folge: Abbohren von Spanngliedern

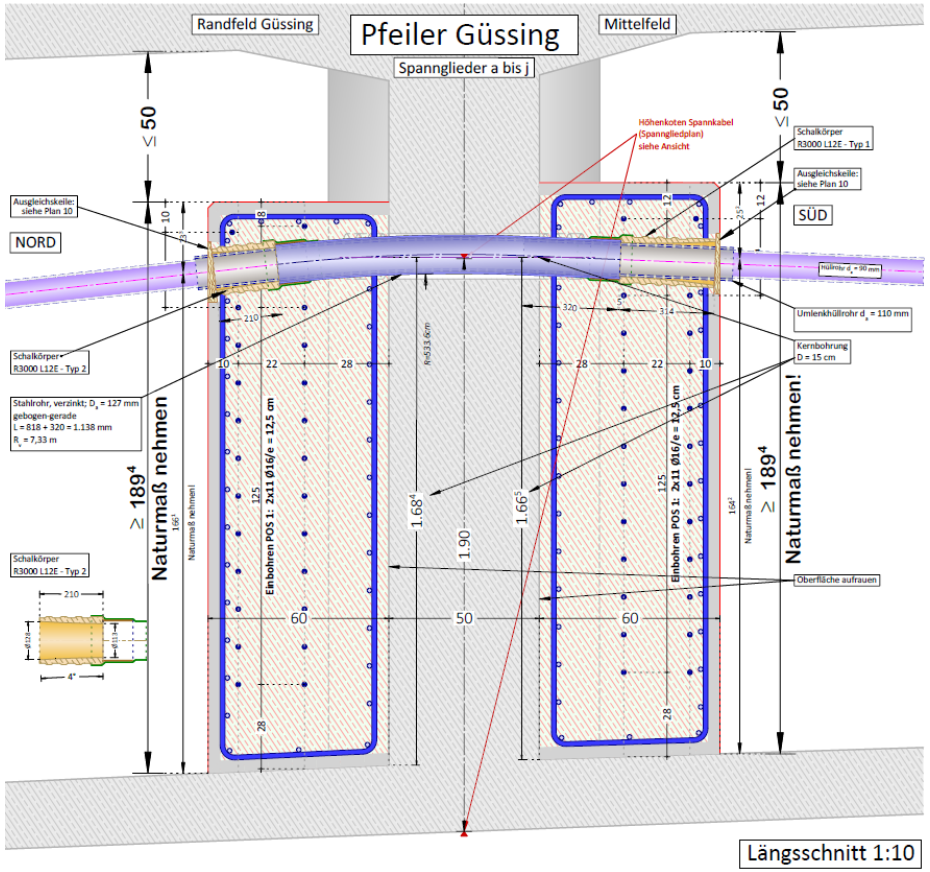
Bewusstsein, dass Abbohren von Spanngliedern kein Kavaliersdelikt ist: mangelhaft

Umlenkquerträger

Querschnitt: Feld



Stütze



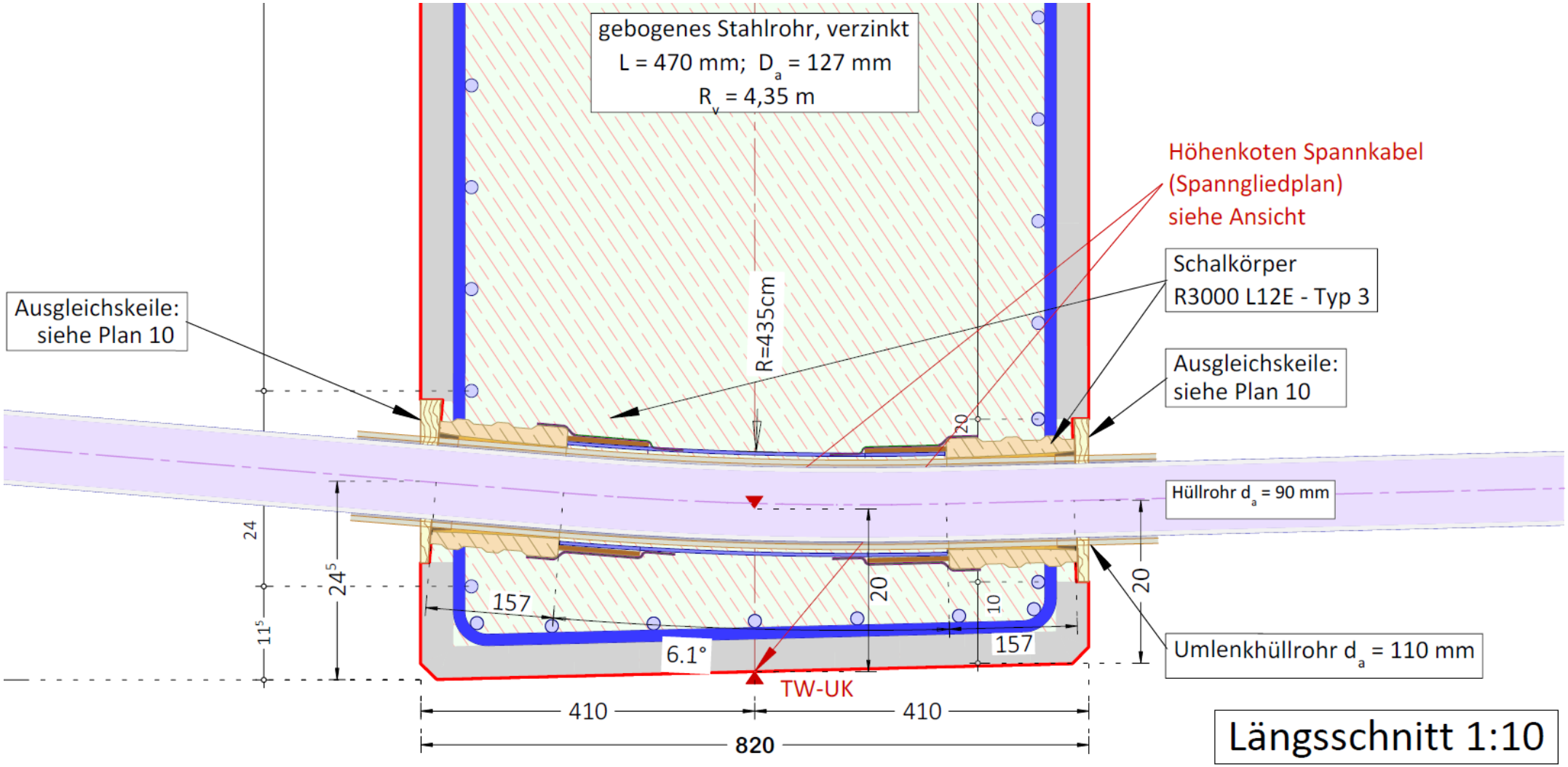
ÖNORM B 4759 Pkt. 4.6.2 Anforderungen an Umlenksättel:

1,5° Fehlwinkel bei horizontaler **oder** vertikaler Umlenkung berücksichtigen

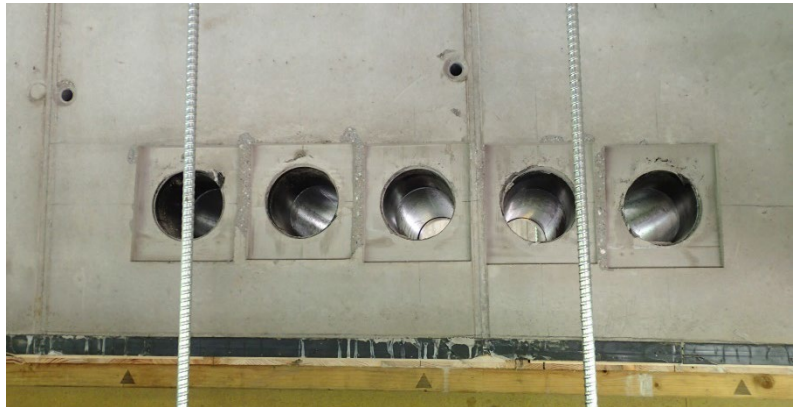
3,0° Fehlwinkel bei horizontaler **und** vertikaler Umlenkung berücksichtigen

Umlenkquerträger

Details bei Umlenksattel



Umlenkquerträger



Umlenkquerträger

Toleranzen sind schnell aufgebraucht

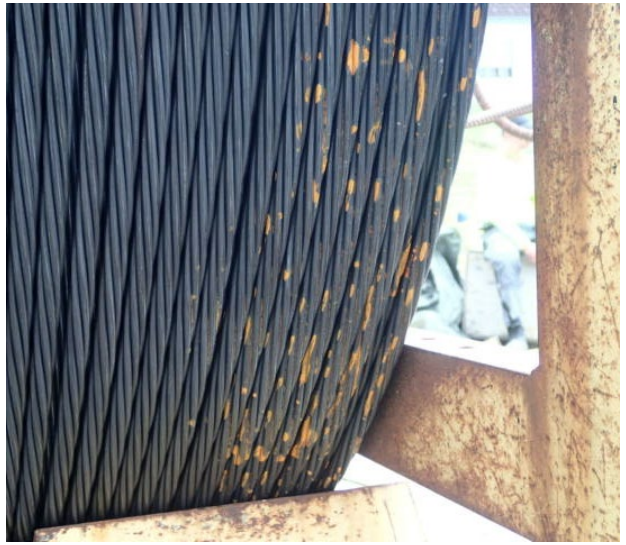
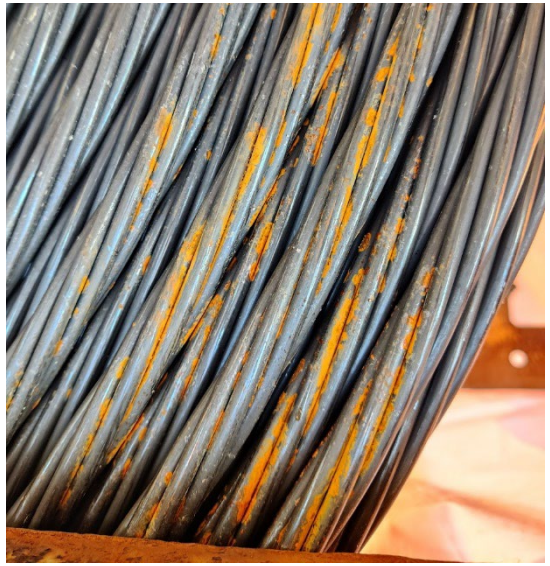
Auf gegenüberliegender Seite nicht unbedingt spiegelgleich !?

Schutzmäntel für externe Spannglieder

4.3.3 Schutzmäntel für externe Spannglieder
Schutzmäntel für externe Spannglieder sind aus folgenden Materialien zulässig:
— Stahl,
— High Density Polyethylen (HDPE) mit oder ohne Stahlrohrverstärkung.

Rohre, die als Schutzmantel dienen, inklusive deren Verbindungen, müssen wasserdicht sein.
Schutzmäntel müssen allen während der Herstellung und des Einbaus auftretenden Belastungen schadlos standhalten. Insbesondere ist auf die Temperaturbeständigkeit (z.B. beim Befüllen mit heißem Korrosionsschutzmittel) und die Erhaltung der plangemäßen Querschnittsform (z.B. infolge Betonierlast und Unterstellungsbügel bei Endquerträgern sowie Umlenkungen) zu achten.
Die Zugfestigkeit der Verbindungsstellen muss jener des ungestoßenen Schutzmantels entsprechen. Verbindungsstellen sind durch Verschweißen, Schrumpfverbindungen, Muffen oder andere geeignete Mittel dicht herzustellen.

Spannstahl

5 Ausführung

5.1 Allgemeines

Sämtliche Spannsystemkomponenten, wie z.B. Spannstahl, Hüllrohre und Verankerungen, müssen in sauberem Zustand geliefert, gelagert und eingebaut werden.
Sämtliche Arbeiten müssen unter Anleitung von gemäß ÖNORM EN 17678-1 geschulten und mit dem Spannsystem vertrautem Personal durchgeführt werden, wobei den Vorschriften für die einzelnen Spannsysteme zur Gänze entsprochen werden muss.
Anforderungen an die Qualifizierung des mit Spannsystemen vertrauten Personals sind in ÖNORM EN 17678-2 angegeben.
Vor Beginn der Arbeiten ist eine Startbesprechung gemäß Anhang A durchzuführen.

5.2 Transport

Der Transport der Spannglieder muss so erfolgen, dass weder Korrosionsangriffe noch mechanische Schäden auftreten können.
Die Krümmung der Spannglieder darf während des Transportes die für jedes System vorgeschriebenen Mindestradien nicht unterschreiten.

5.3 Lagerung

Spannglieder bzw. deren Einzelteile müssen überdacht und bodenfrei gelagert werden, um Witterungseinflüsse abzuhalten. Die Spannglieder sind trocken zu lagern und vor Beschädigung, Verschmutzung und Feuchtigkeit zu schützen. Zur Vermeidung von Kondensation ist für eine ausreichende Belüftung und eine entsprechende Temperatur zu sorgen.
Der Lagerort muss frei von Stoffen sein, die eine Korrosion begünstigen kann.
Werden die Spannglieder länger als drei Wochen gelagert, ist für einen temporären Korrosionsschutz gemäß Abschnitt 4.4.3 im Voraus zu sorgen.
…

Spannen - Dehnwegmessung

4.8.5 Kontrolle des Dehnweges

Der beim Spannvorgang erzielte Dehnweg muss entweder am Spannstahl durch direkte Messung kontrollierbar oder durch indirekte Messung (z. B. Kolbenweg der Spannpresse) verlässlich ablesbar sein. Die Dehnweg-Kontrolle muss in jeder Phase des Spannvorganges möglich sein.

Eine indirekte Dehnwegmessung ist nur dann zulässig, wenn die Fixierung des Spannstahls in der Spannpresse schlupffrei erfolgt und eine abschließende Kontrolle der Gesamtdehnung durch direkte Messung durchgeführt wird.

Die Messung des Dehnweges ist mit einer Genauigkeit von 1 mm ausreichend.

Korrosionsschutz

Zement

Entlüftung

Schrumpfschlauch über Schweißmanschette

Ergebnis:

Lafnitzbrücke: Verpressen auf Anhieb (eben, Kuppe)

Hangbrücke: 3 Anläufe bis vollständig verpresst (7% Steigung)

4.4 Korrosionsschutz

4.4.1 Allgemeines

Es sind Korrosionsschutzmassen gemäß EAD 160027 (z. B. Zement, Fett, Paraffin, Wachs, bituminösen Produkten) zu verwenden. Die verwendeten Werkstoffe müssen untereinander verträglich sein. Korrosionsschutzanstriche sind als alleiniger Schutz des Spannstahls nicht zulässig.

...

4.4.5 Korrosionsschutz externer Spannglieder

Der Korrosionsschutz muss den zu erwartenden Angriffen und der geforderten Lebensdauer des Bauwerkes angemessen sein. Die Dicke und die Anzahl der den Spannstahl schützenden, voneinander getrennten Korrosionsschutzschichten sind dabei zu bewerten.

Der Korrosionsschutz bzw. dessen Aufbringung darf die mechanischen Eigenschaften des Spannstahls nicht beeinträchtigen.

Im Bereich der Verankerungen und Stöße ist auf die Sicherstellung des Korrosionsschutzes besonders zu achten.

Im Bereich von Verkehrsinfrastrukturbauwerken sind Doppelummantelungen zu erstellen.

...

4.4.8 Auspressen der Spannkanäle

Zusammenfassung

- Zustand der Spannköpfe war bei beiden Brücken sehr unterschiedlich
- Exakte Planung und Ausführung der Umlenkstellen ist wesentlich
- Forderung nach doppeltem Korrosionsschutz bei externen Spanngliedern ist nachvollziehbar
- **Norm von hinten lesen! – Agenda für Startbesprechung**
- Sanierung durch Ertüchtigung und Integralisierung verlängert die Restnutzungsdauer erheblich,
  reduziert den zukünftigen Instandsetzungsaufwand
  und ist nachhaltig und wirtschaftlich

Ein großer Dank an alle Beteiligte

Brückenplanung

dsp dorr – schober & partner ingenieurleistungen im bauwesen

KHP GRAZ

Geotechnik

INSITU®

Bauausführung

HABAU part of the family HABAU GROUP

örtliche Bauaufsicht

Baudirektion Burgenland

ÖNORM B 4759 – „Spannbeton Spannsysteme“ –
Neuerungen und Praxisanwendung

Herzlichen Dank an die Arbeitsgruppe Austrian Standards ONK 010.05

FH-Prof. DI Dr. Markus Vill

FH Campus Wien, Massivbau und Brückenbau
Leiter Forschungszentrum Bauen und Gestalten
Zivilingenieur für Bauingenieurwesen

DI Dr. Helmut Hartl

Abteilung 5 - Baudirektion
Referat Brückenbau, Referatsleiter
Amt der Burgenländischen Landesregierung