

# **Vorspannung Einführung Teil 2**

## **Kabelvorspannung im Brückenbau**

# Kabelvorspannung im Brückenbau

Beispiele / Fotos:

Viadukt Glattzentrum (2009)

Innbrücke Vulpera (2010)

Versamertobelbrücke (2012)

Steinbachviadukt (2014)

# Kabelvorspannung im Brückenbau

Beispiele / Fotos:

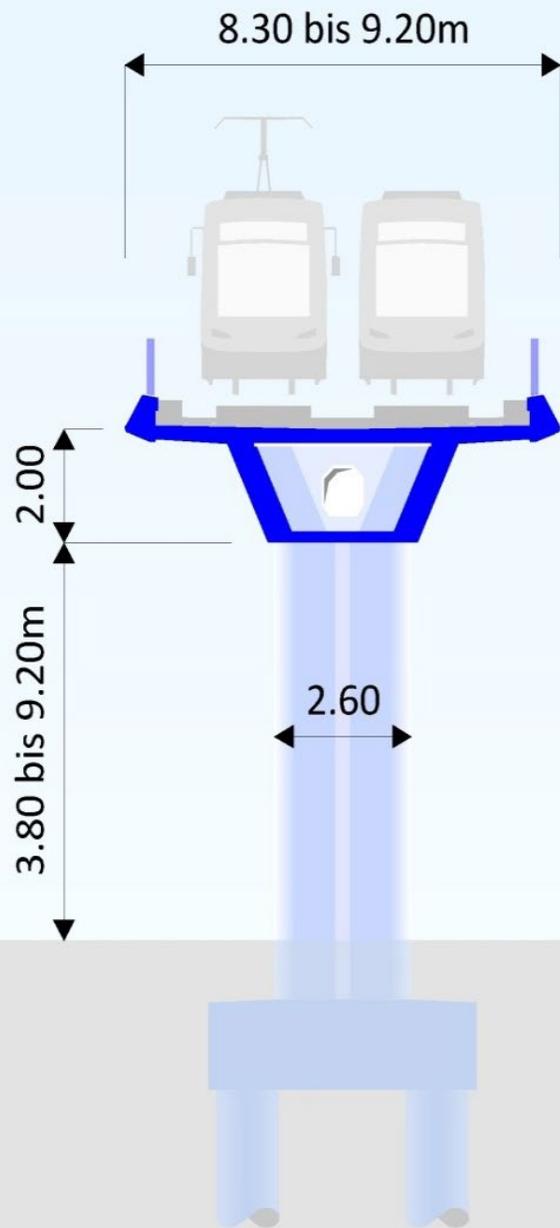
**Viadukt Glattzentrum (2009)**

Innbrücke Vulpera (2010)

Versamertobelbrücke (2012)

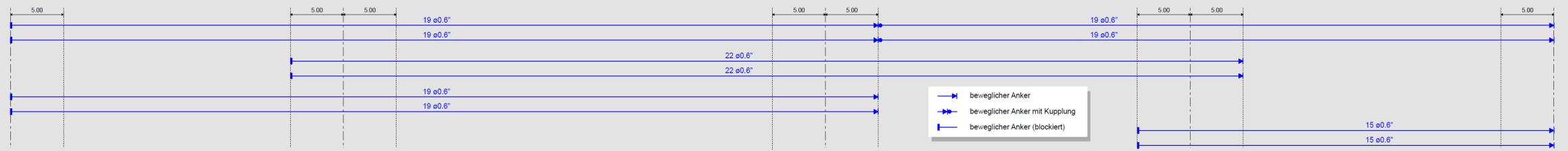
Steinbachviadukt (2014)



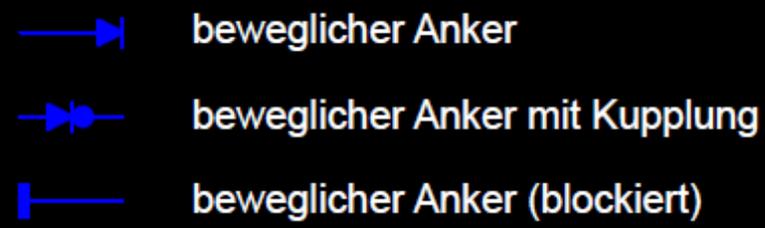
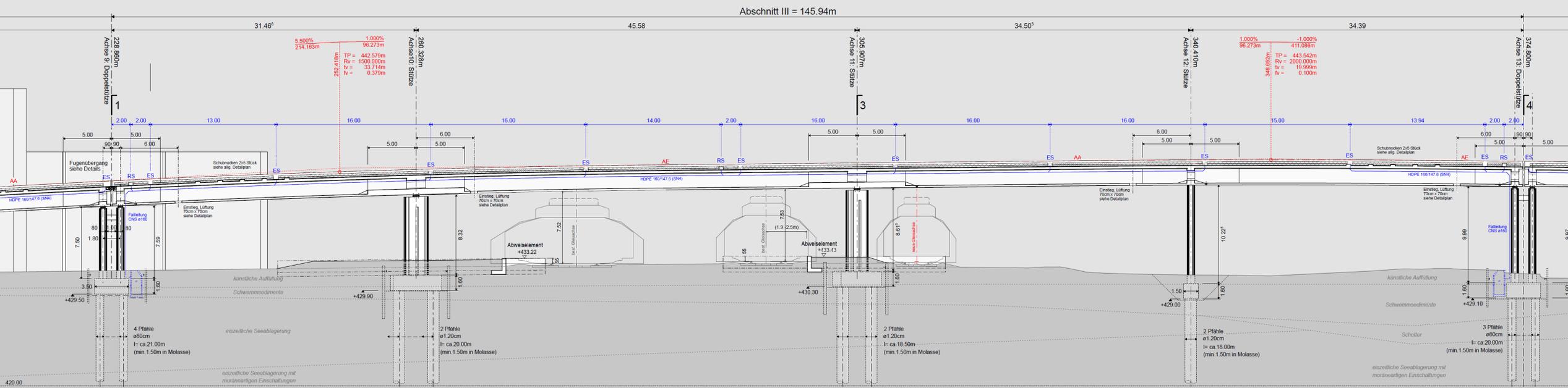




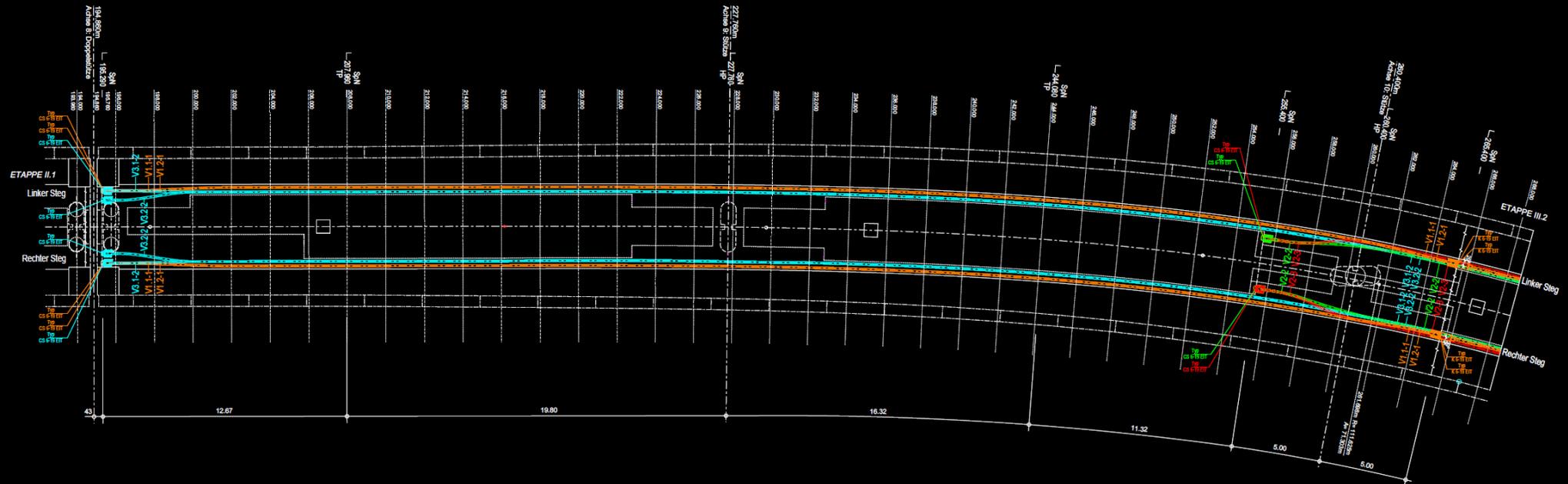
# VORSPANNLAYOUT 1:200 Vorspannkabel pro Steg



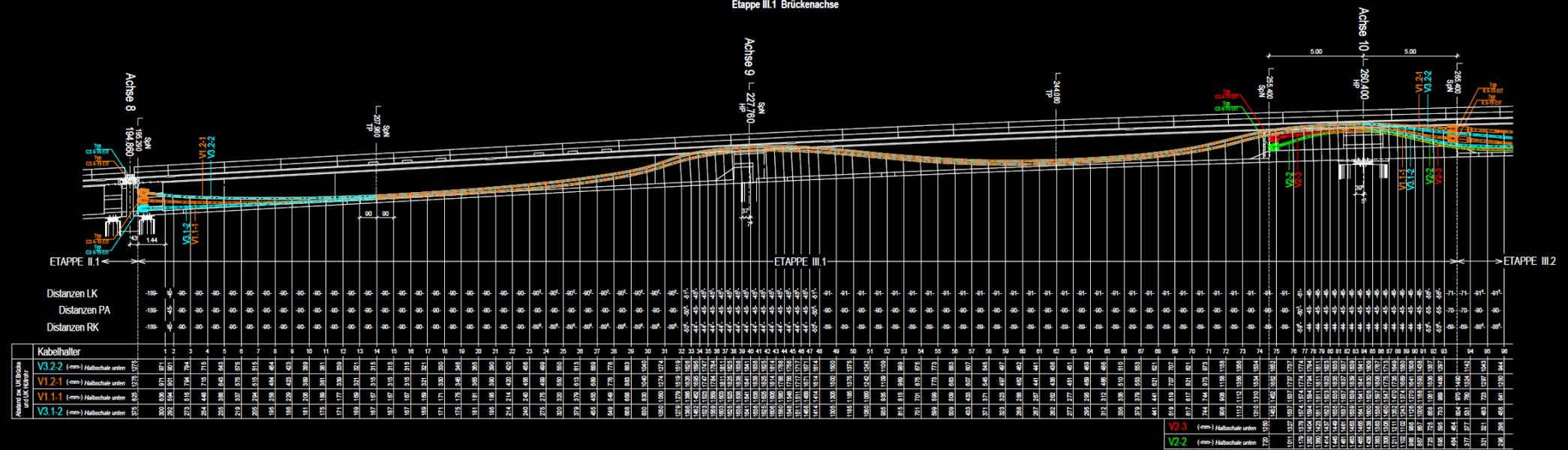
# LÄNGSSCHNITT 1:200



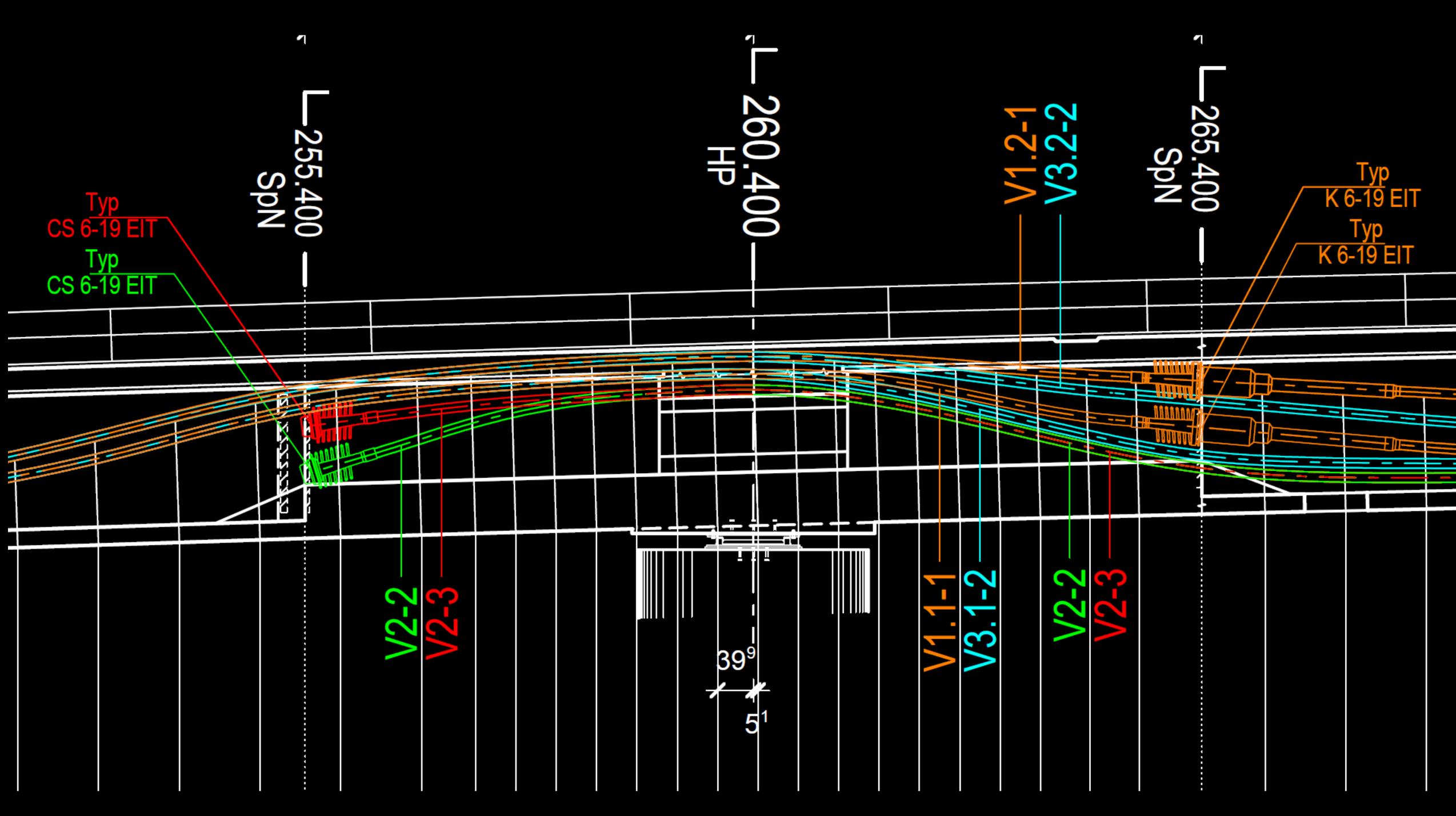
**Grundriss, 1 : 100**  
 Etappe III.1 Kabel V1-2, V3-2, V2-2 + V2-3



**Längsschnitt, 1 : 100**  
 Etappe III.1 Brückenachse

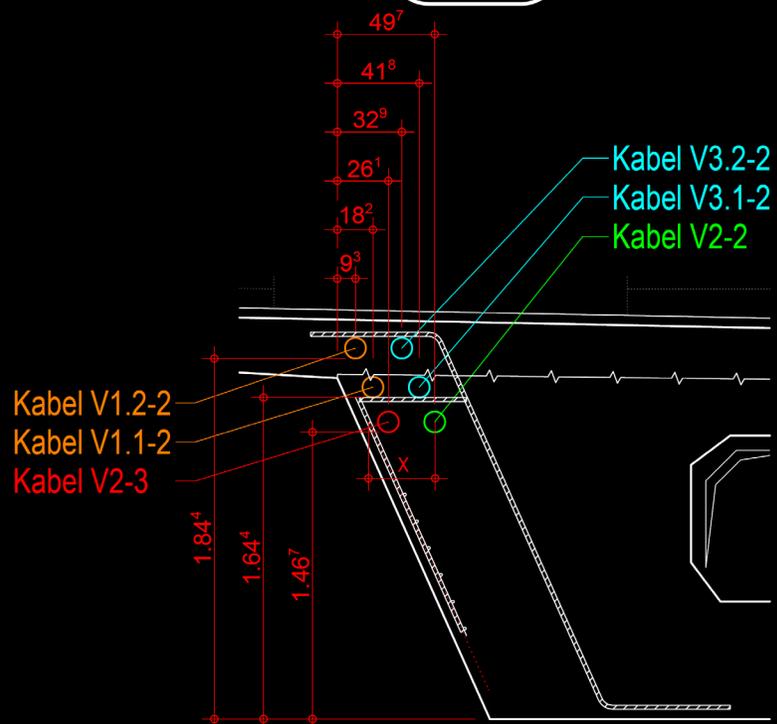






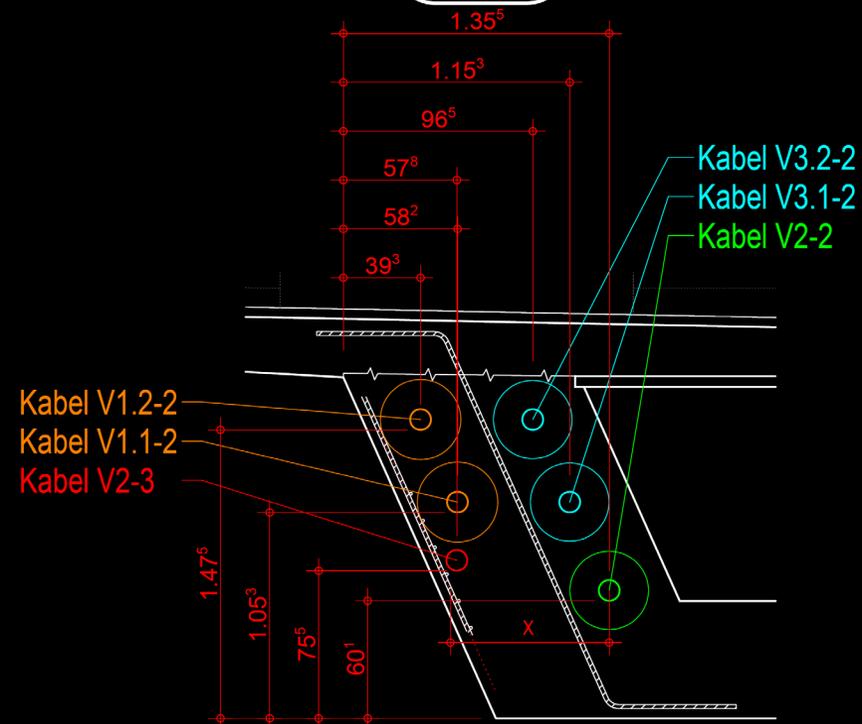


142

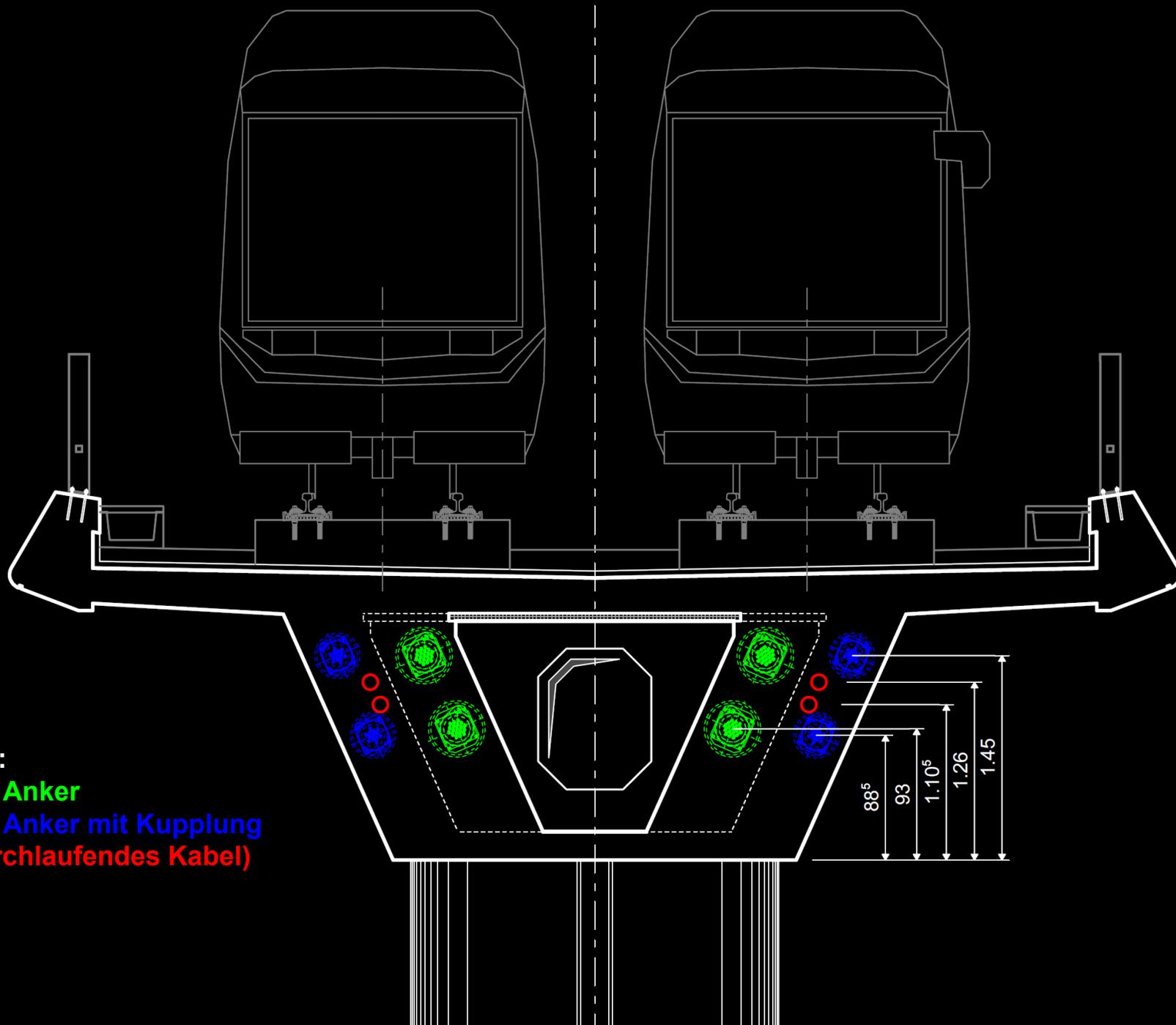


	Kabel	Abstand (mm)
Abstand zw. Achse vertikal Eisen und Achse Hüllrohr (x)	V3.2-2	337
	V1.2-2	101
	V1.1-2	101
	V3.1-2	337
	V2-3	101
	V2-2	337

151



	Kabel	Abstand (mm)
Abstand zw. Achse vertikal Eisen und Achse Hüllrohr (x)	V3.2-2	808
	V1.2-2	237
	V1.1-2	237
	V3.1-2	808
	V2-3	101
	V2-2	808

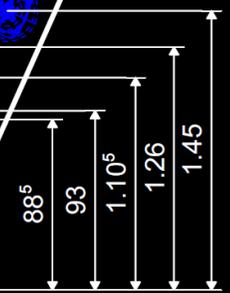


Farblegende:

**Beweglicher Anker**

**Beweglicher Anker mit Kupplung**

**Hüllrohr (durchlaufendes Kabel)**







23.02.2022

15







23.02.2022

18





























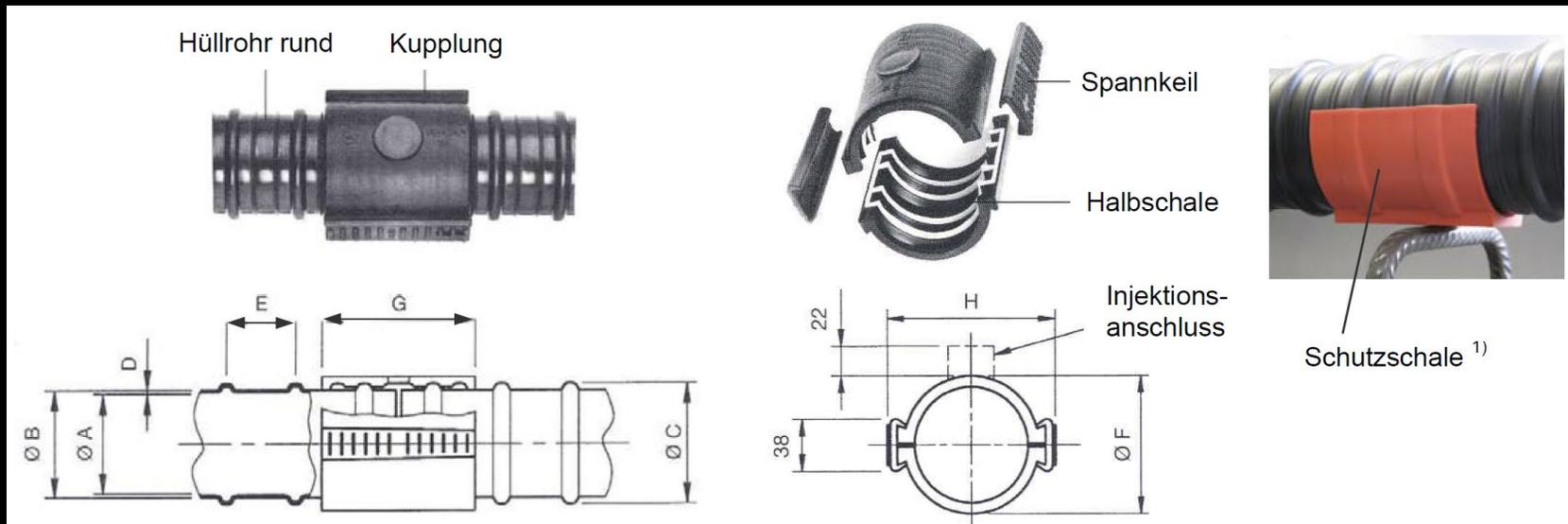
# Installation der Spannglieder

## Variante 1: Im Werk vorgefertigte Spannglieder (heute selten)

- Drähte möglich, Spanngliedlänge muss aber exakt vorausberechnet werden
- Einsatz einfacher fester Verankerungen möglich

## Variante 2: Baustellenfabrikation

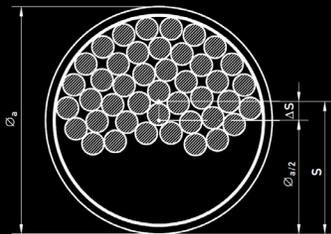
- Einstossen der einzelnen Litzen ins Hüllrohr vor / nach dem Betonieren oder Einziehen des Litzenbündels mit einer Seilwinde nach dem Betonieren (Hüllrohre gegen Aufschwimmen sichern!)



# Hüllrohre

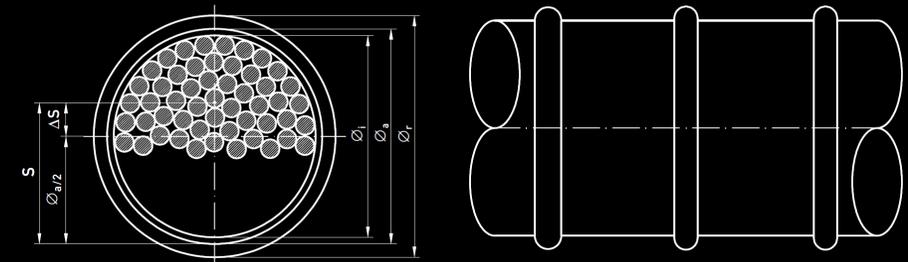
## Stahlhüllrohre

- aus Bandblech geformt  $\varnothing_a \approx \varnothing_i + 6$  mm
- konventionelle Lösung
- etwas geringere Kosten
- etwas kleinerer Platzbedarf



## Kunststoffhüllrohre

- Wandstärke 2-3 mm, Rippung
- erhöhter Korrosionsschutz
- besseres Ermüdungsverhalten
- elektrische Isolation möglich



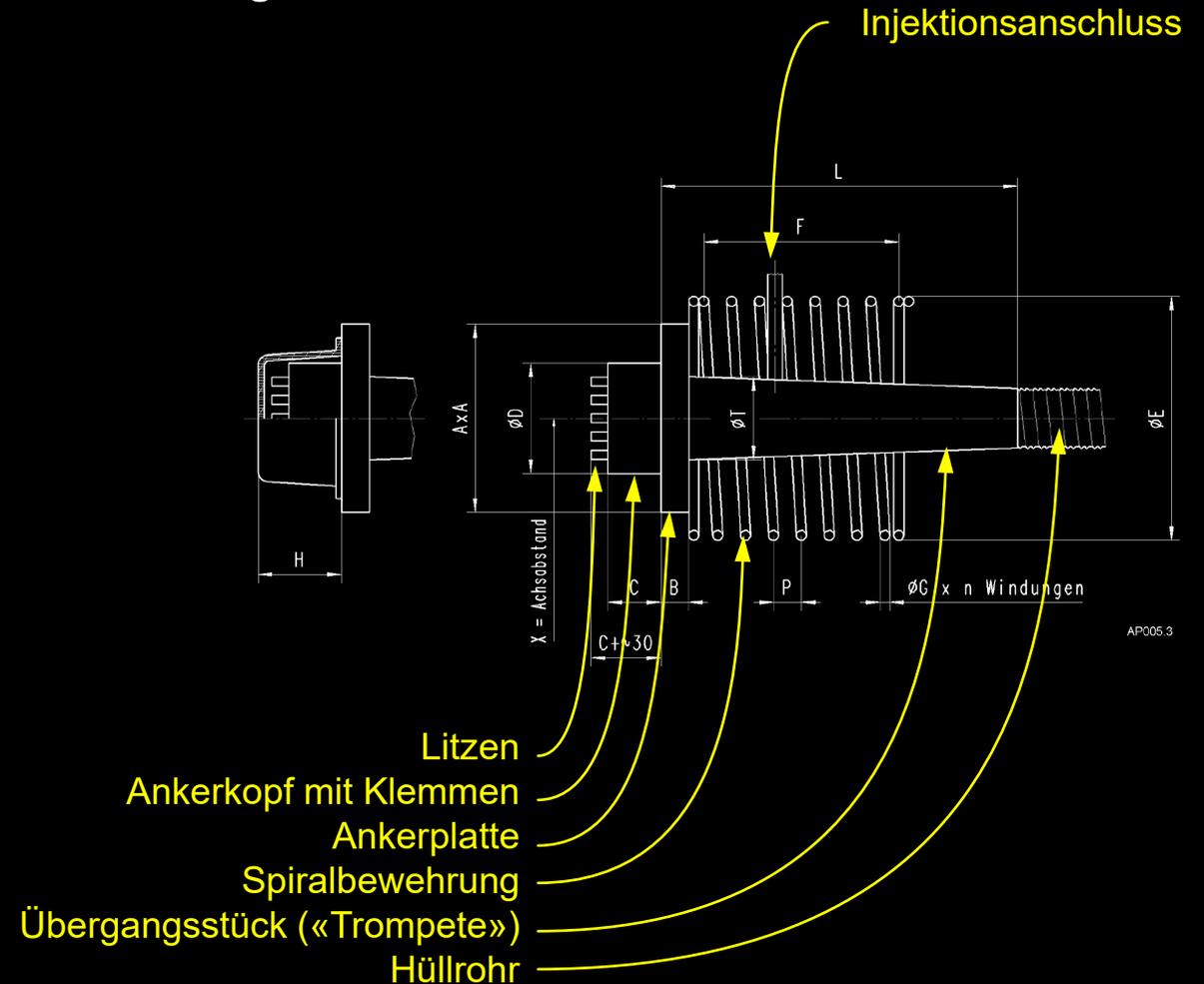
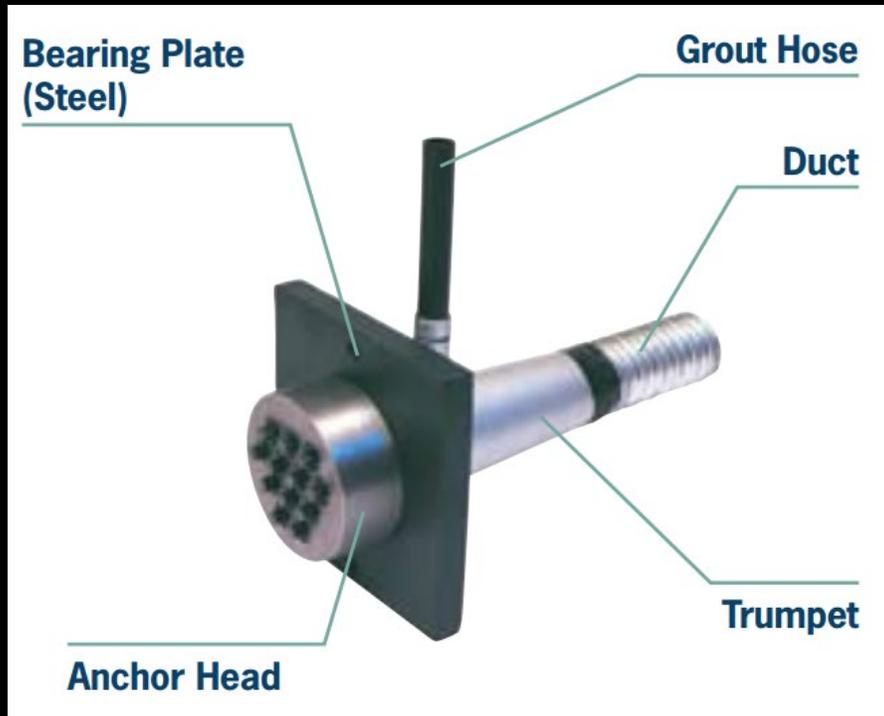




# Vorspannung – Einführung

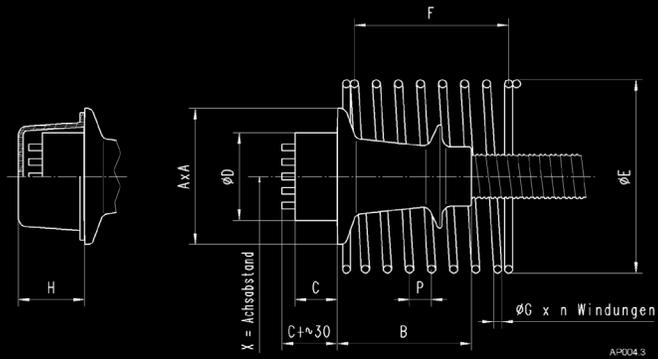
## Interne Kabelvorspannung mit Verbund – Spannbare Verankerungen

### Verankerung mit Ankerplatte (VSL Typ E)

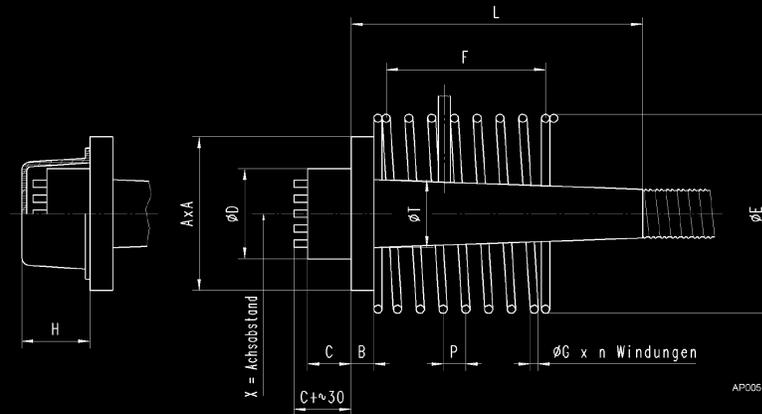


# Bewegliche Verankerungen

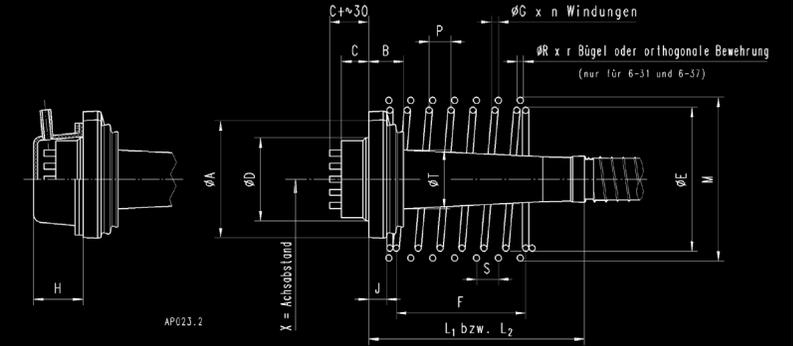
Mehrflächenverankerung (Guss)  
(VSL Typ EC)



Verankerung mit Ankerplatte  
(VSL Typ E)



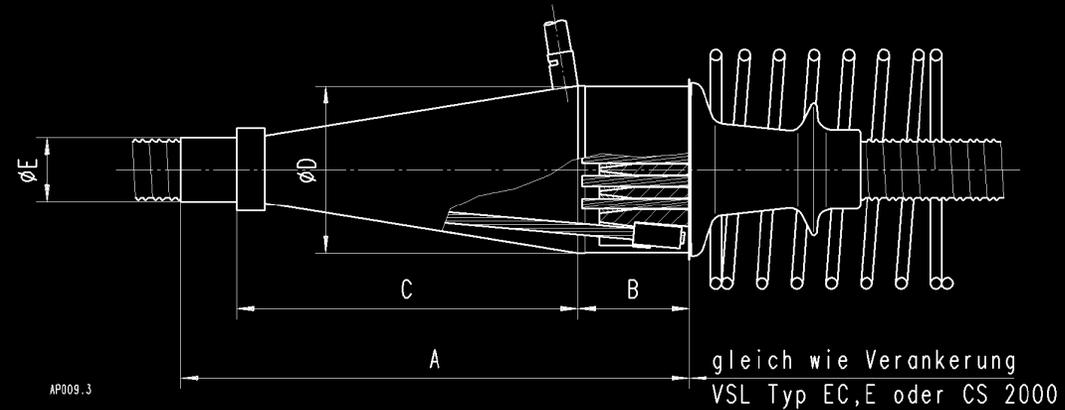
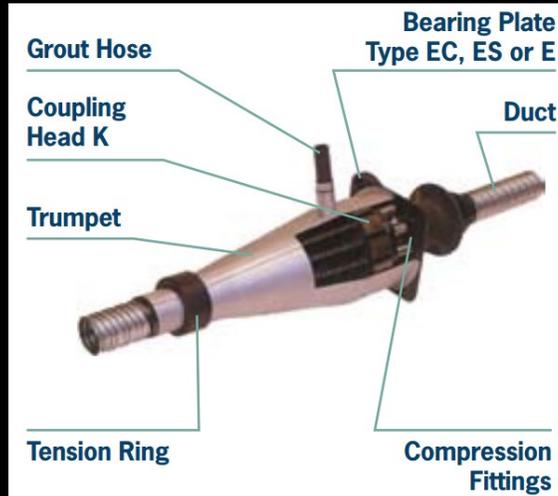
VSL Typ CC  
(Composite)



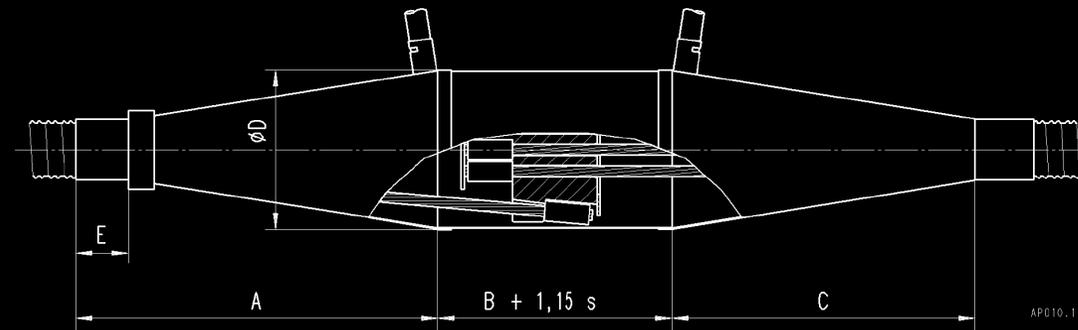
# Vorspannung – Kupplungen

## Kupplungen

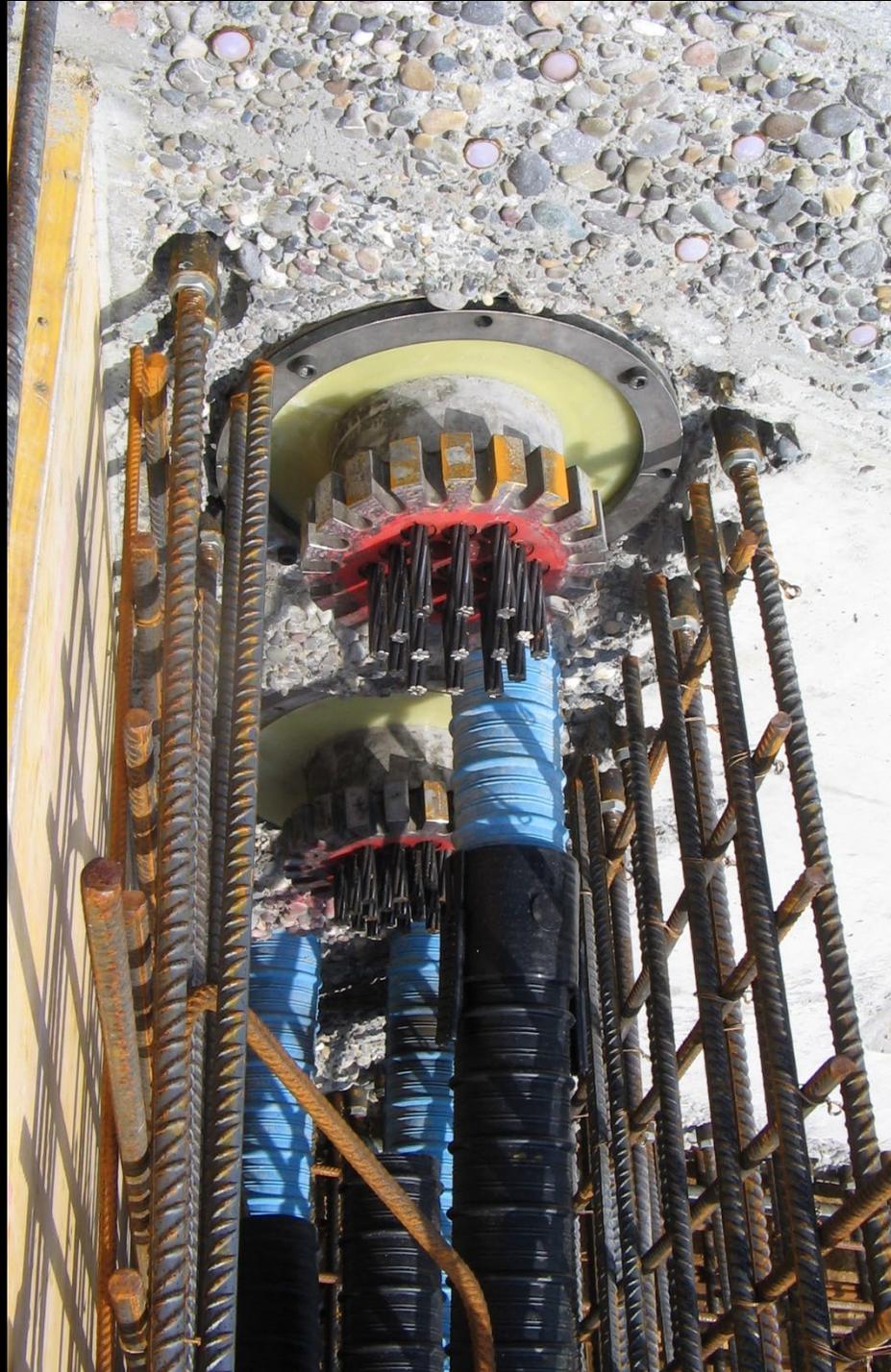
### Kupplung mit Abstützstelle (VSL Typ K)



### Gleitkupplung (selten) (VSL Typ V)





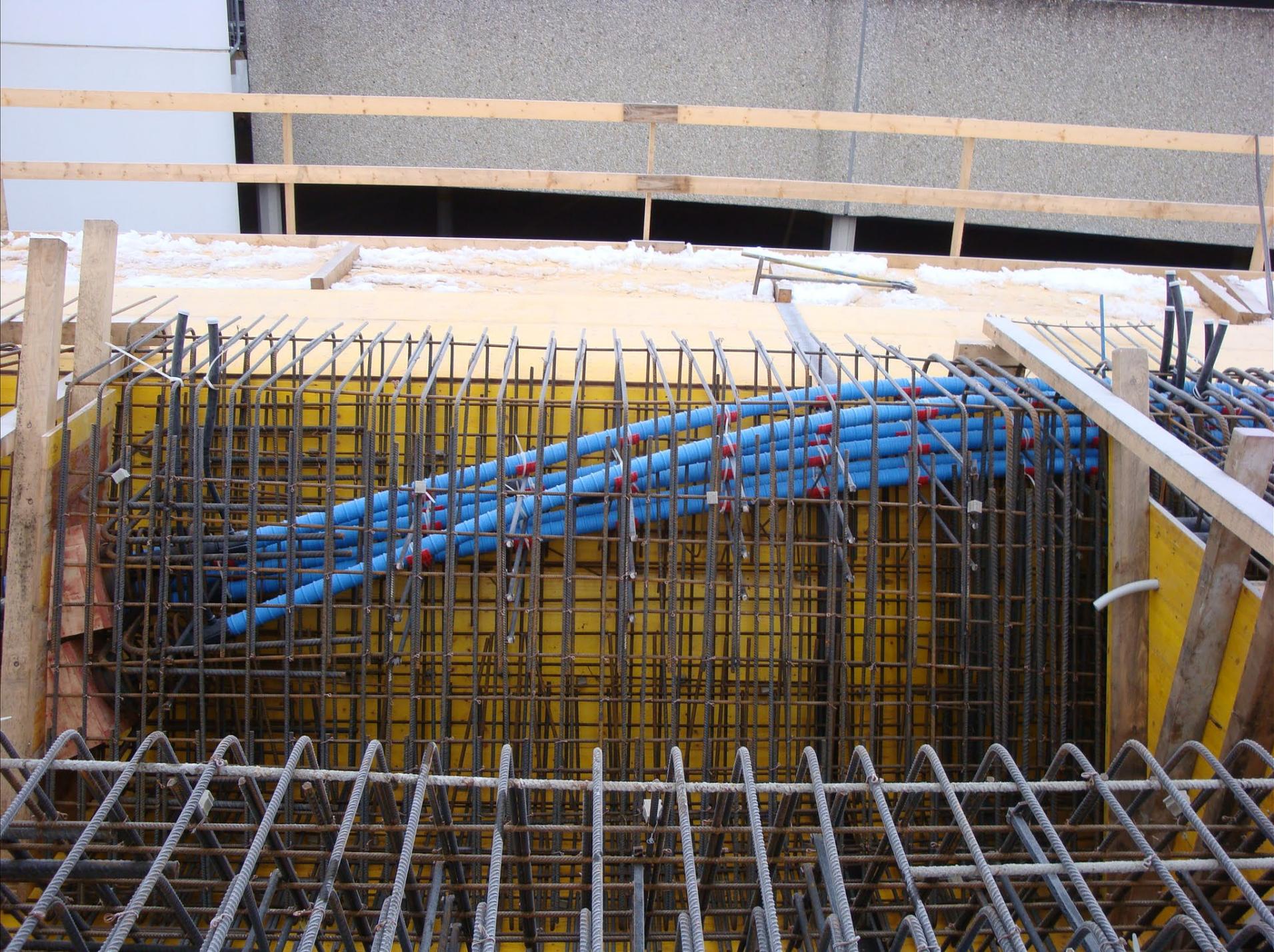




















# Umgang mit Spannstahl (SIA 262)

- Schutz gegen Korrosion, Witterungseinflüsse, mechanische Beschädigung, Verschmutzung
- Beim Einbau frei von Rost (Flugrost ok)
- Fristen zwischen Einbau, Spannen und Injizieren kurz halten, bei günstigen Bedingungen (keine Tausalzeiwirkung usw.) zulässig:
  - $\leq 12$  Wo zwischen Herstellung der Spannglieder und Injizieren, wobei
    - $\leq 4$  Wo in Schalung, vor Betonieren
    - $\leq 4$  Wo in gespanntem Zustand
- Können diese Fristen nicht eingehalten werden oder herrschen ungünstige Bedingungen, sind temporäre Schutzmassnahmen zu planen:
  - Zugelassene Schutzemulsion oder Einblasen von trockener Luft,  $RH < 50\%$





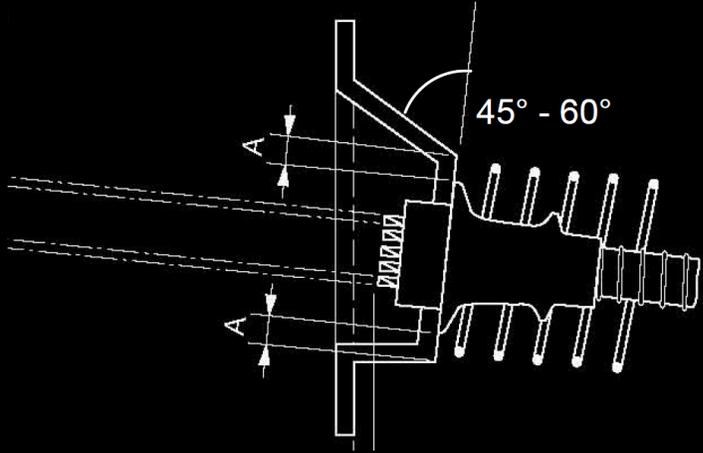




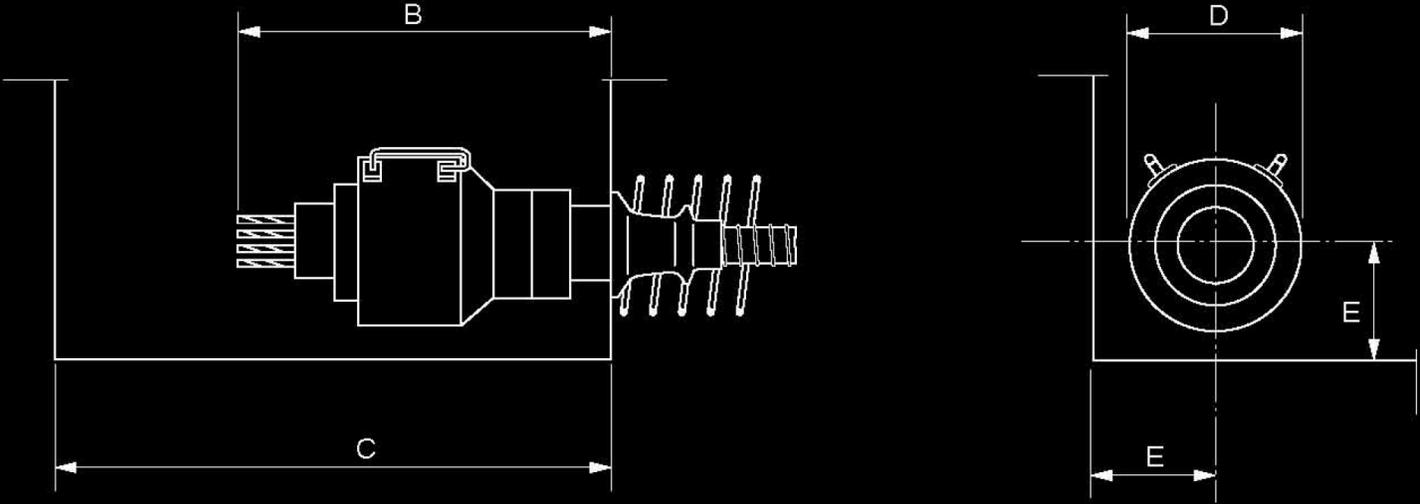


# Aufbringen der Vorspannung

Nischenausbildung

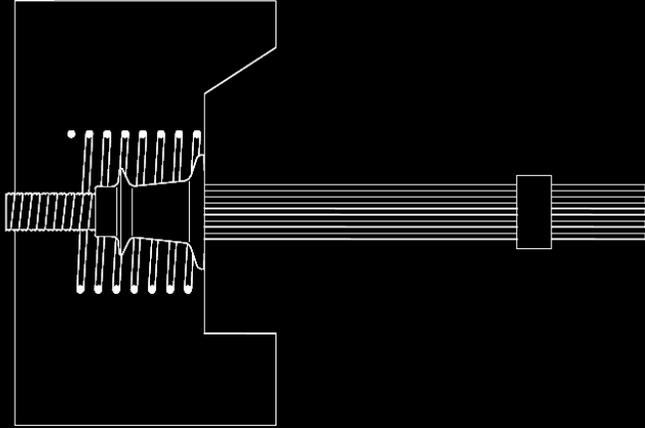


Platzbedarf  
Spannpresse



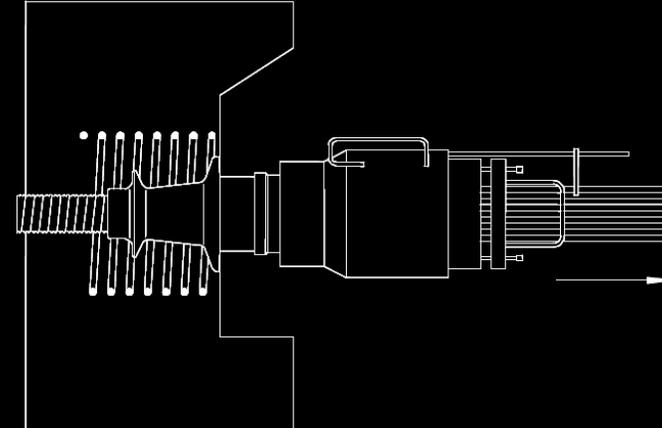
# Aufbringen der Vorspannung

1.



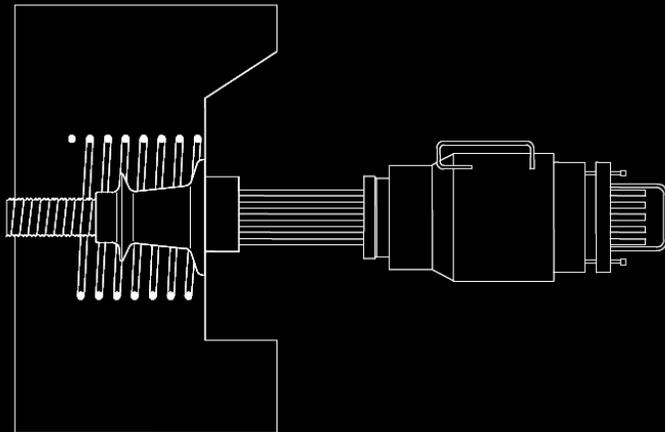
Setzen der Ankerbüchse und der Klemmen

3.



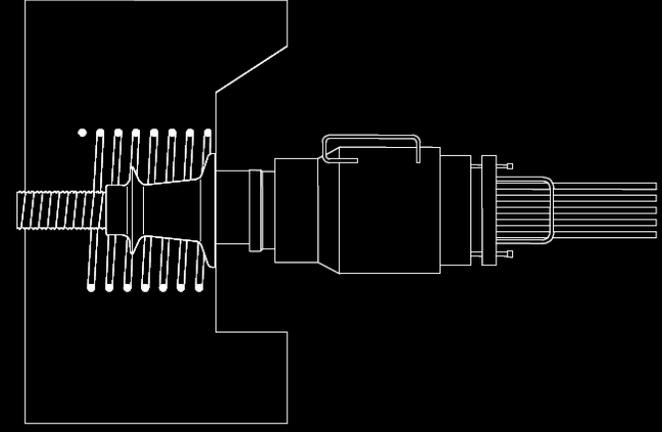
Spannen

2.



Ansetzen der Spannpresse

4.



Verkeilen









# Injektion der Hüllrohre (SIA 262 / SN EN 446)

## Injektionsvorgang (sorgfältig zu planen, keine Improvisation auf Baustelle!)

- Kontrolle, ob sämtliche Hüllrohre durchgehend offen sind
- Temperatur im Hüllrohr während der ersten  $h \geq +5^\circ\text{C}$
- Aufbereitung des Füllguts mit kontinuierlich arbeitenden Misch- und Fördergeräten
- Verbrauch an Füllgut im Sinne einer Grobkontrolle überwachen
- Injektion von unten, Verfüllung bei allen Entlüftungstutzen prüfen (bis zum Austritt qualitativ guten Füllguts, anschliessend verschliessen und Druck auf  $\geq 1$  bar erhöhen)
- Gute Erfahrungen (vor allem in USA) mit Vakuuminjektion, in CH wenig bekannt

## Injektionsprotokoll / Prüfbericht

- Alle wichtigen Beobachtungen während der Injektion und Kennwerte des Füllguts
- Am Tag nach der Injektion kontrollieren, dass in den Entlüftungstutzen keine Wasserausscheidung vorliegt (wenn doch, sind Massnahmen erforderlich)

## Produktionskontrolle (SN EN 445...447)

- Siebprüfung (keine Mörtelklumpen in Sieb mit Maschenweite  $\leq 2$  mm)
- Fließvermögen mit Trichterverfahren ( $1\text{ l in } \leq 25\text{ s}$ ,  $t=0/30$  min) oder über Ausbreitmass
- Wasserabsonderung, Volumenstabilität und Filterwirkung der Litzen mit Absetztest:
  - im Schrägrrohr: 2 Rohre  $\varnothing = 80$  mm,  $l = 5$  m,  $\alpha = 30^\circ$ , 12 Litzen (nur Erstprüfung)
  - im Vertikalrohr: Rohr  $\varnothing = 60\dots 80$  mm,  $l = 1$  m, 1 Litze (1 oder 3 Prüfungen auf Baustelle)  
(NB: Prüfung mit Dose  $h = 152$  mm ohne Litze ist nicht mehr aktuell)
- Druckfestigkeit und Festkörperdichte









# Elektrisch isolierte Spannglieder

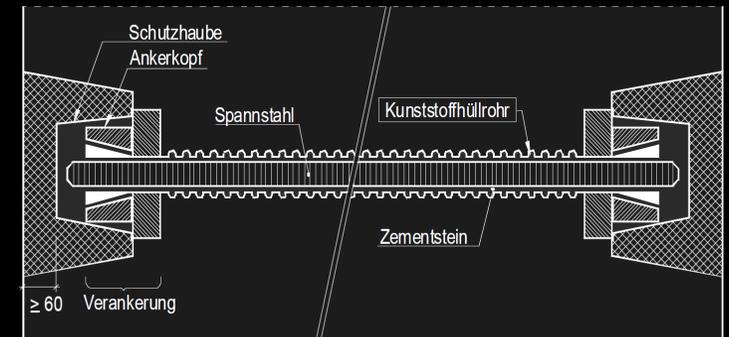
## Spanngliedkategorie a: Stahlhüllrohr

- Keine Ermüdungsbeanspruchung
- Nur für Expositionsklassen  $\leq$  XC3, XF1
- Nur für Bauwerksklasse  $\leq$  II



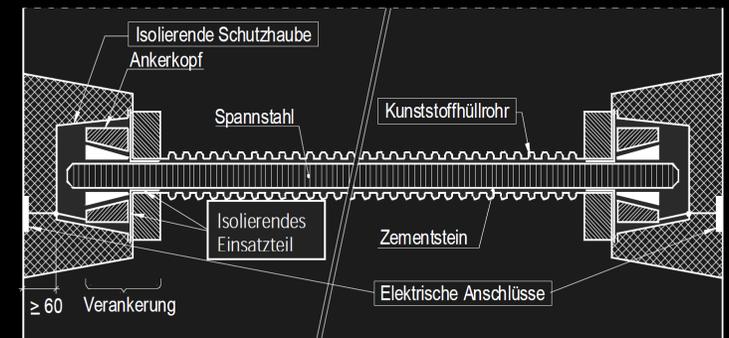
## Spanngliedkategorie b: Kunststoffhüllrohr

- Bei Ermüdungsbeanspruchung (bei ASTRA nur für Quervorspannung Brückenplatten)
- Für Expositionsklassen  $\geq$  XC4, XF2, XD1



## Spanngliedkategorie c: Kunststoffhüllrohr, Spannglied elektrisch isoliert

- Bei Ermüdungsbeanspruchung (immer bei SBB)
- Bei Streustromgefährdung (u.a. Bahnbereich)
- Überprüfung mit Impedanzmessung (= elektrische Widerstandsmessung zwischen Spannstahl und Bewehrung mit Wechselstrom)









# Kabelvorspannung im Brückenbau

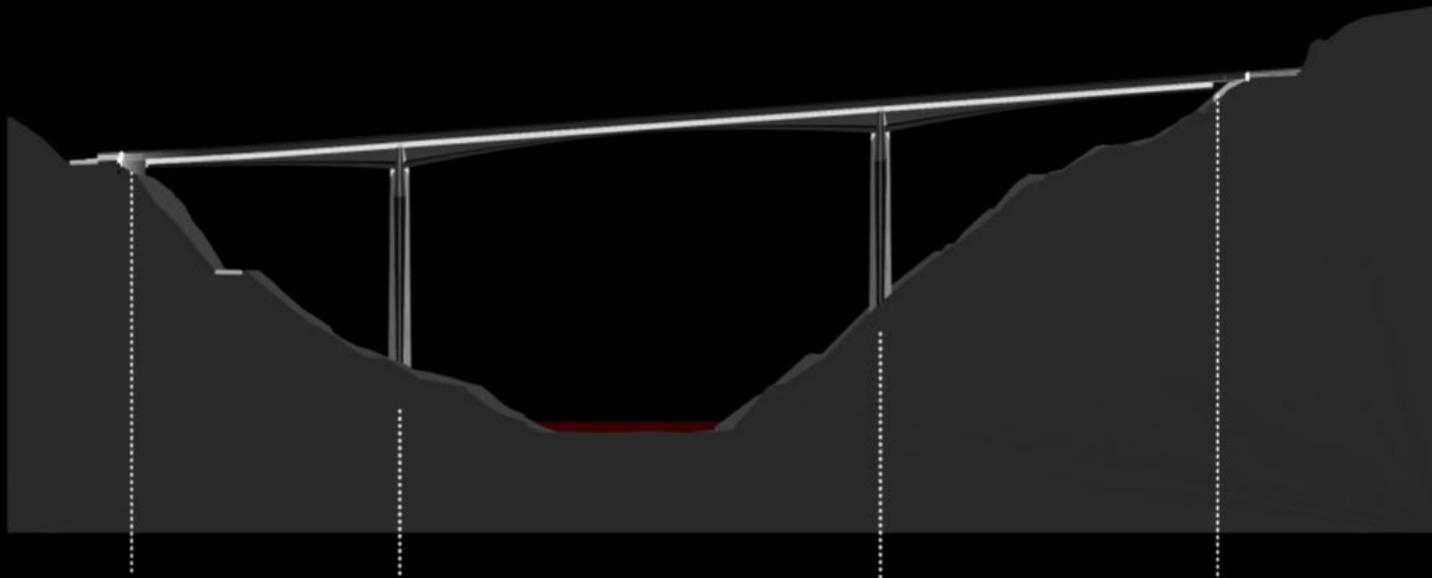
Beispiele / Fotos:

Viadukt Glattzentrum (2009)

**Innbrücke Vulpera (2010)**

Versamertobelbrücke (2012)

Steinbachviadukt (2014)

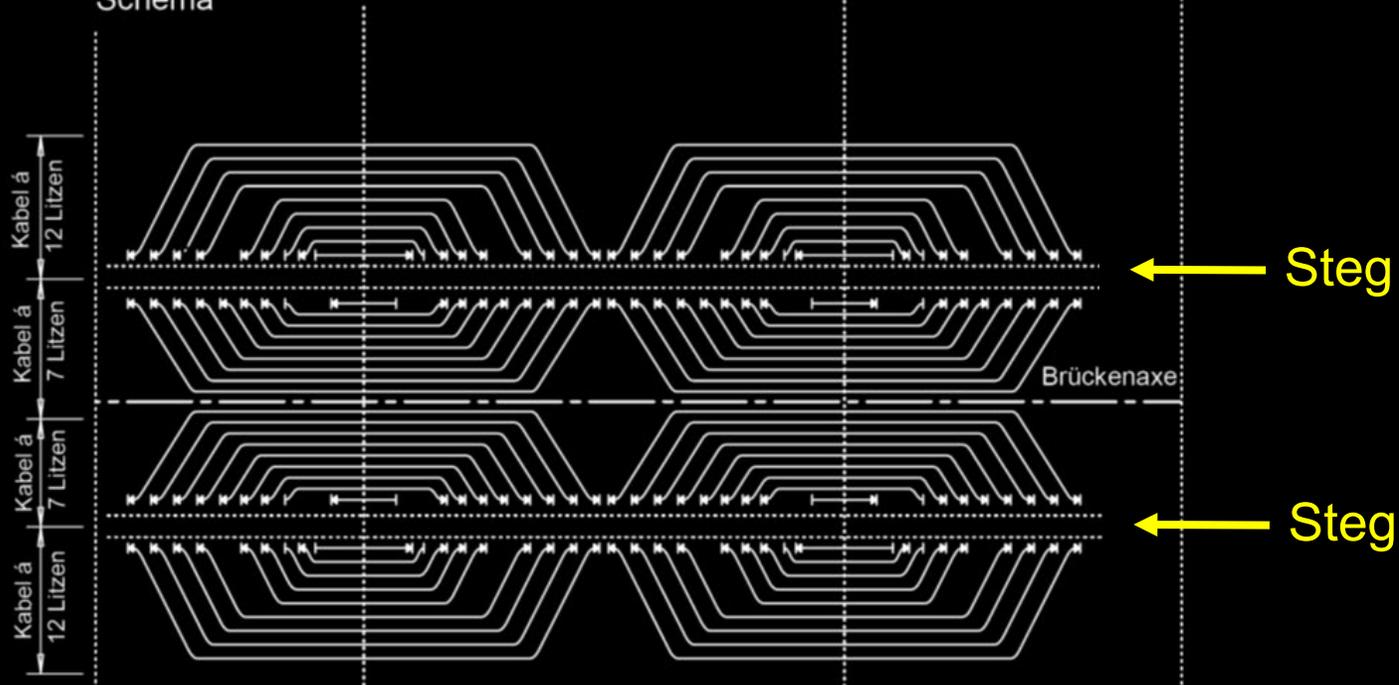


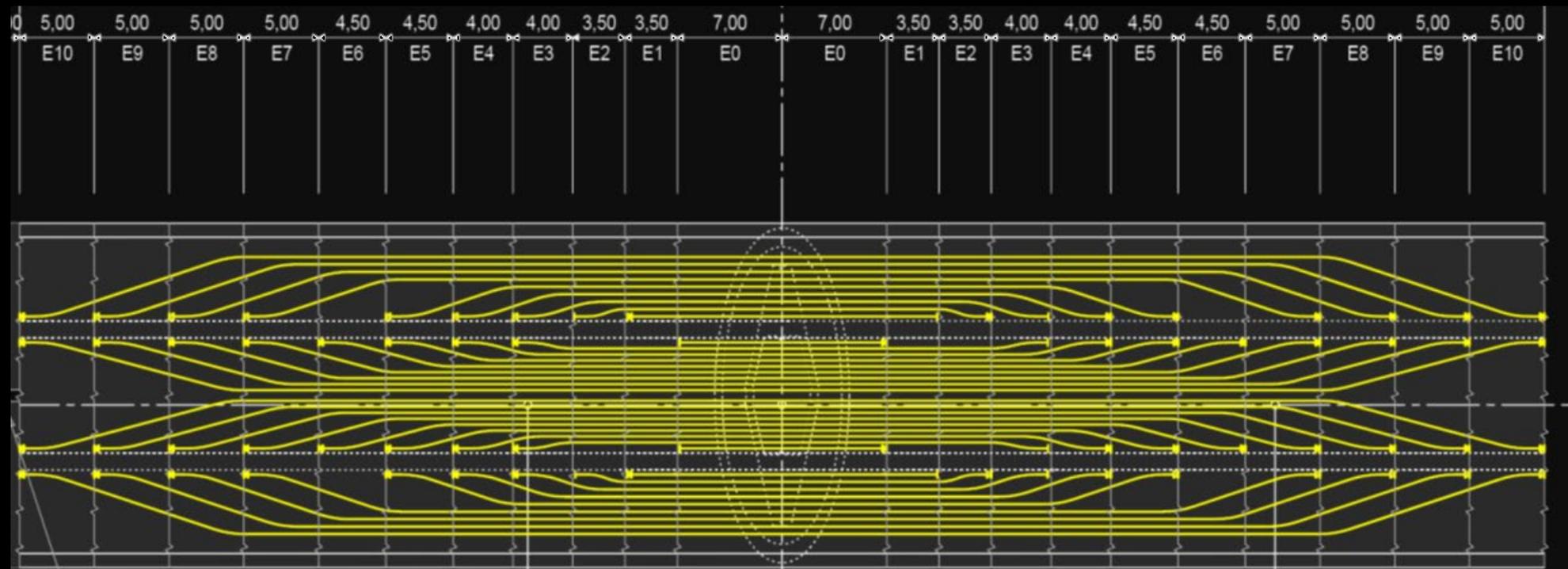
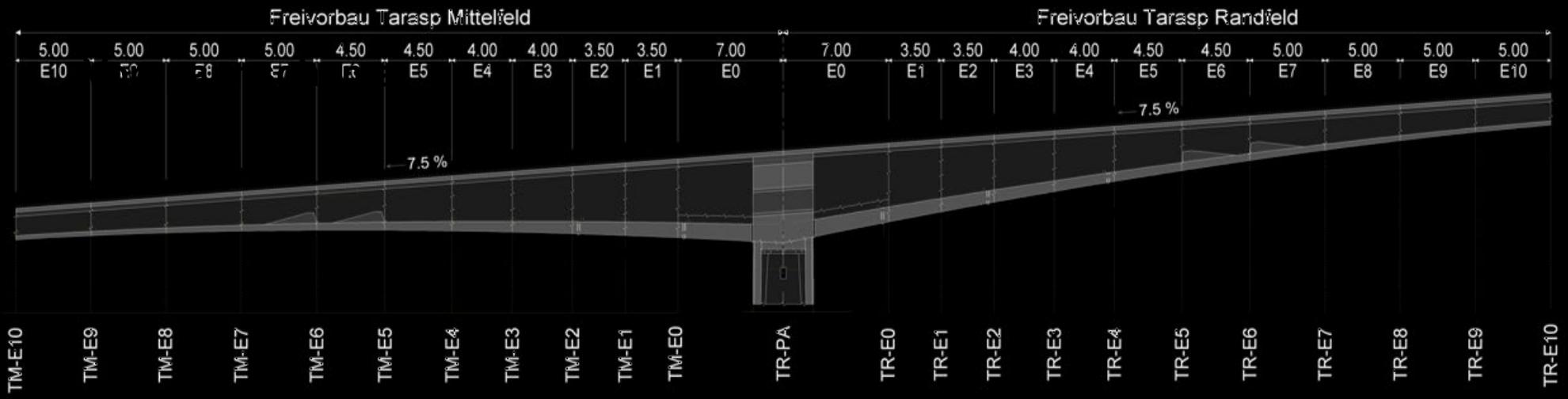
Kragarmvorspannung : 6 - 7: 1301 kN / 6 - 12: 2230 kN

Schema

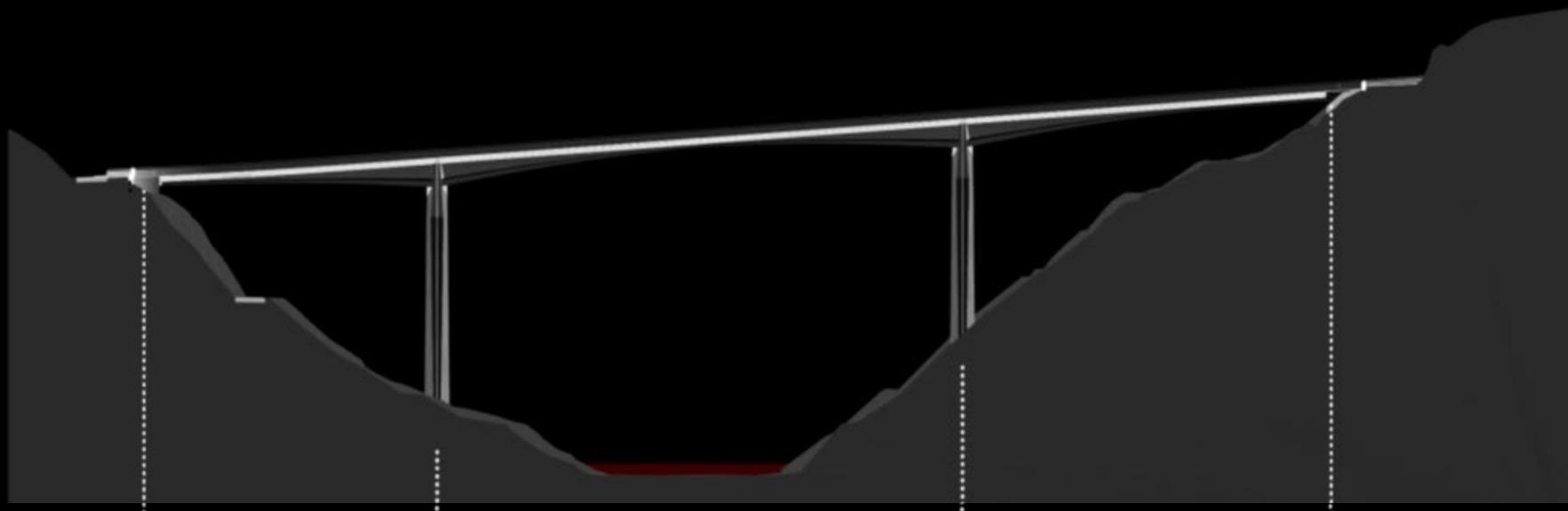
aussen 12Ø0.6"  
innen 7Ø0.6"

innen 7Ø0.6"  
aussen 12Ø0.6"





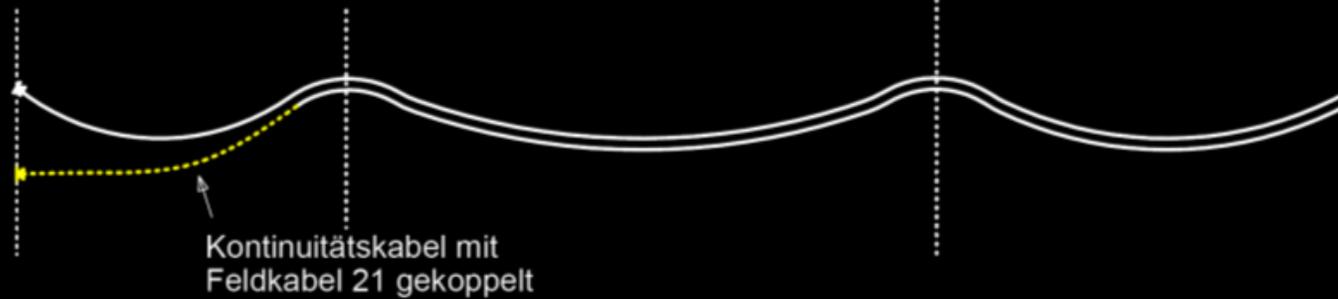
Einbringöffnung  
Vorspannpresse 100x200



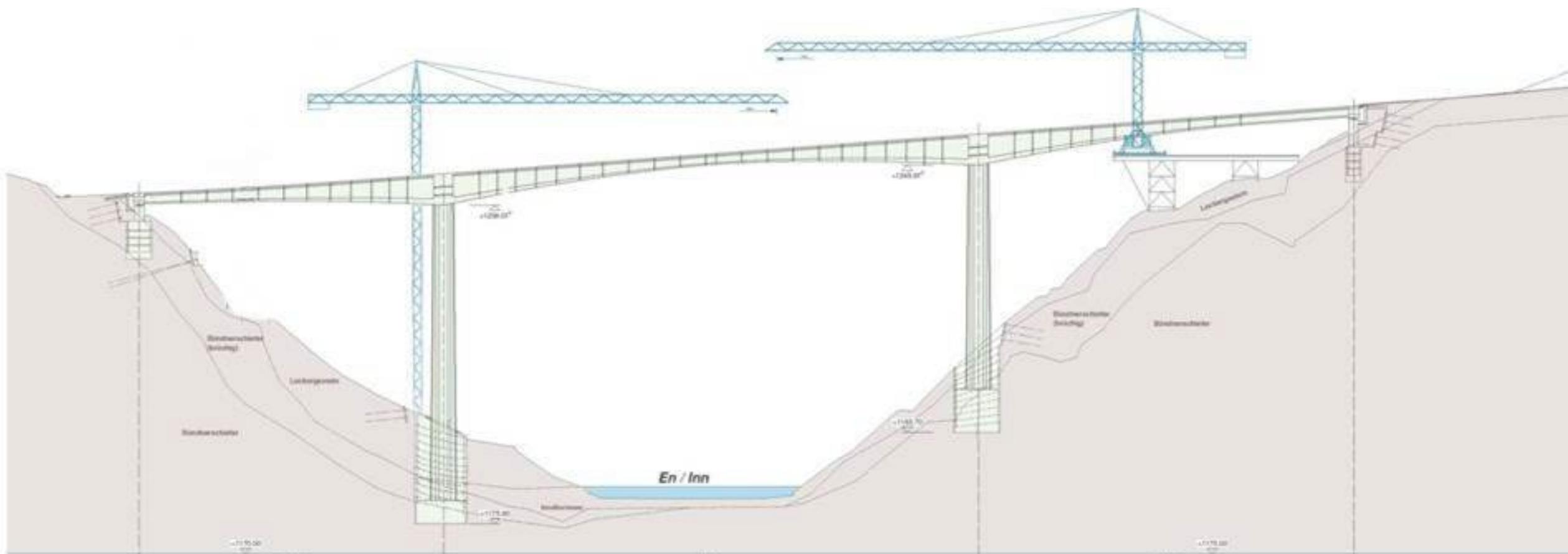
Feldvorspannung : je 4 x 6-19: 3531 kN



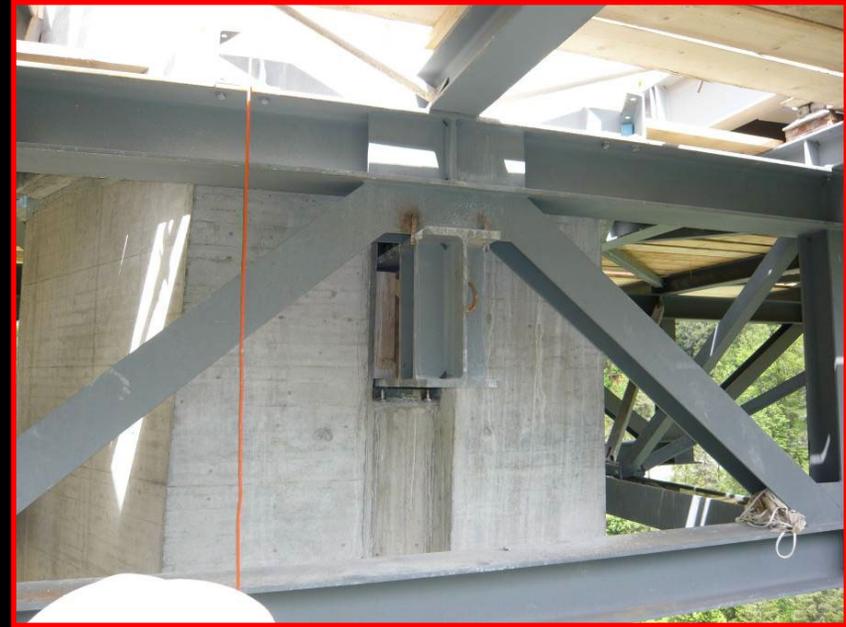
Kontinuitätsvorspannung : je 2 x 6-19: 3531 kN



# Bauausführung









**ERNI**  
**LAZZARINI**

**ZUBLIN MURER**

**BEZZOLADENOTH**  
**FORPA + CONRAD SA**











CAUTION  
Lift with care  
VAL 10000

SR  
23





Punt d'En Vulpera / Tarasp  
2007 - 2010



Bauerschaft und Gesamtleitung  
Tiefbauamt Graubünden  
Uffiz da construcziun bassa dal Grischun  
Ufficio tecnico dei Grigioni

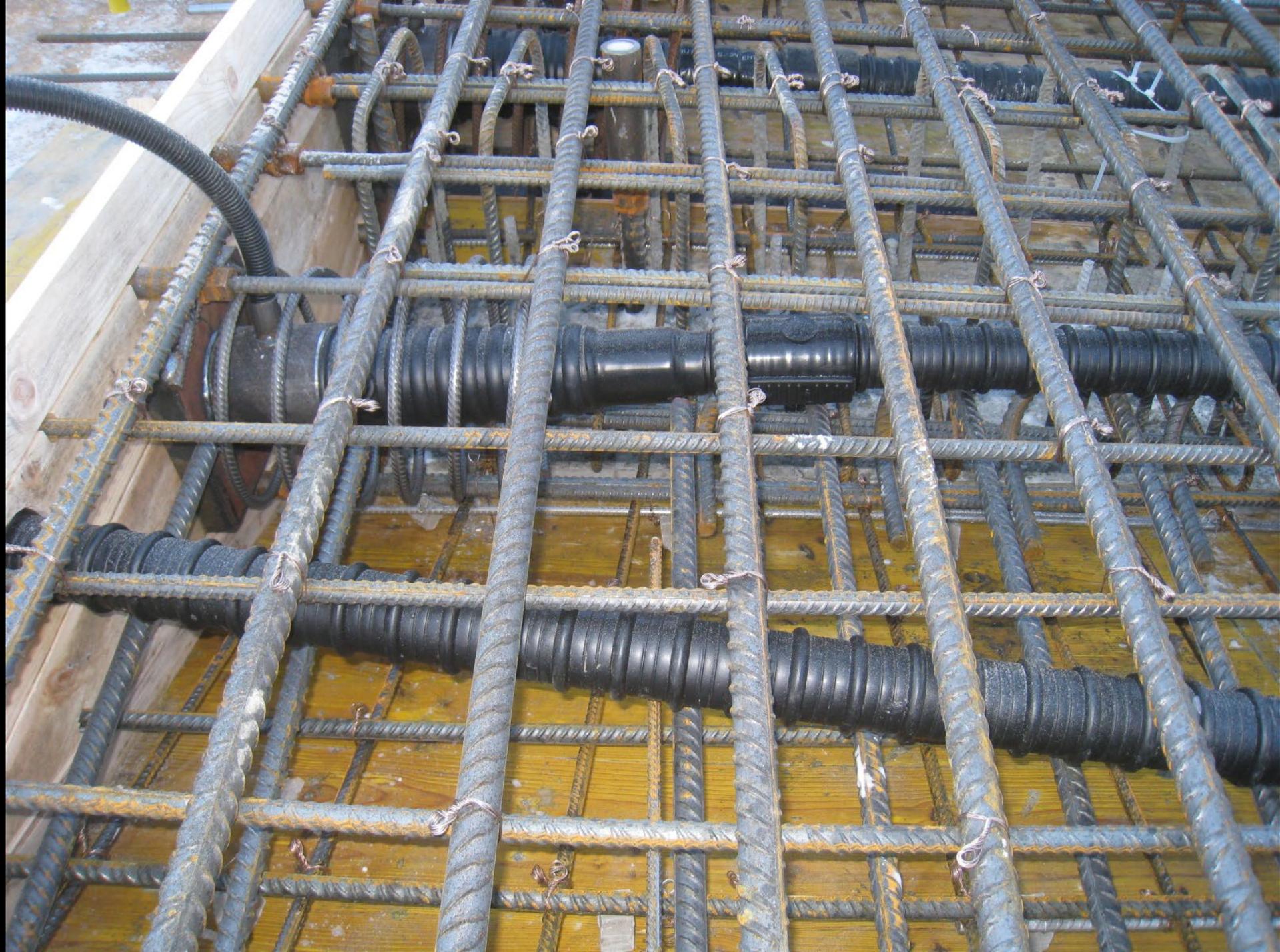
Projektiertung  
dsp  
ARGE Punt d'En Vulpera  
STRABAG ERNI LAZZARINI

Bauleitung  
Verkehrsbauamt Graubünden  
Ufficio da construcziun bassa dal Grischun  
Ufficio tecnico dei Grigioni

Condotta







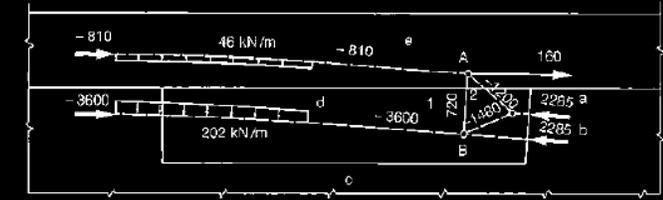
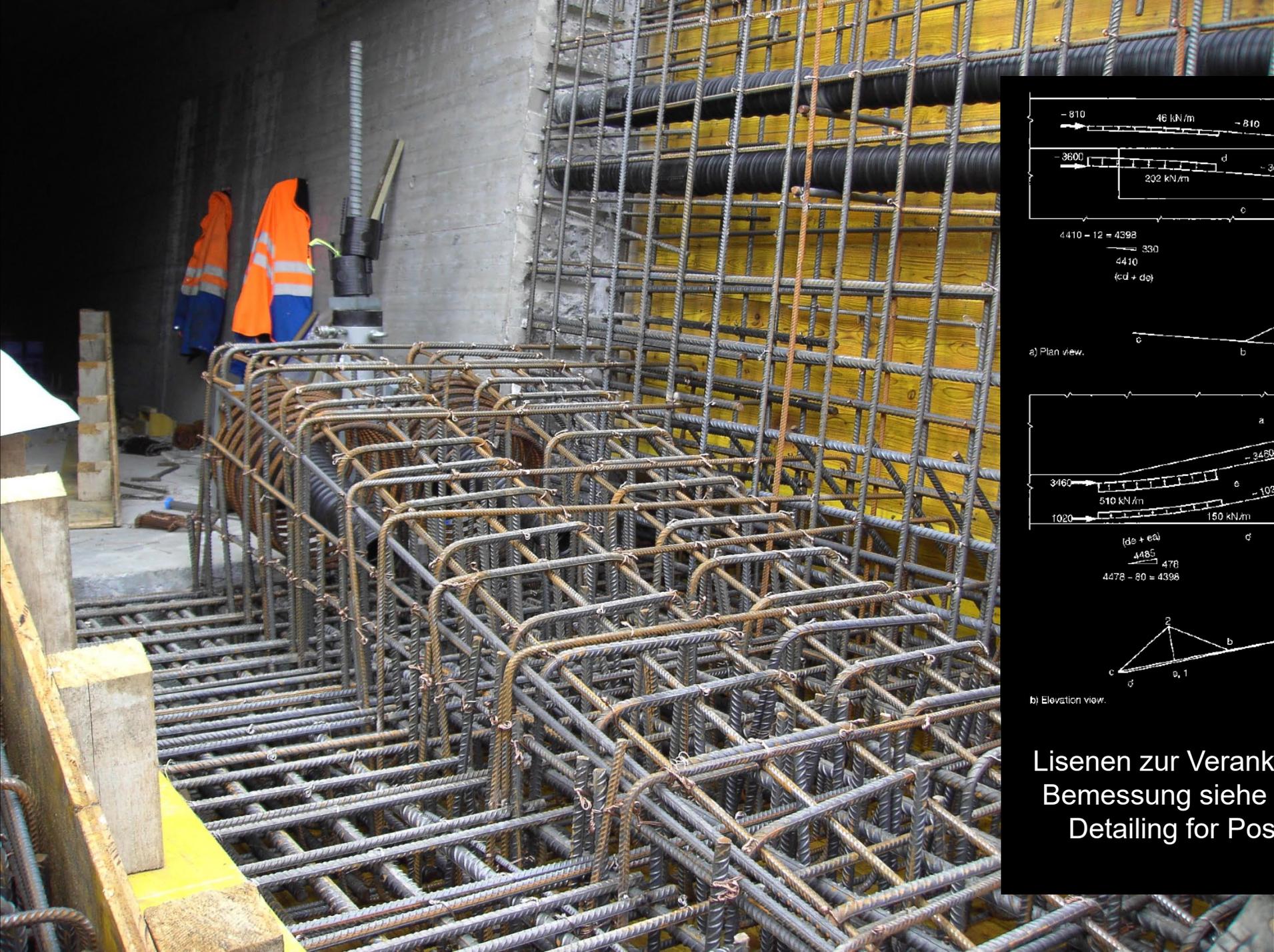










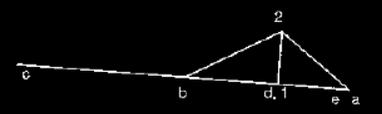


$$4410 - 12 = 4398$$

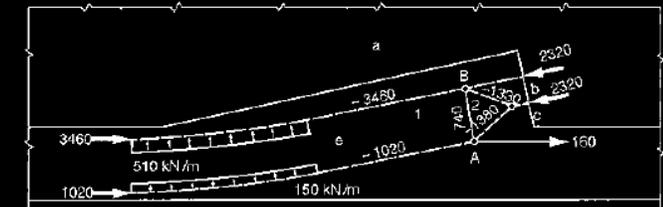
$$\frac{330}{4410} (cd + de)$$

$$4718 - 150 = 4558$$

$$\frac{330}{4410} (eb + bc)$$



a) Plan view.

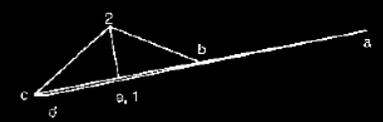


$$(de + ea)$$

$$\frac{4485}{4478 - 80 = 4398}$$

$$4718 - 160 = 4558$$

$$\frac{4641}{4478 - 160 = 4318}$$



b) Elevation view.

Lisenen zur Verankerung im Feld  
 Bemessung siehe z. Bsp. VSL,  
 Detailing for Posttensioning



Einschiessen einzelner Litzen  
(Normalfall)



Einschiessen einzelner Litzen  
(Normalfall)







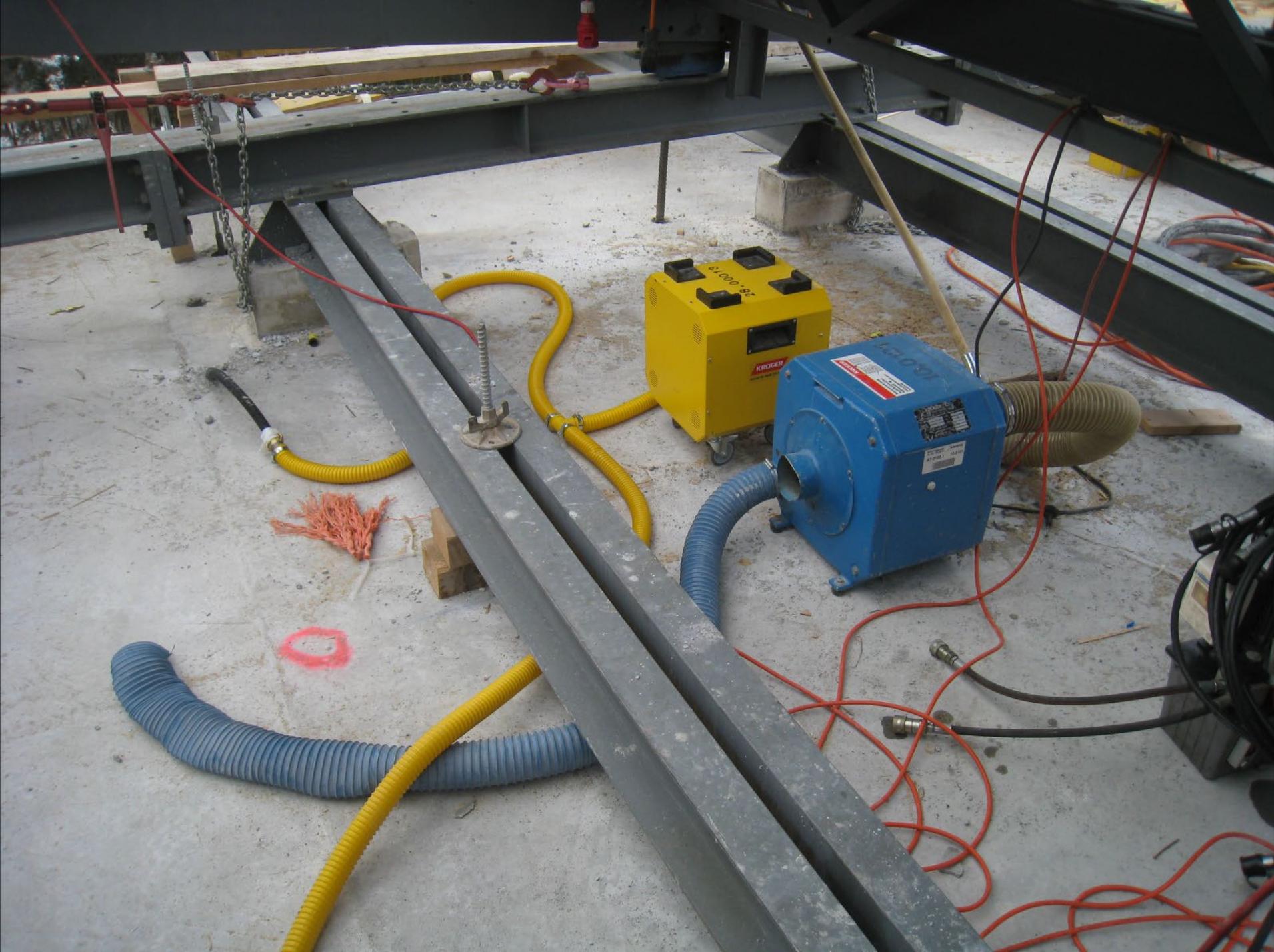






Kontinuitätskabel L = 240 m  
Sonderlösung (einziehen  
ganzes Bündel mit Winde)





# Kabelvorspannung im Brückenbau

Beispiele / Fotos:

Viadukt Glattzentrum (2009)

Innbrücke Vulpera (2010)

**Versamertobelbrücke (2012)**

Steinbachviadukt (2014)



















# Kabelvorspannung im Brückenbau

Beispiele / Fotos:

Viadukt Glattzentrum (2009)

Innbrücke Vulpera (2010)

Versamertobelbrücke (2012)

**Steinbachviadukt (2014)**







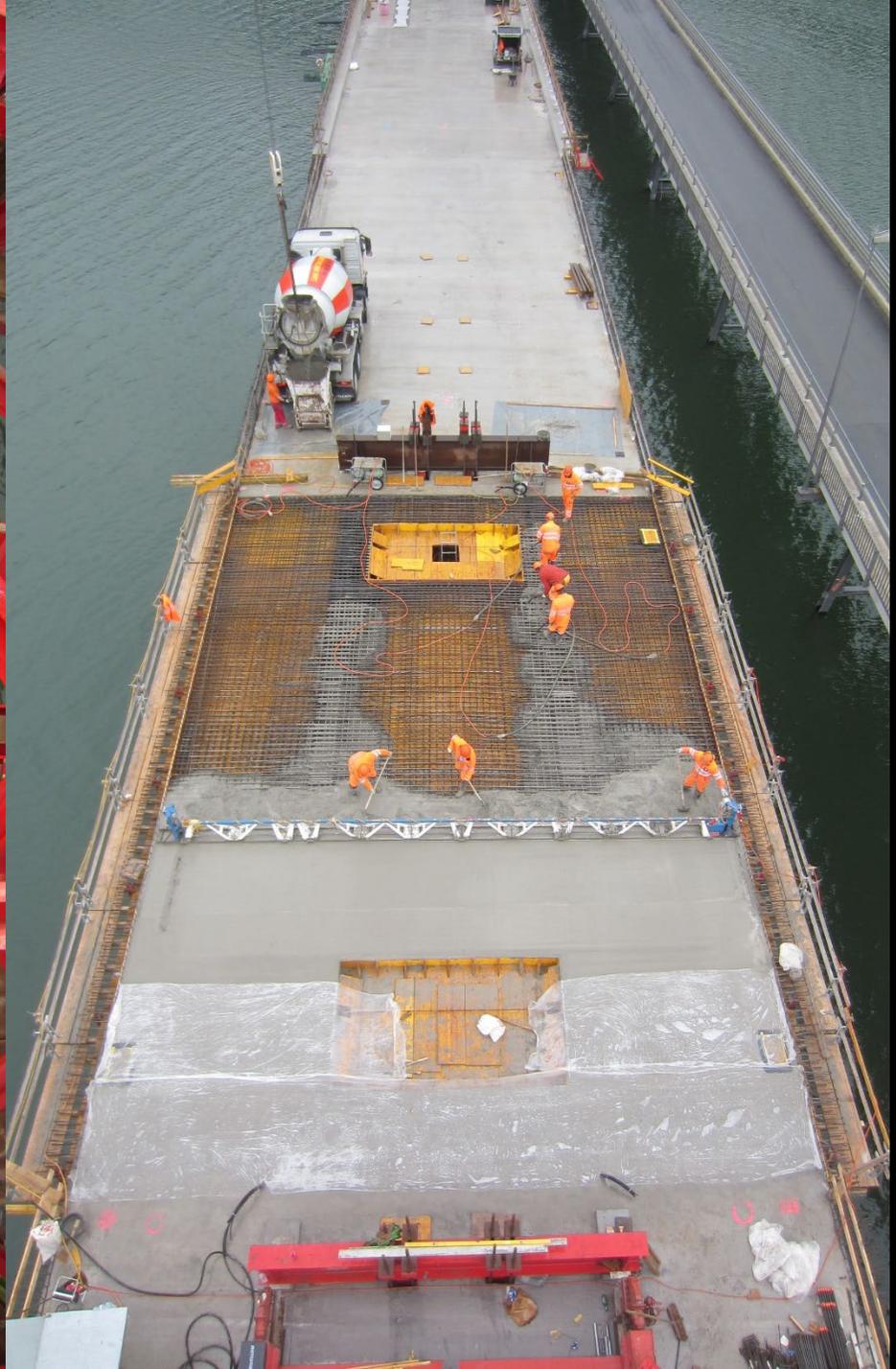


**Massgebend für Bauprogramm (Takt 3 Wochen):**

- Vorspannung (Betonalter, Druckfestigkeit)
- Injektion (Temperatur, keine Bewegungen beim Erhärten)

Mi	Betonieren
Mo	Vorspannung 30% (> 3d)
Di-Do	Ausschalen Mittelelemente
Fr	Vorspannung 100% (9d, $\geq 0.90 \cdot f_{ck}$ ) Vorfahren Kran <b>nach</b> Vorspannung Injektion <b>nach</b> Vorfahren
Mo/Di	Ausbau Schalboden Vorschieben Lehrgerüst
Mi	Montage Schalungselemente Vermessungskontrolle
Do/Fr	Bewehrung Trägerstege
Fr/Mo	Verlegen Vorspannung
Mo/Di	Bewehrung Fahrbahnplatte







23.02.2022



122

# Aufbringen der Vorspannung (SIA 262)

## 1. Spannprogramm (vorgängig festgelegt)

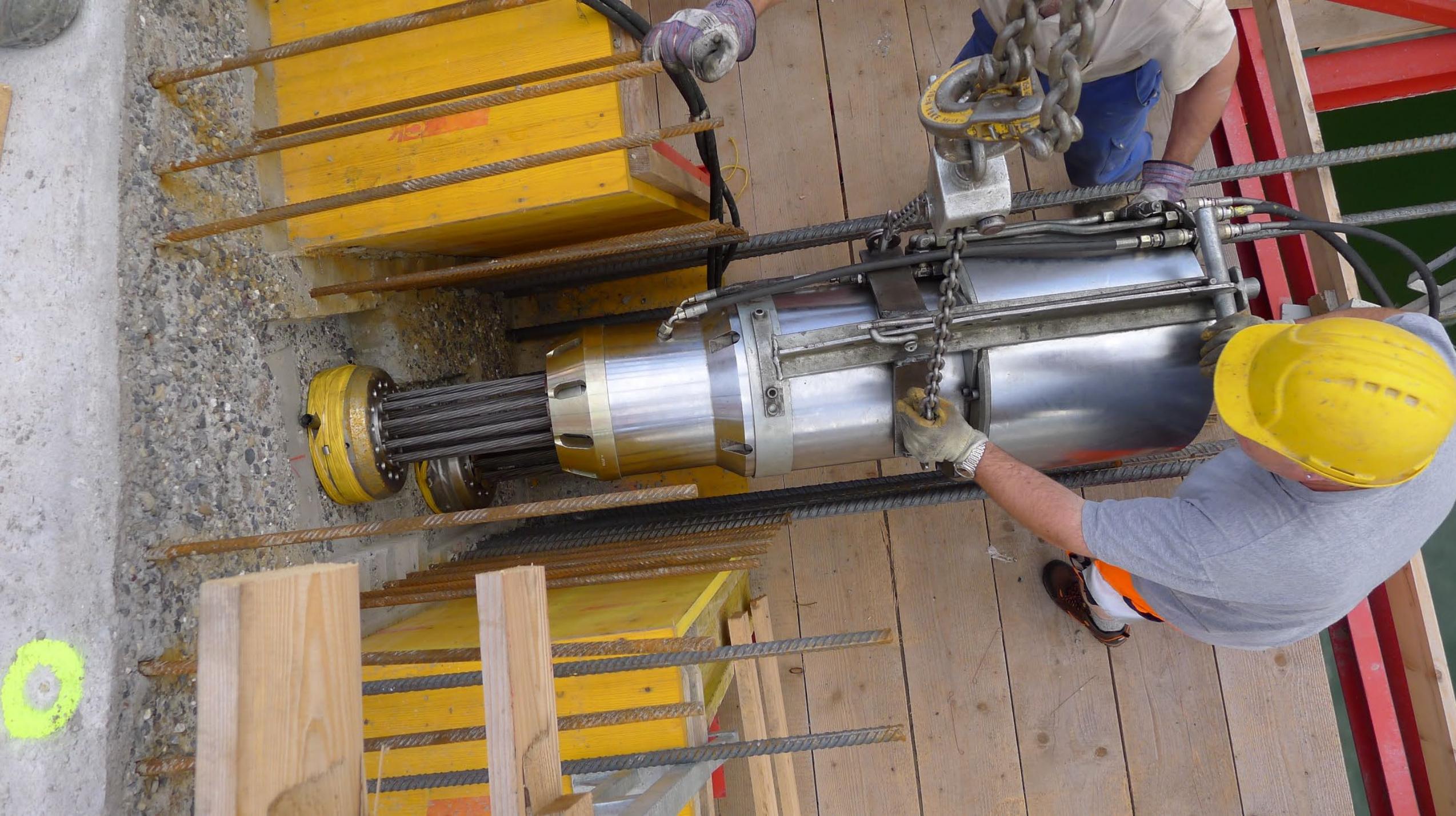
- Zeitpunkt und Reihenfolge der Spannstufen
- Vorausberechnete Dehnwege
- Erforderliche Druckfestigkeit des Betons

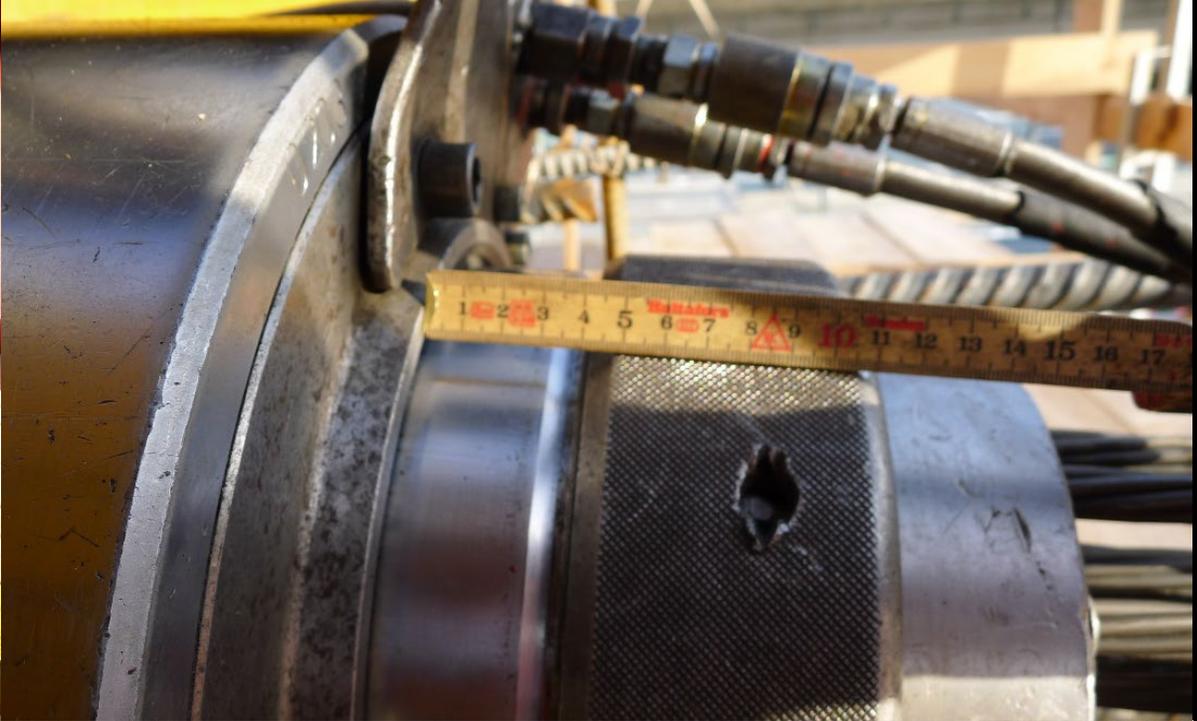
## 2. Spannprotokoll (beim Vorspannen)

- Alle wichtigen Beobachtungen während des Spannvorgangs, insbesondere
- Aufgebrachte Spannkräfte und gemessene Dehnwege

Zulässige Abweichung des Dehnwegs vom berechneten Sollwert:

- pro Spannglied 15%
- im Mittel über alle im gleichen Querschnitt verlaufenden Spannglieder  $\leq 5\%$
- bei grösseren Abweichungen sind die Ursachen vor dem Injizieren abzuklären und die Auswirkungen auf das Tragwerk zu untersuchen.























station avt





