

# Gesamtheitliche Verformungsbetrachtung bei Hochgeschwindigkeitsstrecken mit Fester Fahrbahn

*Dr.-Ing. Lutz Vogt*

*PD Dr.-Ing. Peter-Andreas von Wolffersdorff  
(BAUGRUND DRESDEN)*

*Dipl.-Ing. Jürgen Seiler  
(DB ProjektBau, Pz 1 Nürnberg)*

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

# Inhaltsübersicht

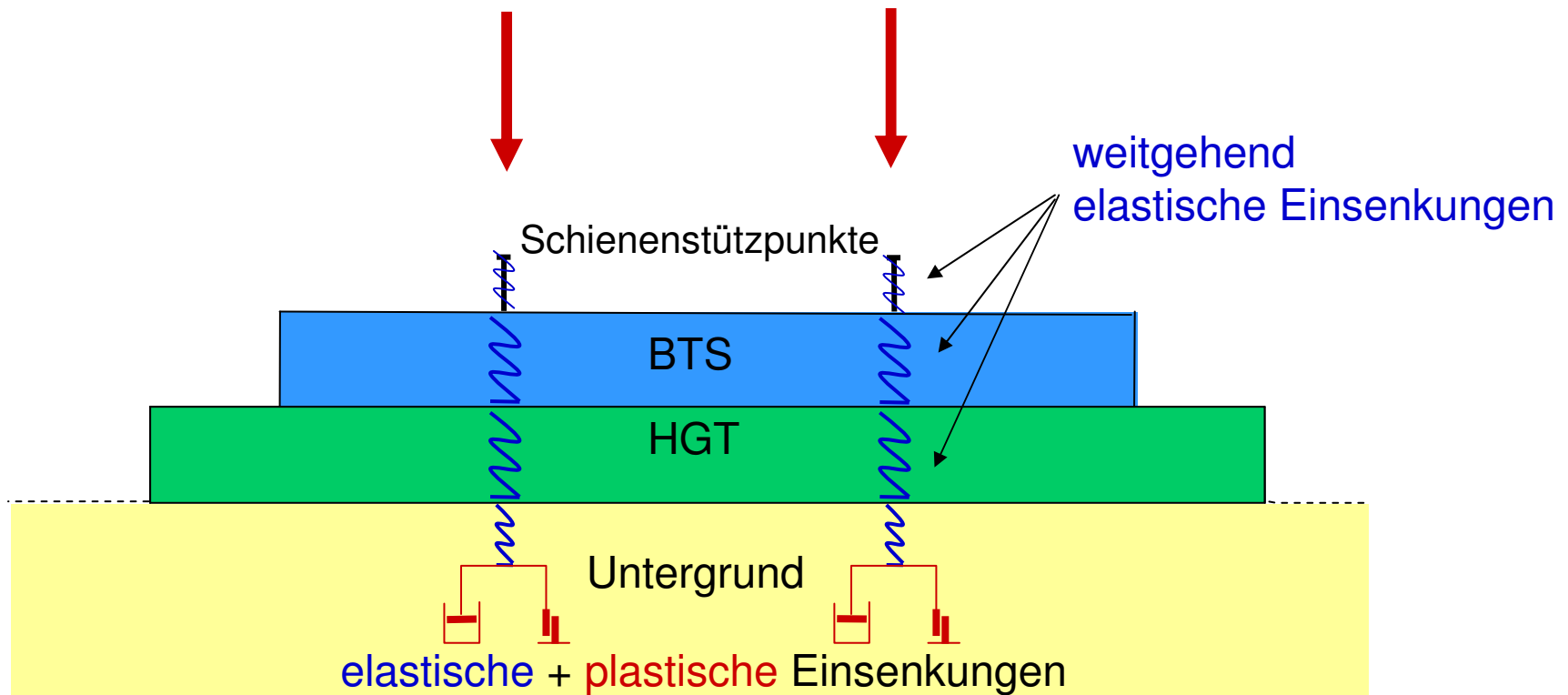
- Einleitung
- Lösungsweg
- Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung
- Besonderheiten und Beispiele
- Zusammenfassung



## Hochgeschwindigkeitsstrecke mit Fester Fahrbahn

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

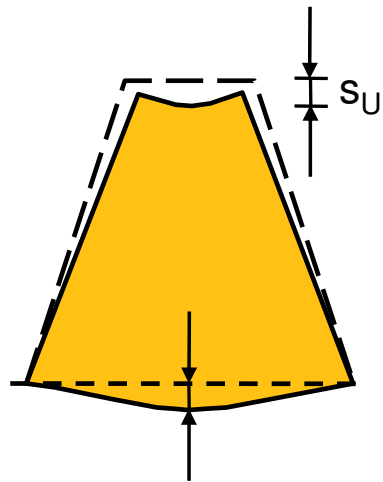
## Dynamische Beanspruchungen infolge Zugüberfahrt



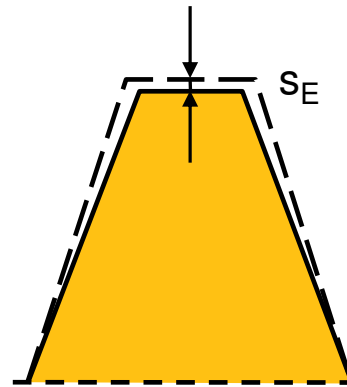
## Arten der Einsenkungen infolge Eisenbahnverkehr

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

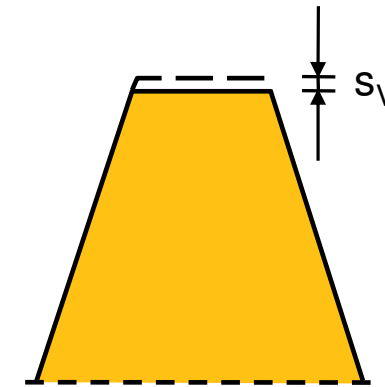




Setzungen  $s_U$   
des Untergrundes



Setzungen  $s_E$   
des Erdkörpers (Dammes)



Setzungen  $s_V$   
aus der Verkehrsbelastung

$$\text{Gesamtsetzung } s_{\text{ges}} = s_U + s_E + s_V$$

## Setzungen eines Eisenbahndammes

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

$$s_{\text{res}} \leq s_{\text{res, req}} = 1,5 \text{ cm}$$

oder

$$s_{\text{res}} \leq s_{\text{res, req}} = 6,0 \text{ cm}$$

und

$$R_a \geq 0,4 \cdot v_e^2 = 36 \text{ 000 m}$$

für  $v_e = 300 \text{ km/h}$

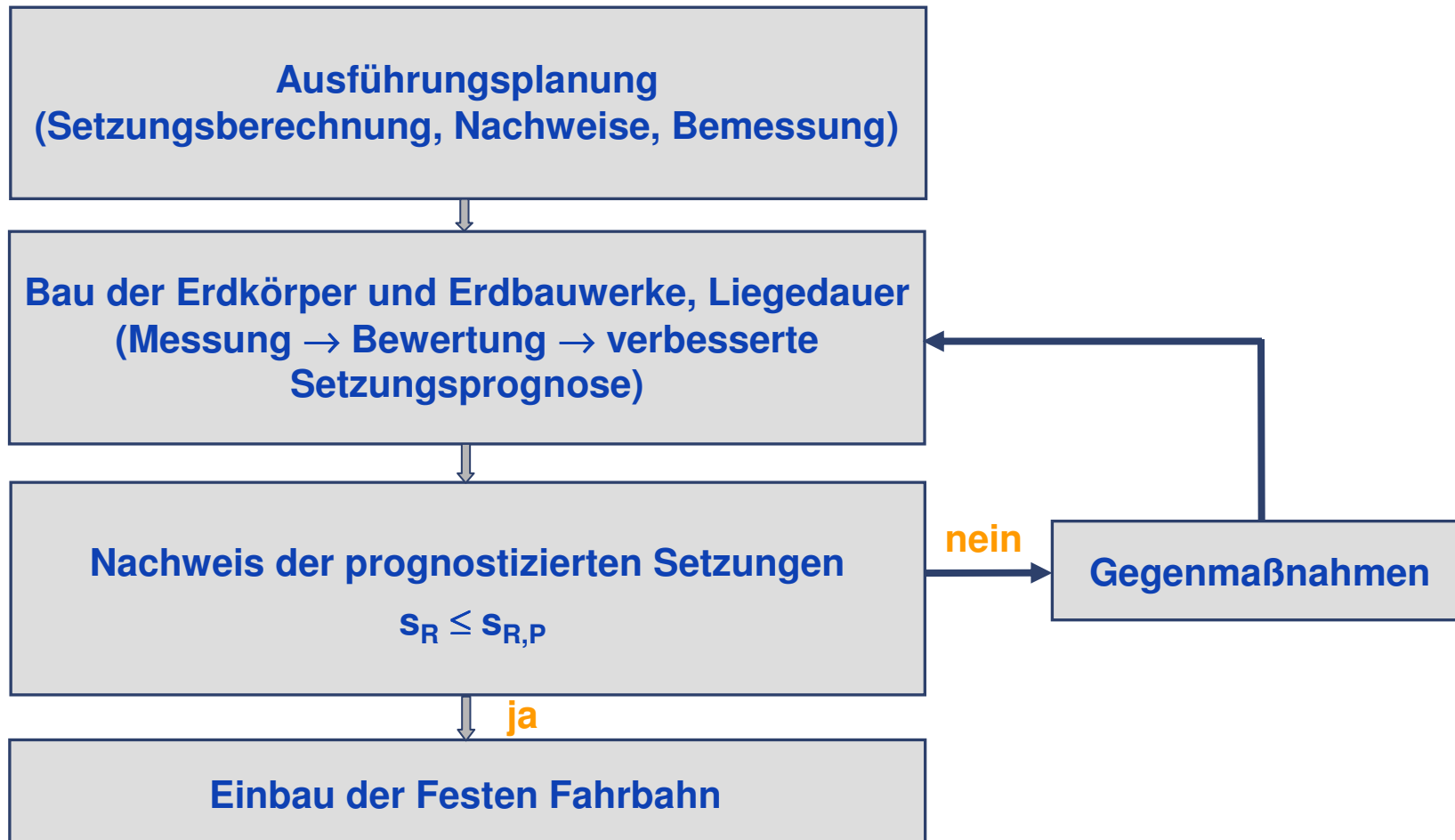
$R_a$  ... Ausrundungsradius der Restsetzungsmulde

$v_e$  ... vorgesehene maximale Zuggeschwindigkeit

Anforderungen an die Restsetzungen des Fahrweges nach Ril 836

# Inhaltsübersicht

- Einleitung
- Lösungsweg
- Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung
- Besonderheiten und Beispiele
- Zusammenfassung



## Ablauf der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung

Bauwerk	Setzungsberechnung / Nachweis
<b>Erdkörper (Damm und Einschnitt)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Setzungs- und Hebungsberechnung für alle maßgeblichen Abschnitte (<math>\approx</math> Überwachungsabschnitte) zu den <u>Überwachungszeitpunkten</u> unter Berücksichtigung der <u>Bauphasen</u></li> <li>➤ Prüfung/Nachweis des Einhaltens zulässiger Restsetzungen nach Bau der Festen Fahrbahn</li> </ul>
<b>Übergangszonen/ Rückverfüllung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ analog zu Erdkörper</li> <li>➤ Einfluss der Bauphasen auf Setzungsverlauf (z.B. verzögerte Setzung des Widerlagers wegen späterer Dammschüttung)</li> </ul>
<b>Gründung der Ingenieurbauwerke (z. B. Brückenfundamente)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ analog zu Erdkörper</li> <li>➤ Gegenseitige Beeinflussung von Gründungen (z.B. kurze Brücke: zwei Widerlager in gleicher Setzungsmulde)</li> </ul>
<b>Ingenieurbauwerke (z.B. Brücken)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verformung aufgliedern nach jenen der Fundamente und jenen der Erdkörper; zeitabhängige Verformungsentwicklung: elastische Verformung unter Last, Verformung durch Temperatur, Kriechen, Schrumpfen, Lastverteilung und verzögerte elastische Verformung</li> </ul>

## Verformungsberechnung im Planungsstadium der maßgeblichen Streckenabschnitte

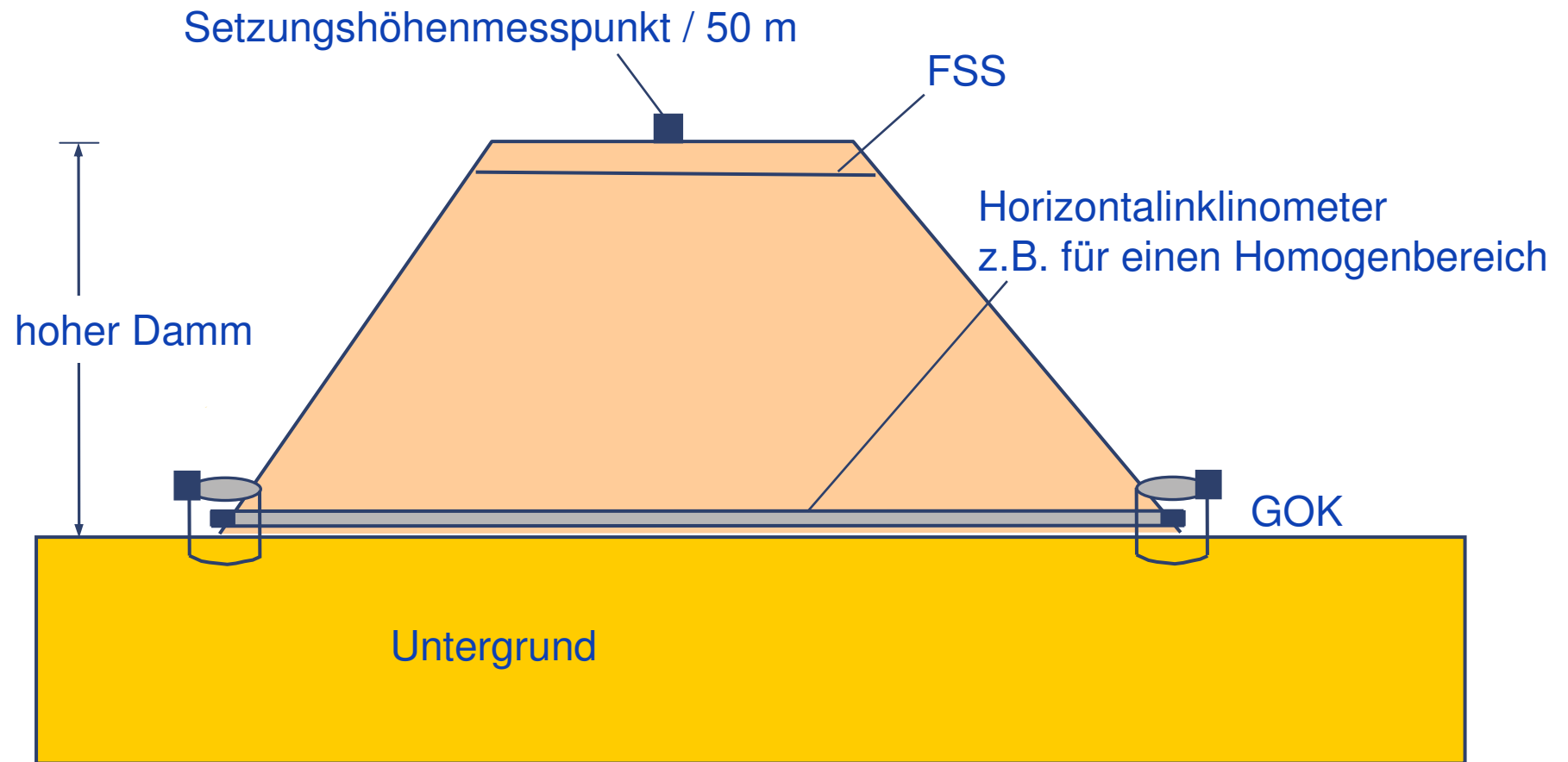
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Vorbelastung einer Eisenbahnbrücke

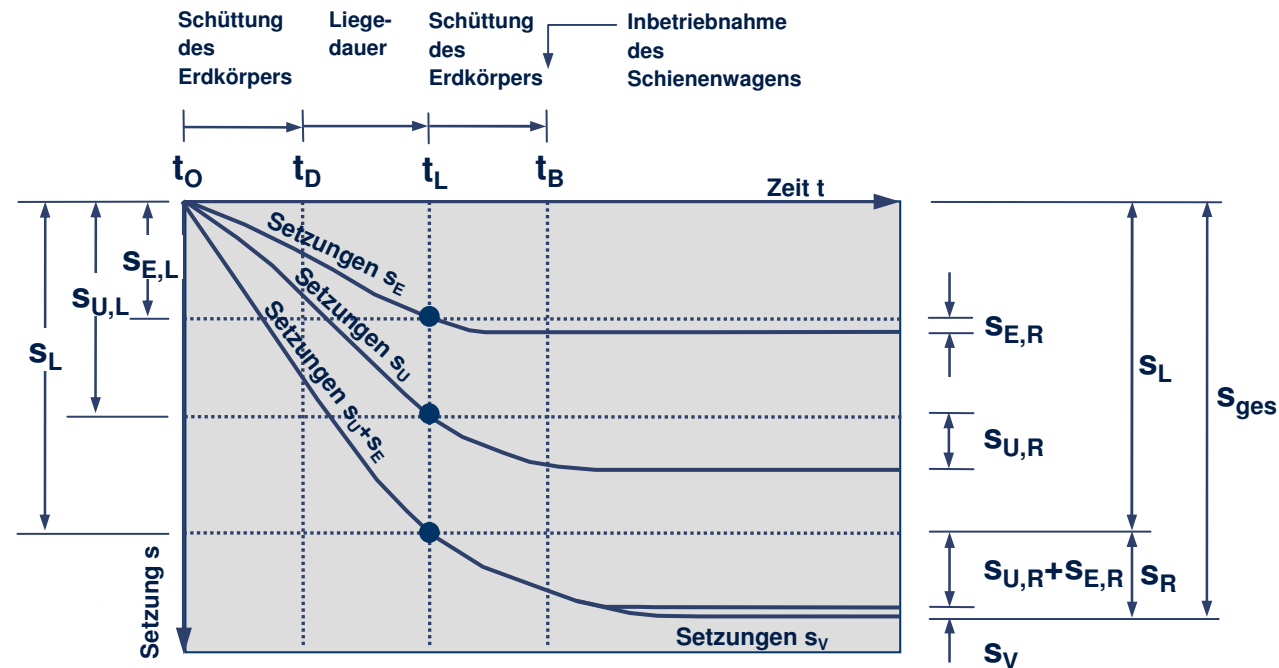
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





Beispiel für einen Messquerschnitt

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

**Gleichungen:**

$$S_{ges} = S_L + S_R = S_U + S_E + S_V$$

$$S_L = S_{U,L} + S_{E,L}$$

$$S_R = S_{U,R} + S_{E,R} + S_V$$

**Benennungen:**

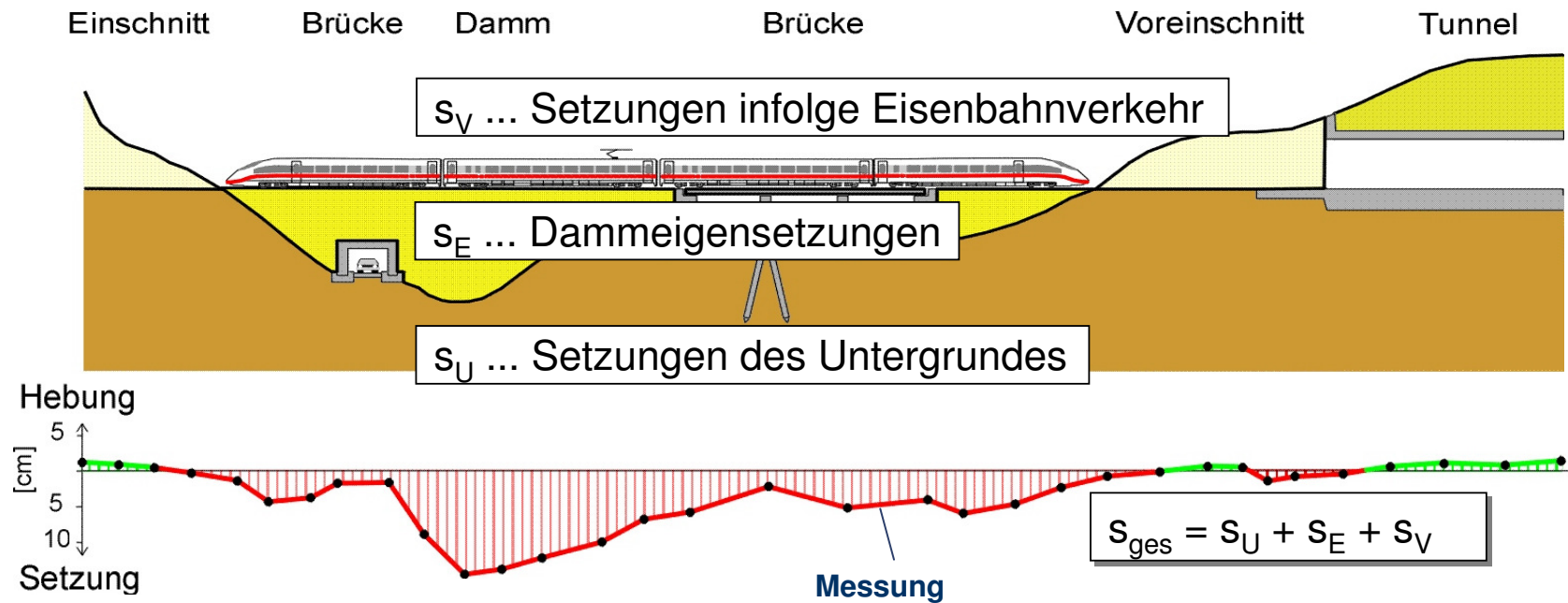
$S_{ges}$  = Gesamtsetzungen

$S_L$  = Gesamtsetzungen während der Schüttung des Dammes und der Liegedauer ( $t_0$  bis  $t_L$ )

$S_R$  = Gesamt-Restsetzungen ab Einbau des Oberbaus ( $t_L$  bis  $t = \infty$ )

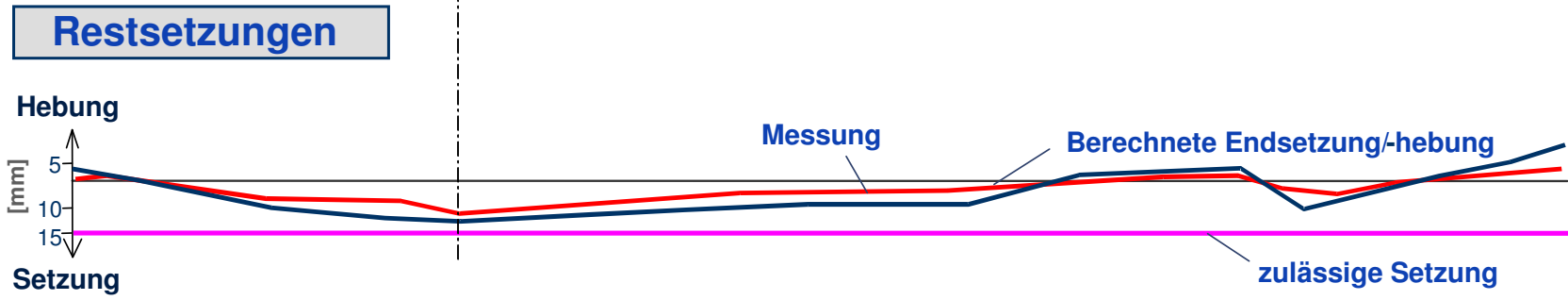
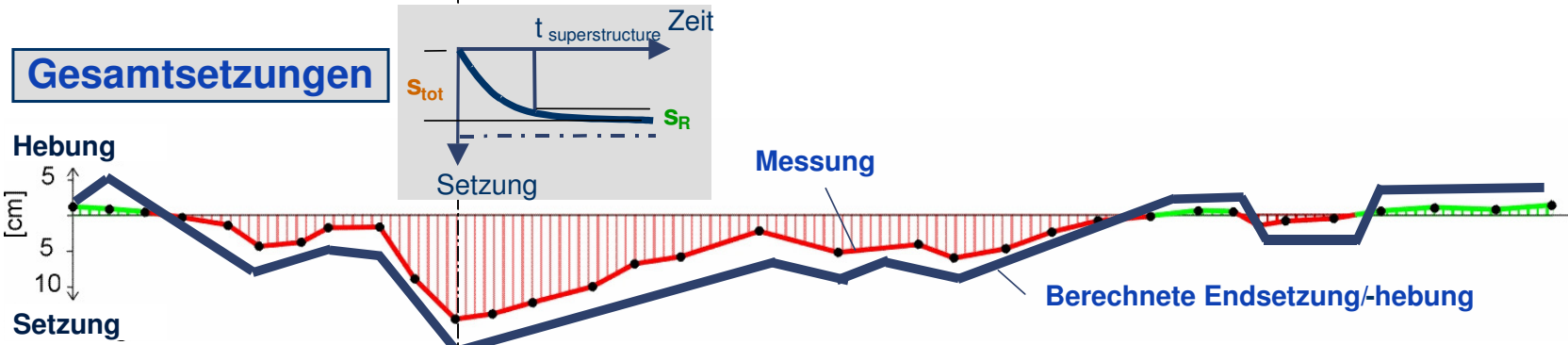
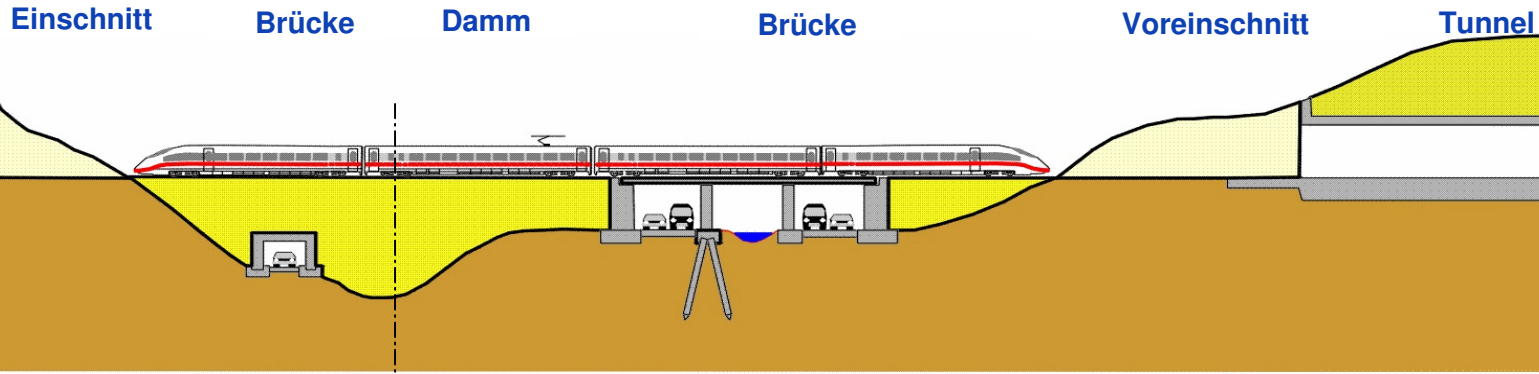
$S_V$  = Setzungen aus Verkehrsbelastung ab Inbetriebnahme ( $t_B$  bis  $t = \infty$ )

## Zeitlicher Verlauf der Setzungsanteile einer Dammschüttung



## Ergebnisse der Verformungsmessungen

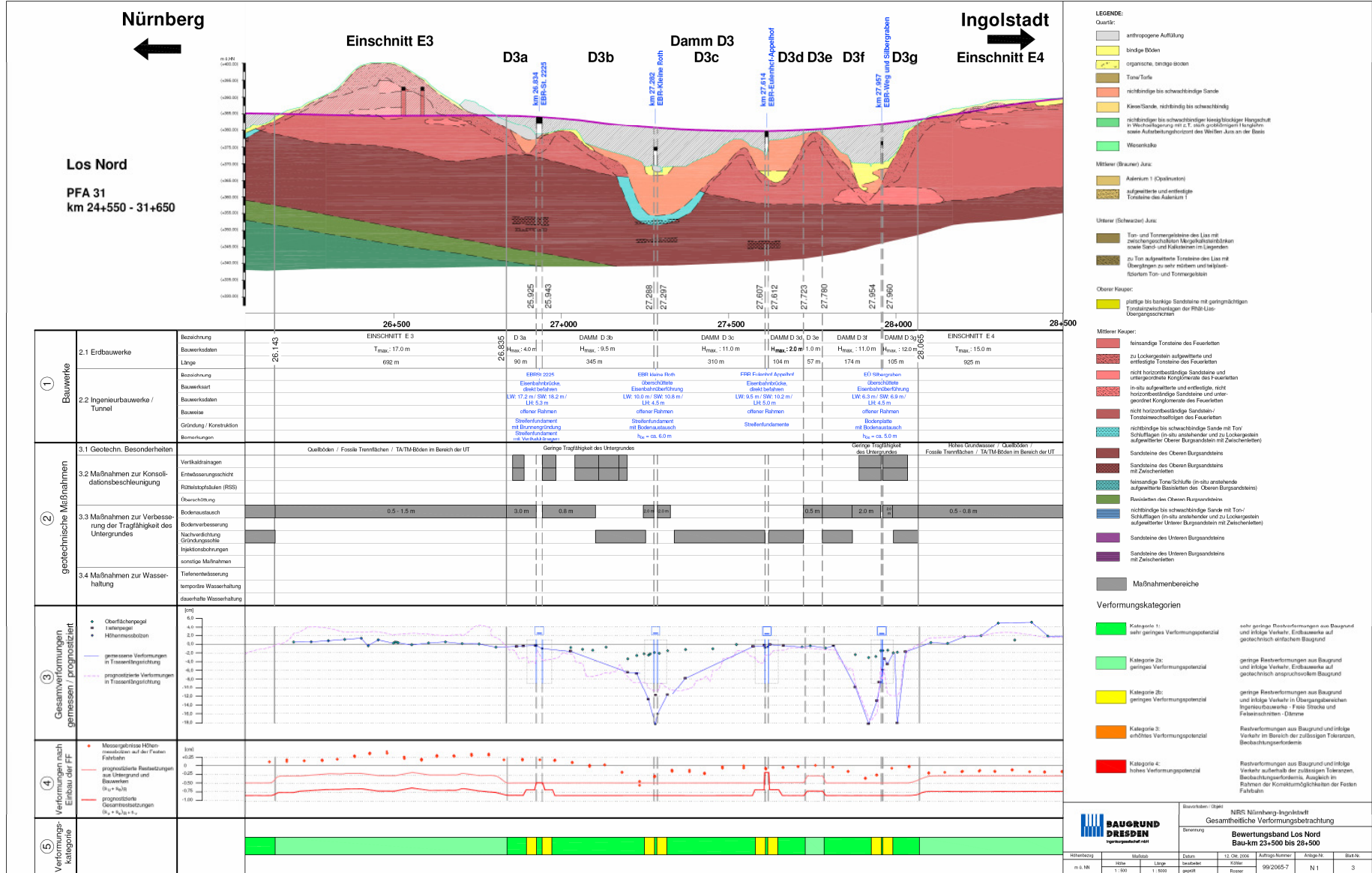
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Schematischer Ablauf der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung

# Inhaltsübersicht

- Einleitung
- Lösungsweg
- **Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung**
- Besonderheiten und Beispiele
- Zusammenfassung



# Gesamtübersicht des Bewertungsbandes

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



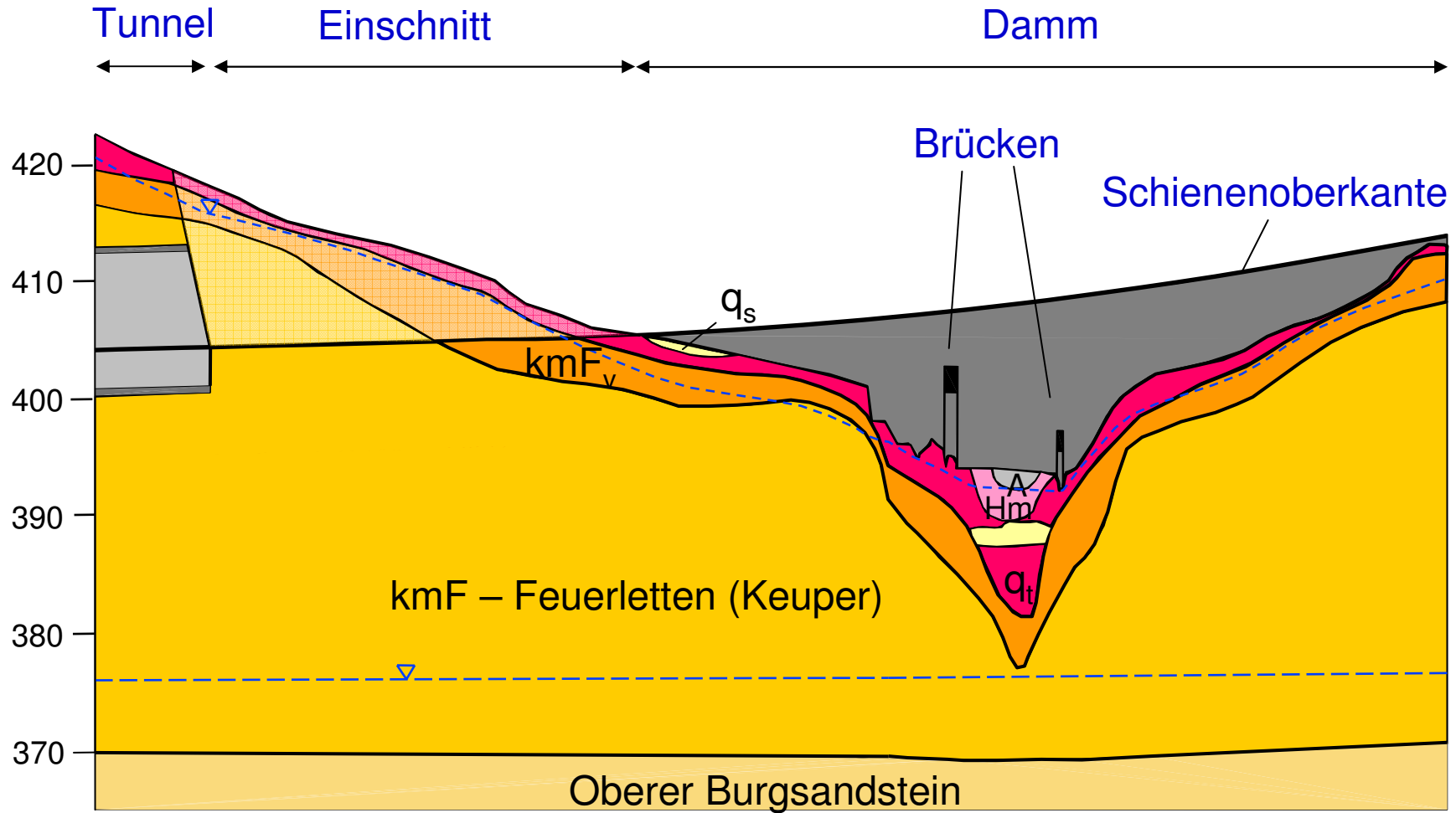
			27.288	27.297		27.607	27.612	27.723	27.780		27.954	27.960			
			27+500				28+000				28+065				
①	Bauwerke	2.1 Erdbauwerke	Bezeichnung	DAMM D 3c			DAMM D 3d, D 3e			DAMM D 3f		DAMM D 3g			
		Bauwerksdaten	H <sub>max.</sub> : 11.0 m			H <sub>max.</sub> : 2.0 m			1.0 m		H <sub>max.</sub> : 11.0 m		H <sub>max.</sub> : 12.0 m		
		Länge	310 m			104 m			57 m		174 m		105 m		
	2.2 Ingenieurbauwerke / Tunnel	Bezeichnung	EBR kleine Roth			EBR Eulenhof Appelhof			EÜ Silbergraben						
		Bauwerksart	überschüttete Eisenbahnüberführung			Eisenbahnbrücke, direkt befahren			überschüttete Eisenbahnüberführung						
		Bauwerksdaten	LW: 10.0 m / SW: 10.8 m / LH: 4.5 m			LW: 9.5 m / SW: 10.2 m / LH: 5.0 m			LW: 6.3 m / SW: 6.9 m / LH: 4.5 m						
		Bauweise	offener Rahmen			offener Rahmen			offener Rahmen						
		Gründung / Konstruktion	Streifenfundament mit Bodenaustausch			Streifenfundamente			Bodenplatte mit Bodenaustausch						
		Bemerkungen	h <sub>üs</sub> = ca. 6.0 m						h <sub>üs</sub> = ca. 5.0 m						
			Geringe Tragfähigkeit des Untergrundes												
②	3.1 Geotechn. Besonderheiten	3.2 Maßnahmen zur Konsolidationsbeschleunigung	Vertikaldrainagen							■			■		
		Entwässerungsschicht	Rüttelstopfsäulen (RSS)												
			Überschüttung												
			3.3 Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Untergrundes	Bodenaustausch	■ 2.0 m		■ 2.0 m					■ 0.5 m		■ 2.0 m	
	Bodenverbesserung														
	Nachverdichtung Gründungssohle	■			■			■			■				
	Injektionsbohrungen														
	3.4 Maßnahmen zur Wasserhaltung	sonstige Maßnahmen													
		Tiefenentwässerung													
		temporäre Wasserhaltung													
dauerhafte Wasserhaltung															

## Bauwerke und geotechnische Maßnahmen im Untergrund



## Streckenabschnitt mit Einschnitt, Damm und Ingenieurbauwerken

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



Längsschnitt mit Einschnitt, Damm und Ingenieurbauwerken

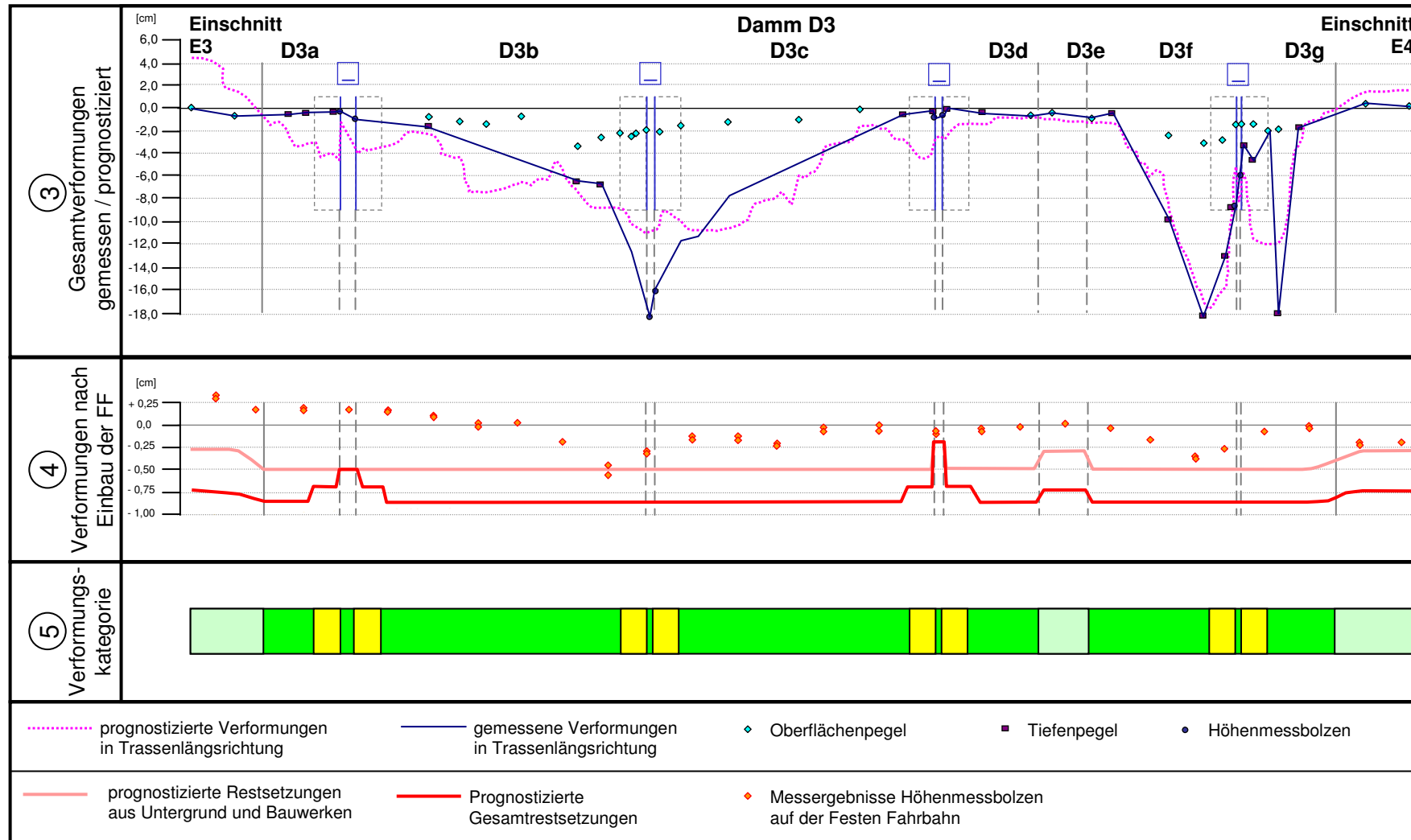
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





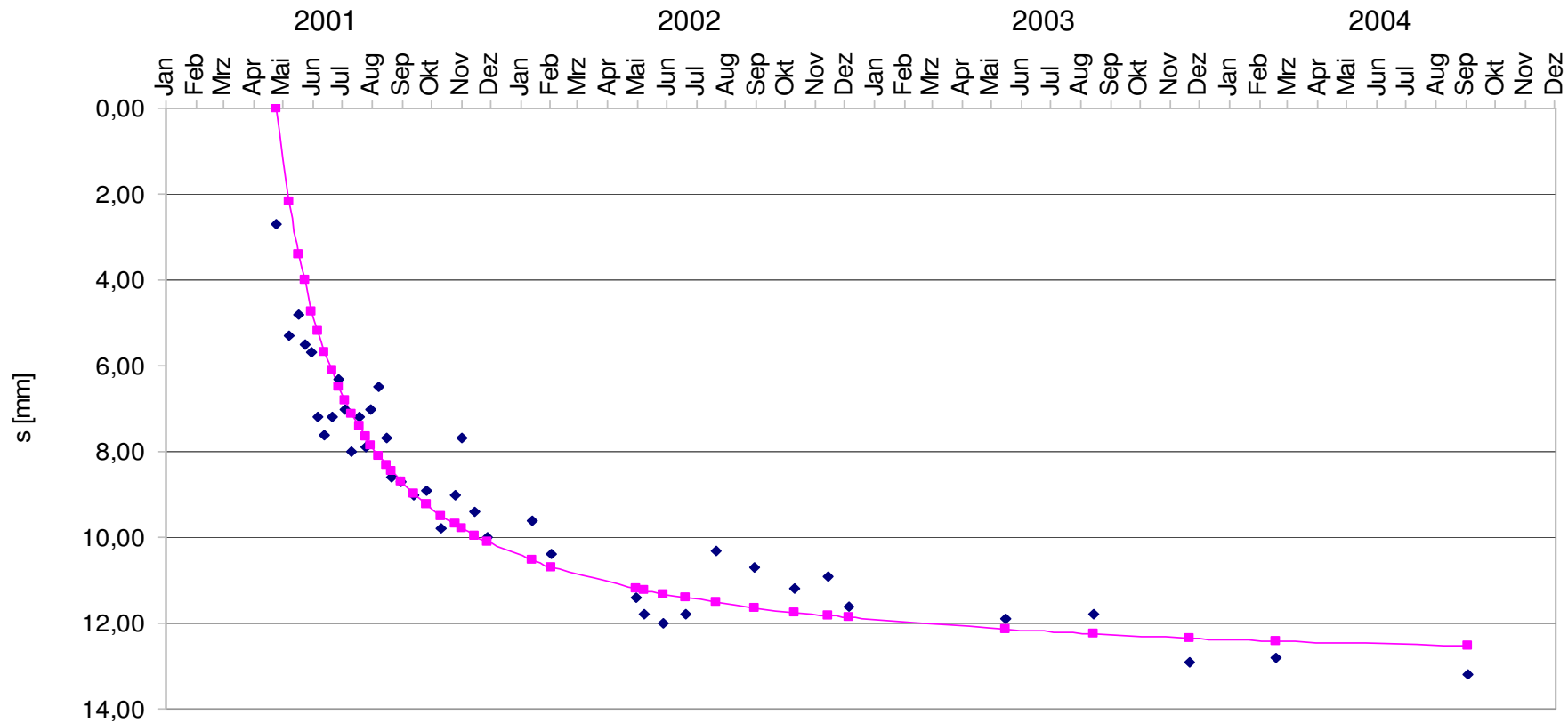
## Vertikaldrains zur Setzungsbeschleunigung

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Darstellung der Absolut- und Restverformungen

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



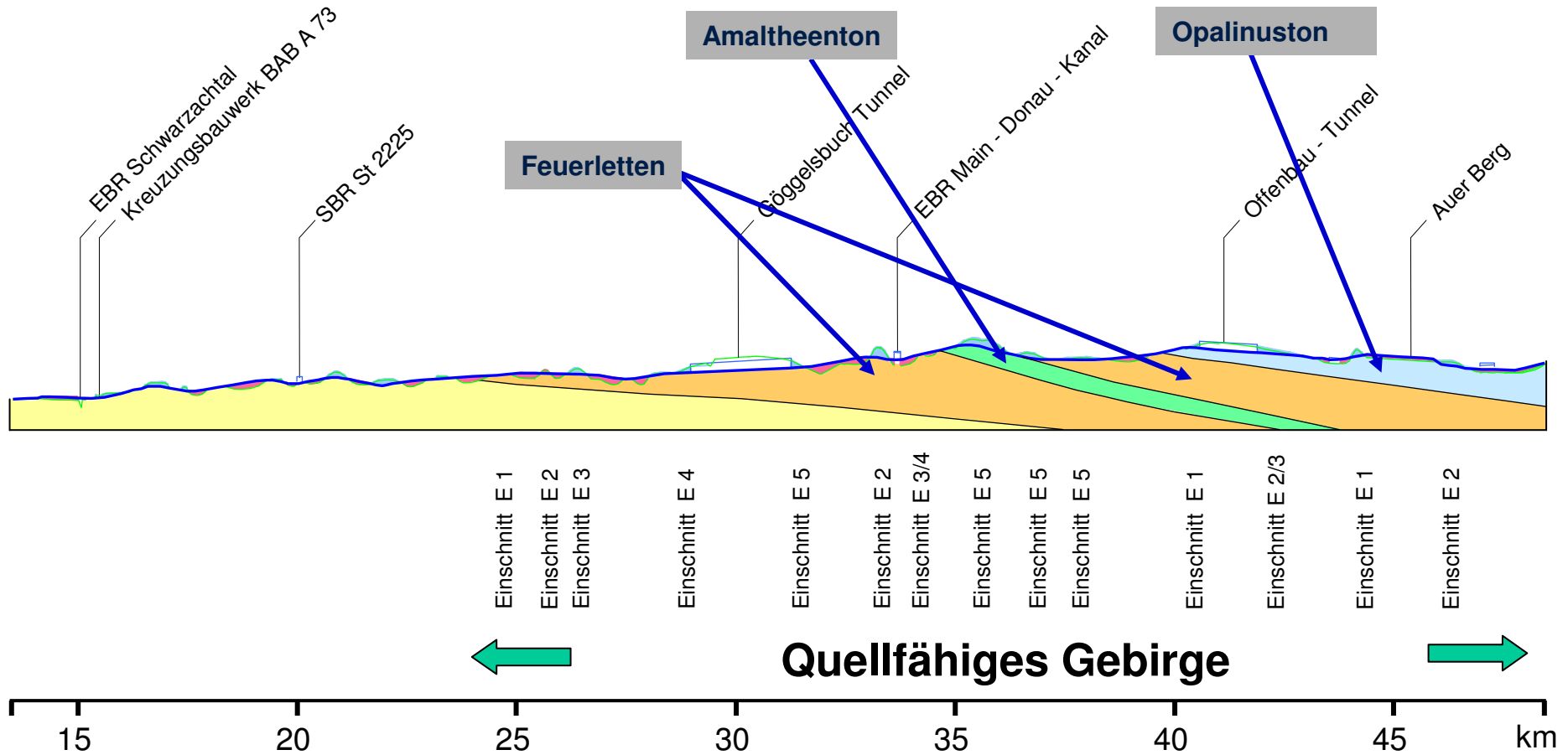
## Zeit-Setzungs-Verhalten am "Weißen Damm" NBS Köln-Rhein/Main (km 121,841-122,070)

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



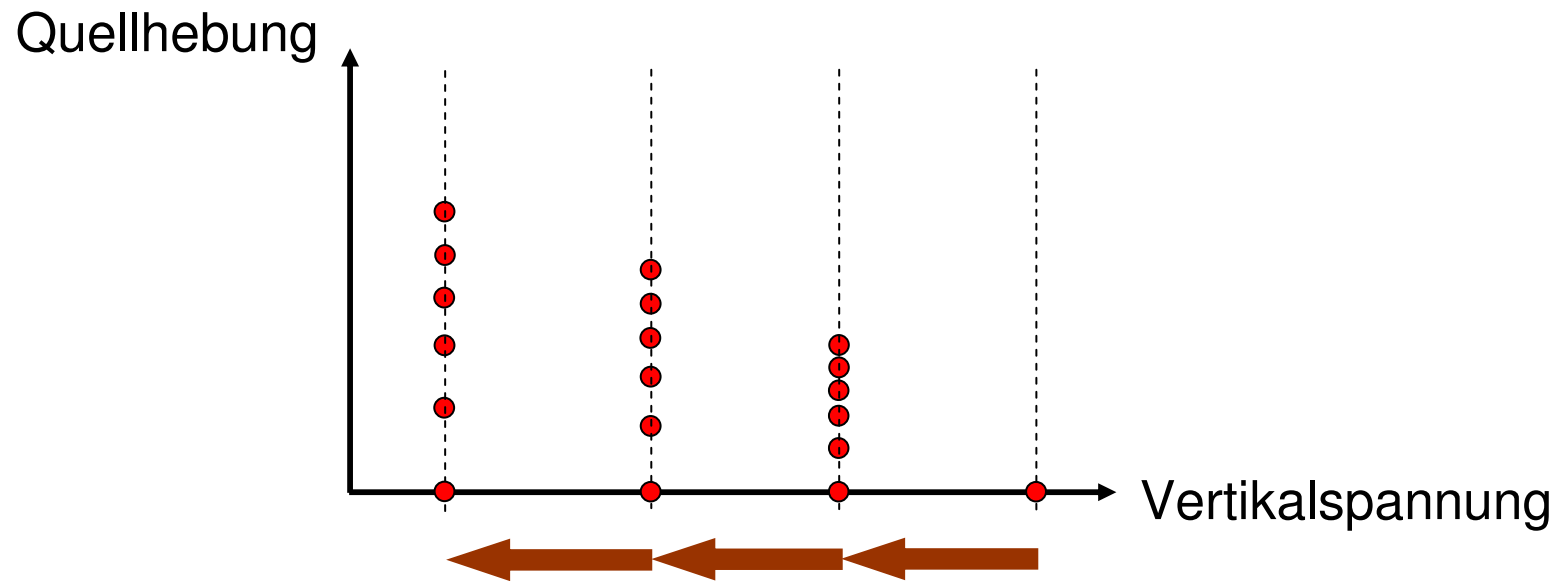
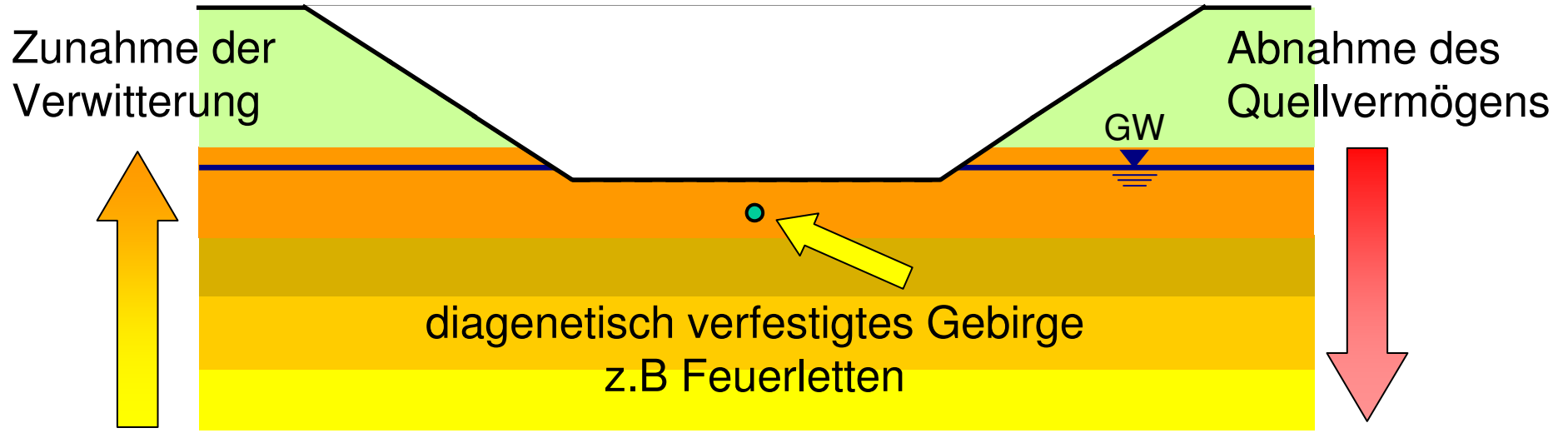
# Inhaltsübersicht

- Einleitung
- Lösungsweg
- Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung
- **Besonderheiten und Beispiele**
- Zusammenfassung



## Streckenprofil NBS Nürnberg – Ingolstadt, Los Nord

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



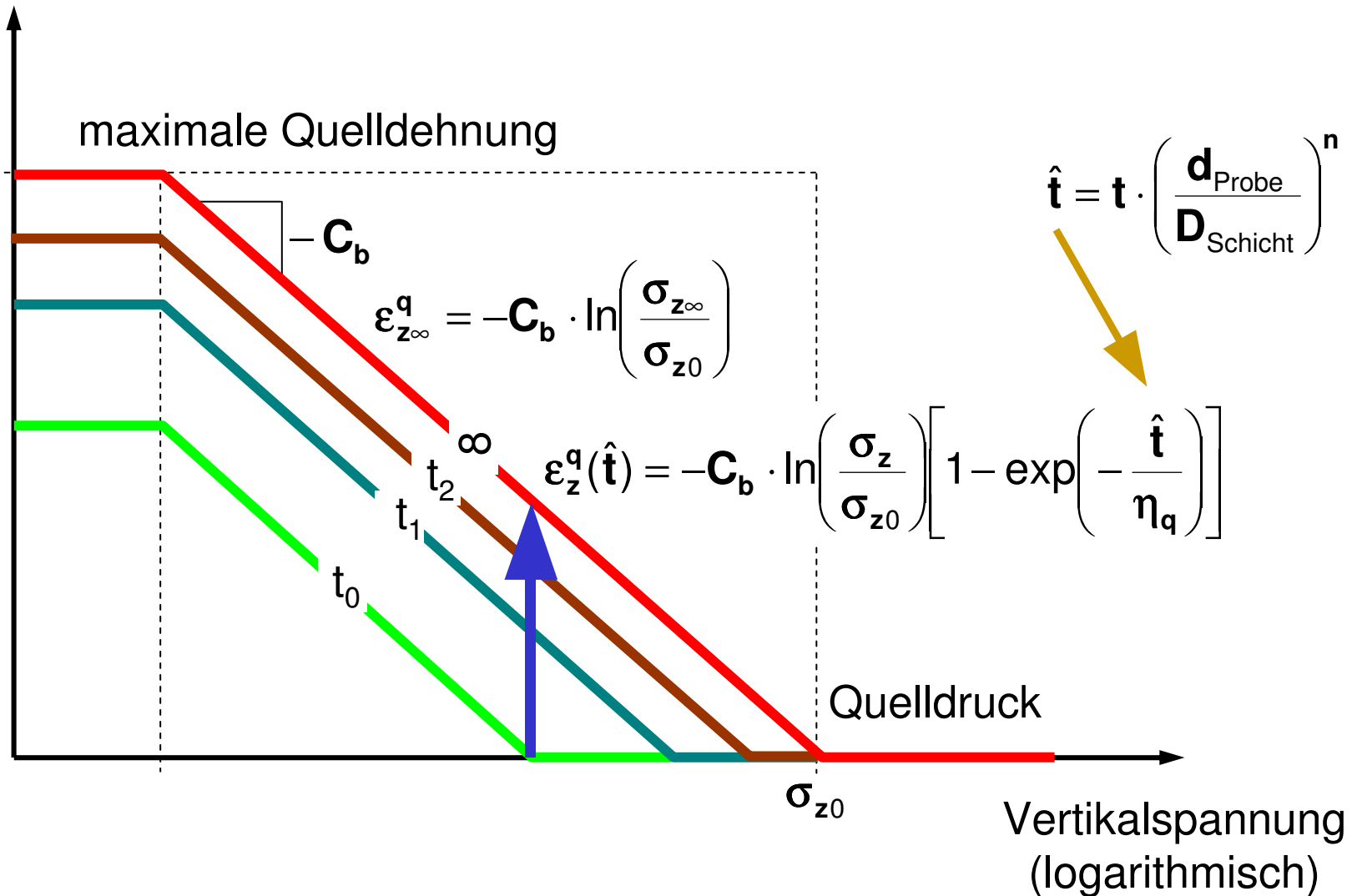
Quellen infolge Einschnittaushub

- Erstellung des geologischen Modells
- Einführung des konstitutiven Quellhebungsgesetzes
- Quellhebungsversuche im Labor
- Hebungsmessungen in situ im Einschnitt
- Parameterbestimmung des Quellhebungsgesetzes anhand der Laborversuchsergebnisse
- Kalibrierung des Quellhebungsgesetzes anhand der Messergebnisse in situ
- Prognose der Quellhebungen
- Bautechnische Maßnahmen zur Beherrschung der Quellhebungen

Lösungsweg zur Beherrschung der Quellhebungen  
nach den Grundsätzen der Beobachtungsmethode

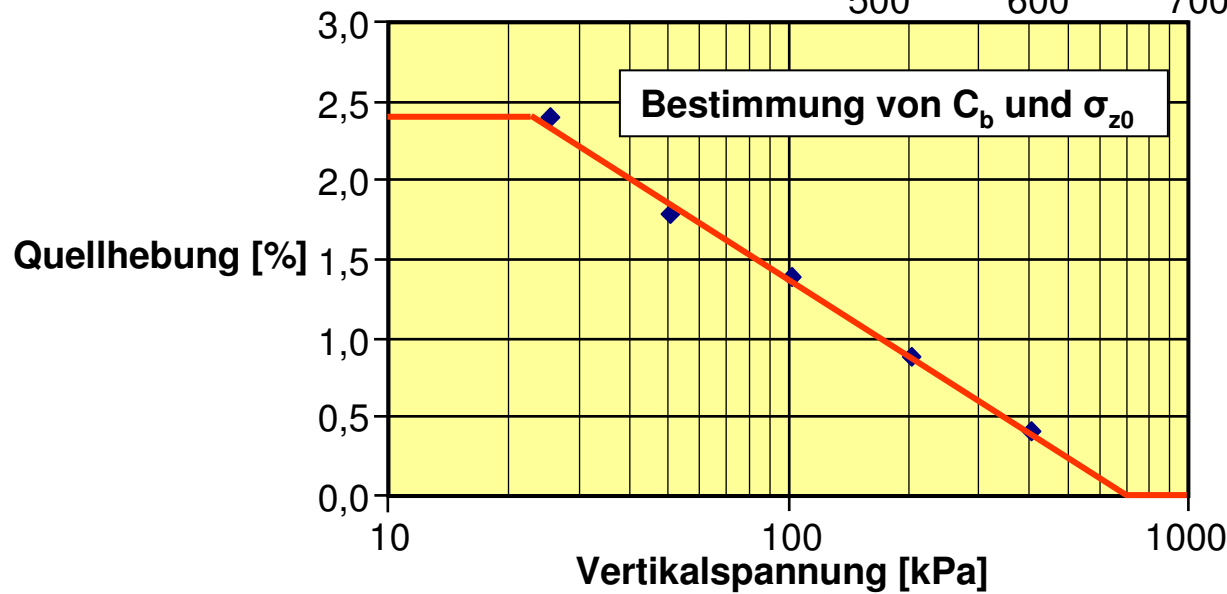
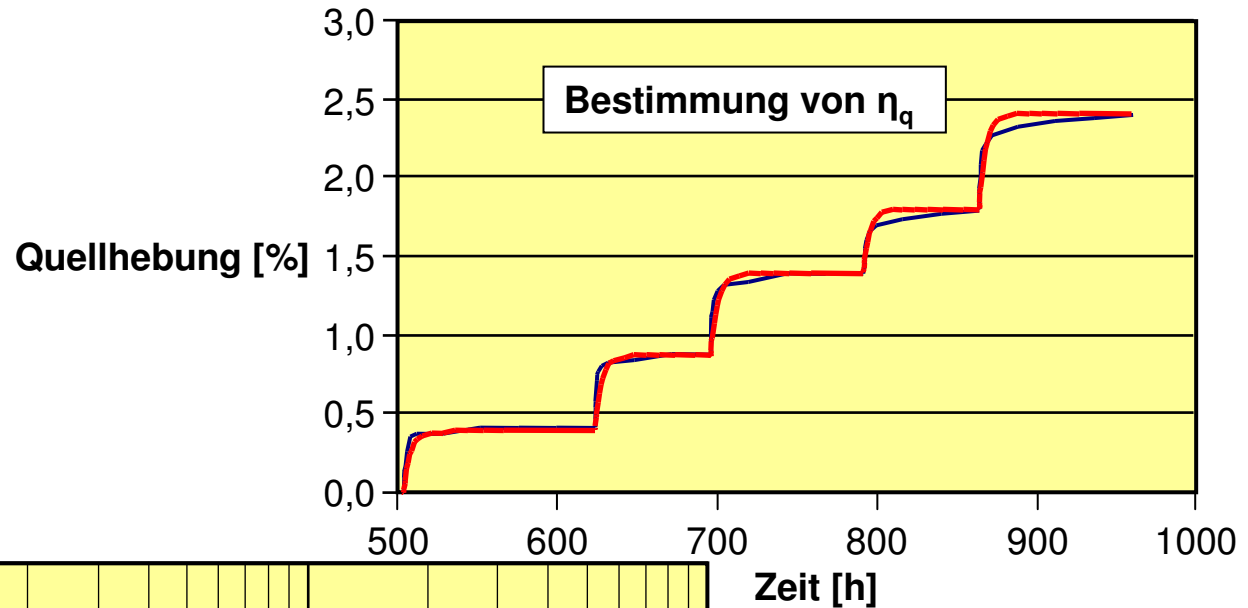
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

# Quelldehnung



## Quelldehnungsgesetz

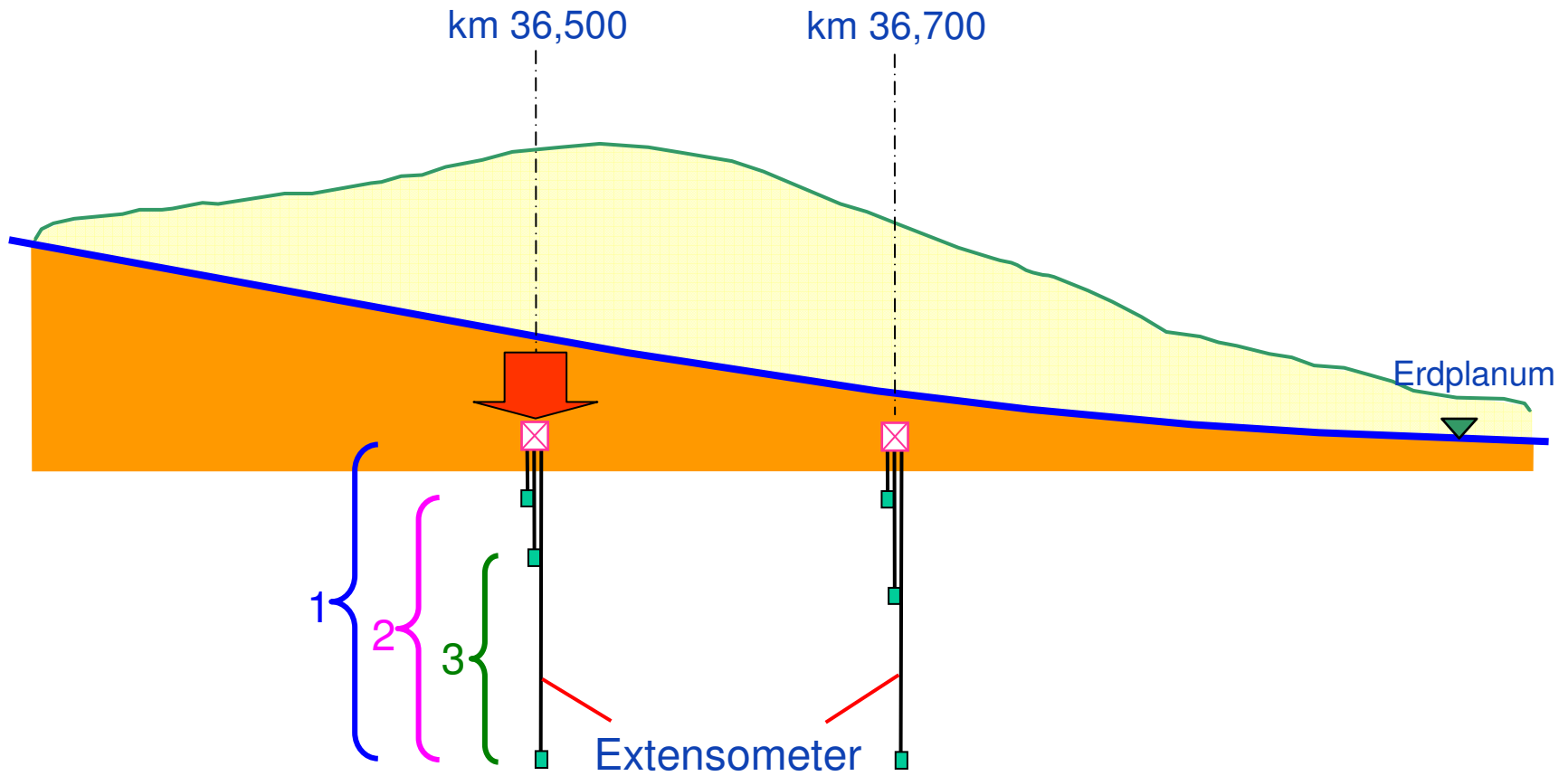
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Quellhebungsversuch – Nachrechnung mit Quellgesetz

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





## Extensometermessstellen in einem Quelleinschnitt

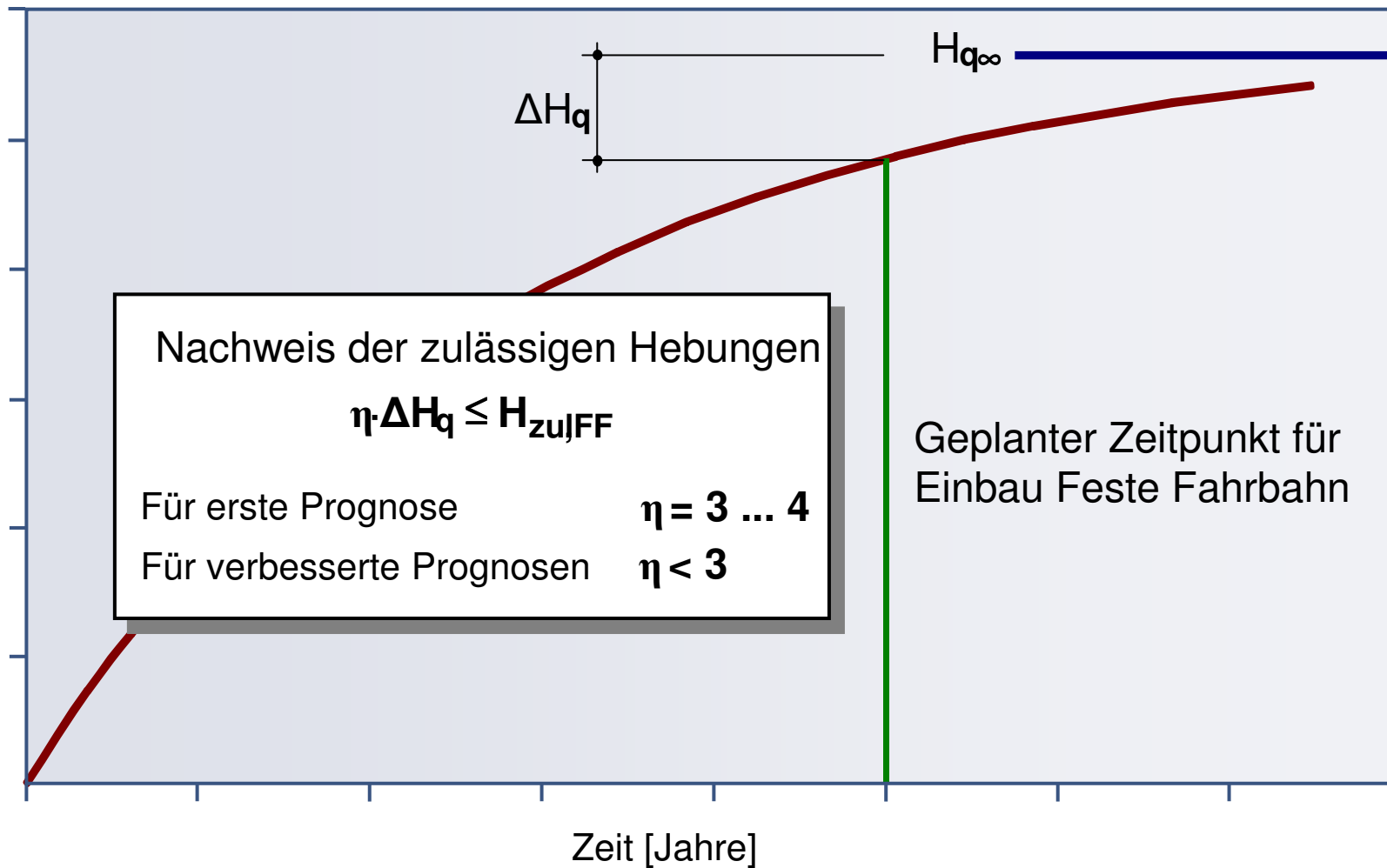
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Extensometermessstelle in einem Quelleinschnitt

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

Gesamthebung [mm]



Nachweisführung

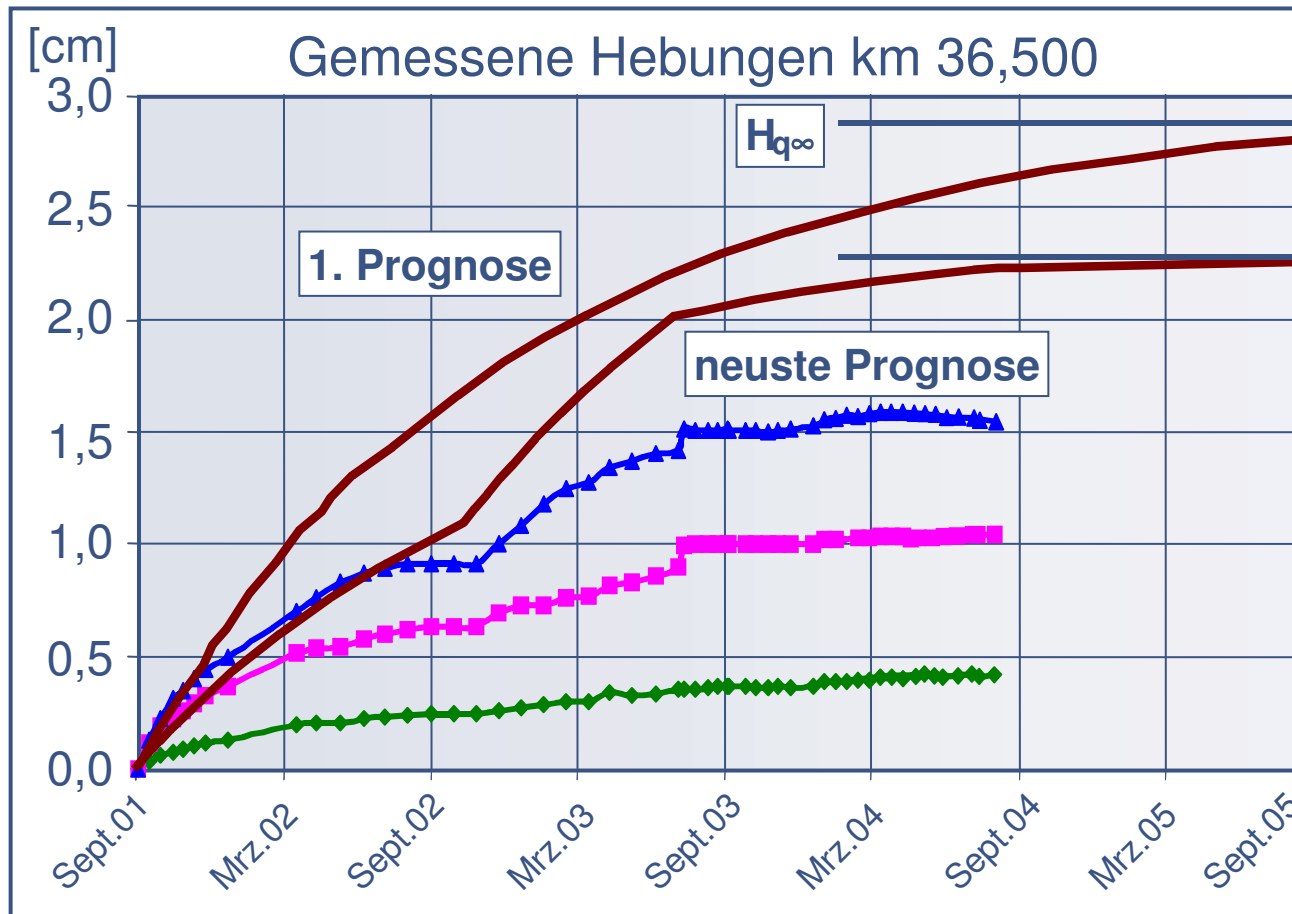
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





## Bodenaustausch in quellgefährdeten Einschnitten

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Ergebnisse der Hebungsmessungen in situ

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





## Karsthohlraum in der Trasse der NBS Nürnberg-Ingolstadt

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





## Karstspalte in der Trasse der NBS Nürnberg – Ingolstadt

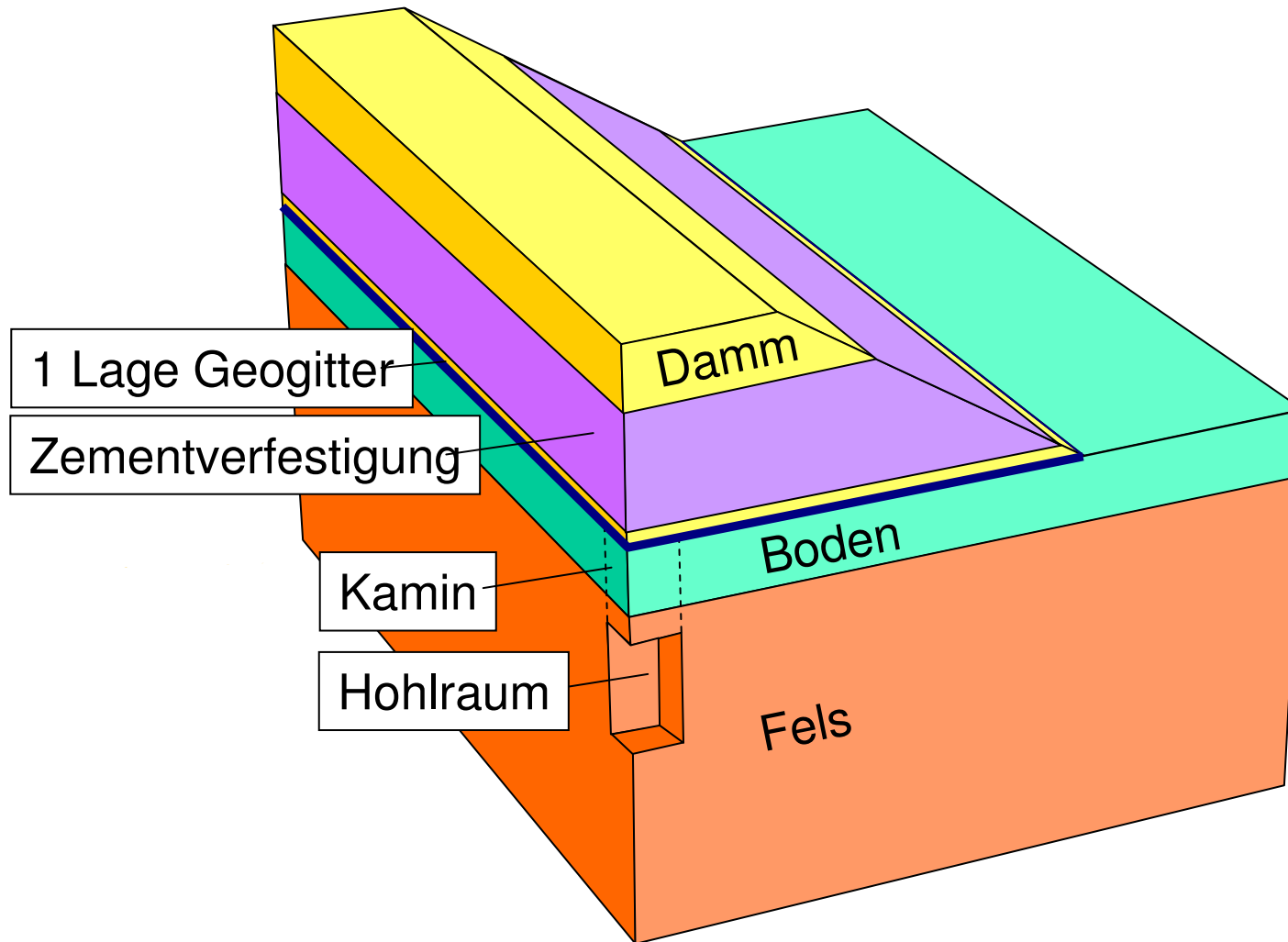
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





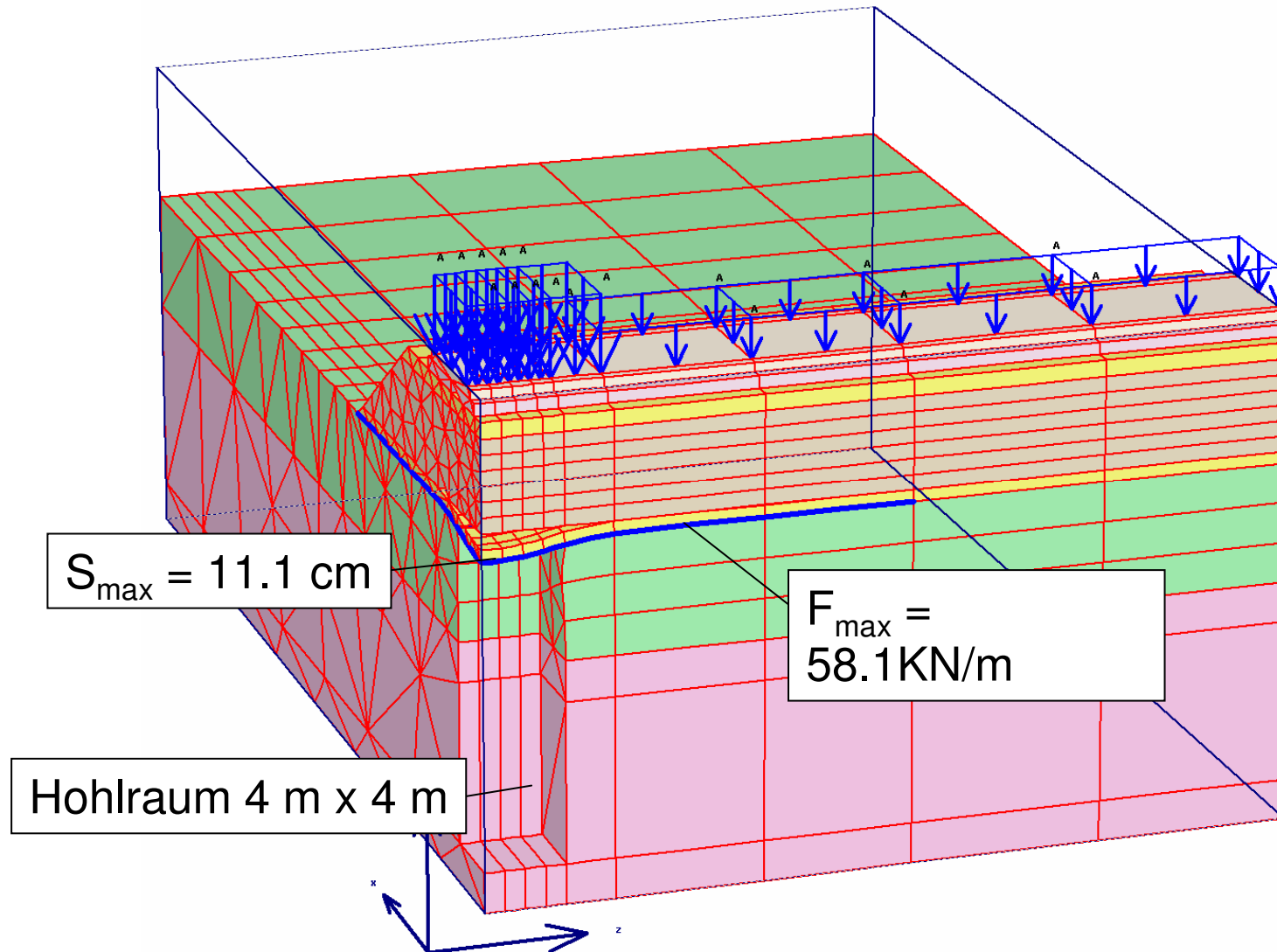
## Karststruktur in der Trasse der NBS Nürnberg-Ingolstadt

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



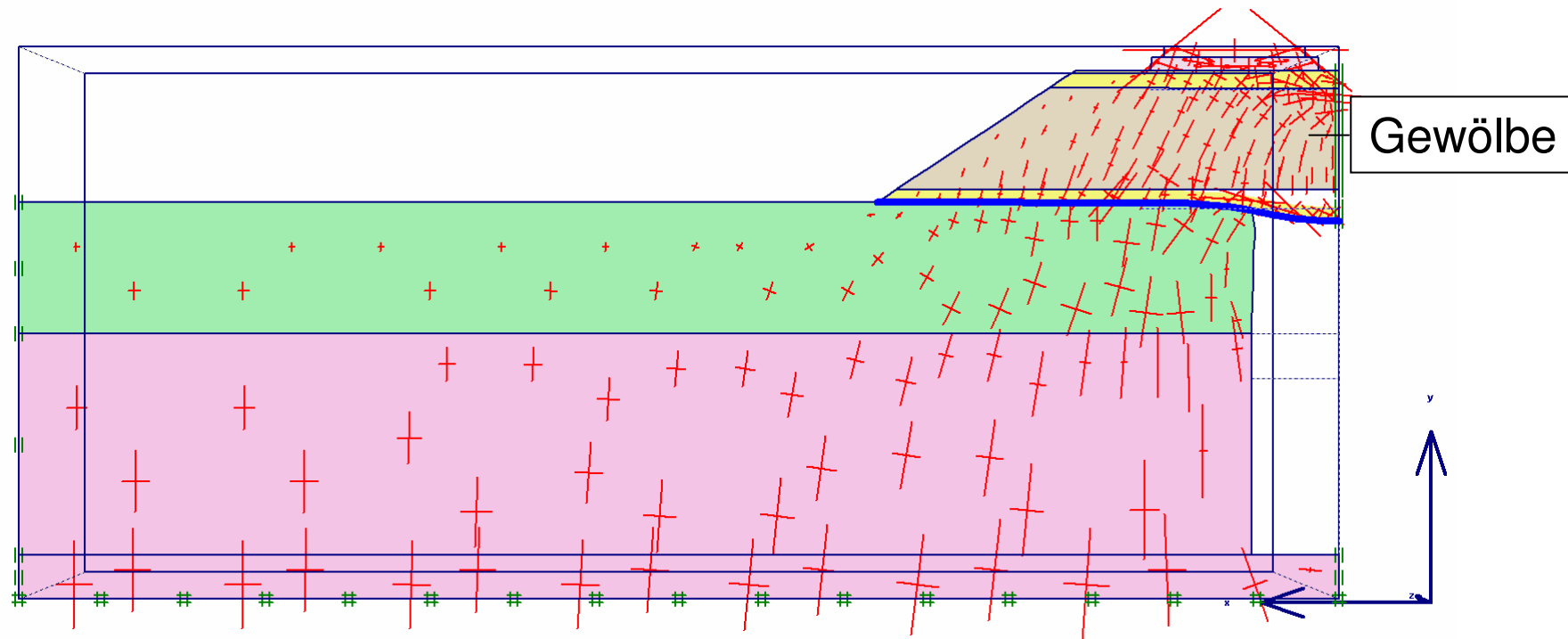
## Sicherung gegen Erdfallgefahr mit Geogittern unter Damm

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Ergebnisse der Finite-Elemente-Berechnungen

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



Hauptspannungsrichtungen

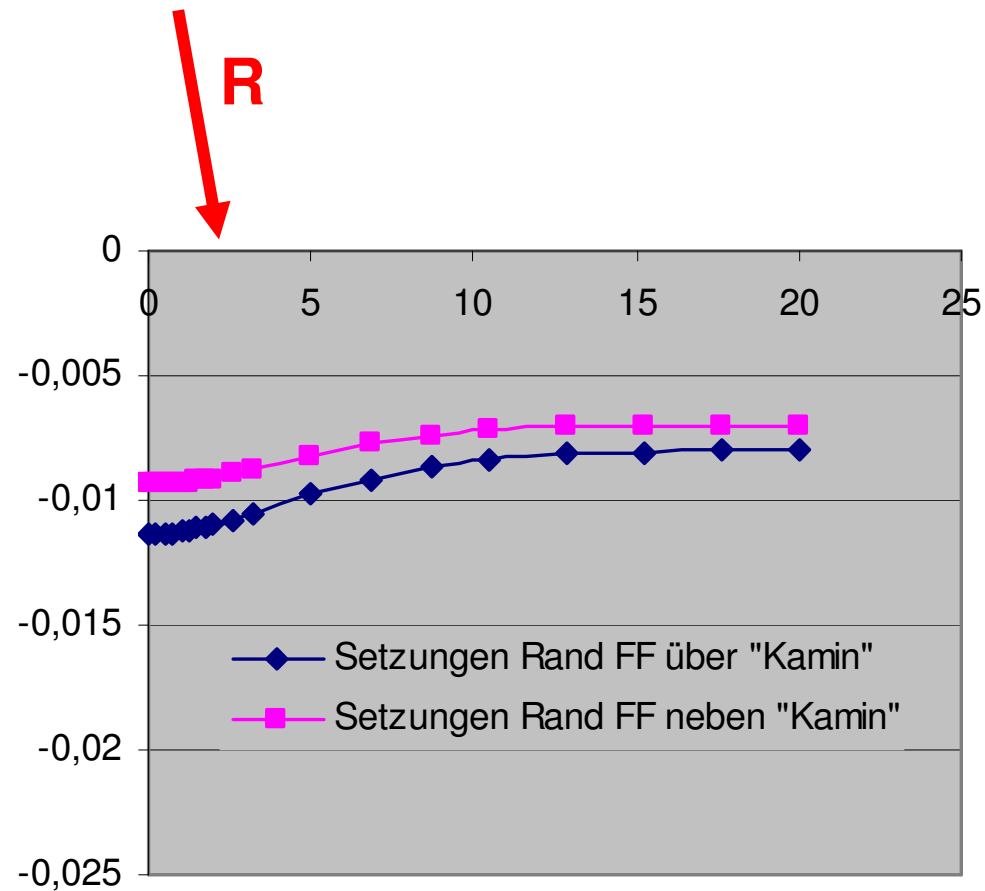
Ergebnisse der Finite-Elemente-Berechnungen

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007









## Ergebnisse der Finite-Elemente-Berechnungen

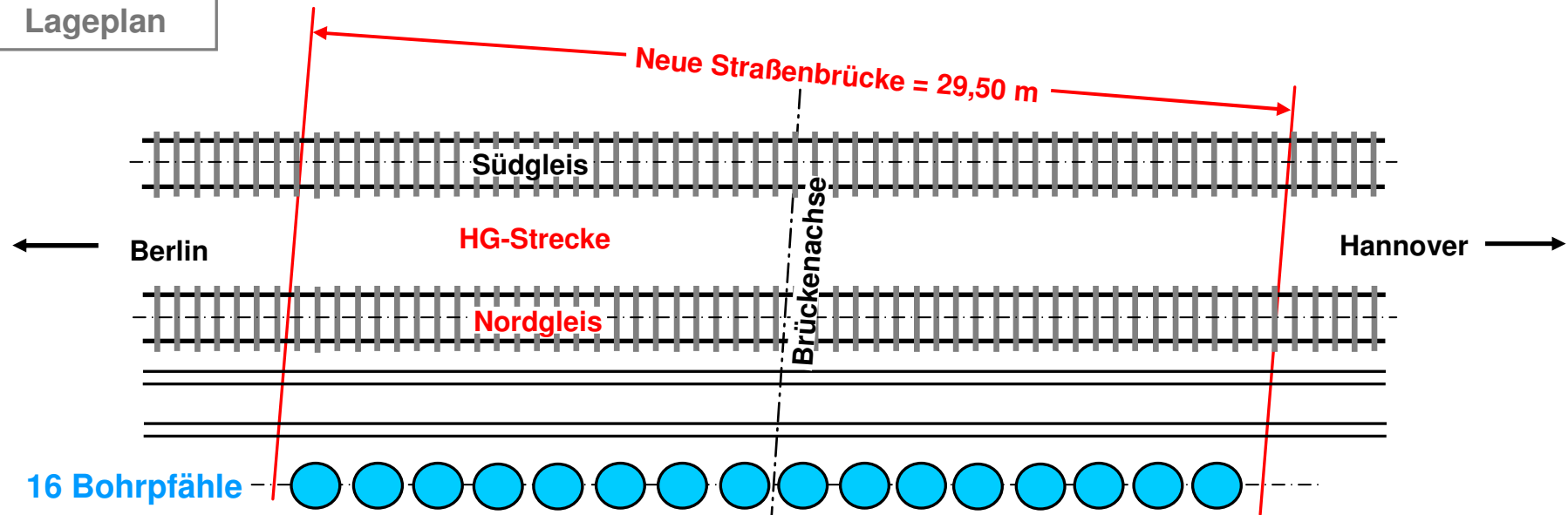
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



## Bohrpfahlgründung für eine Straßenbrücke über die SFS Hannover-Berlin

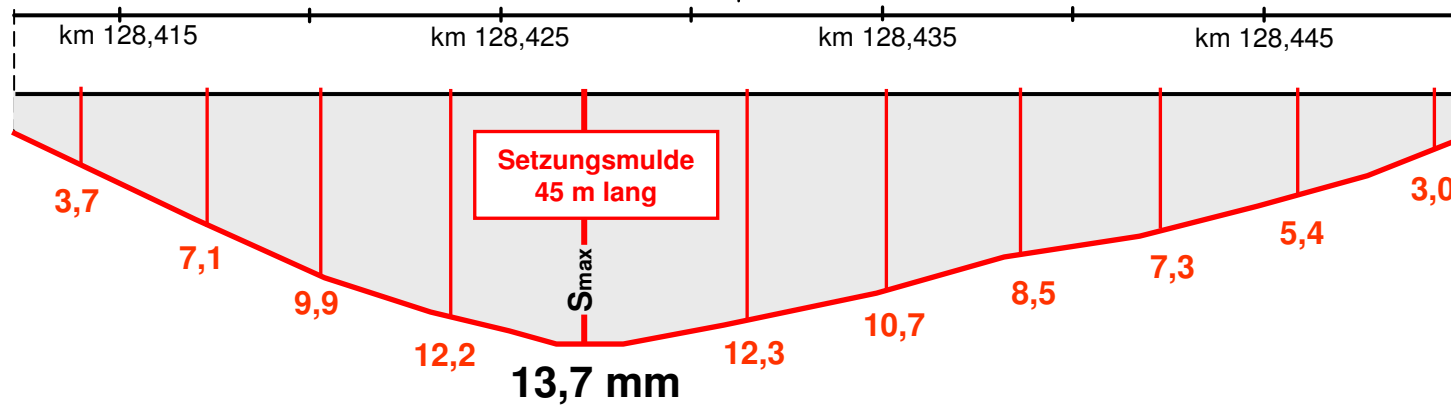
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

Lageplan



16 Bohrpfähle

Setzungsmulde



## Bohrpfahlgründung und Setzungsmulde im Nordgleis der SFS

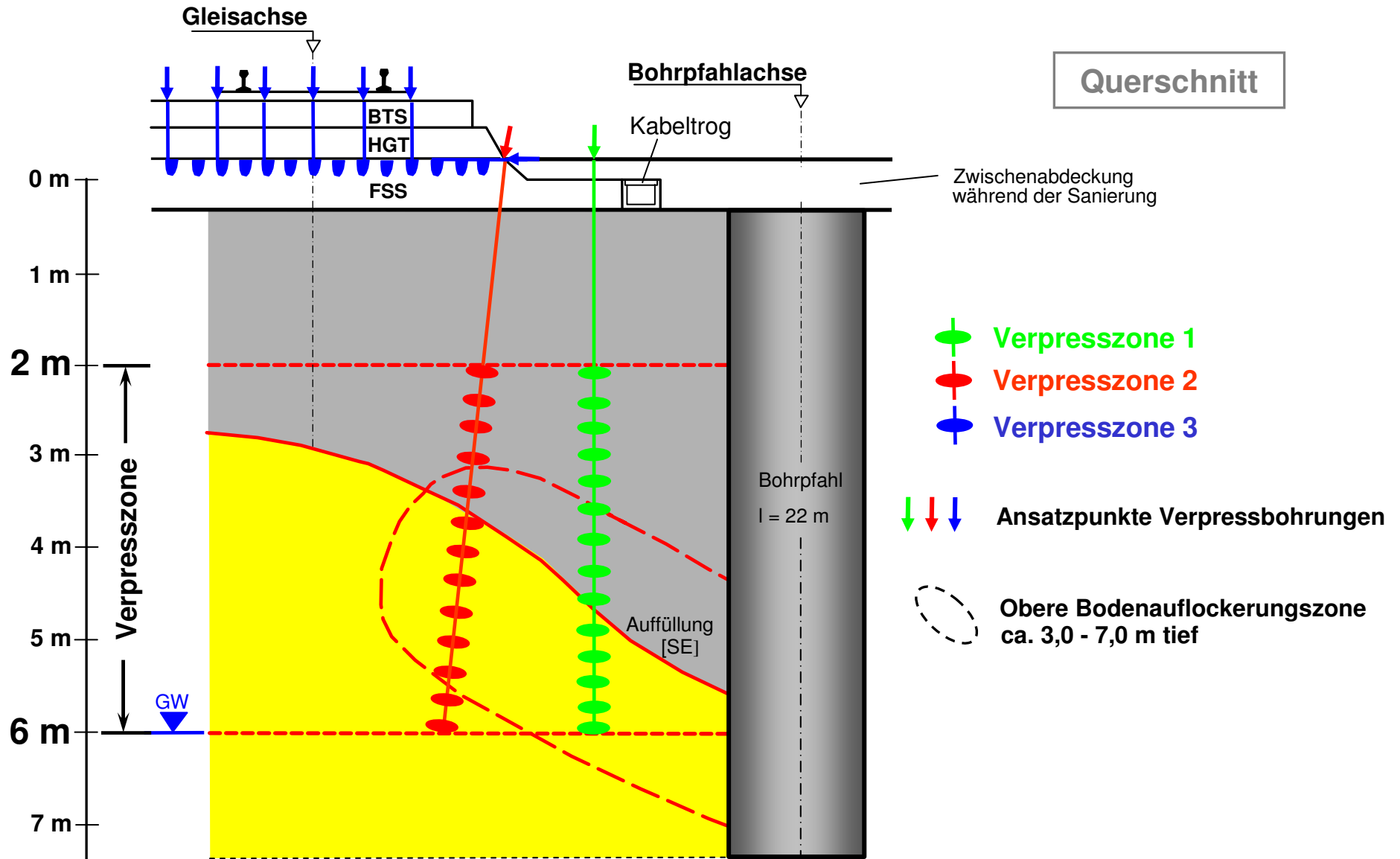
VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007





Risse in der Festen Fahrbahn  
im Setzungszentrum

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007



Sanierungskonzept mit Lage der Verpresszonen VPZ 1 bis VPZ 3

VDEI-Tiefbautagung Dresden 2007

# Inhaltsübersicht

- Einleitung
- Lösungsweg
- Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der Gesamtheitlichen Verformungsbetrachtung
- Besonderheiten und Beispiele
- **Zusammenfassung**