



Anforderungen an den Tunnel- und Tiefbau bei dem Bau eines Linearbeschleunigers

1. Überblick TESLA
2. Geologie Norddeutschlands
3. Bauverfahren Tunnel - Tiefbau
4. Auswahl Anforderungen
 - 4.1. Minimale Setzungsdifferenzen im Bauwerk
 - 4.2. Dichtigkeit / Stabilität:
Bringt ein Rohrvortrieb Vorteile?

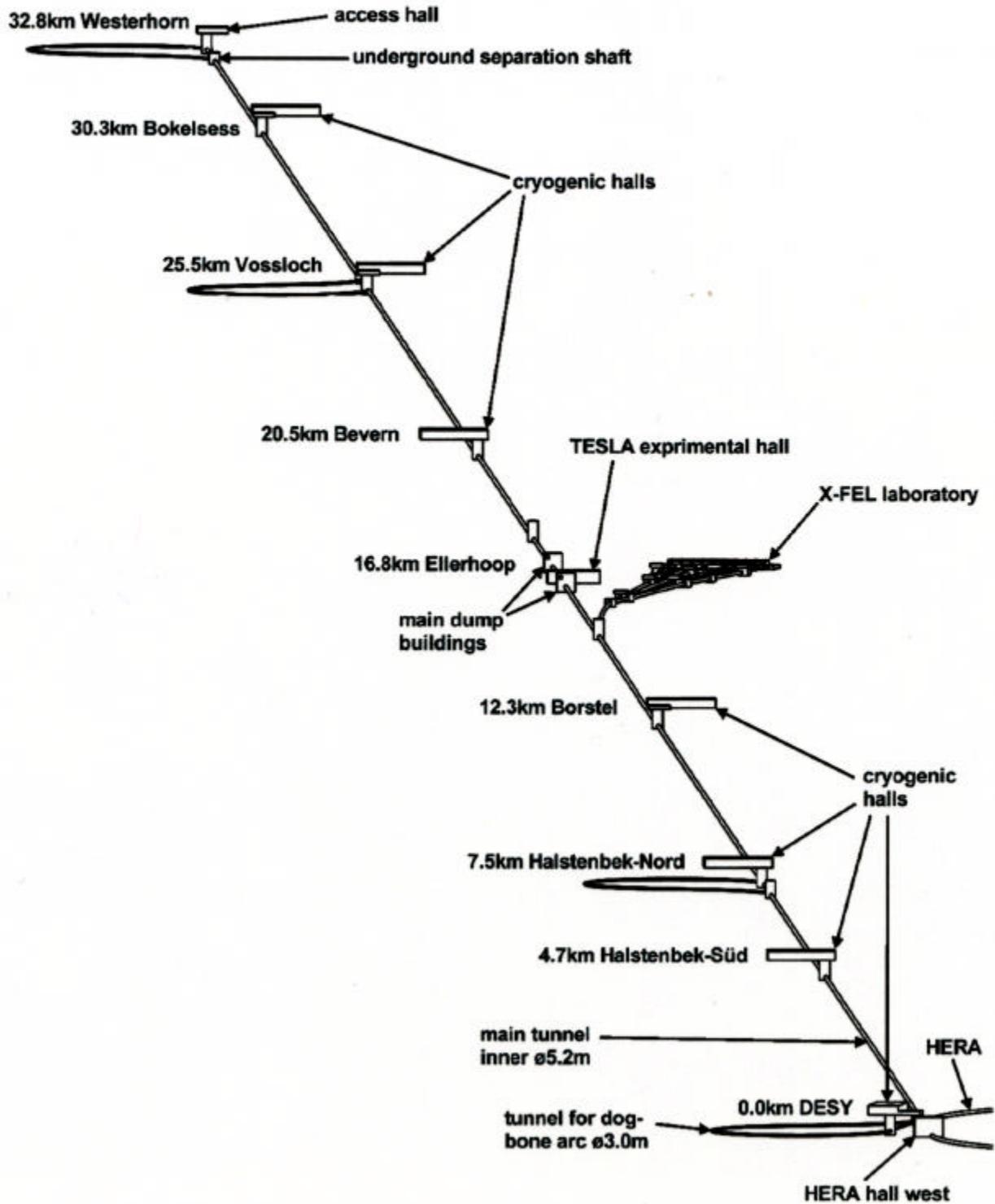
Anmerkung:

4.2 am 03.09.2002 nicht vorgetragen

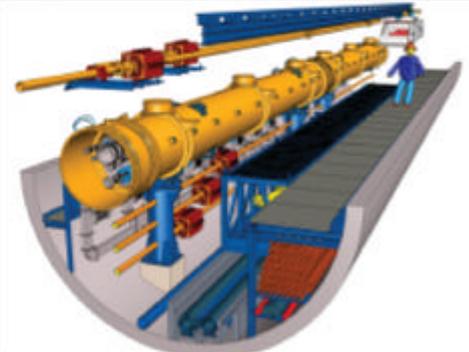
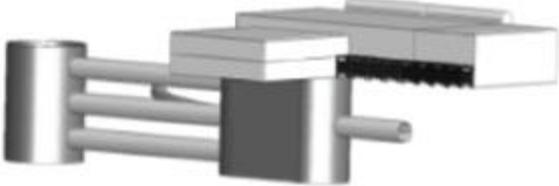
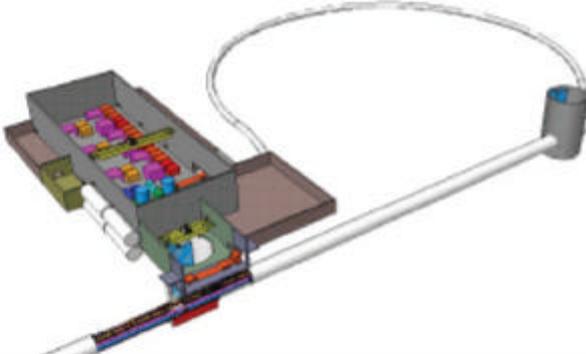
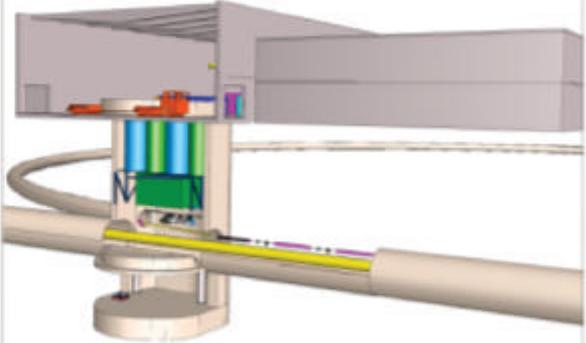


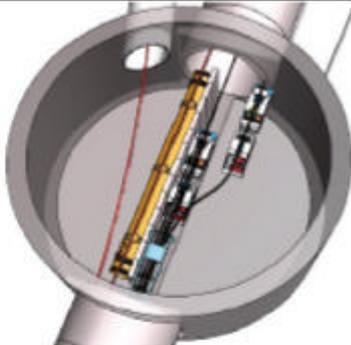
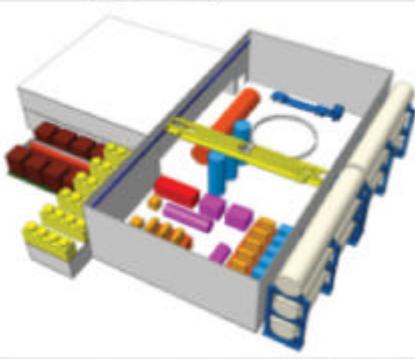
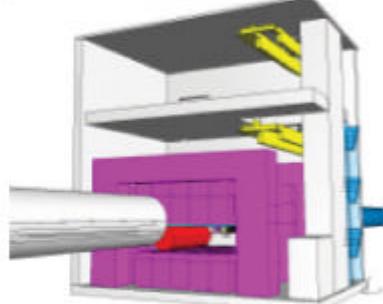
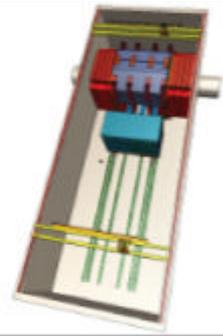


Überblick: Schrägsicht von oben mit allen Elementen



TESLA Gebäude

Bauwerk	Gesamtes Umbautes Volumen	Skizze
Beschleunigertunnel und Tunnel für „Final Focus“	$d_i = 5.2 \text{ m,}$ $l_{ges} = 33\,000 \text{ m}$	
Injektortunnel	$d_i = 5.2 \text{ m,}$ $l_{ges} = 250 \text{ m}$	
Dämpfungsring-Tunnel	$d_i = 3 \text{ m,}$ $R = 160 \text{ m}$ $l_{ges} = 3\,700 \text{ m}$	
Bypass-tunnel für Positronenquelle	$d_i = 3 \text{ m,}$ $l = 500 \text{ m}$	
Zugangsschächte	Anzahl: 7 $d_i = 15 \text{ m,}$ $h \approx 20 \text{ m}$	

Temporäre Separationsschächte	<i>Anzahl:</i> 10 $d_i = 15 \text{ m}$, $h \approx 20 \text{ m}$	
Kryohallen	<i>Anzahl:</i> 7 $32 \times 85 \times 10 \text{ m}^3$, $35 \times 35 \times 5 \text{ m}^3$	
Dumphallen	<i>Anzahl:</i> 2 $30 \times 25 \times 15 \text{ m}^3$	
Detektorhalle	$82 \times 32 \times 22 \text{ m}^3$	
Verbindungstunnel zu HERA	$d_i = 3 \text{ m}$, $l_{ges} = 200 \text{ m}$	
Zugang „Westerhorn“	$20 \times 20 \times 6 \text{ m}^3$	

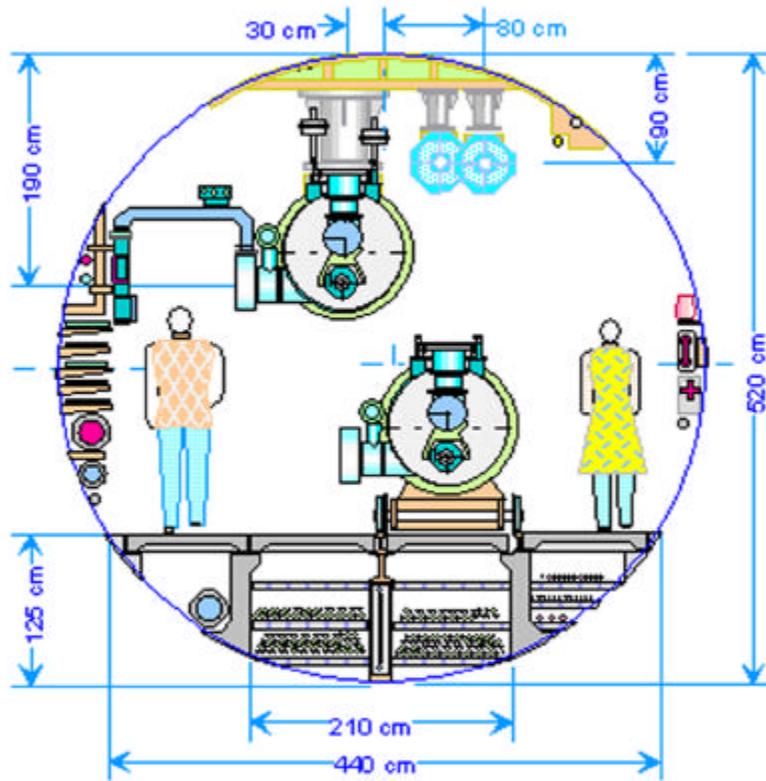


Figure 4. Main LINAC Module Transportation

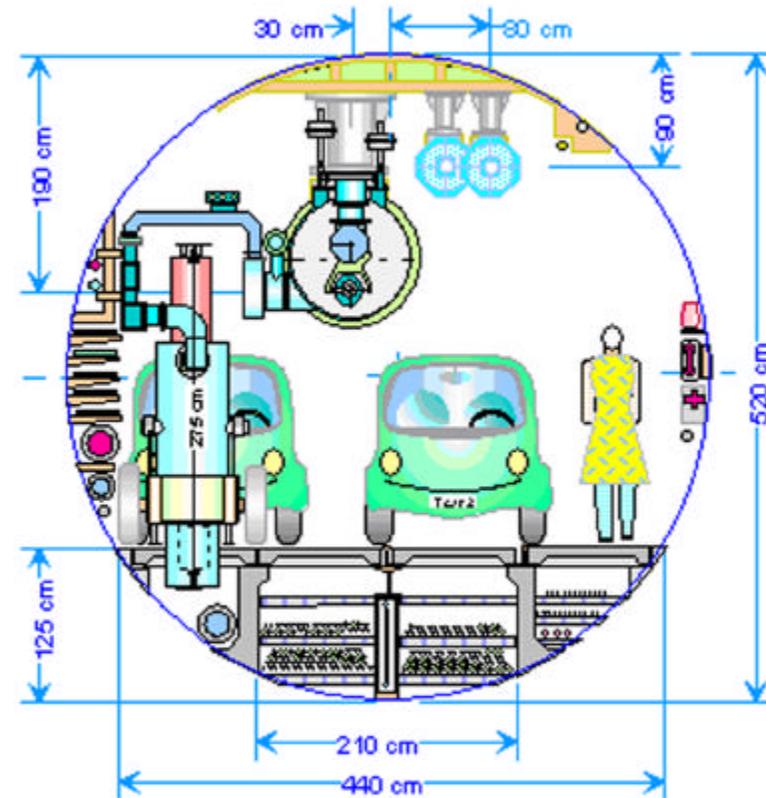
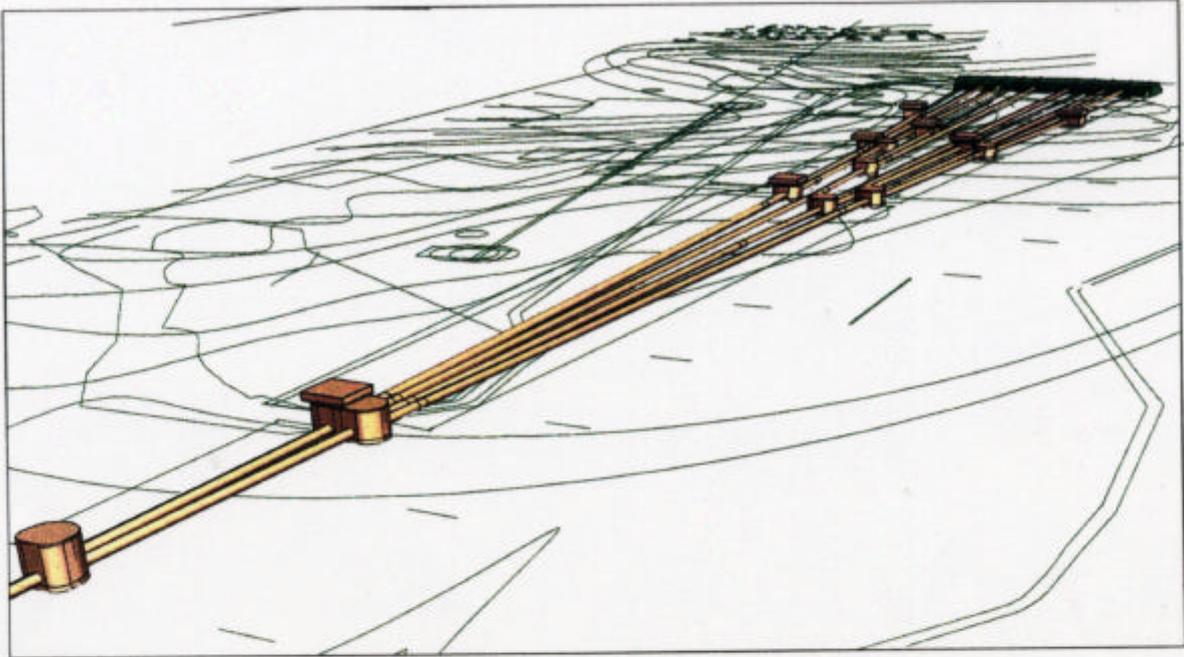
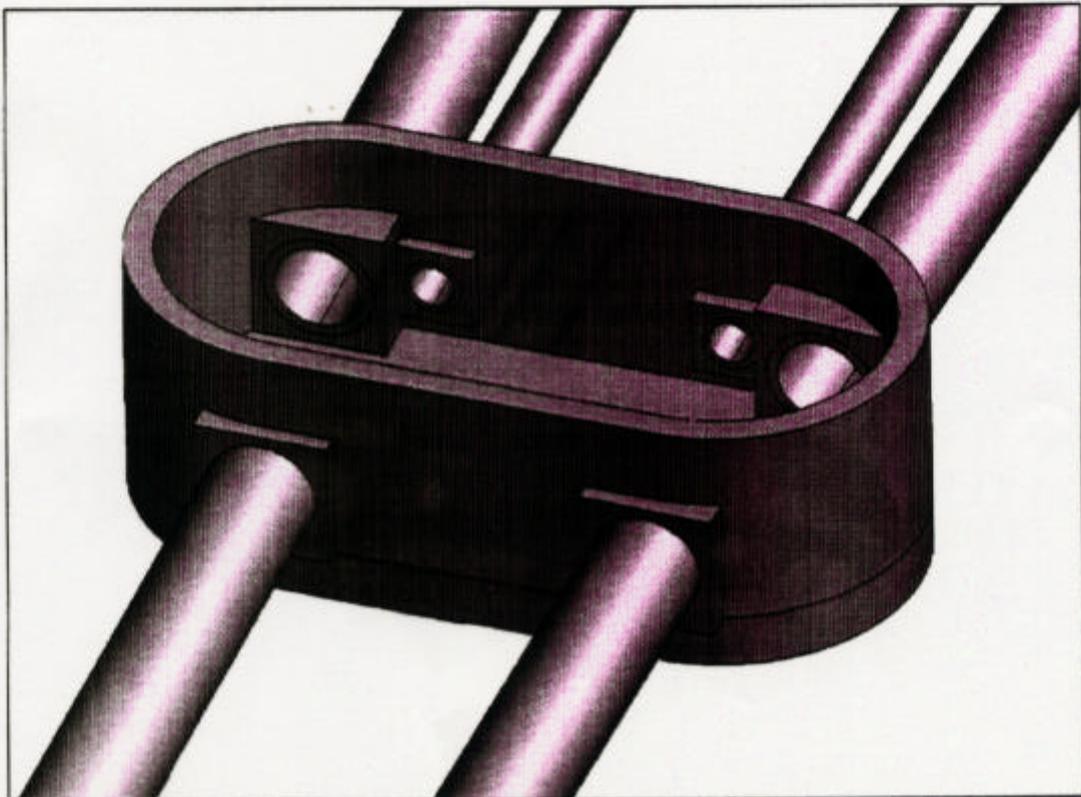


Figure 6. Vehicle parking at supply zone possible

XFEL - Fächer Schrägansicht



Doppelschacht für XFEL



Das TESLA Planungsbüro

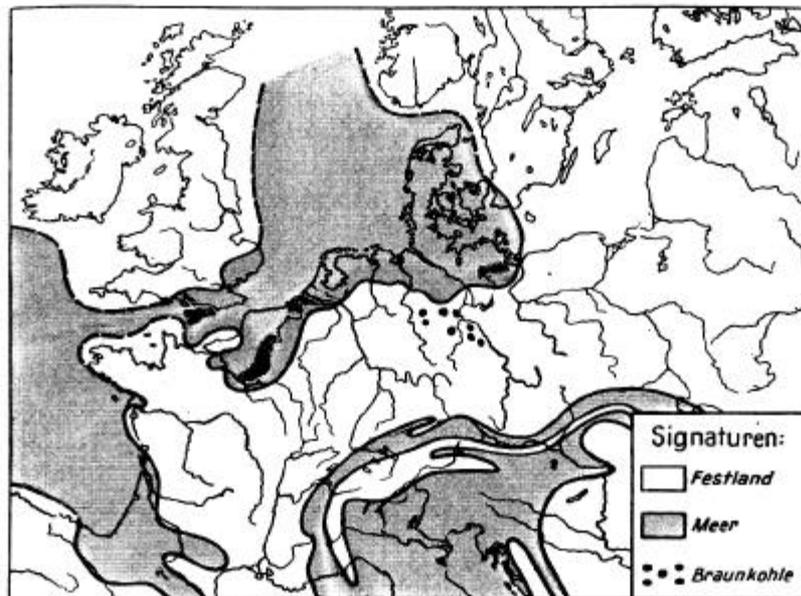


Bild 215. Paläogeographie während des mittleren Eozäns in Mitteleuropa (nach *Brinkmann* 1948 und *v. Bubnoff*, 1949) [85]

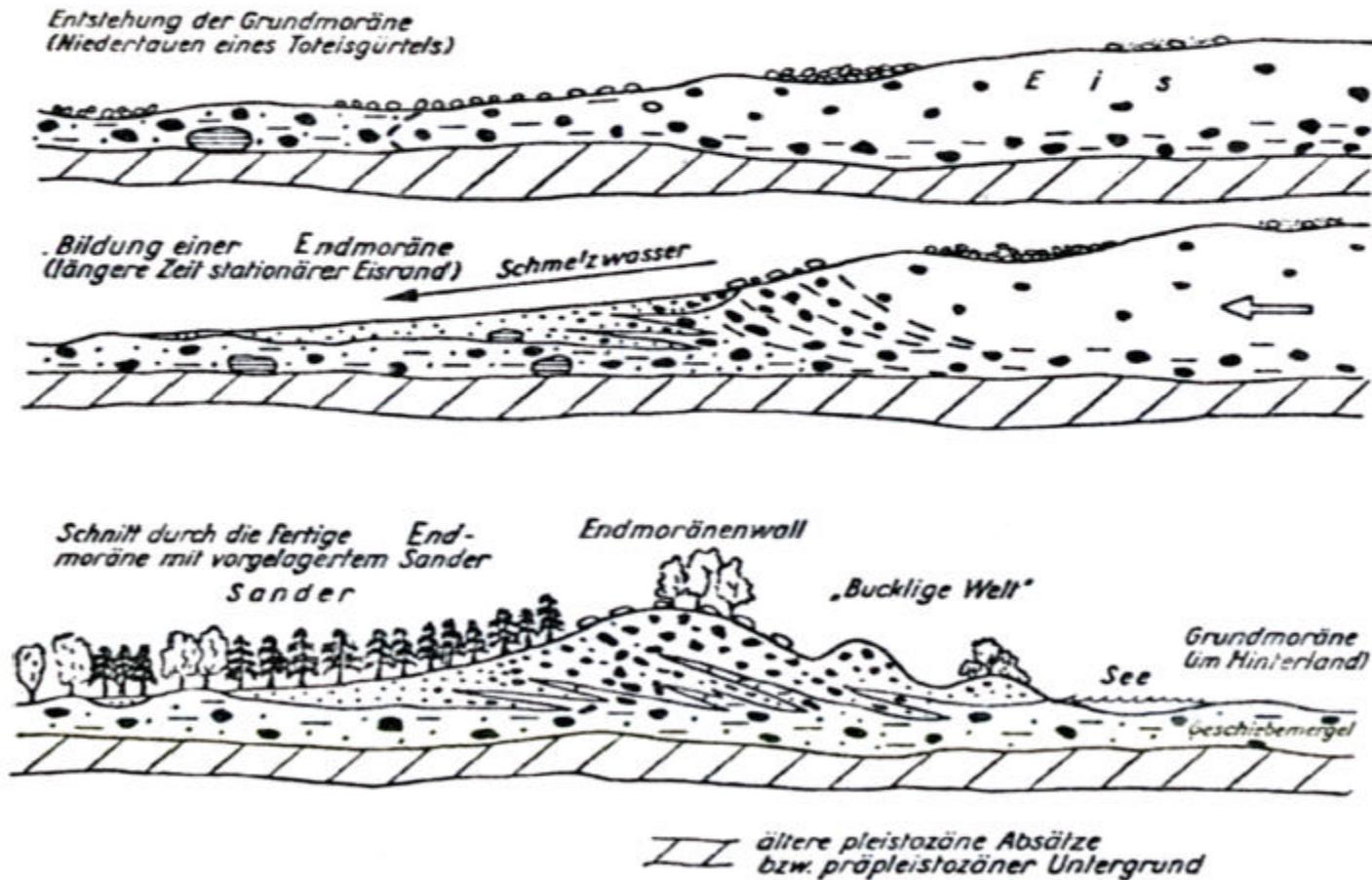


Mindel- (= Elster-) Eiszeit Riß- (= Saale-) Eiszeit Würm- (= Weichsel-) Eiszeit
 und Rückzugsstadien

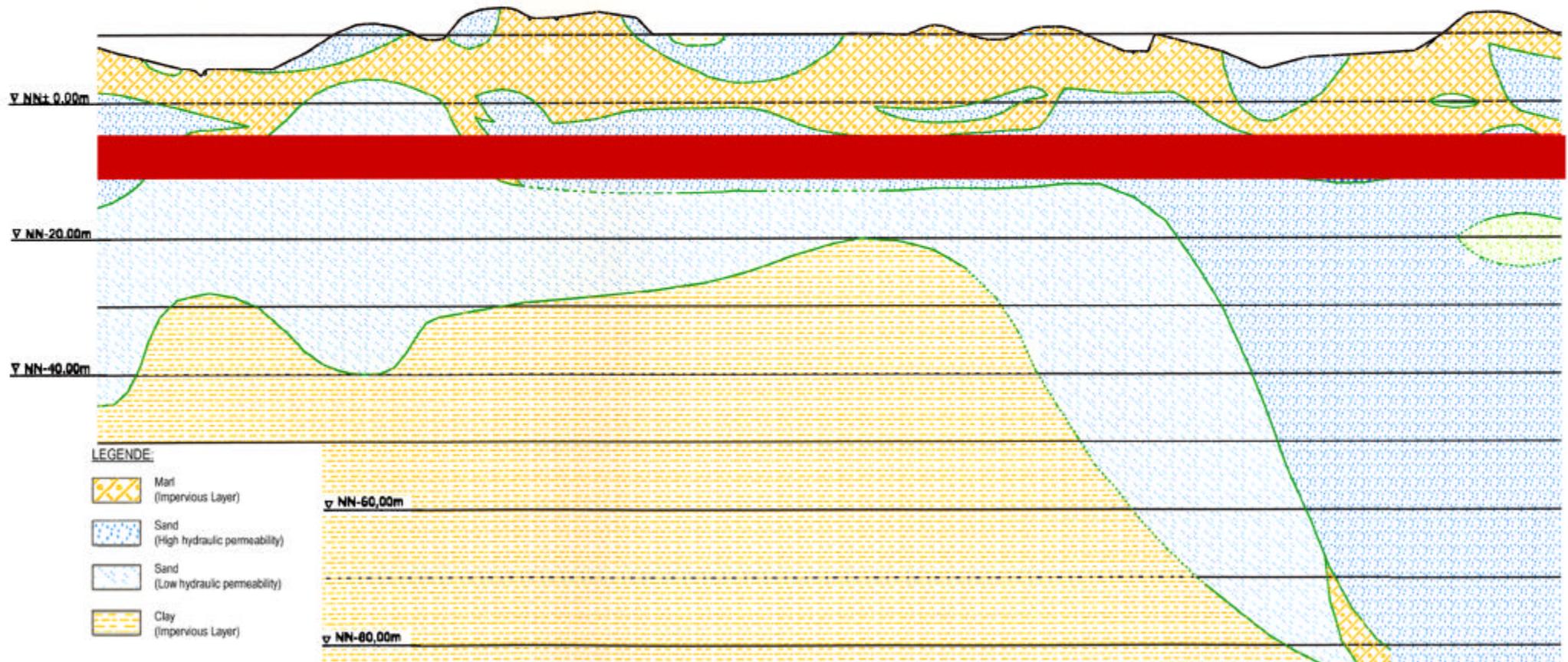
Bild 219. Vereisungsgrenzen und Lößverbreitung in Mitteleuropa nach *Grahmann* und *Woldstedt* [80]

Das TESLA Planungsbüro

Schema der Moränenbildung (überhöht)

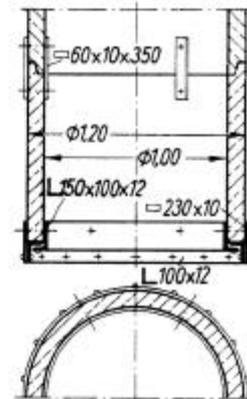
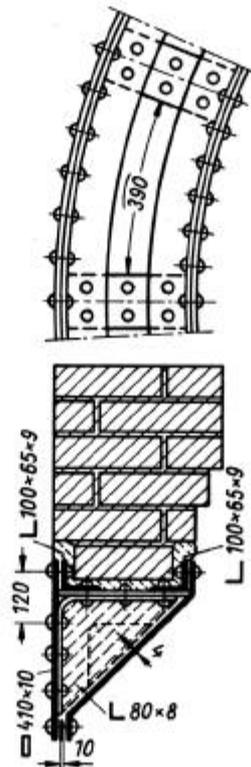
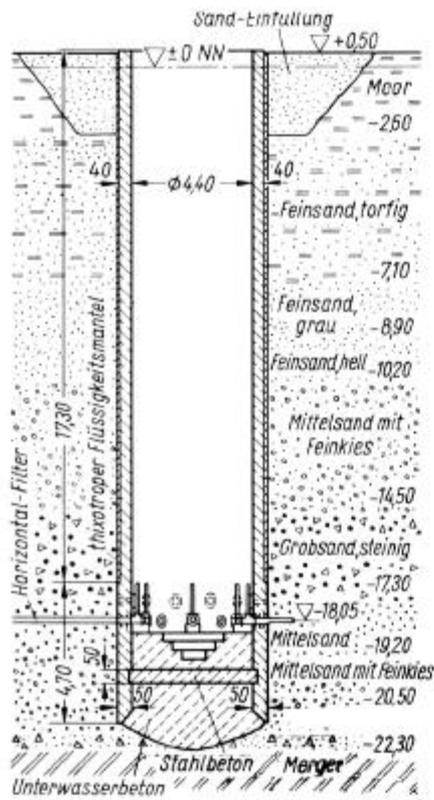


Geological Profile (2)



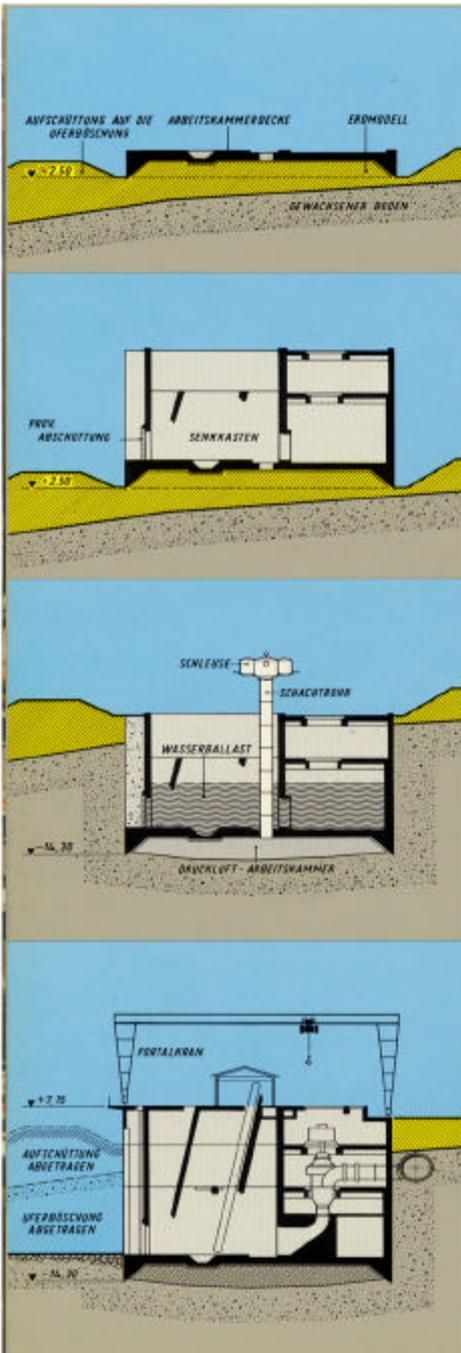
Das TESLA Planungsbüro

Offener Senkkasten



Das TESLA Planungsbüro

Druckluftsenkkasten / Caisson



Das TESLA Planungsbüro

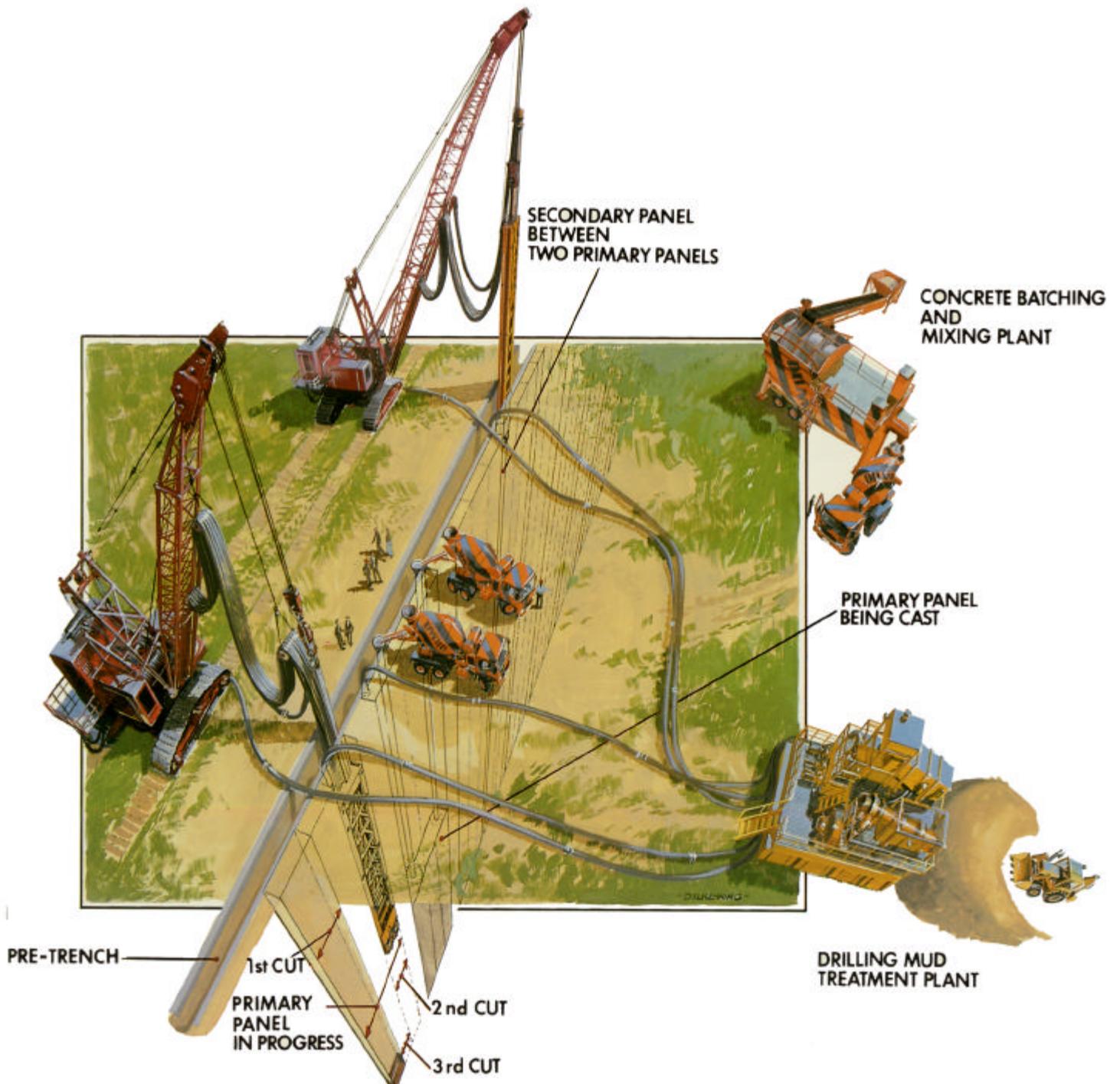
380-kV-Diagonalverbindung durch Berlin



Schacht Nr.7 aus dem gleichzeitig die zwei Rohrvortriebe aufgeföhren wurden

Das TESLA Planungsbüro

Schlitzwandtechnik



Das TESLA Planungsbüro



Schlitzwandtechnik



Das TESLA Planungsbüro

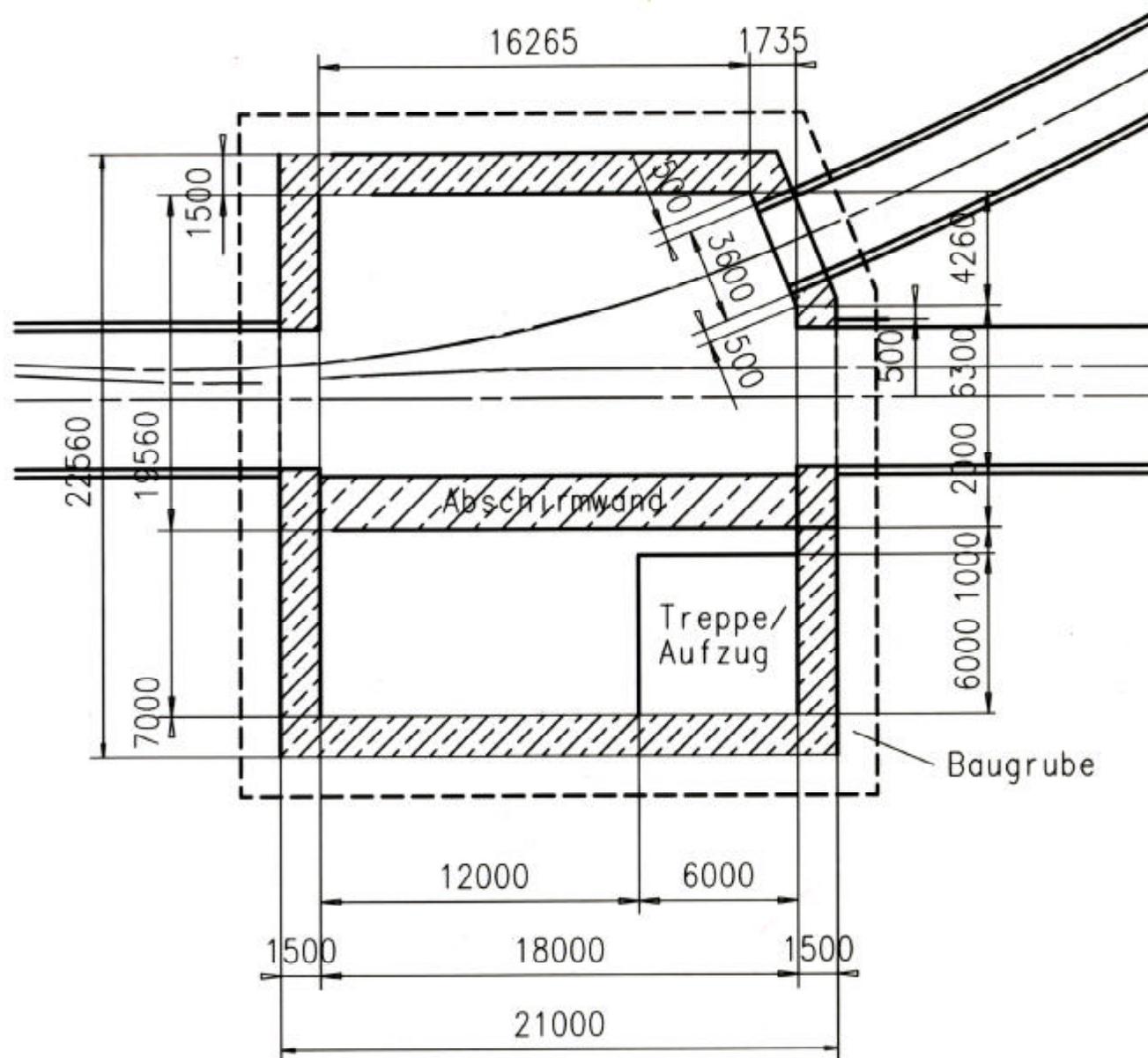
Überschnittene Bohrfahlwand



2. Schacht Dämpfungsring / Kryohalle

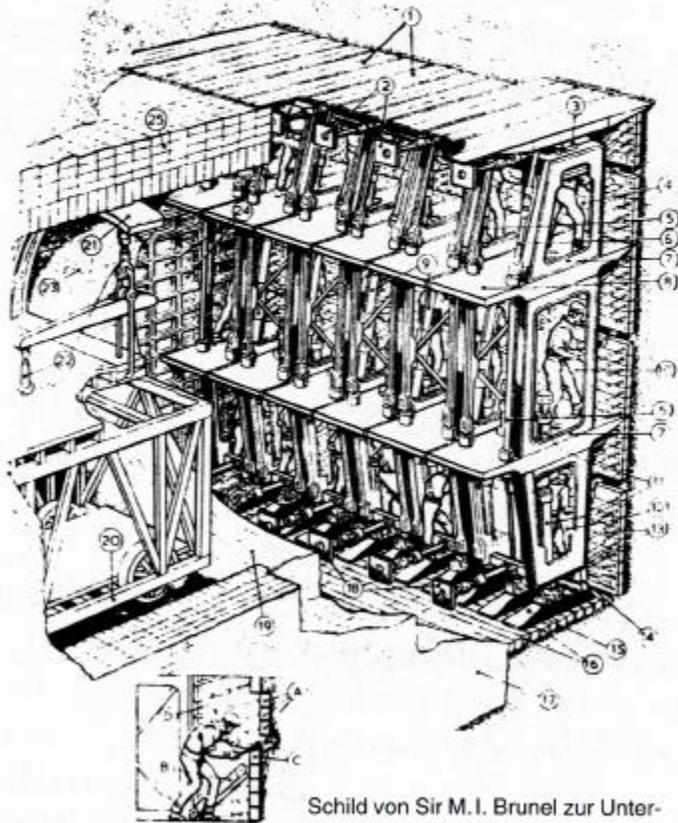
Desy-Hera, Halstenbek-Nord, Vossloch, Westerhorn

M 1:250

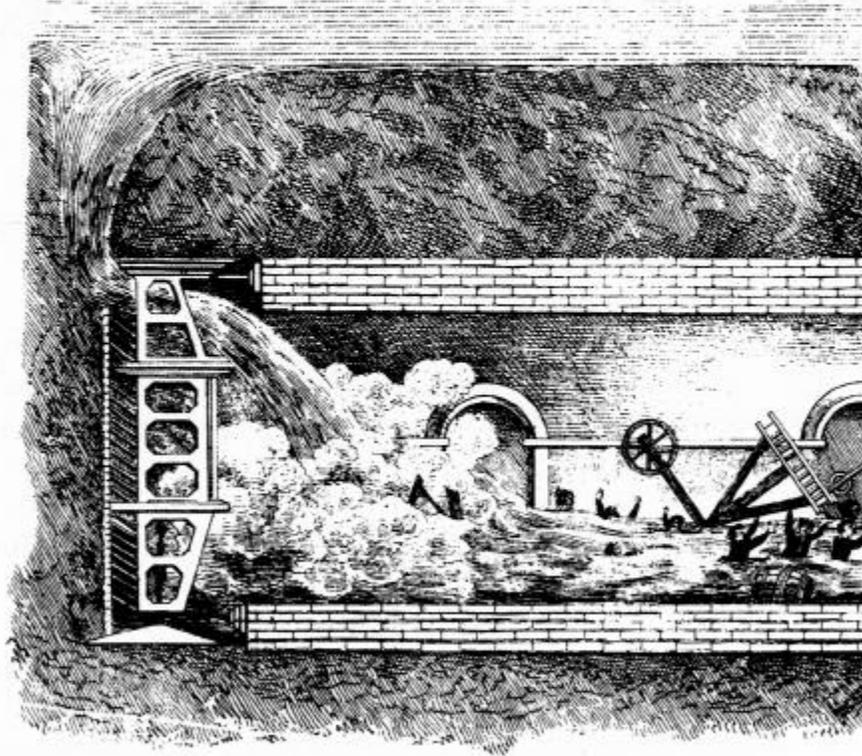


Erster Schildvortrieb 1825 - 1843 (460 m)

(Sir Marc Isambard Brunel)



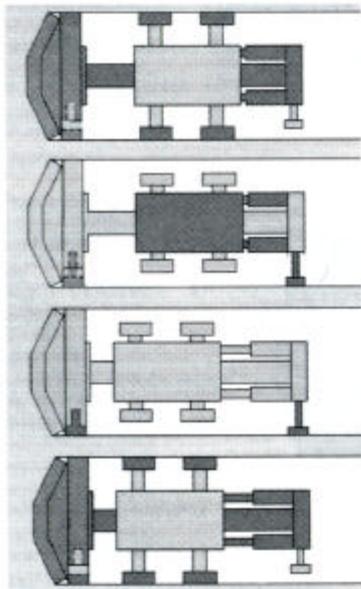
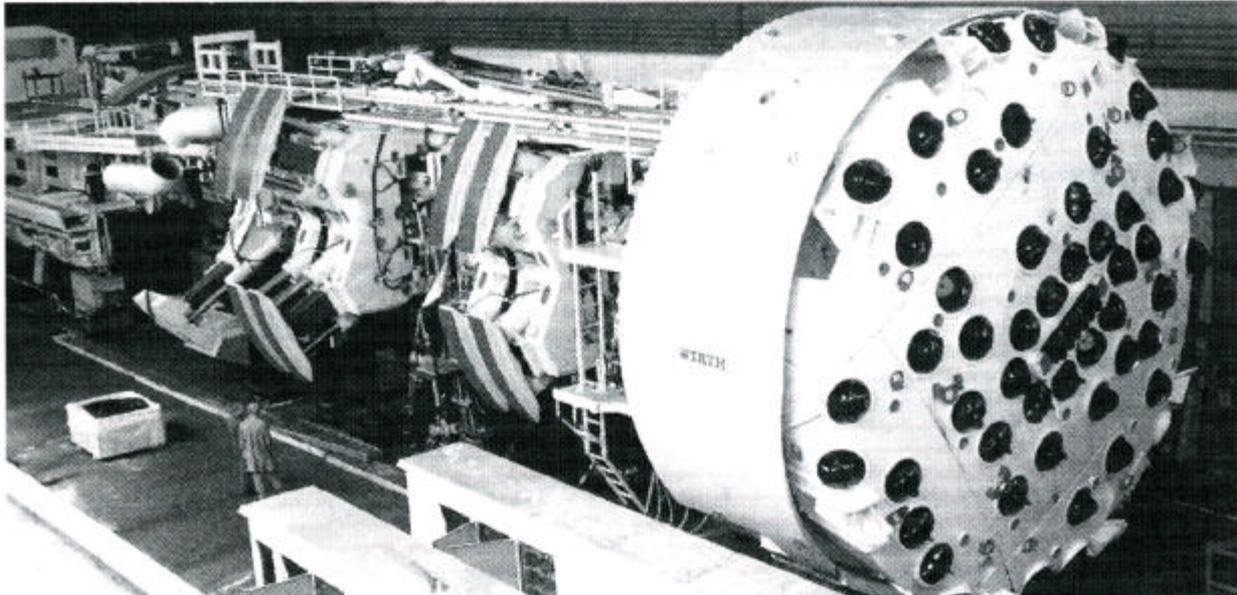
Schild von Sir M. I. Brunel zur Unterföhrung der Themse, 1825/43 [137]



Wassereinbruch in den Tunnel am 12.01.1828 bei der Unterföhrung der Themse [137]

Das TESLA Planungsbüro

Tunnelbohrmaschinen (für Festgestein)



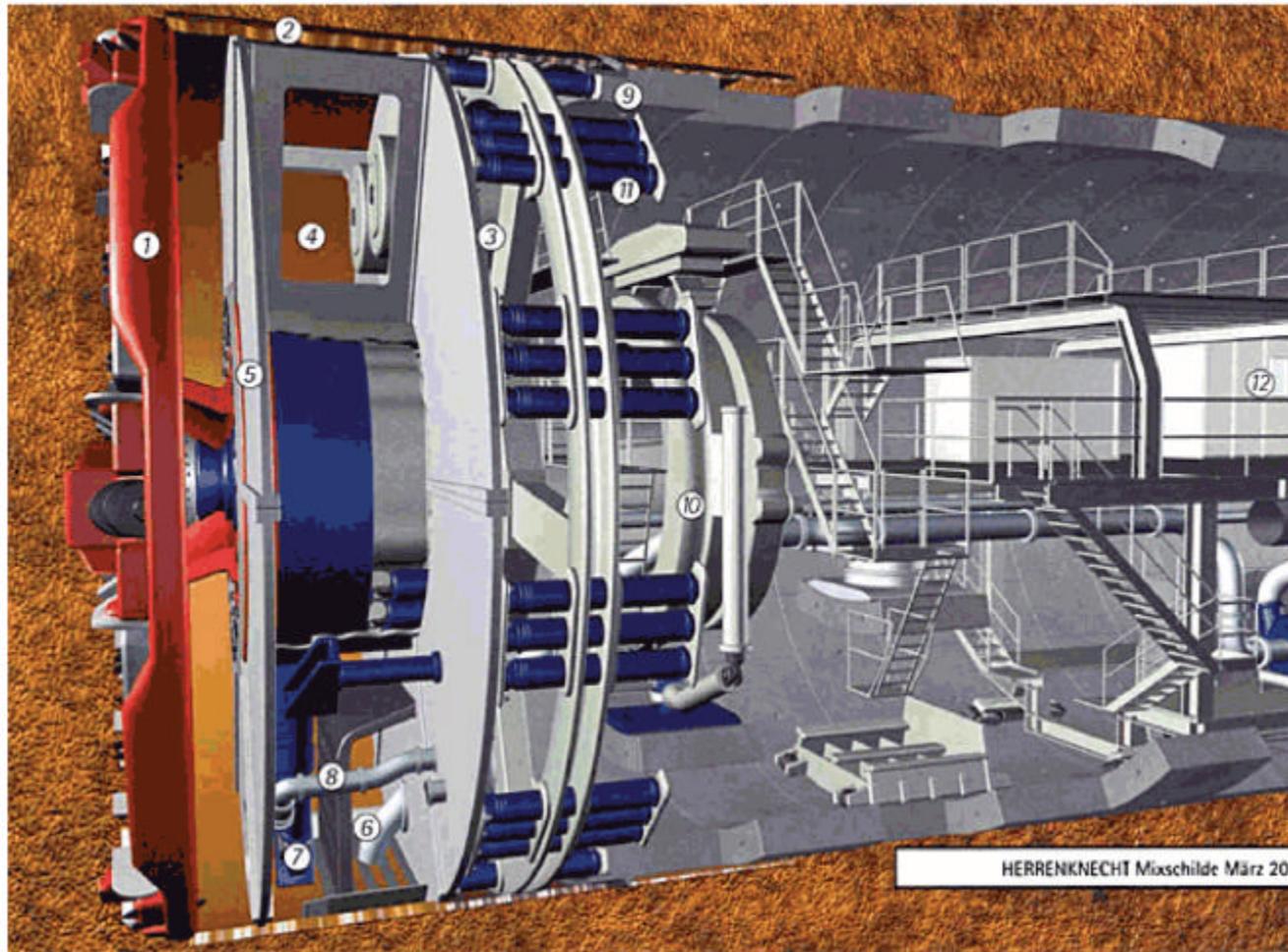
Hub abgebohrt, Bohrende

Abstützeinrichtung ausgefahren, Verspannung eingefahren, Aussenkelly gleitet nach vorn

Ausrichten der Maschine durch hintere Abstützung, Maschine entspannt

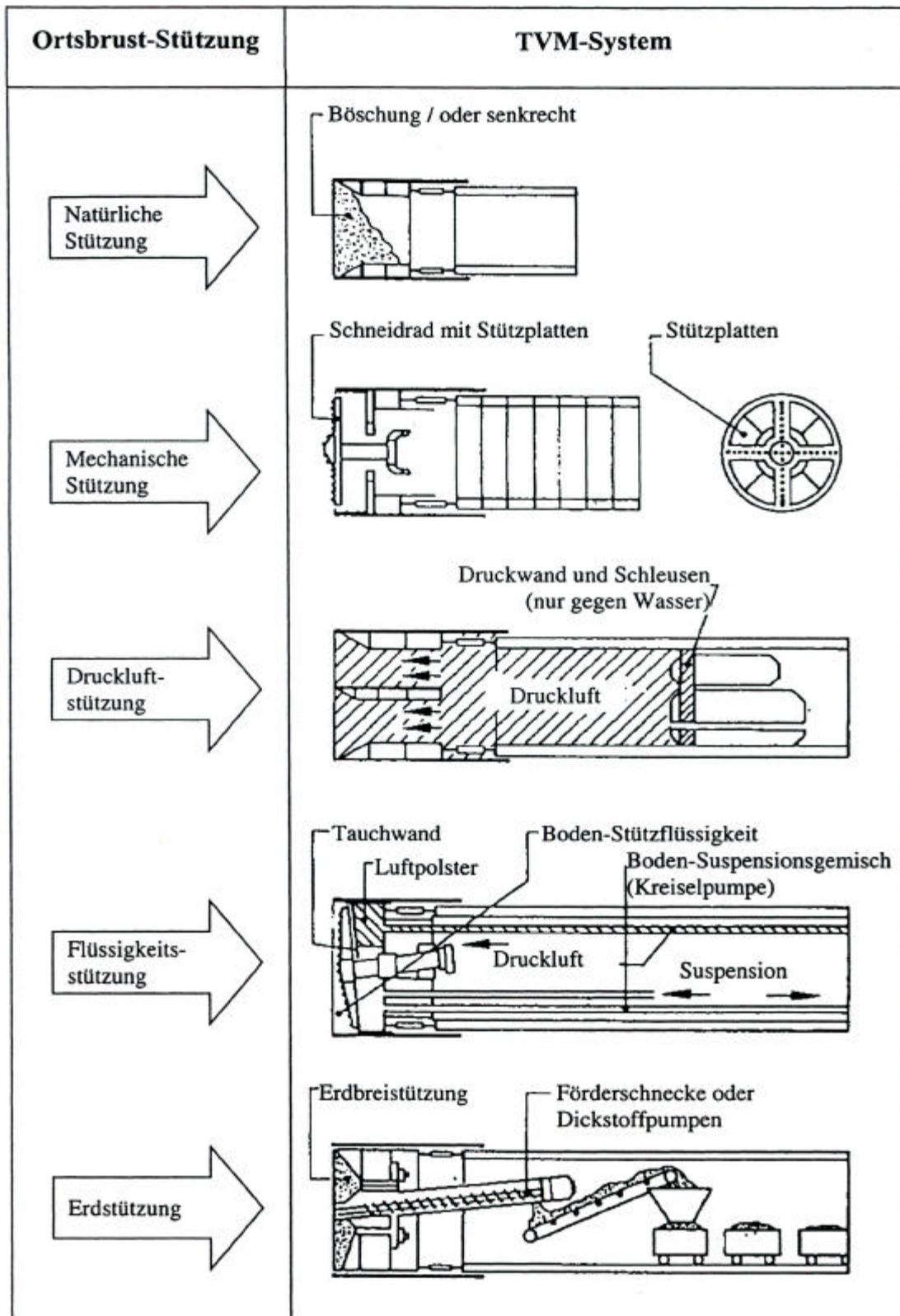
Maschine verspannt, Abstützeinrichtung eingefahren, neuer Bohrbeginn

Tunnelvortrieb mit Tübbingausbau



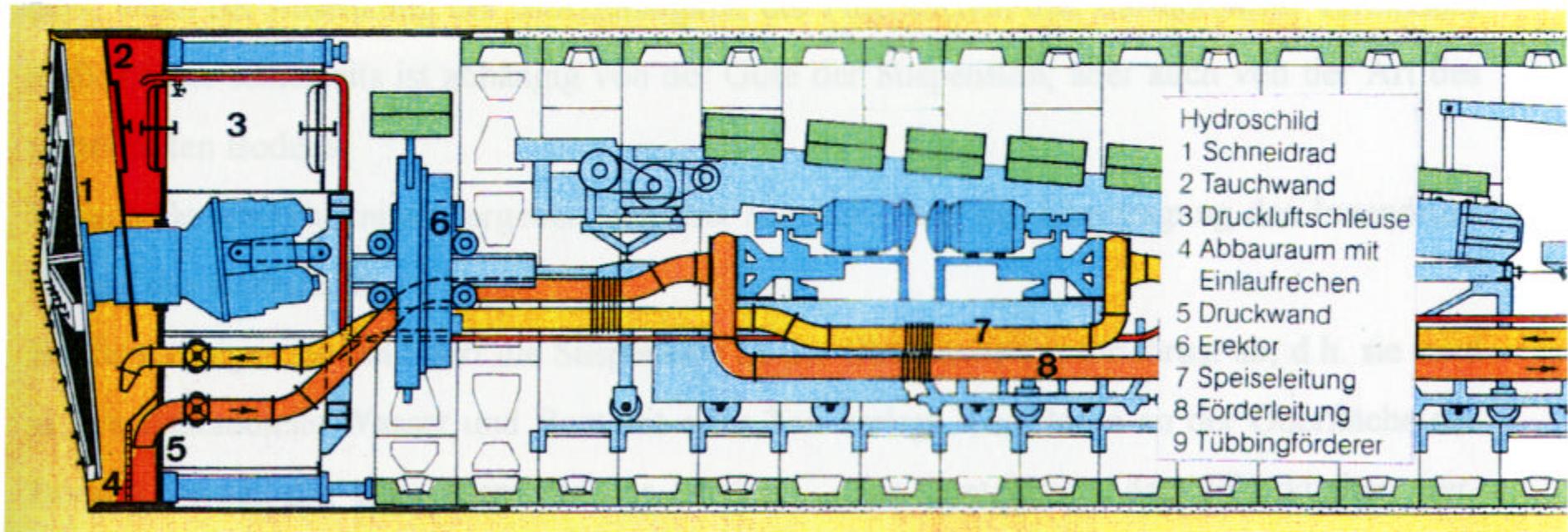
Das TESLA Planungsbüro

Ortsbrust-Stützung



Das TESLA Planungsbüro

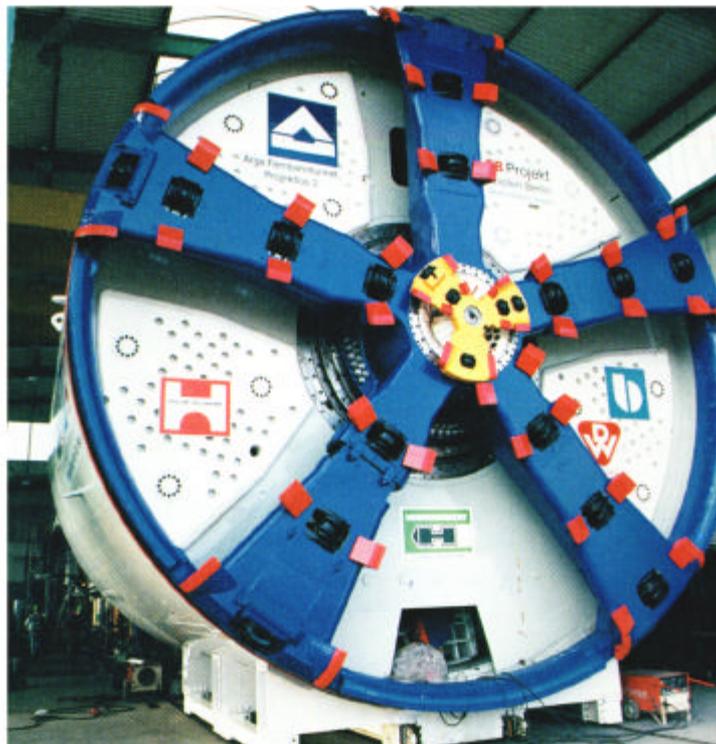
Flüssigkeitsschilde



Das TESLA Planungsbüro



Hamburg Projekt HERA

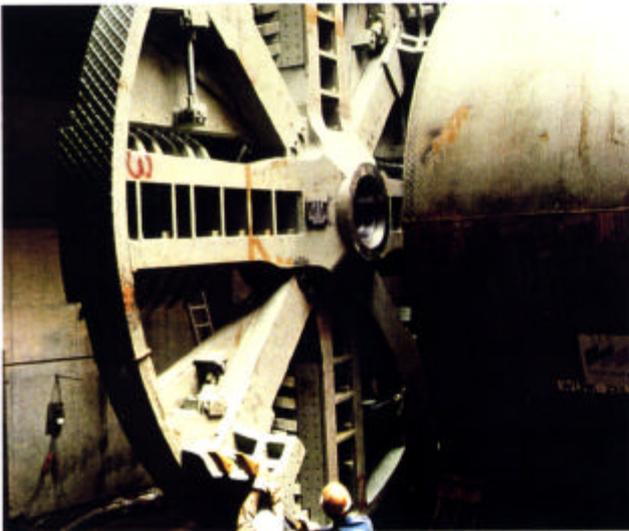


Berlin Projekt Ferntunnel

Das TESLA Planungsbüro

Schildvortrieb in glazialem Boden

Berlin Metro Lot D 79, 2.Tunnel



Assembly of rimmed cutting wheel



Cutting tools



Face with stones broken by disc cutters



Man and material lock

Das TESLA Planungsbüro

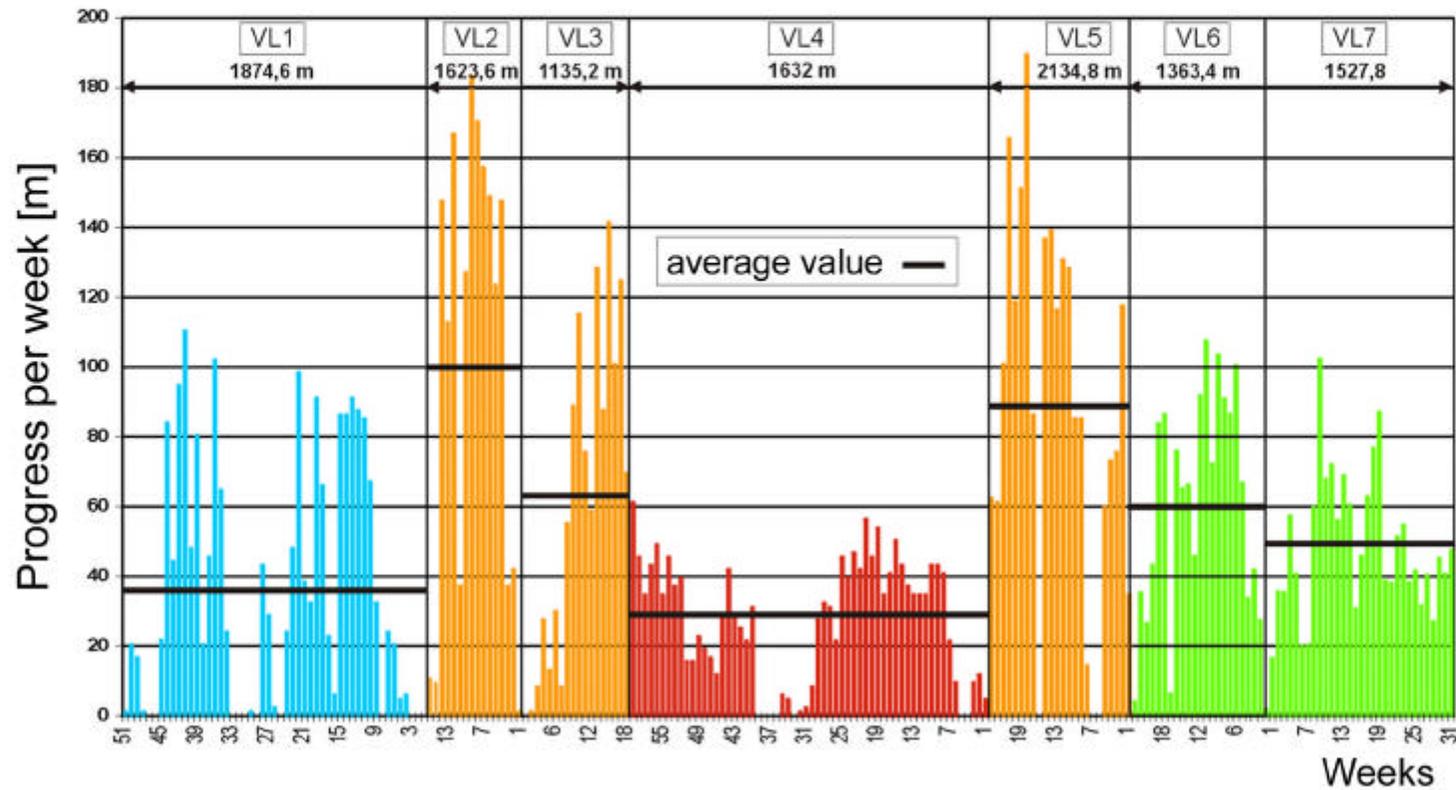


Berlin Projekt : gleich TBM, unterschiedliche Abbauwerkzeuge



Das TESLA Planungsbüro

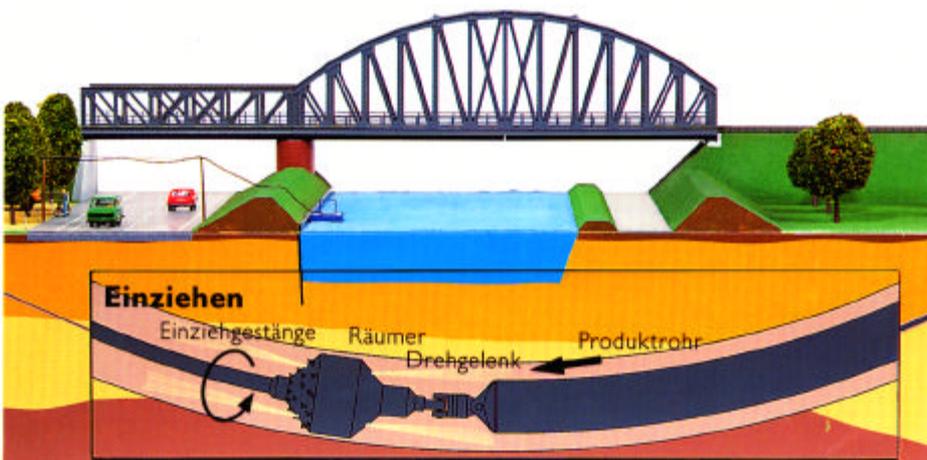
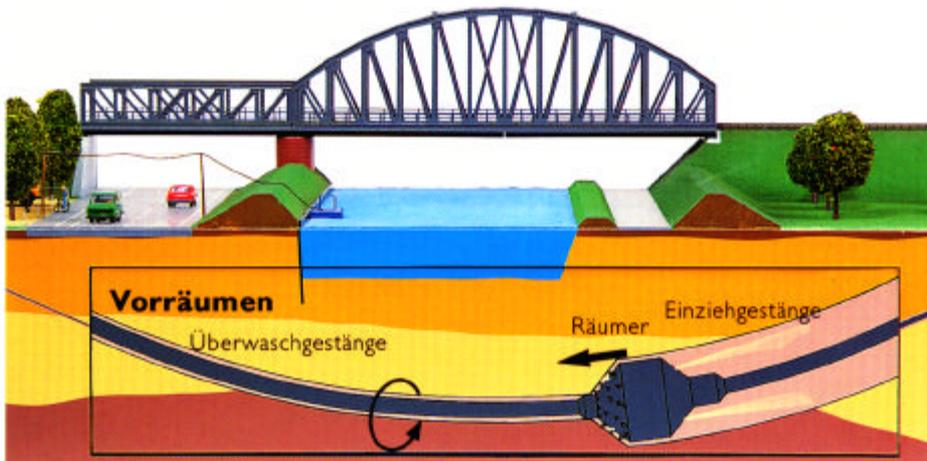
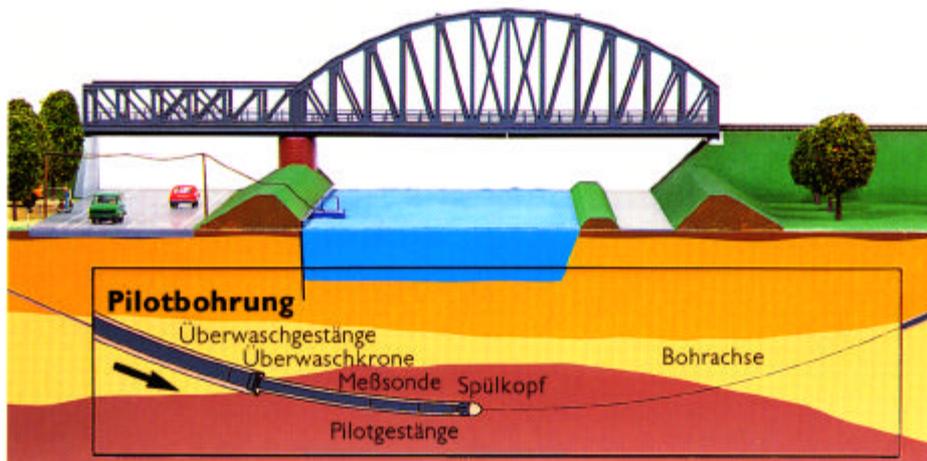
Weekly Performance of Different TB M's



Das TESLA Planungsbüro

Horizontalbohrverfahren

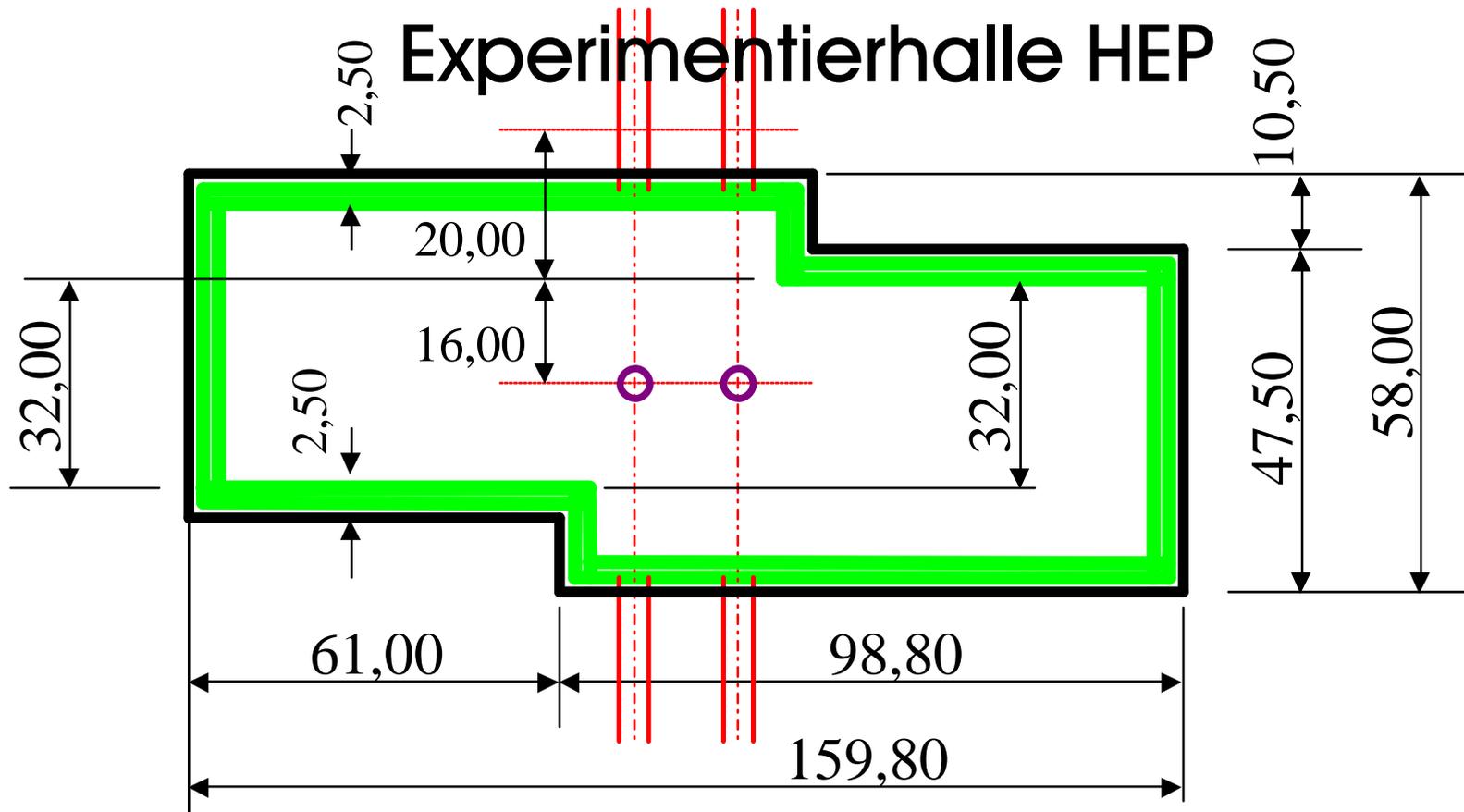
(bis 1600 mm)



Experimentierhalle HEP

Geforderte maximale
Differenzverformung
Tunnel–Hallenmitte 0,2 mm

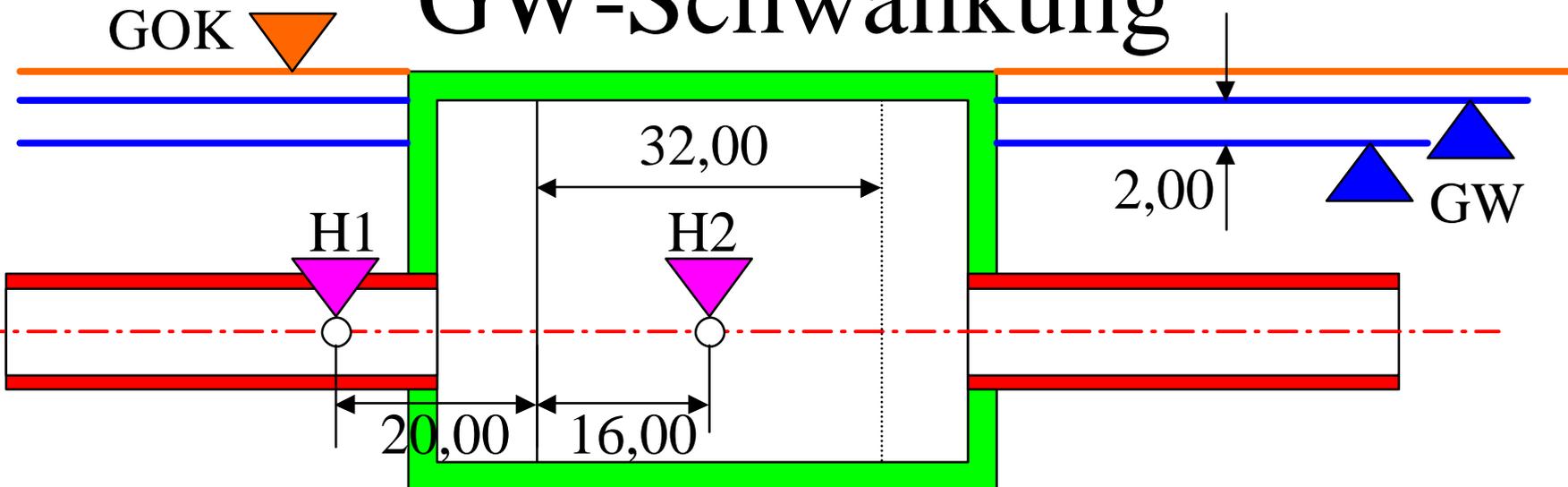
7.1: Draufsicht Halle mit 2. Wechselwirkungspunkt



7.2: max. zul.

Verformungsdifferenz infolge

GW-Schwankung



$\Delta v \text{ mögl} = |H1 - H2| \leq 0,2 \text{ mm}$ bei $\Delta GW = \pm 2 \text{ m}$

(OHNE zus. Hilfsmaßnahmen am Beschleuniger)

7.3: Wechsel GW–Stand $\pm 2,0$ m

5

im Bereich zwischen 3,00 m und 1,00 m unter

GOK

Es können vier gleichgerichtete Verformungen Δv auftreten, wobei c + d gekoppelt sind und von Bauweise und innerer Sohlenbelastung abhängen

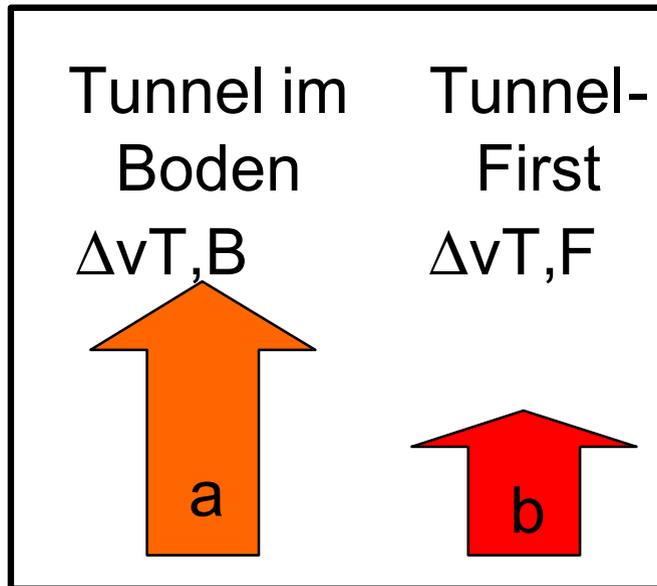
- a. Hebung/Setzung des Bodens neben der Halle: $\pm \Delta v_B$
Der Tunnel erfährt einen linearen Anteil davon $\pm \Delta v_{T,B}$
- b. Hebung/Setzung des Tunnelfirstes: $\pm \Delta v_{T,F}$
Dieser Anteil wirkt sich voll auf den Strahlengang aus
- c. Hebung/Setzung des Gesamt-Hallenbauwerkes
infolge Bodenentspannung unter der Sohle $\pm \Delta v_{S,B}$
- d. Biegeverformung der Sohle infolge $\Delta W_{\text{ü}}$ $\pm \Delta v_{S,W}$

7.4: Verformungsanteile Δv

6

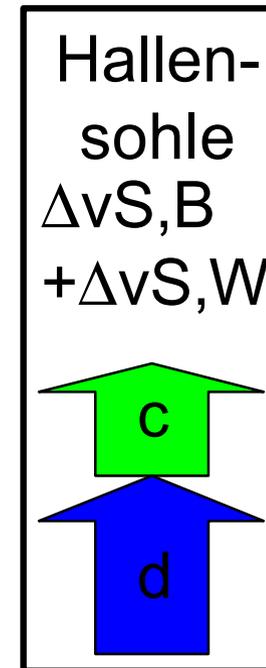
Durch die gewählte
Hallenbauweise

UNBEINFLUSSBAR

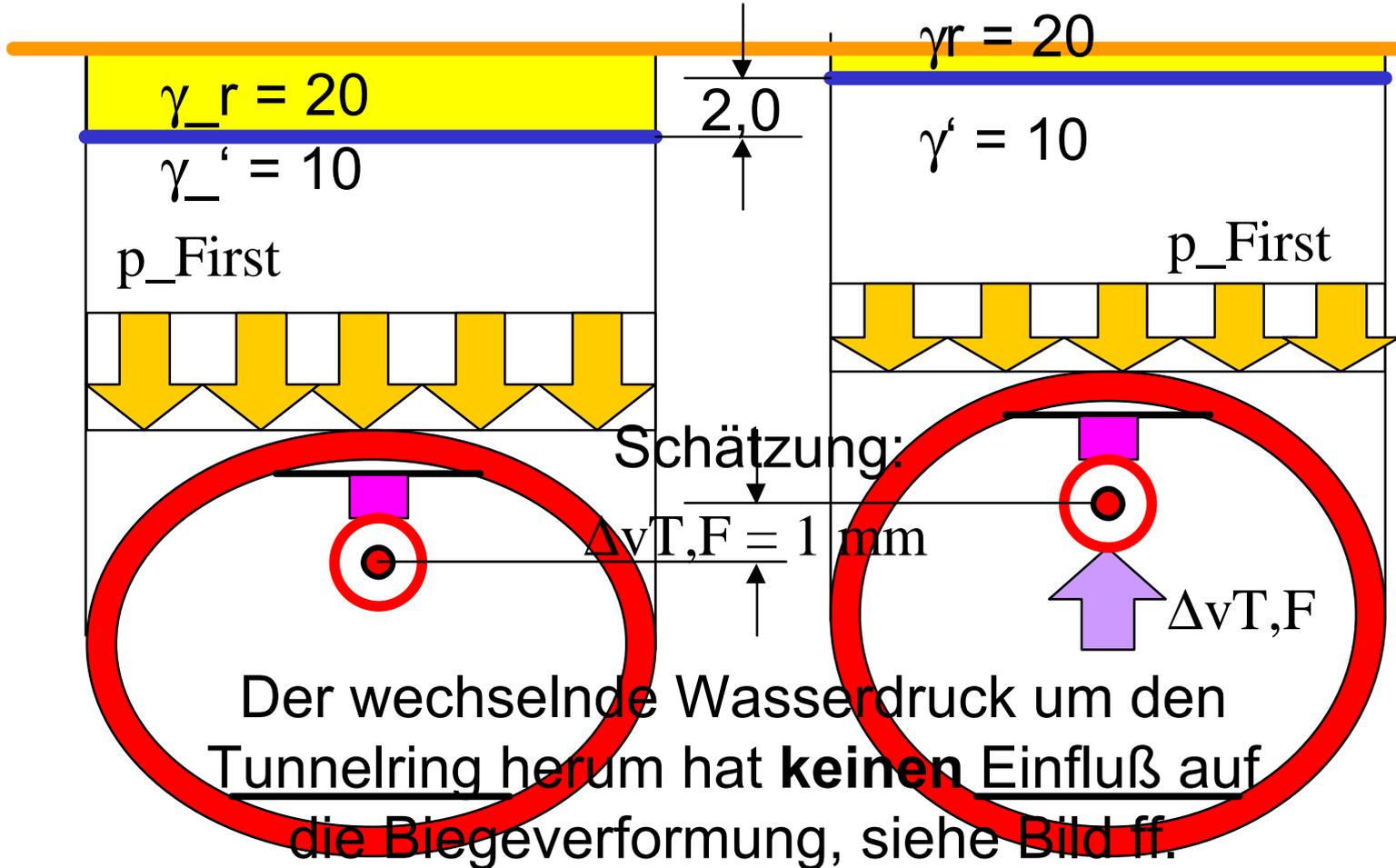


Durch die gewählte
Hallenbauweise u.U.

BEINFLUSSBAR



7.5 Verformung Tunnelfirst bei GW-Anstieg

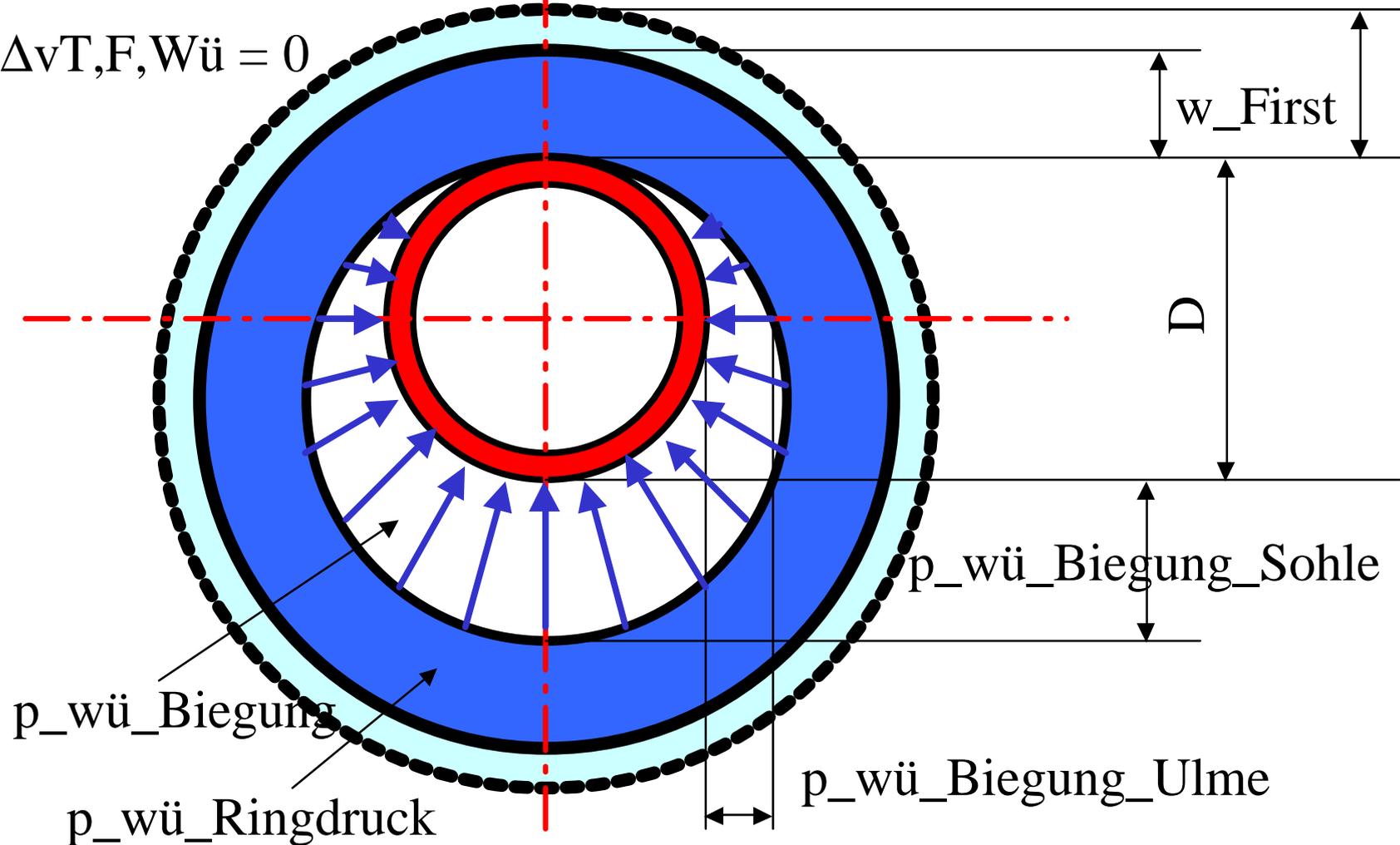


7.6: $v_{wü} = \text{const.},$

d.h. Biegeverformung aus Wü ist unabhängig vom GW-Stand

$$\Delta v_{T,F,Wü} = 0$$

11



7.7: 3 Bauweisen für die Experimentierhalle HEP

1. Variante 1

Zugpfahlverankerte Sohlplatte im GW

2. Variante 2: Tiefliegd. Dichtsohle + Drainage

2.1: künstliche Dichtsohle (Soilcrete etc.)

2.2: natürliche Dichtsohle (bindige Schichten)

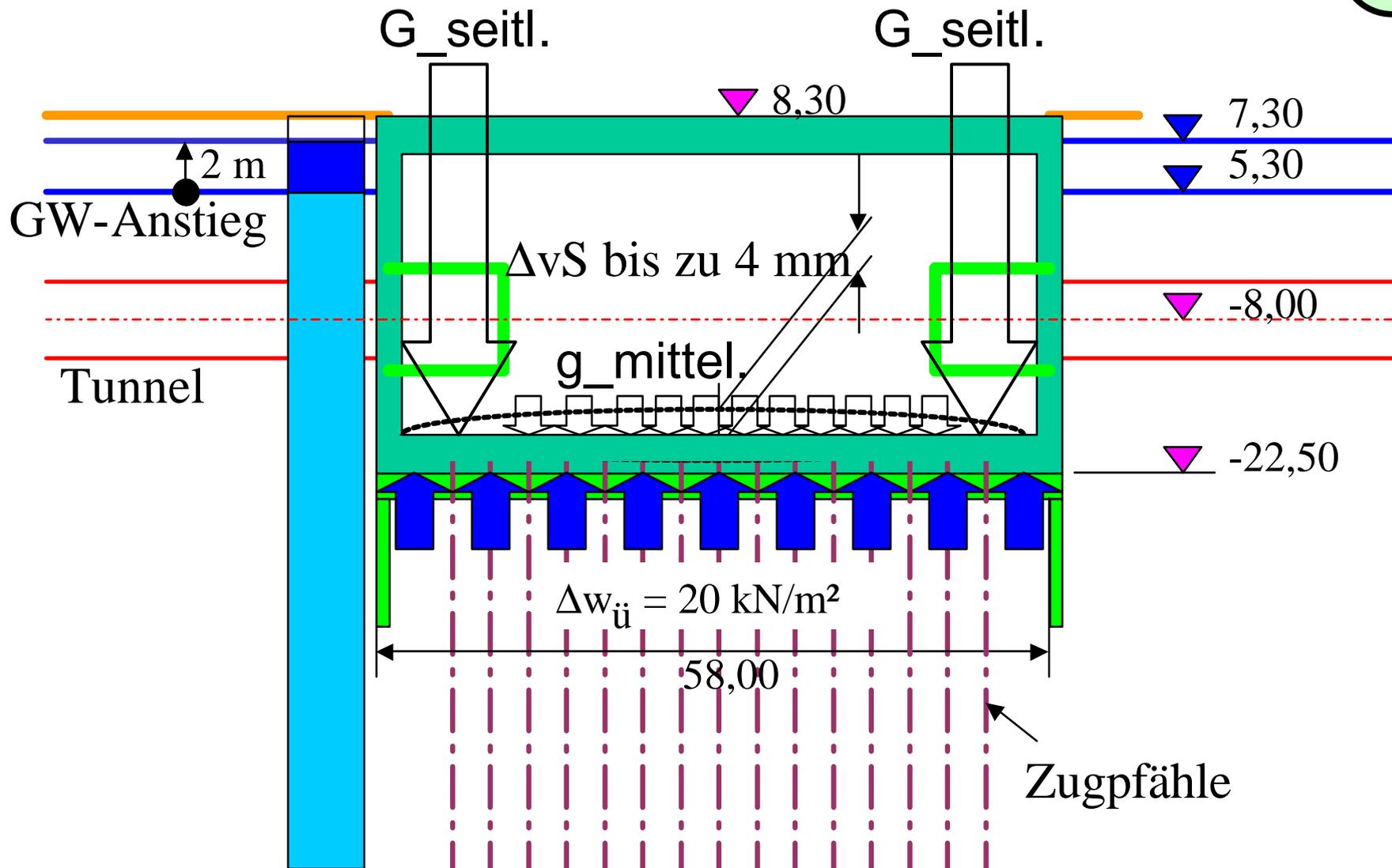
3. Variante 3

Zugpfahlverankerte Hohlkammersohle mit adaptiver Ballastierung als $f(\text{GW-Stand})$

7.8: Ausgangssituation für die Verformungsbetrachtung

- Das Hallenbauwerk ist fertiggestellt
- Die Versuchseinrichtung ist aufgebaut
- Die Setzungen aus Eigen- u. Versuchslasten sind bereits eingetreten und abgeklungen
- Neue Verformungen sind zu erwarten aus zyklischem Wechsel des GW-Standes

7.9: Var. 1: Sohlplatte+Zugpfähle

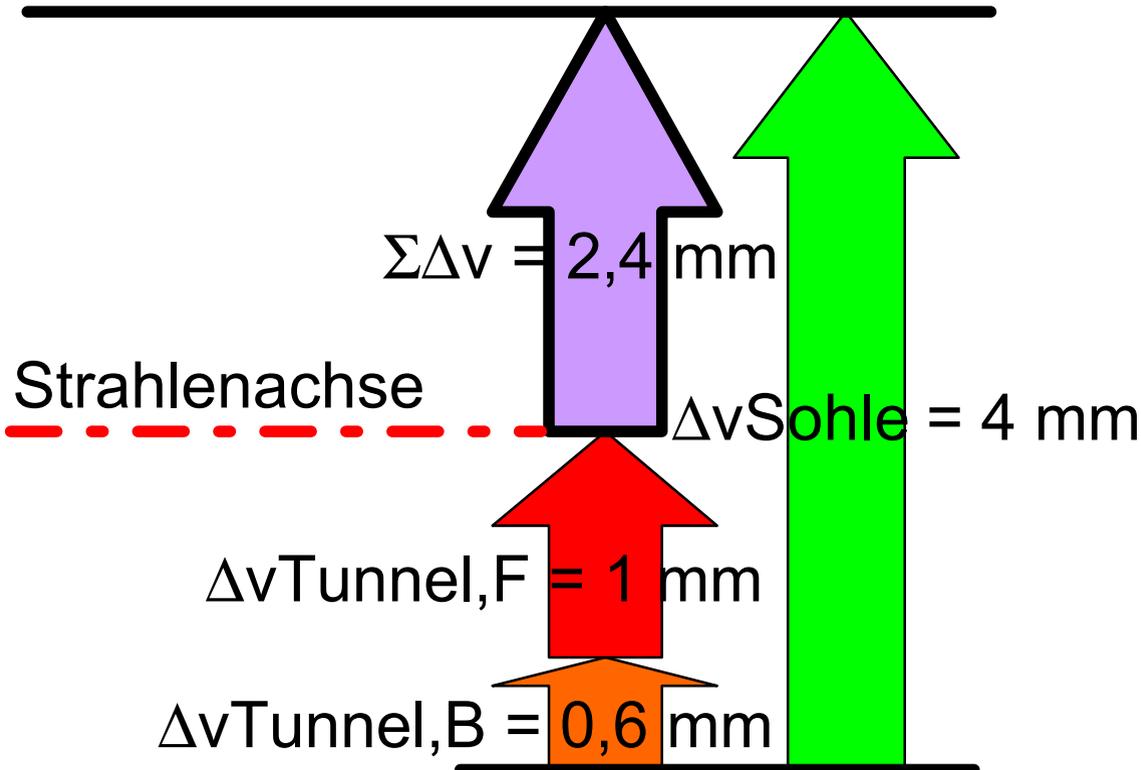


7.10: Var. 1: Res. Verschiebung

21

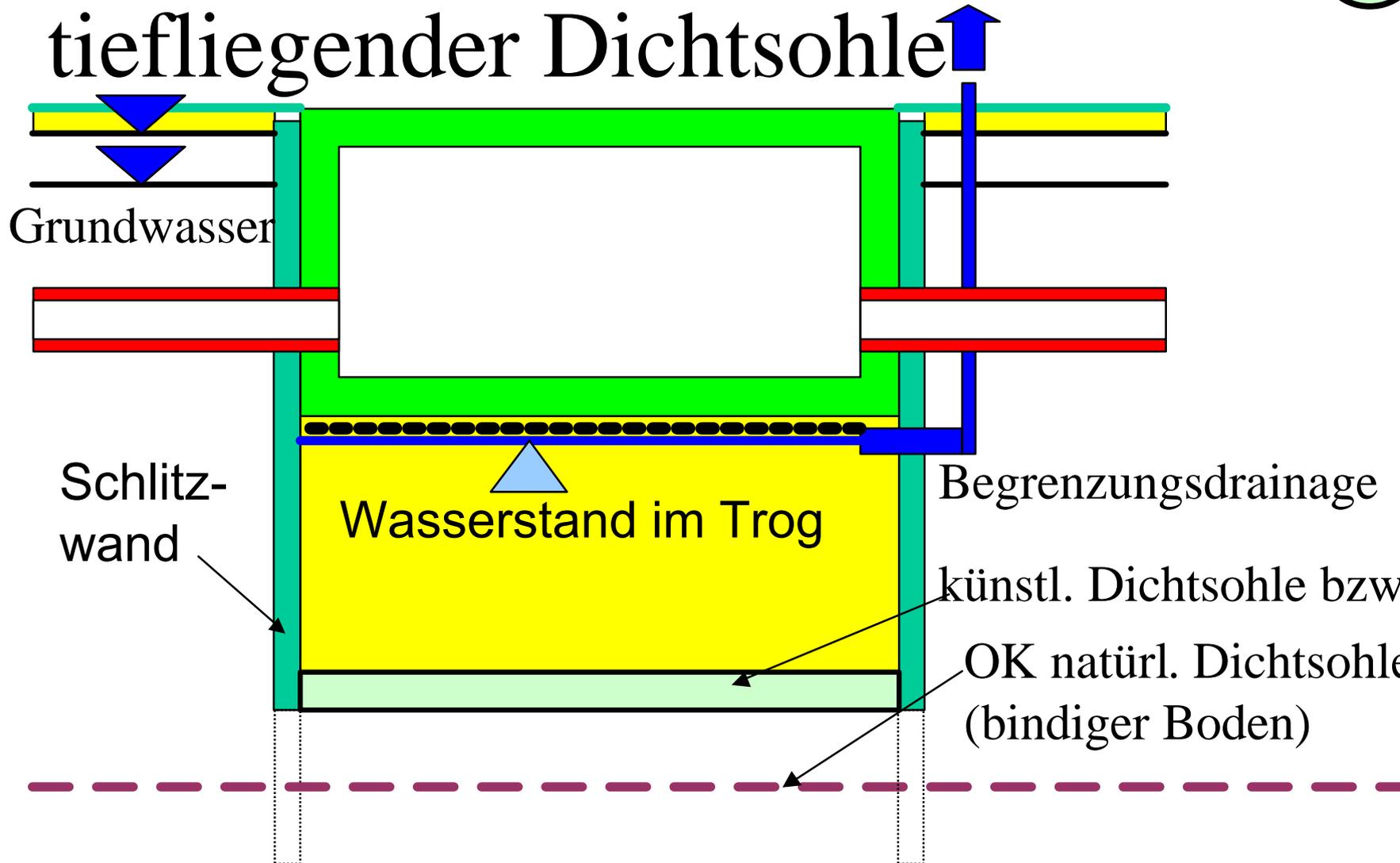
Sohlverformung $\Delta v_S >$ Summe der gleichgerichteten Tunnelverformungen

Versuchsachse



Differenzverformung $\Sigma \Delta v$ von ca. +2,4 mm tritt ein, ohne daß Korrekturmöglichkeit besteht.

7.11: Variante 2: Trog mit tiefliegender Dichtsohle



7.12: Var. 2: Einzelverformungen 25

Bauwerksverformung aus GW-Schwankung
außerhalb des Troges:

- Bei dichtem Trog ca 0,2 mm

Tunnelverformung aus GW-Schwankung
außerhalb des Troges:

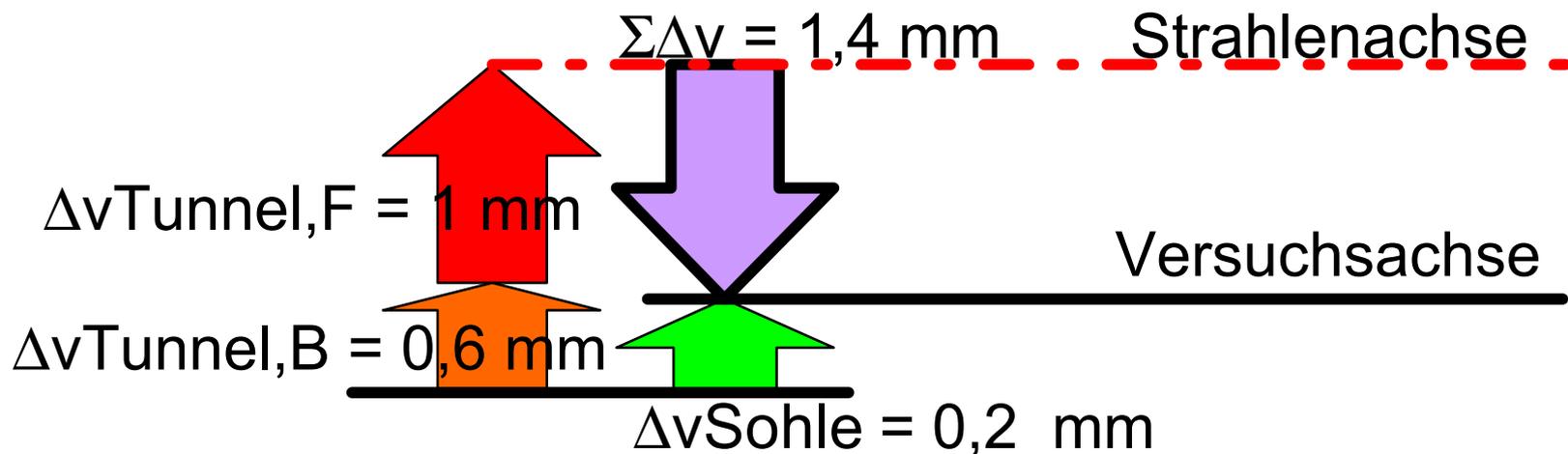
- 0,6 mm (unabhängig von Hallenbauweise)
- zzgl. Firstverformung von geschätzt 1 mm

7.13: Var. 2: Res. Verschiebung

26

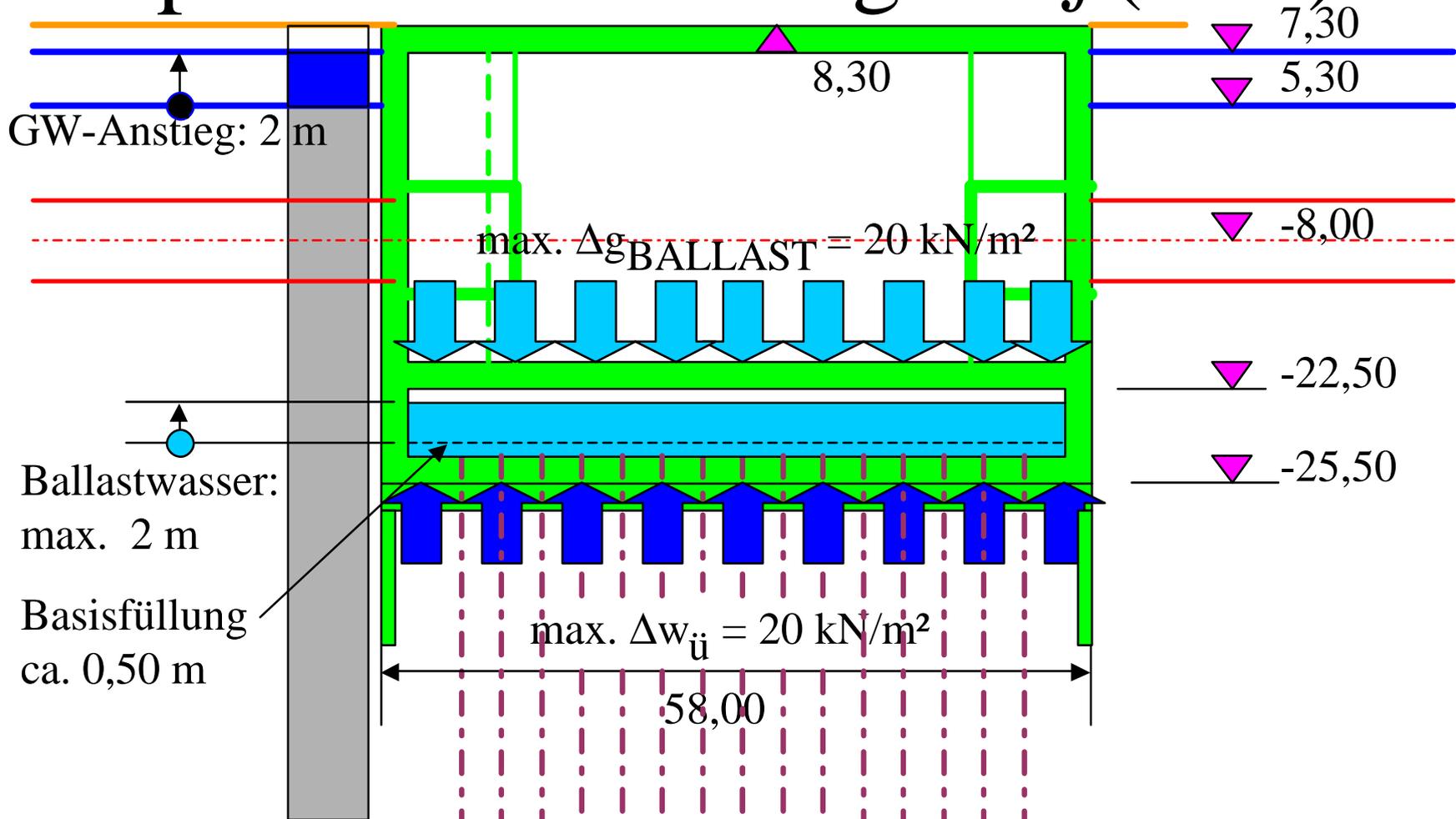
Sohlverformung $\Delta v_S <$ Summe der gleichgerichteten Tunnelverformungen

Differenzverformung $\Sigma\Delta v$ von ca. -1,4 mm tritt ein, ohne daß Korrekturmöglichkeit besteht.

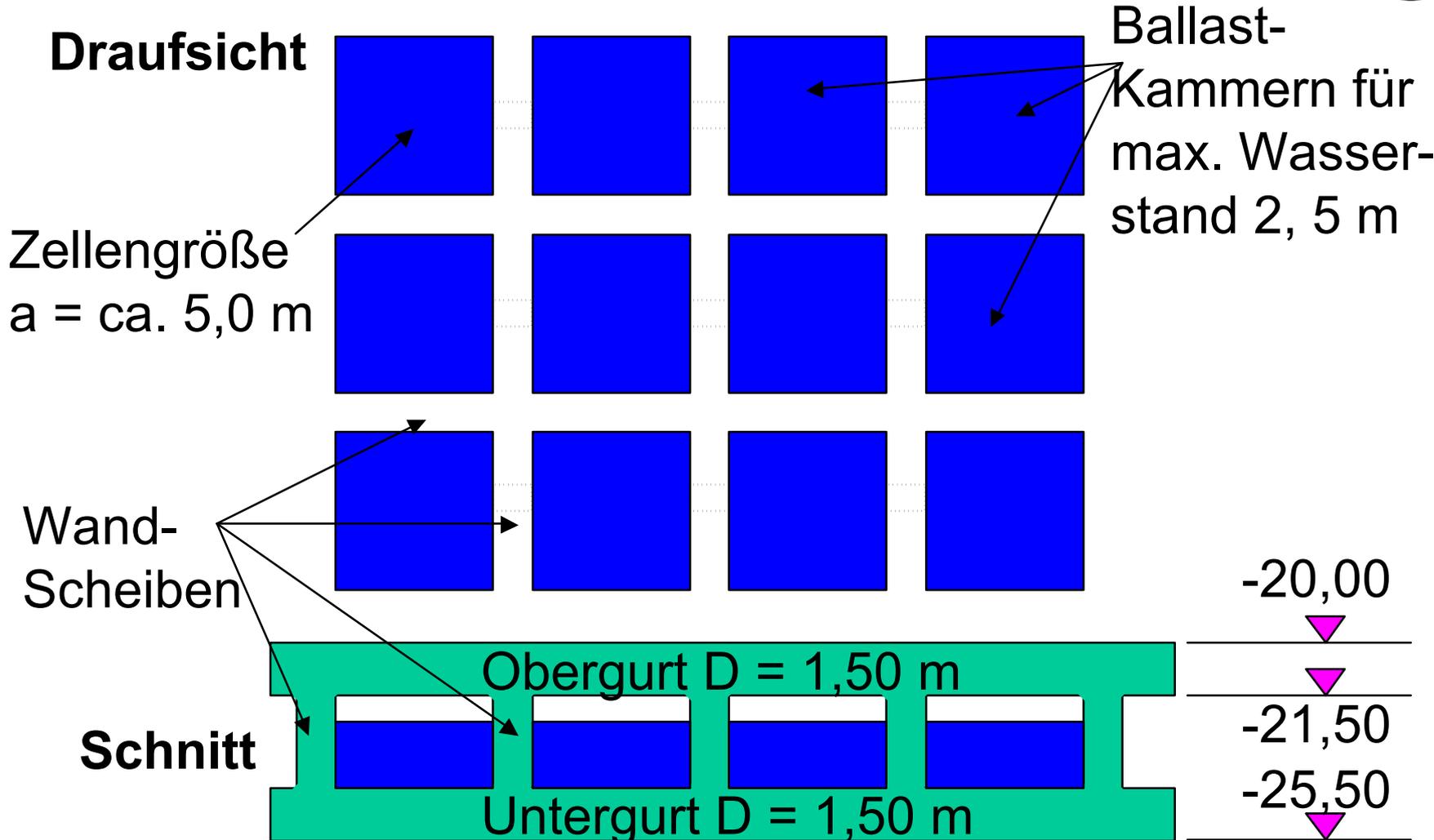


7.14: Var. 3: Verank. Wabensohle + adaptive Ballastierung als $f(\text{GW})$

28



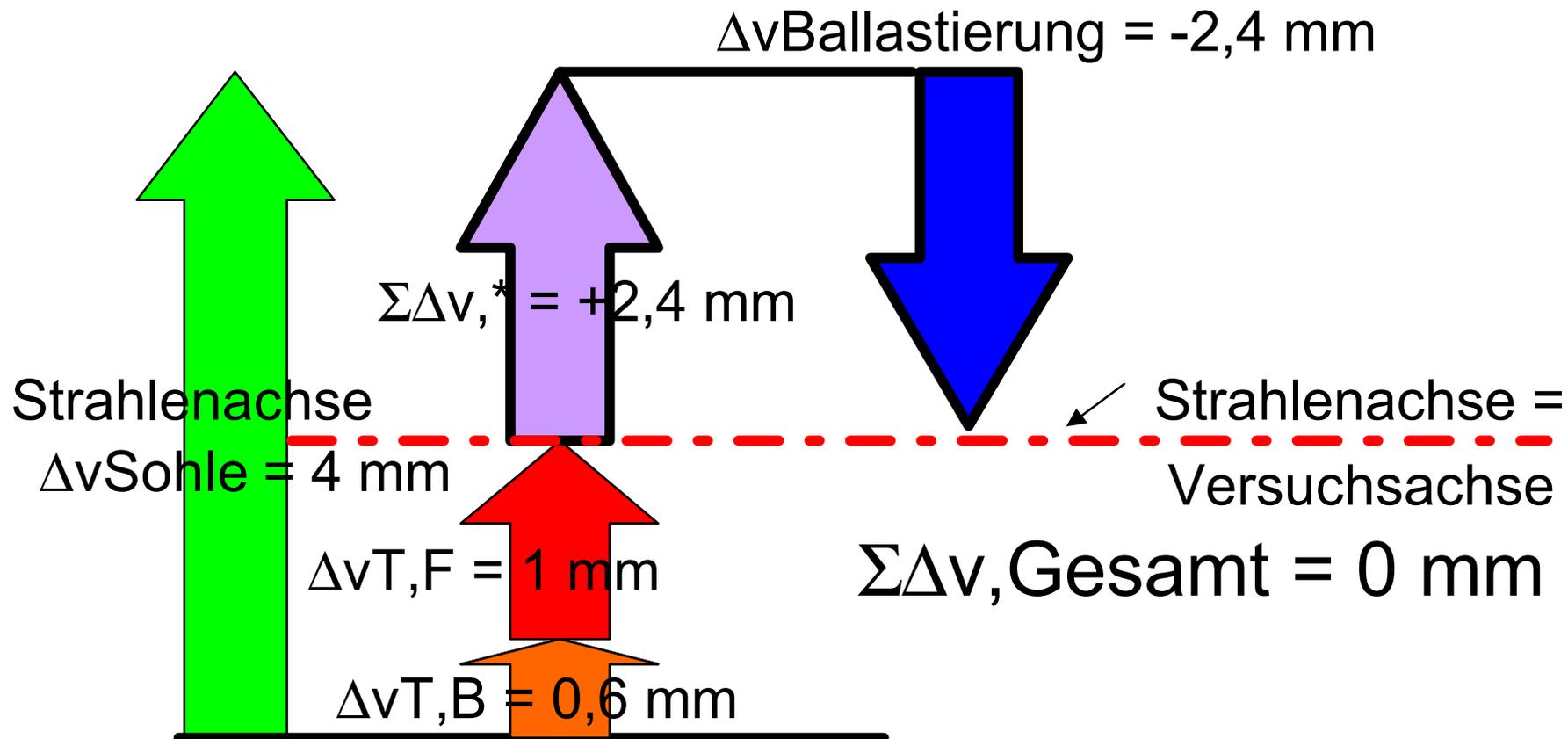
7.15: Var. 3: Detail Wabensohle



7.16: Var. 3: Res. Verschiebung

30

Sohlverformung aus Pfahldehnung $\Delta v_S >$
Summe der Tunnelverformungen



7.17: Bewertung

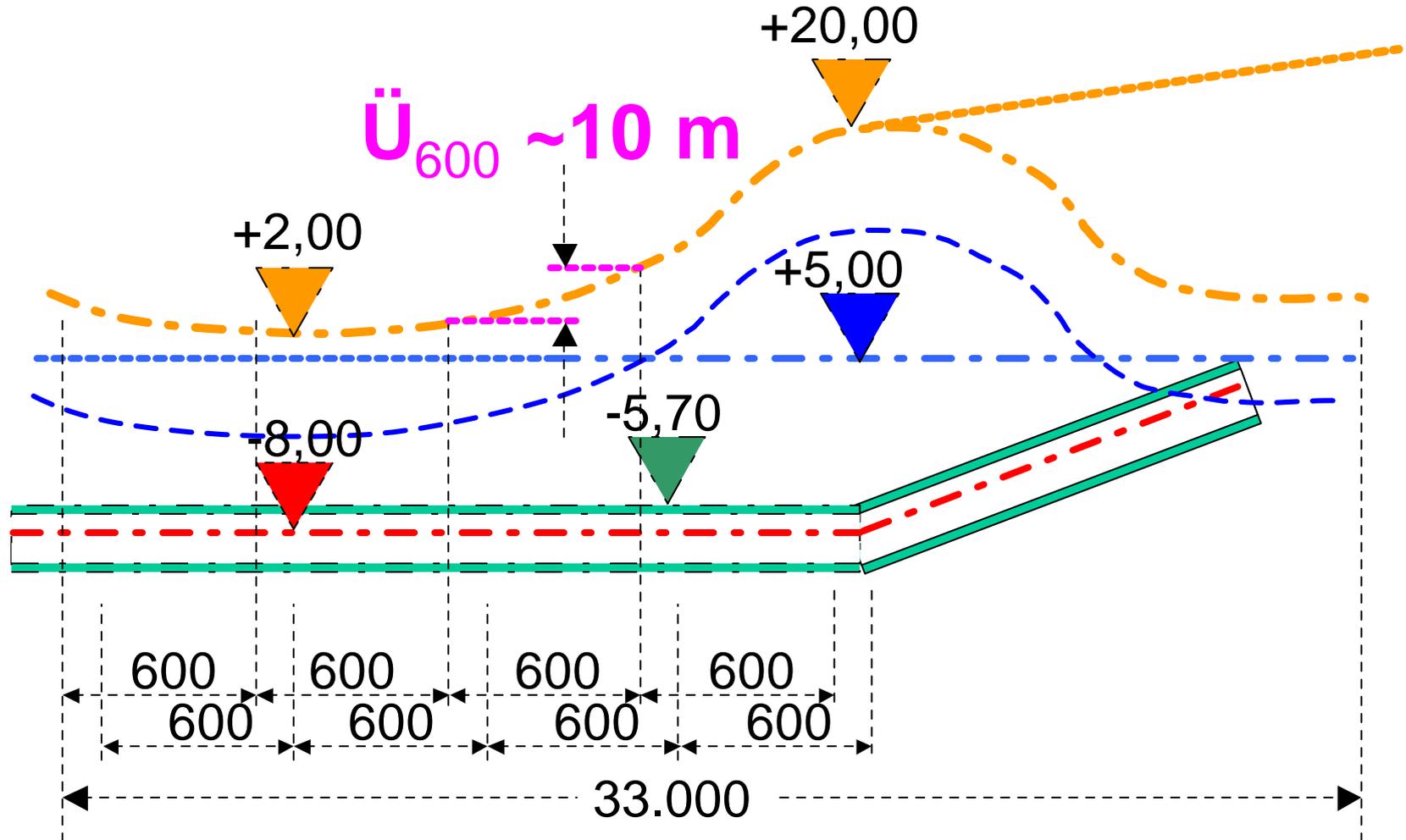
Var	Technik	Δv mm	Minderkosten	Mehrkosten	Risiko
1	Platte + Zugpfähle	2,4			Sehr große Verf.-Diff.
2	Trog mit Dichtsohle	1,4	ggüber. V1: [-Weiße Wanne evtl. – Zugpfähle (nur wenn doppelt. Drainredundanz)]	ggüber. V1 u. V3: [+längere Schlitzw. +Dichtsohle +Begrenz.- Drainage m. Redundanz]	Ausfall d. Drain.:+ Fluten Halle wg. Auftrieb
3	Wabensohle + Zugpfähle	0		ggüber. V1: +Ausbildg. Wabensohle +Konstruktion+Pumpe]	-

TESLA- Tunnelstrecke

Thema:

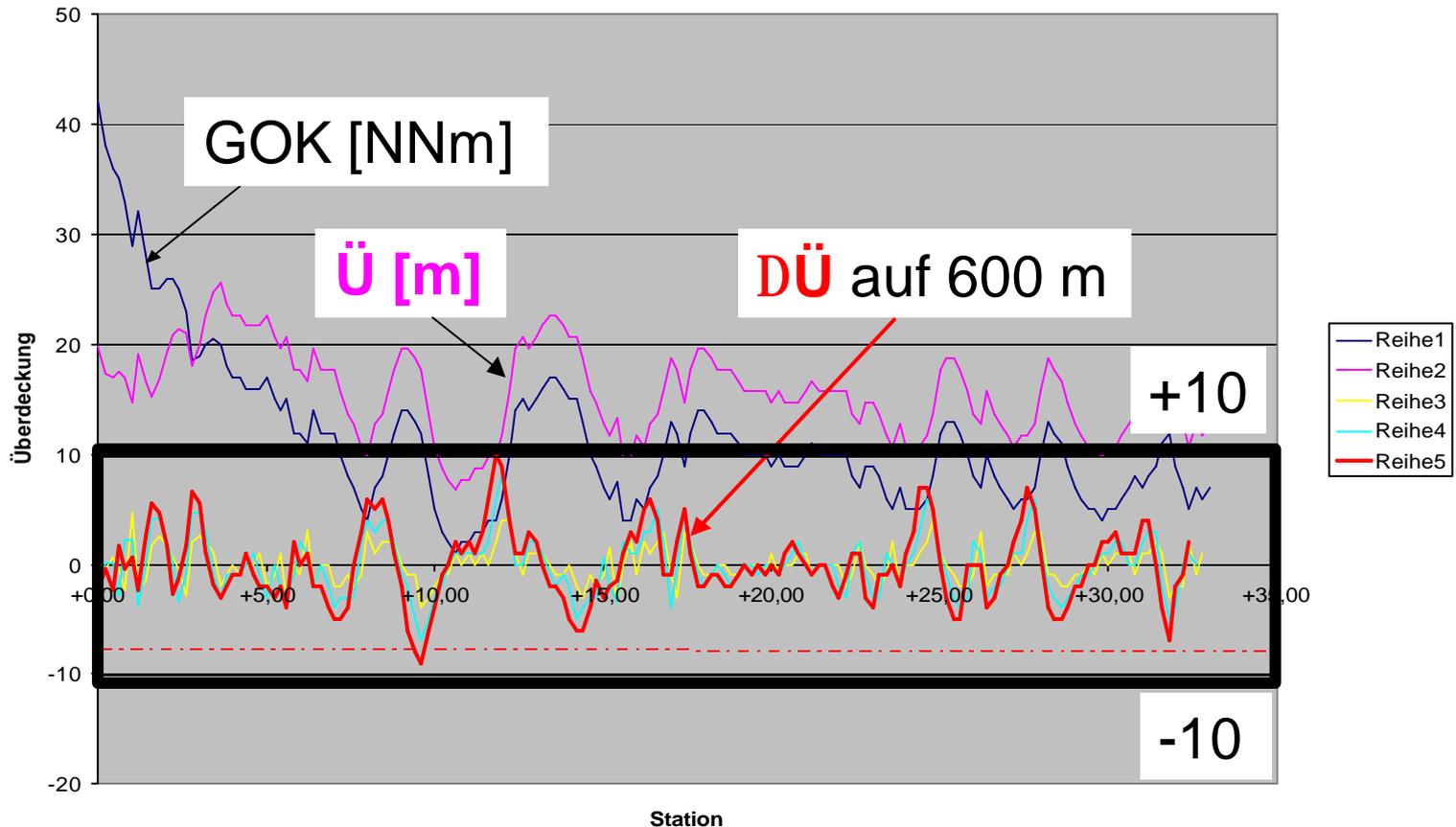
Max. Differenzverformungen
innerhalb von 600 m- Abschnitten

Höhenverhältnisse



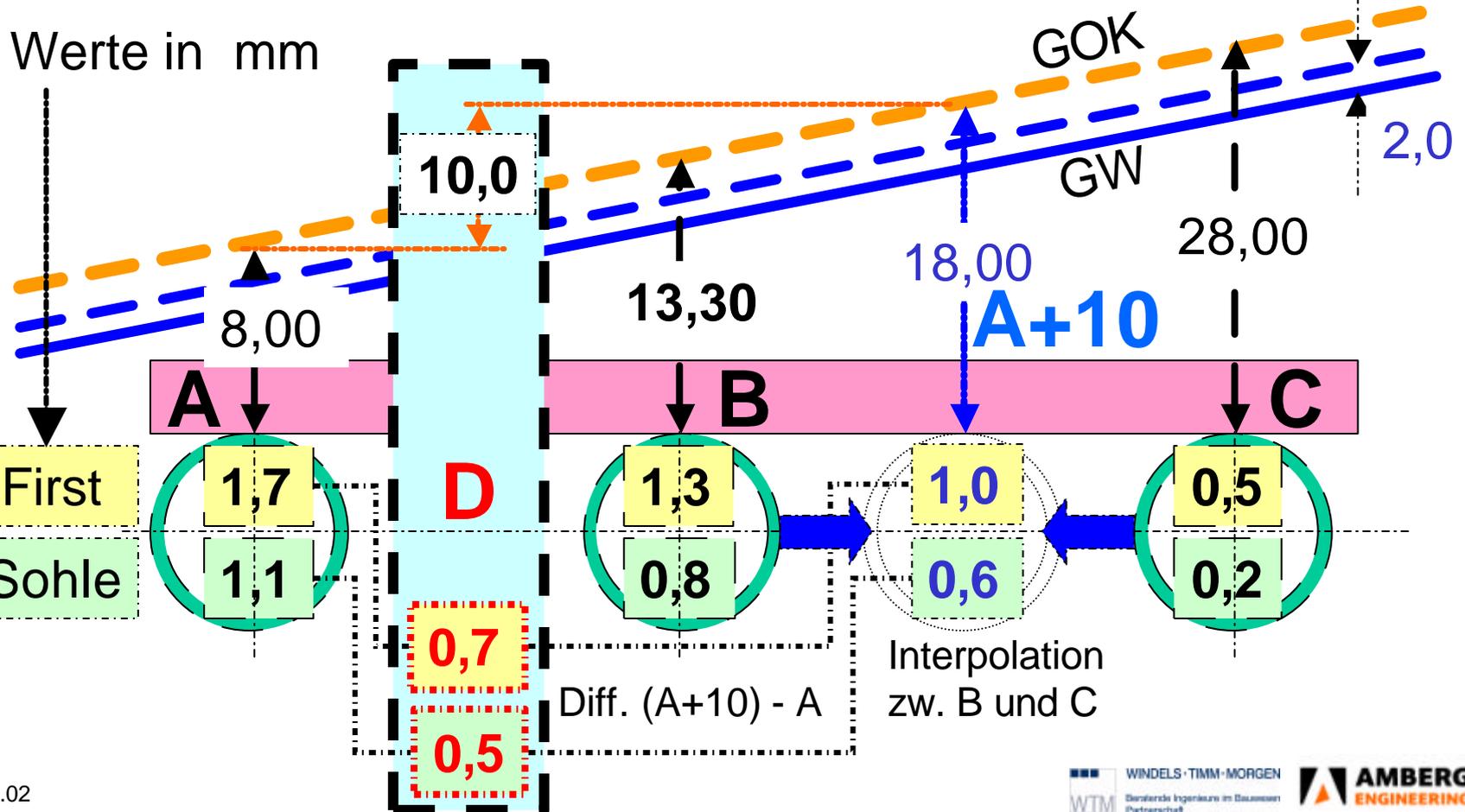
Dateifad: N:stadelma/tesla/planung/besprechungsvorbereitungen/TESLA-600m.ppt

Überdeckungsdifferenzen \ddot{U}_{600} über die gesamte Tunnellänge



Dateipfad: N:\stadel\ma\tesla\planung\besprechungsvorbereitungen\TESLA-600m.ppt

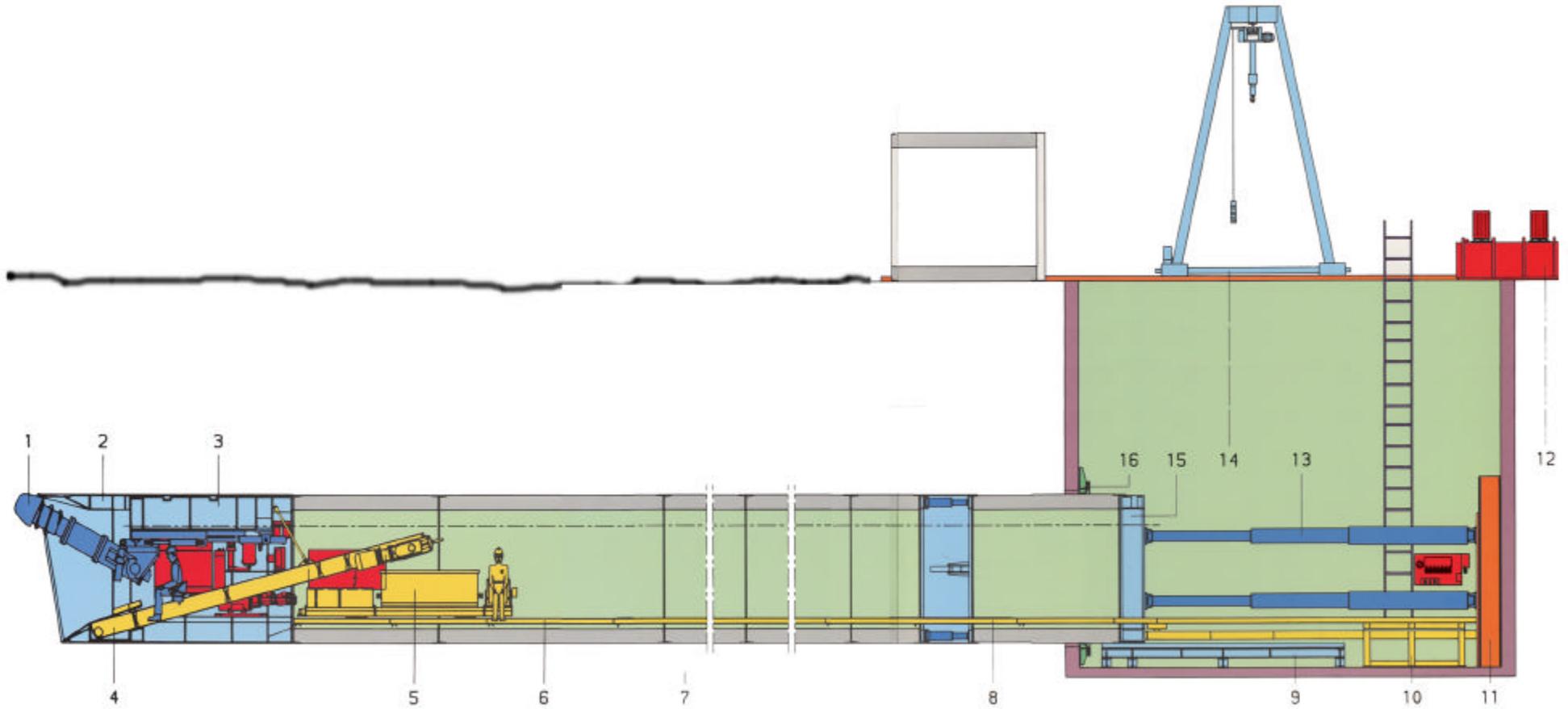
Tunnelhebung/-senkung für 10 m Differenz in GOK bei $\Delta GW = 2$ m



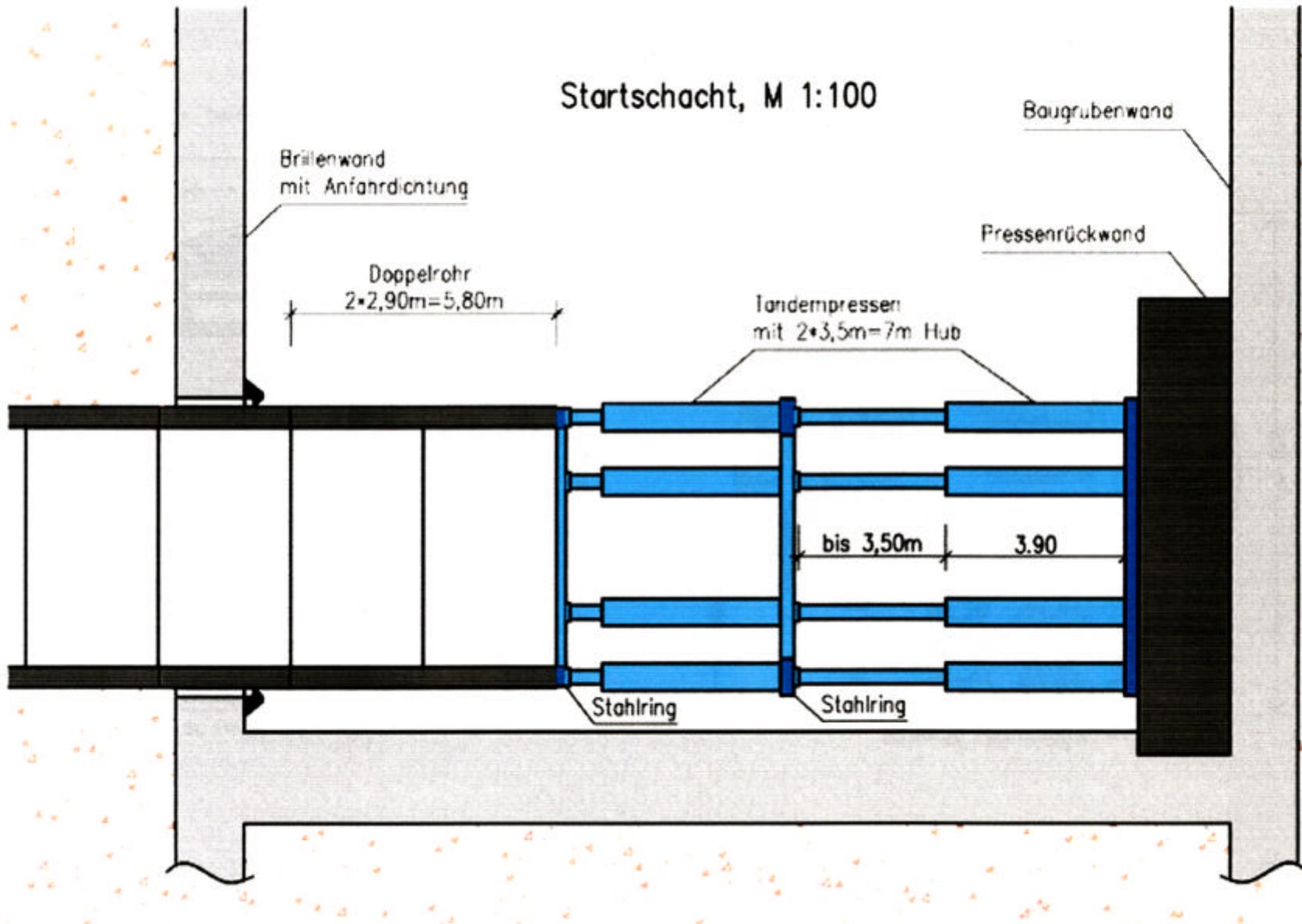
Dateipfad: N:\stadel\ma\tesla\planung\besprechungsvorbereitungen\TESLA-600m.ppt

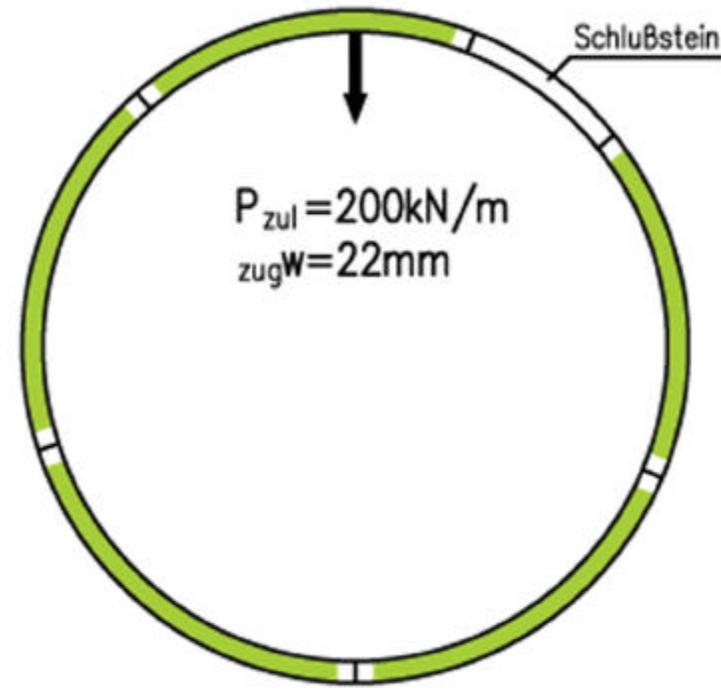
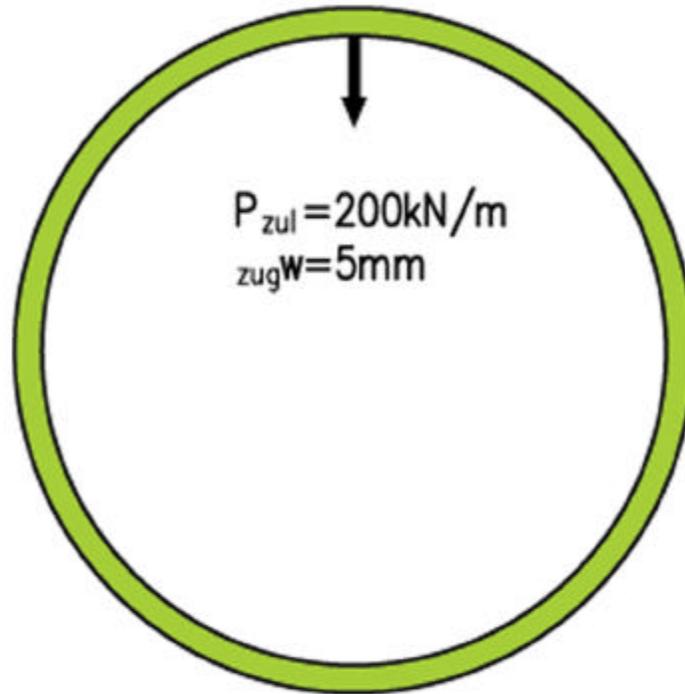


Das TESLA Planungsbüro



Schema Rohrvertrieb





 möglicher Lasteinleitungsbereich

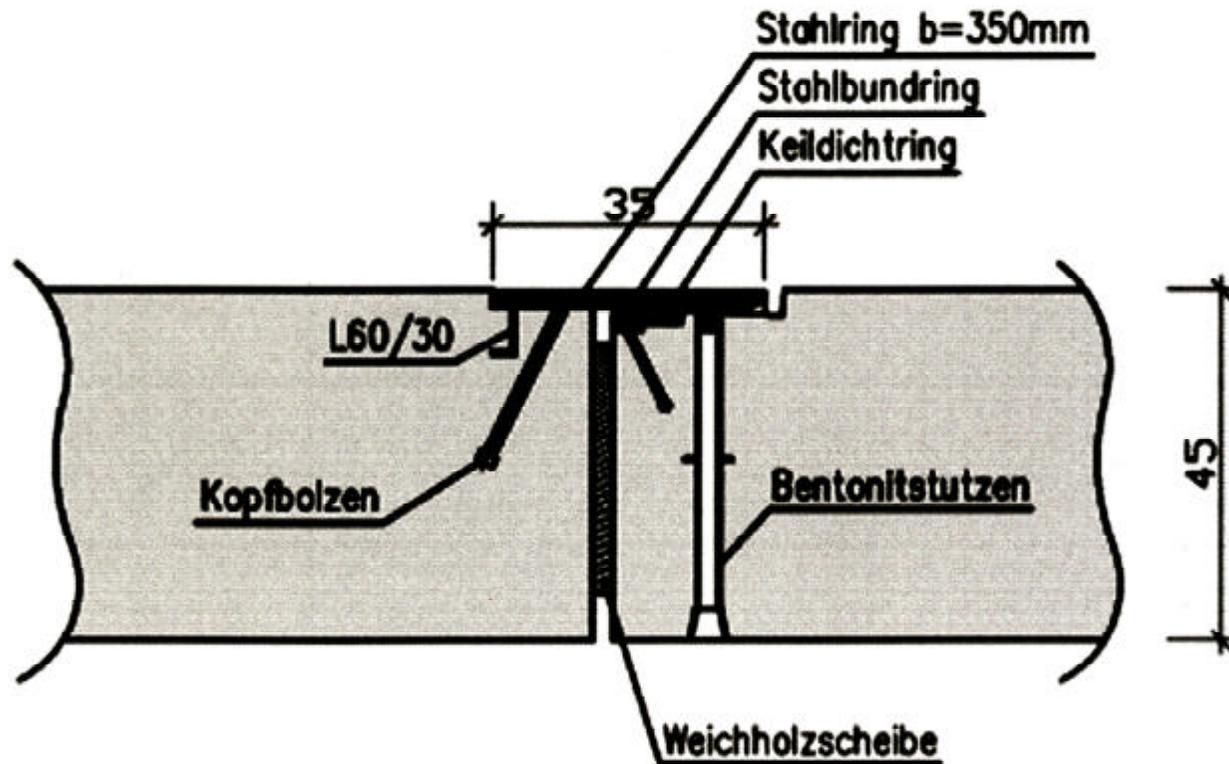
100% des Umfangs

ca. 75% des Umfangs

Fertigteiltröhre, B55
 $d = 45\text{cm}$, $erfa_{si} = 18\text{cm}^2/\text{m}$

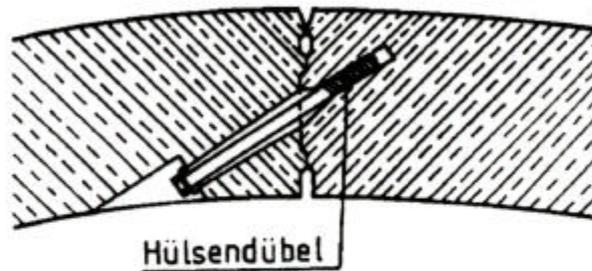
Tübbingring, B45
 $d = 35\text{cm}$, $erfa_{si} = 23\text{cm}^2/\text{m}$

Rohrverbindung für Großrohre, M 1:10

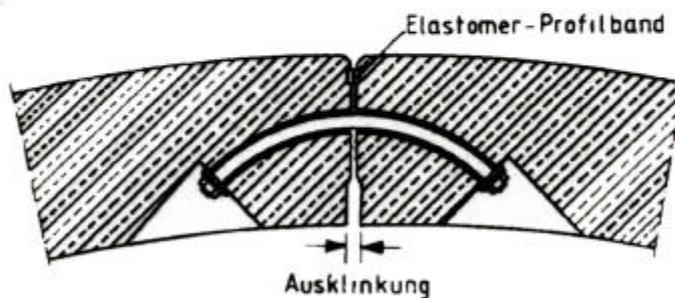


Tübbingstoß

Einseitig in Kunststoff-Hülsendübel eingeschraubte Verbindungsbolzen sind als Montage-Hilfe geeignet



Verbolzung als Montagehilfe



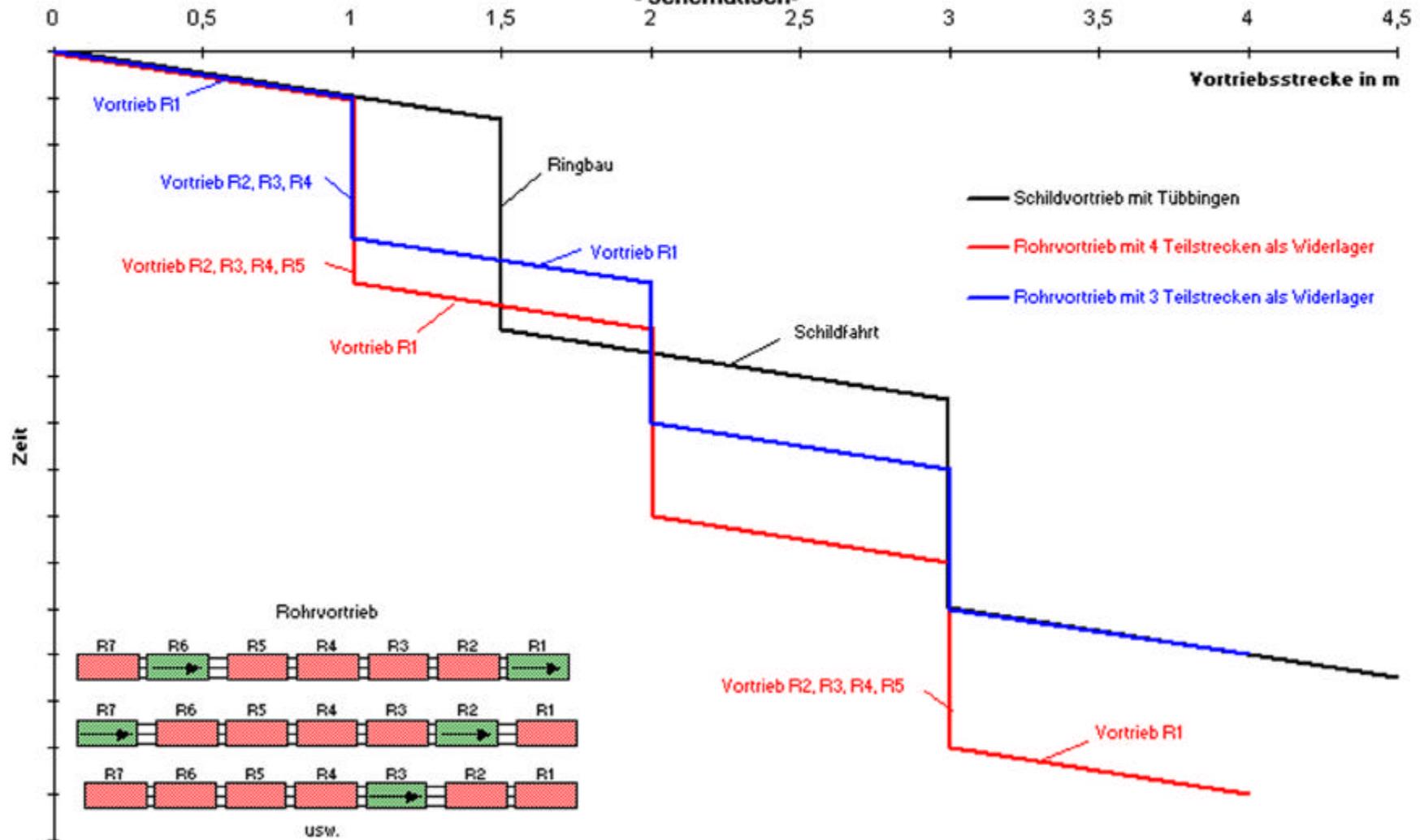
Ausklüpfung der Lastübertragungsfläche am Tübbingrand und Verbolzung der Stahlbetontübbings

In den Längstugen sind Zwischenlagen nicht notwendig. Die Längstuge wird als Betongelenk bemessen, mit den dafür zulässigen Spannungen und Winkeldrehungen.

Durch die geforderte Ausklüpfung werden Randberührungen verhindert, die sonst immer zu Abplatzungen führen würden.



Vortriebsschritte für einen Schildvortrieb mit Tübbingauskleidung und einen Rohrvortrieb
- schematisch -





Vergleich von Schildvortrieb mit Tübbingauskleidung und Rohrvortrieb in technischer Hinsicht

	Vortriebs- maschine	Qualität der Auskleidung	Fugenlänge, -qualität	Nach- arbeiten	Zwischen- preßstat.	Start- baugrube	Vortriebs- geschw.	Summe
Tübbinge	0	0	0	0	++	+	+	4 +
Rohrvortrieb	+	++	++	+	0	0	0	6 +

+ = Vorteil, positiv

0 = neutral