

# Setzungsprognosen für den Gepäckförderanlagen-Tunnel (GFA-Tunnel) des Flughafens Frankfurt am Main durch Anwendung der Finiten-Elemente-Methode

GEC Geotechnik - expo & congress

Dennis Simon (M.Eng)  
Dr.-Ing. Heiko Huber  
Prof.-Dr. Ing. Jürgen Schmitt

24.10.2018



**CDM  
Smith**



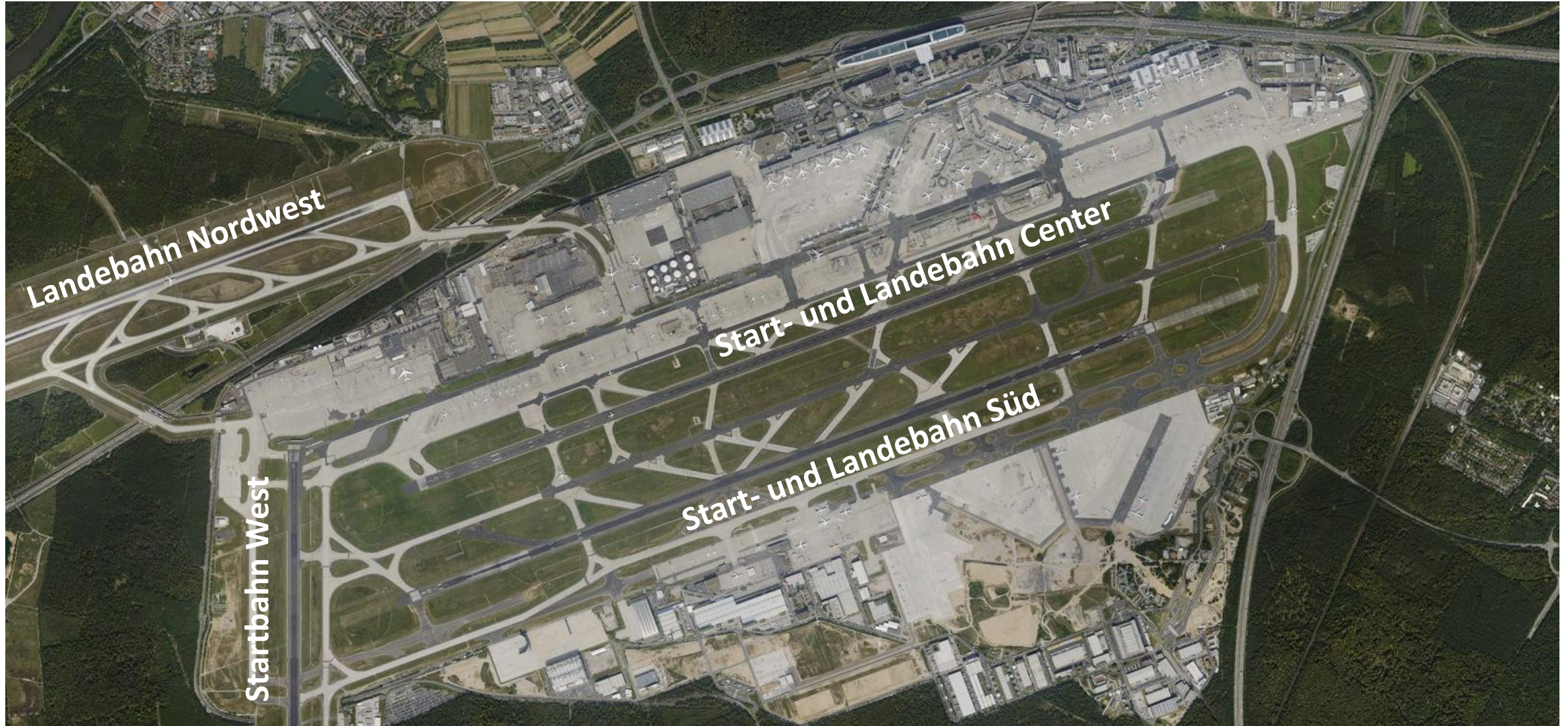
# Inhalt

1. Projektvorstellung
2. Randbedingungen und Herausforderungen
3. Voraussetzungen
4. Vorstudie
5. Ergebnisse und Fazit

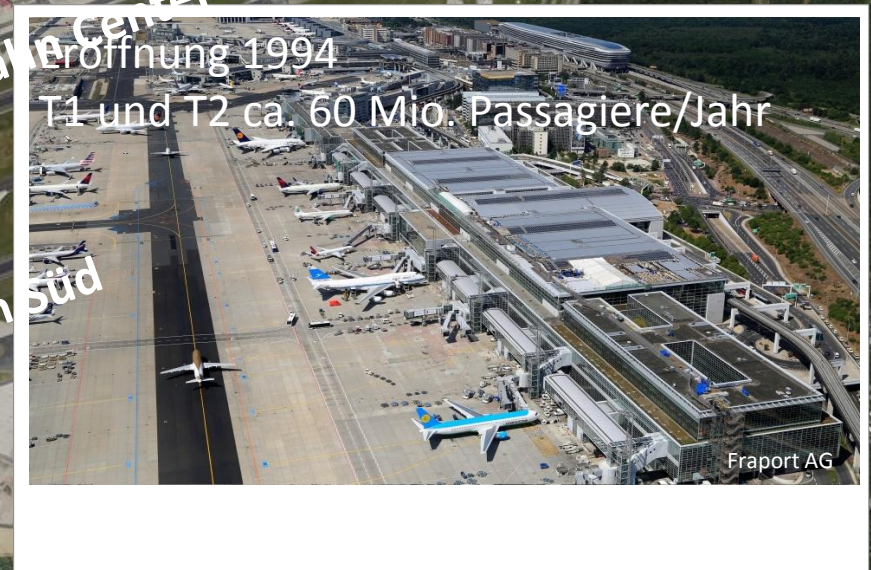
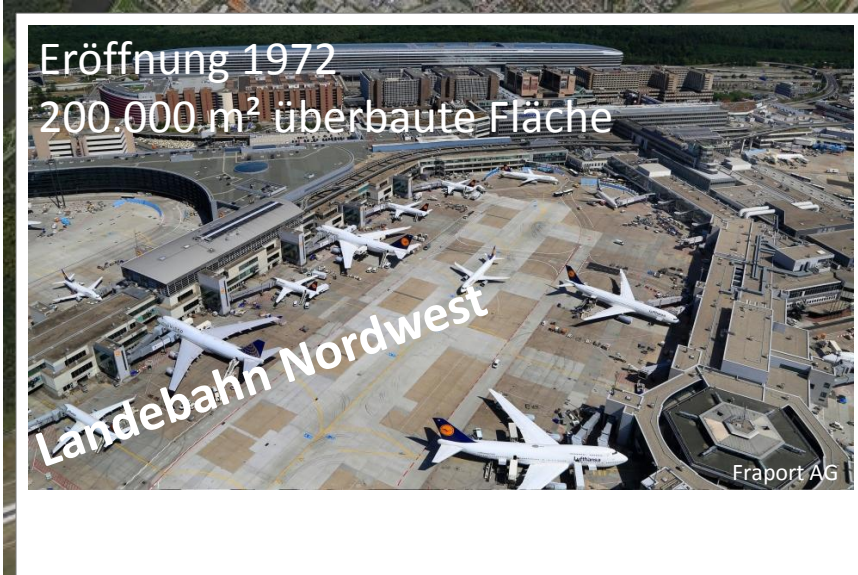
# Projektvorstellung



# Projektvorstellung



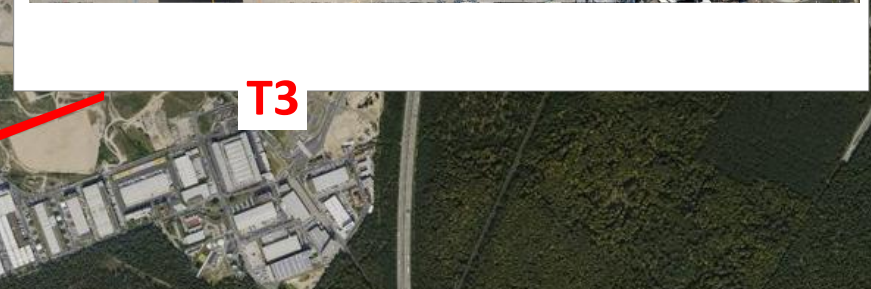
# Projektvorstellung



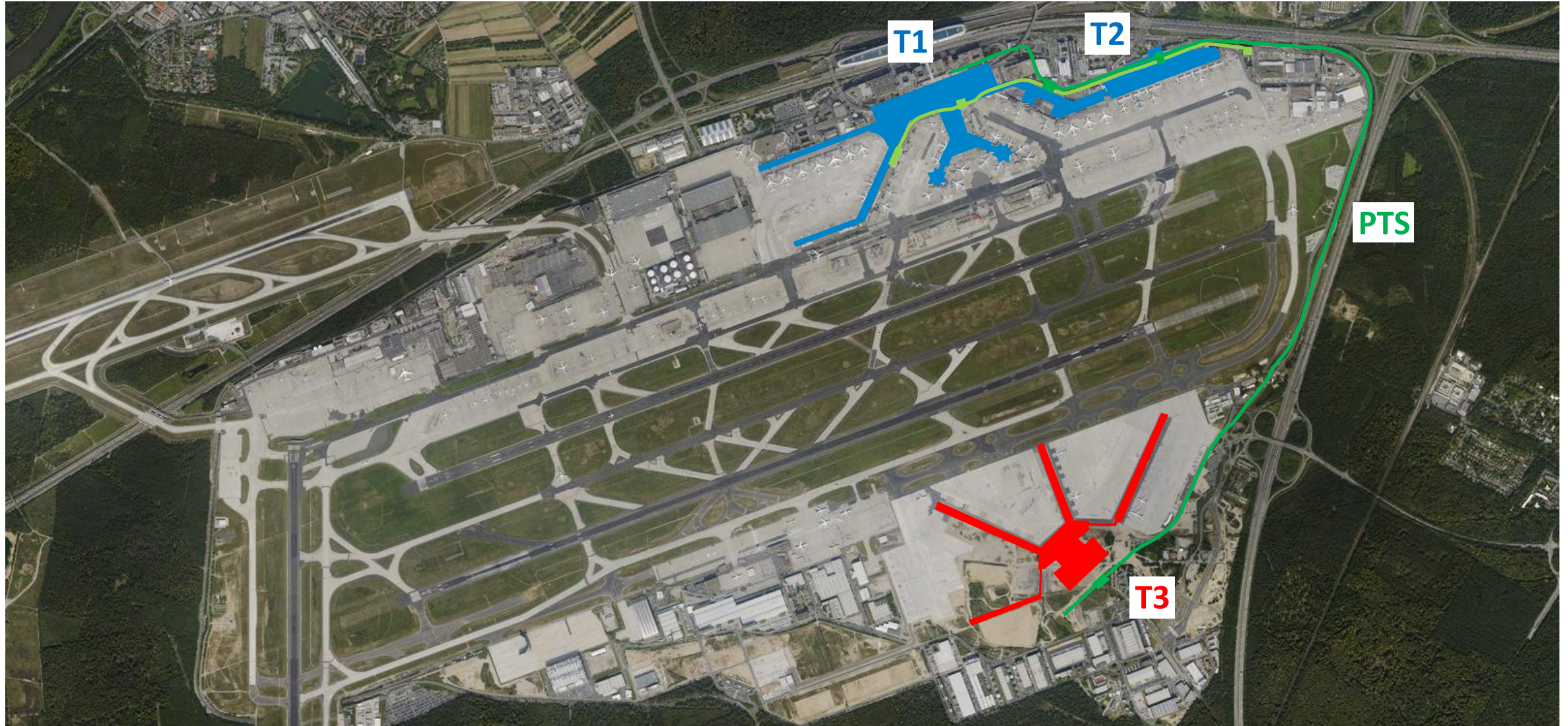
# Projektvorstellung



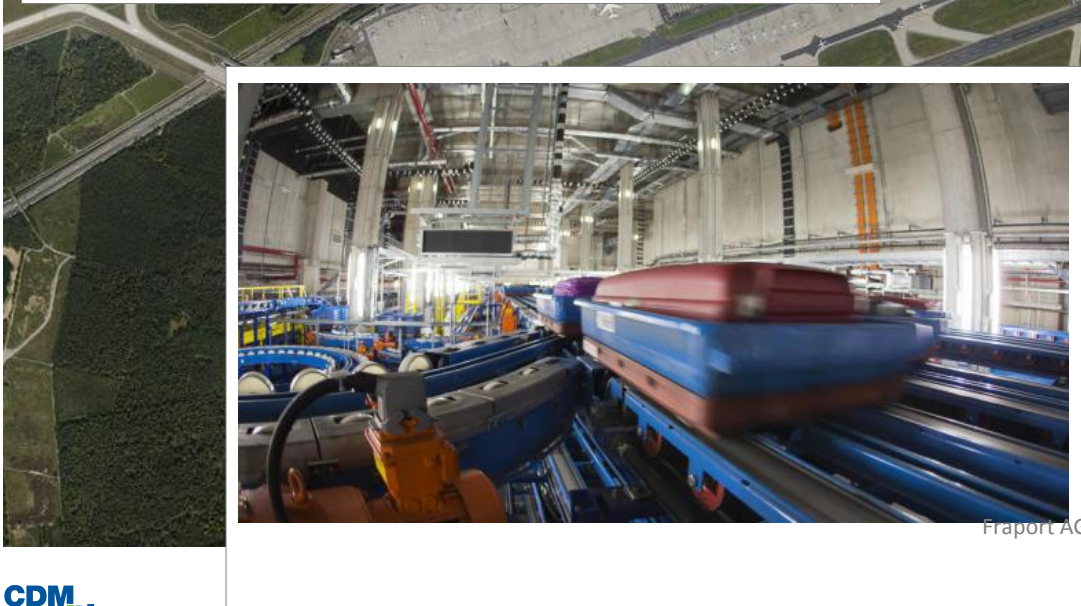
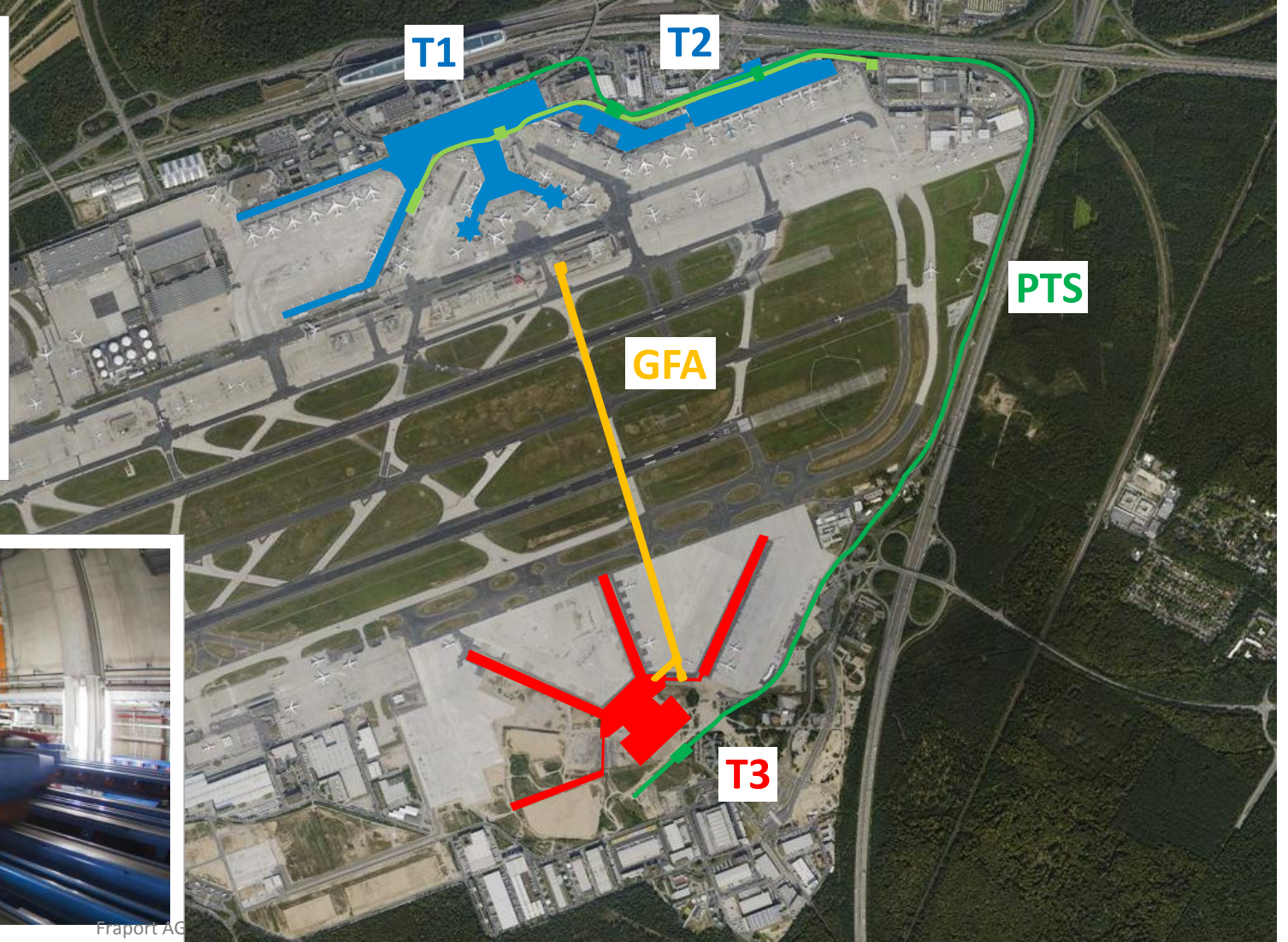
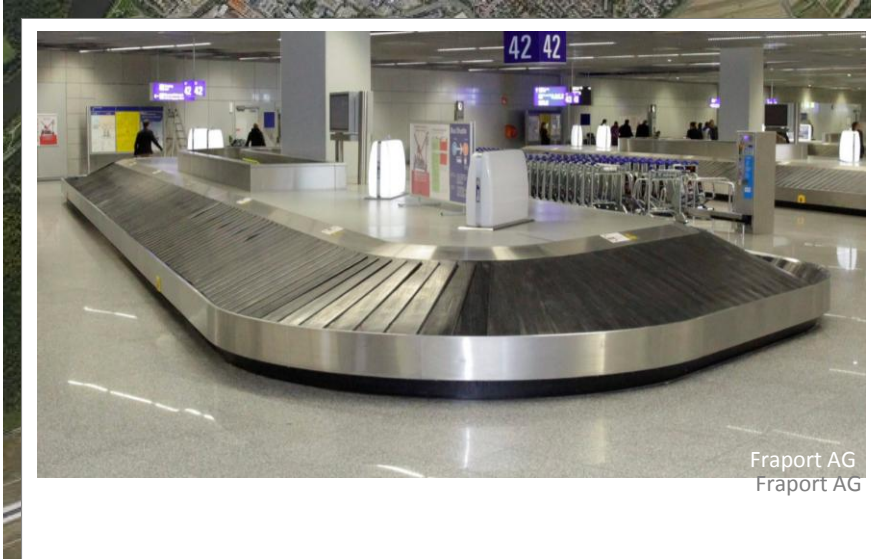
Stand: Juni 2018



# Projektvorstellung

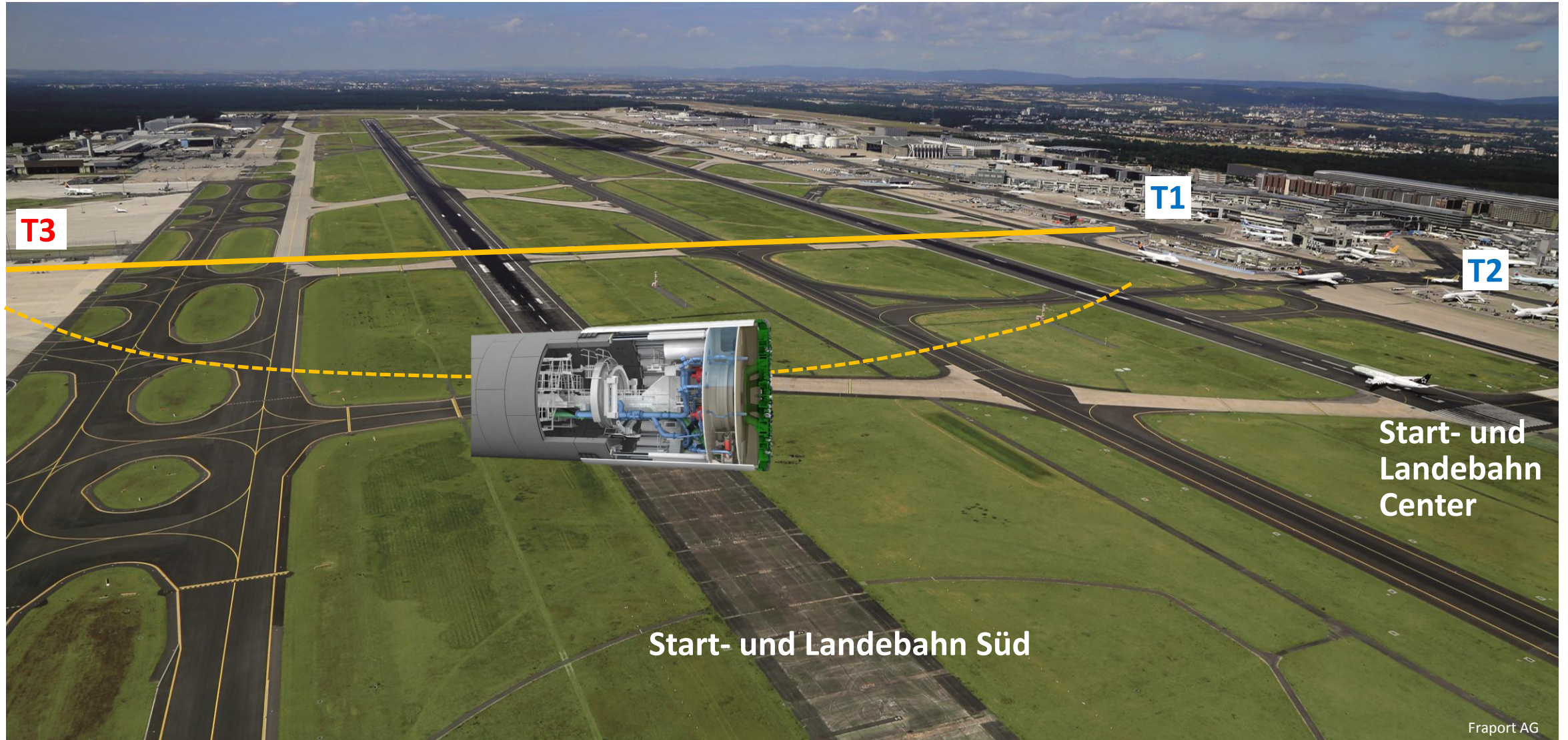


# Projektvorstellung





# Projektvorstellung

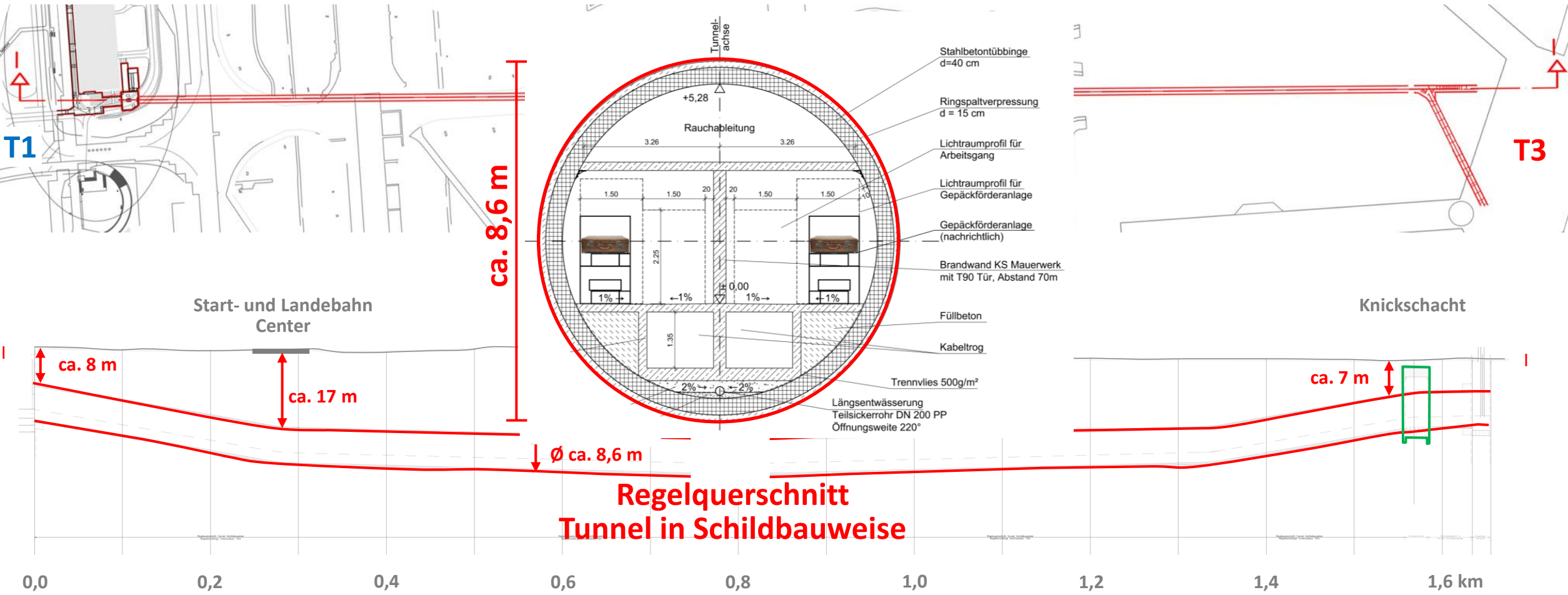


# Projektvorstellung

T2

T1

T3

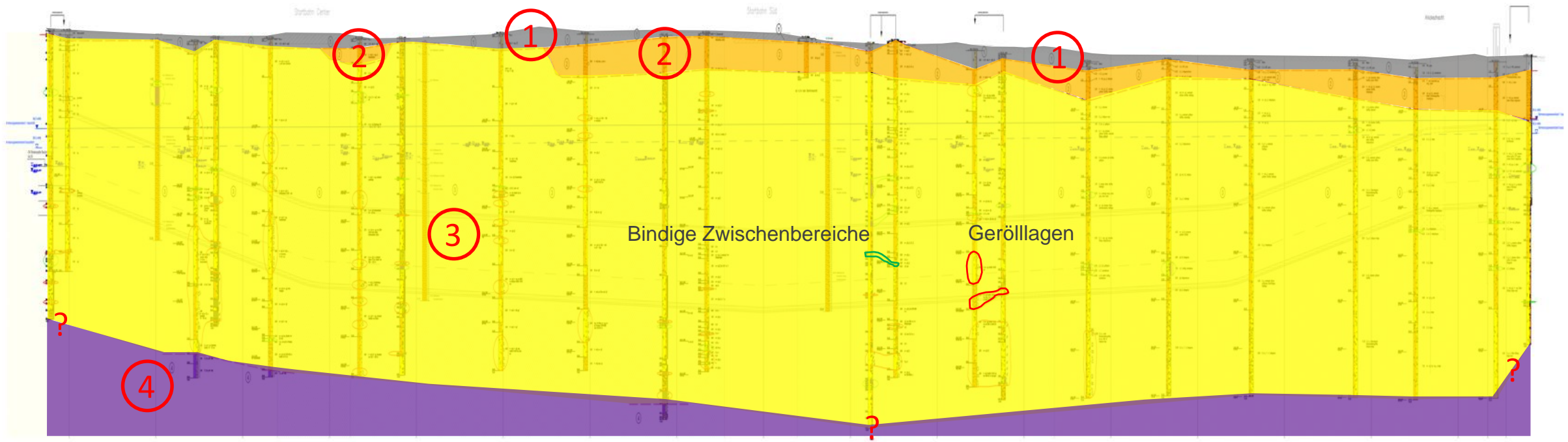


**Regelquerschnitt  
Tunnel in Schildbauweise**

# Randbedingungen und Herausforderungen

- Hohe Setzungsanforderungen ( $\leq 10$  mm)
- Setzungsempfindliche Kerosinleitungen (HBG)
- Hohe Lasteinwirkungen aus aktivem Flugverkehr
- Geringe Überdeckungen in Start- und Zielbereichen ( $< 1 \cdot D$ )
  
- Realitätsnahe Modellierung
- Aussagekräftige Ergebnisse

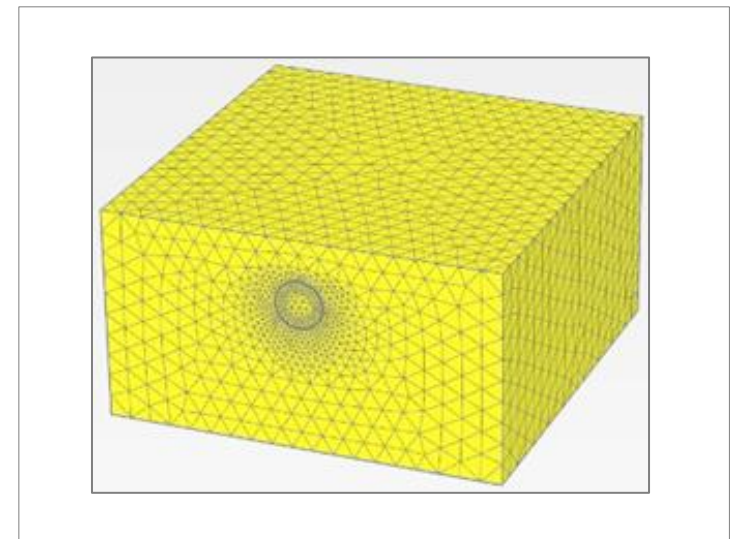
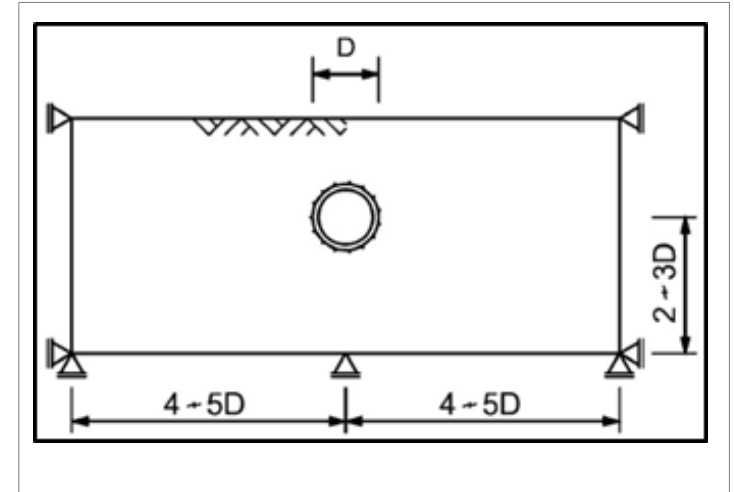
# Voraussetzungen / Baugrundmodellierung



- 1) Auffüllungen
- 2) Quartäre Dünensande
- 3) Quartäre Sande und Kiese
- 4) Tertiäre Böden

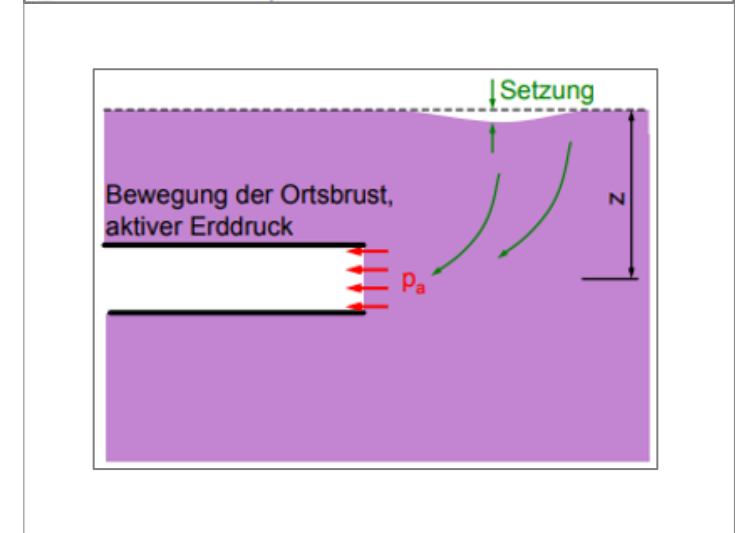
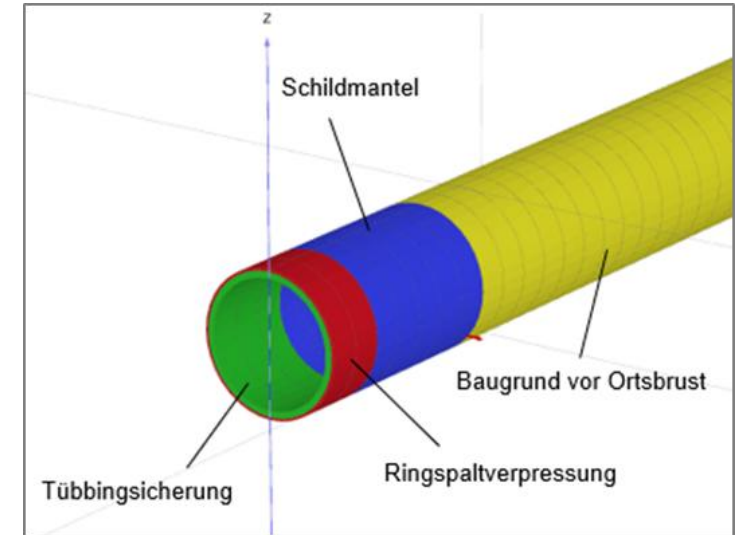
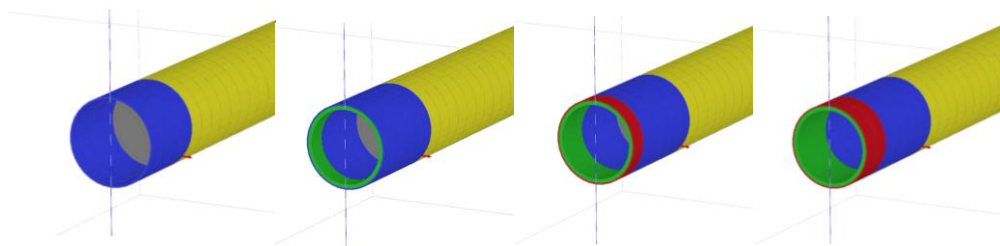
# Voraussetzungen / Baugrundmodellierung

- Modellgrenzen in Anlehnung an die „Empfehlungen des Arbeitskreises Numerik in der Geotechnik“
- Wahl der Berechnungskennwerte gemäß Baugrundgutachten bzw. anhand gängiger Berechnungsmethoden und üblicher Kennwertgrößen



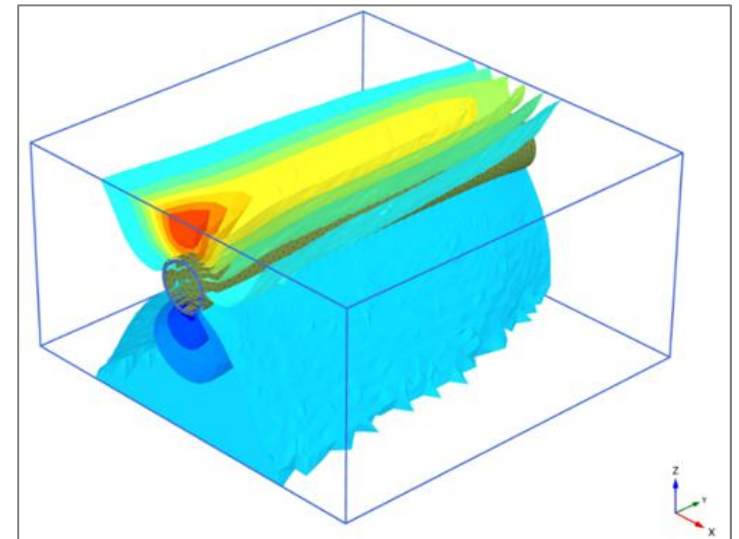
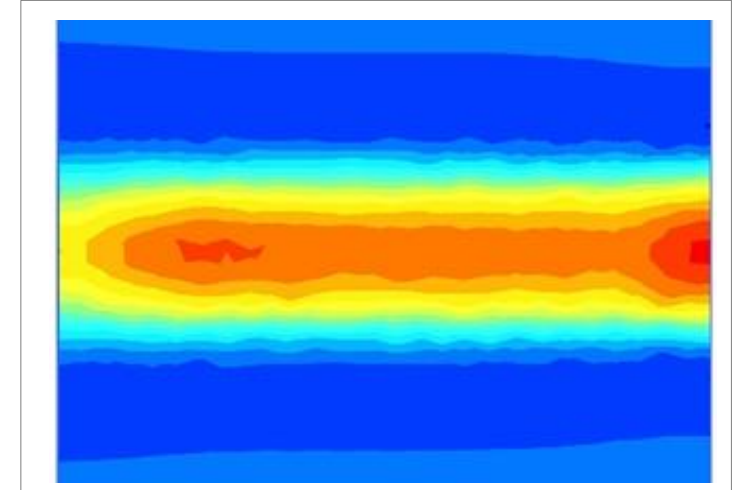
# Voraussetzungen / Modellierung der Tunnelröhre

- Diskretisierung der einzelnen Tunnelbestandteile
  - TVM (Schildmantel)
  - Ringspaltverpressung
  - Tübbinge
- Ansatz des Stütz- und Verpressdrucks im Rahmen der Vorstudie
- Simulation des Vortriebs per step-by-step Methode

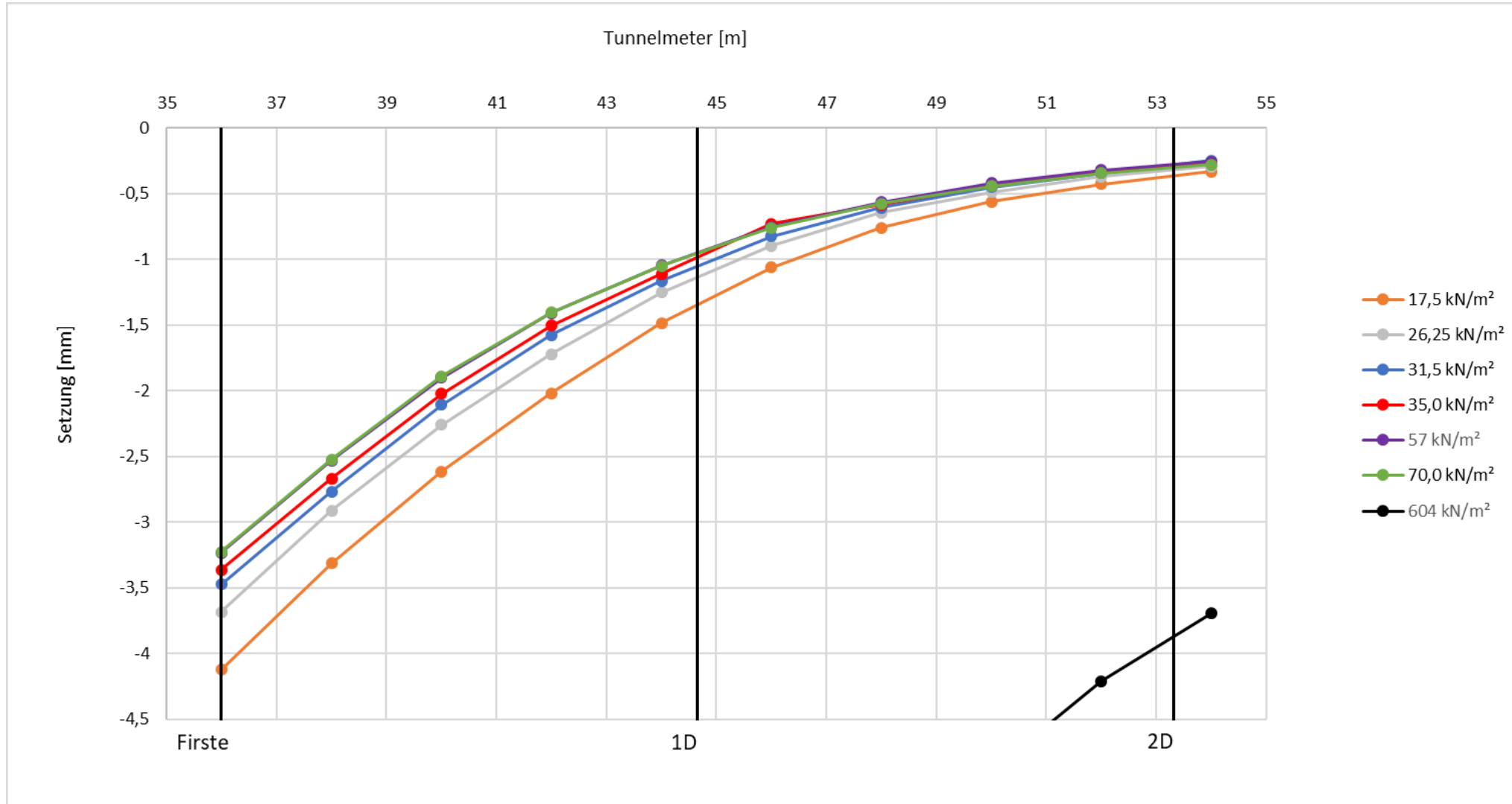


# Vorstudie

- Modellbedingte Aspekte
  - Netzdiskretisierung
- Bautechnische Aspekte
  - Stützdruck
  - Zeitabhängiges Verhalten des Verpressmaterials / Einfluss der Vortriebsgeschwindigkeit
  - Verpressdruck
- Geotechnische Aspekte
  - Grundwasserstände
  - Berücksichtigung der Schluff-/Tonlinsen
  - Flugzeuglasten

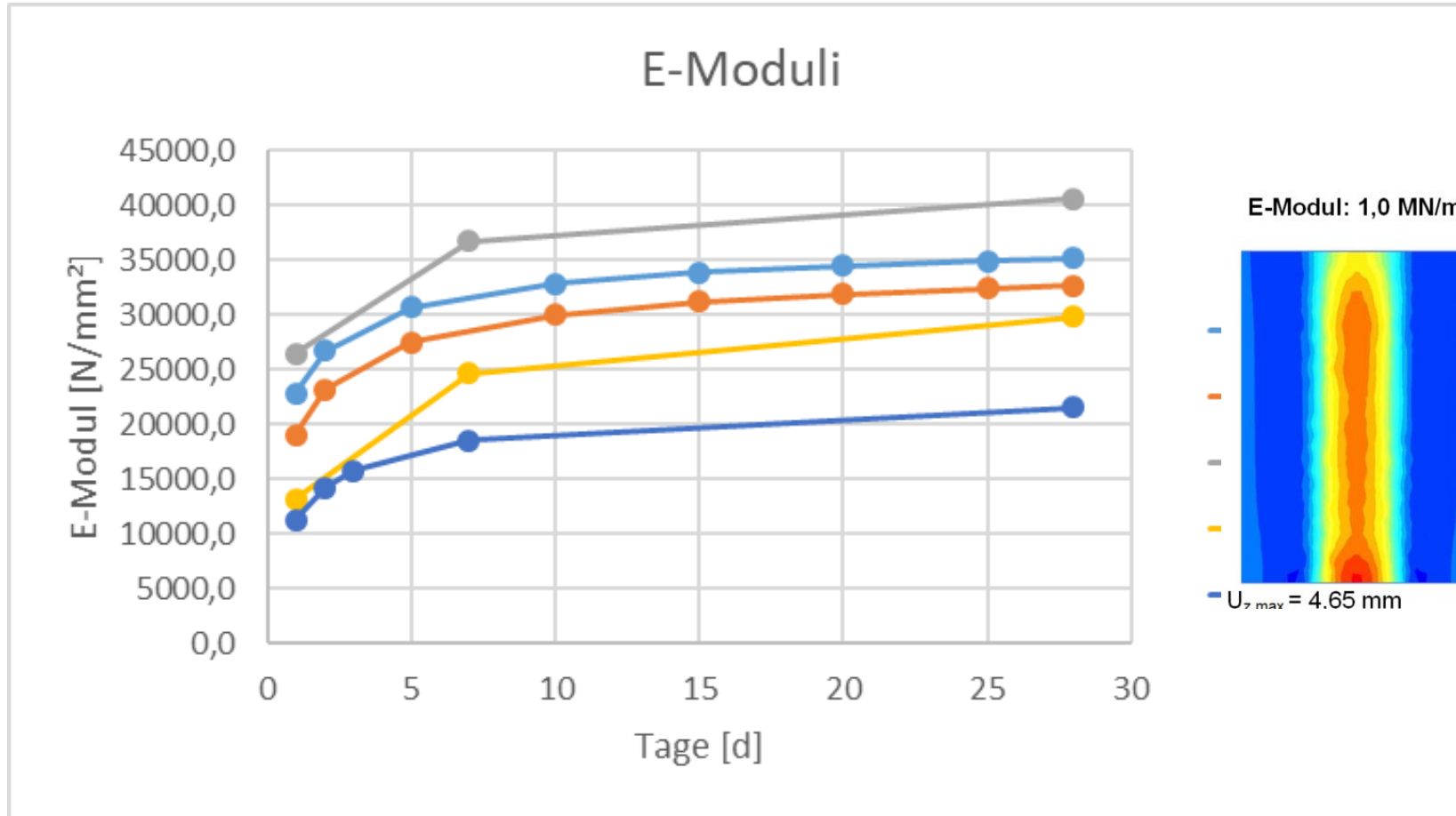


# Vorstudie / Stützdruck

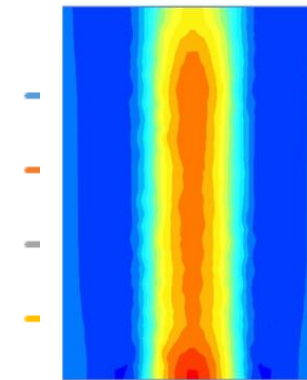




# Vorstudie / Verpressmaterial

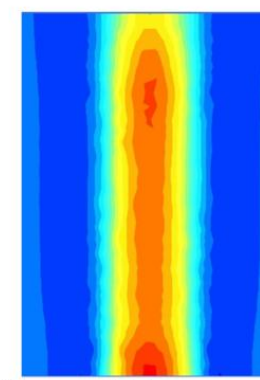


E-Modul: 1,0 MN/m<sup>2</sup>



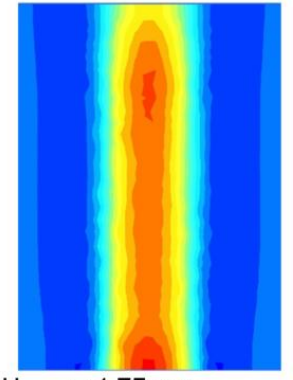
$U_{z,max} = 4,65 \text{ mm}$

E-Modul: 50 MN/m<sup>2</sup>



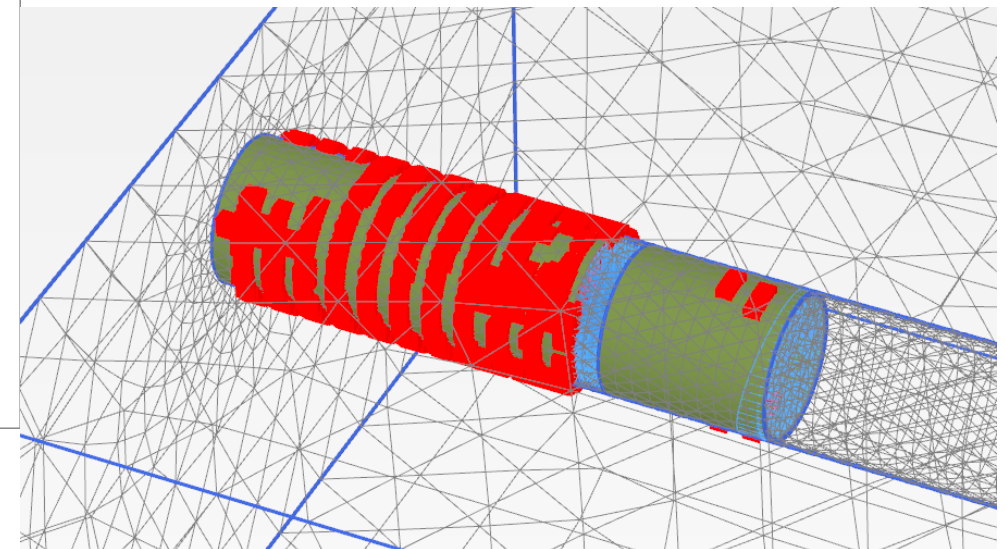
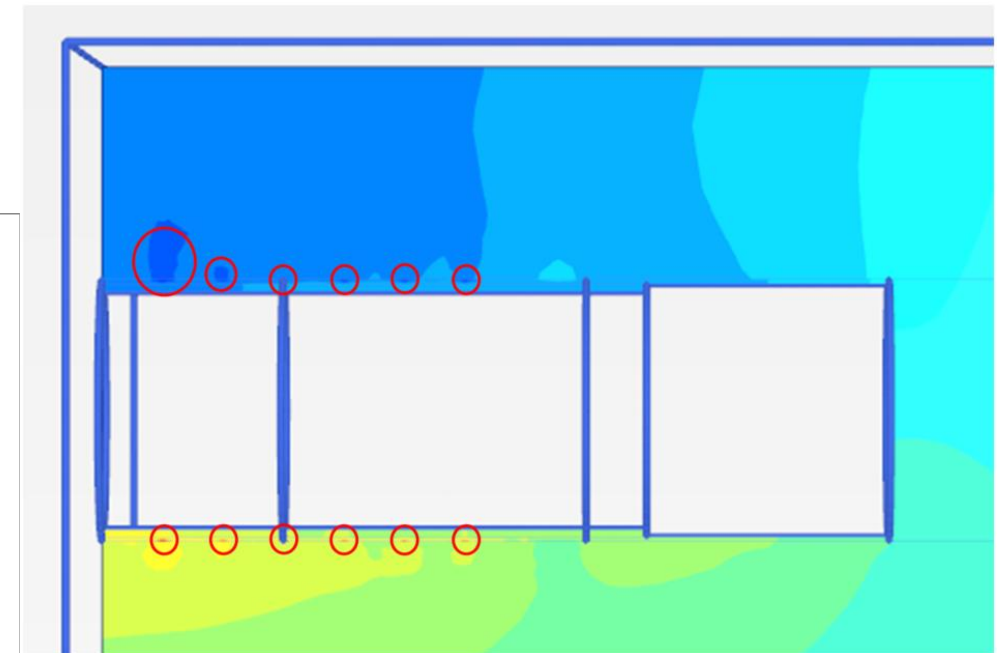
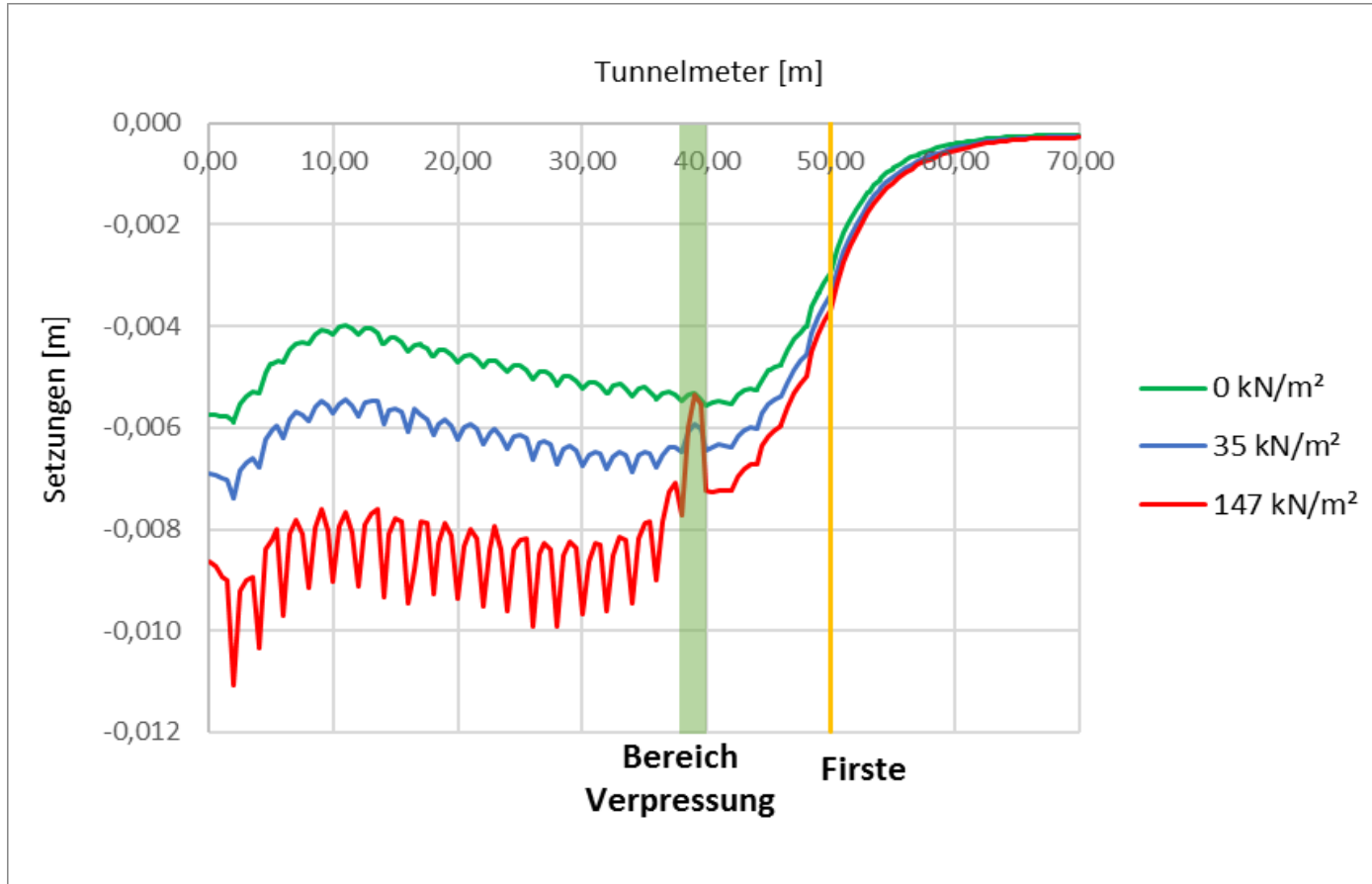
$U_{z,max} = 4,75 \text{ mm}$

E-Modul: 2,5 MN/m<sup>2</sup>



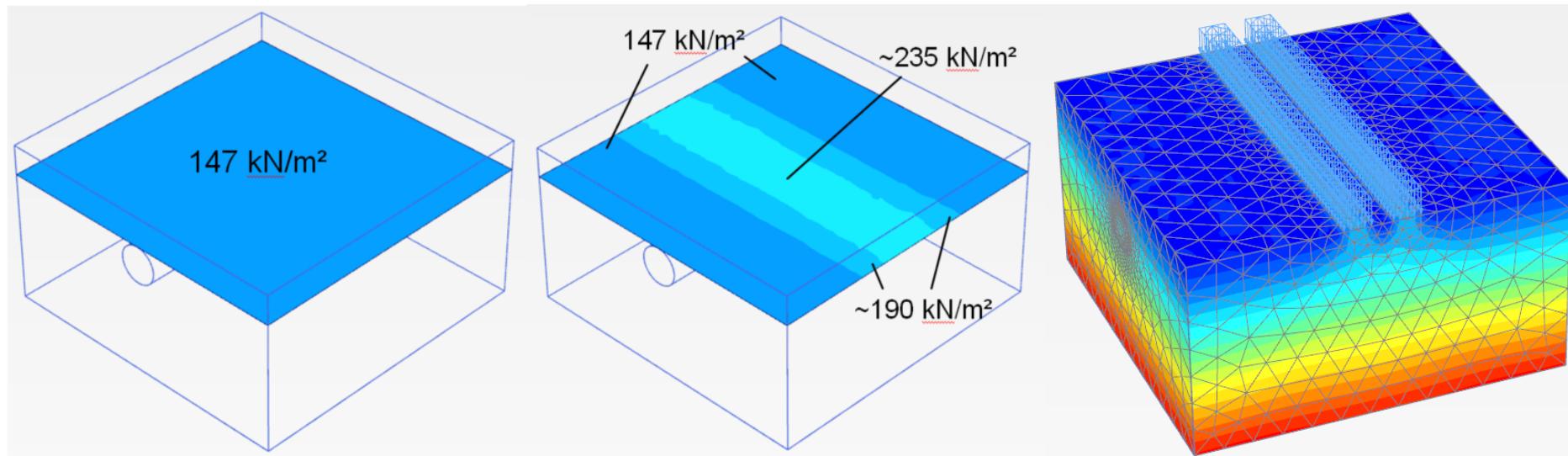
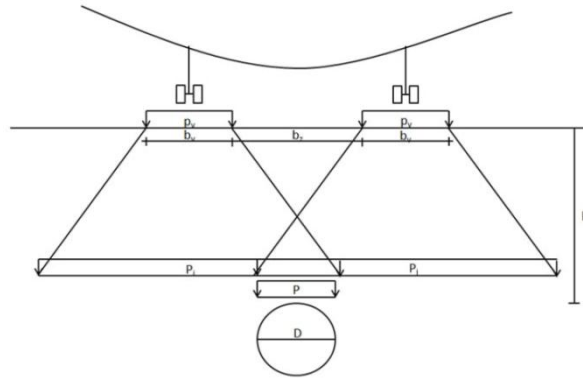
$U_{z,max} = 4,75 \text{ mm}$

# Vorstudie / Verpressdruck



# Vorstudie / Flugzeuglasten

- Ansatz gemäß den Leitsätzen der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Flughäfen



# Vorstudie / GW-Stände und Tonlagen

## Grundwasser:

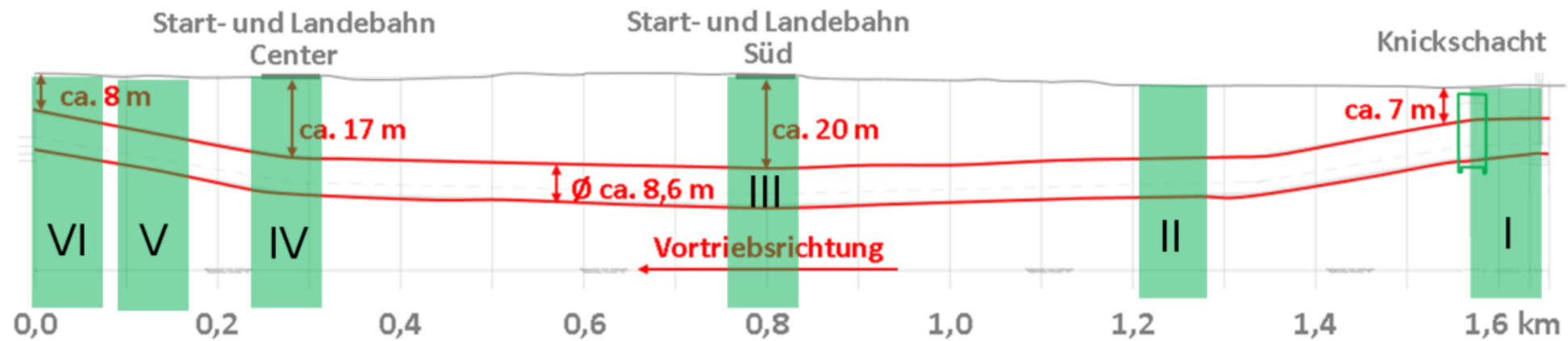
- Variation 3 unterschiedlicher Grundwasserstände
  - kein GW
  - GW = 1,0 m über Tunnelfirste
  - GW = 5,0 m über Tunnelfirste

## Tonlage:

- Variation 4 unterschiedlicher Tiefenlagen
  - keine Berücksichtigung der Schicht 3
  - 2 m mächtige Schicht angrenzend unterhalb der Tunnelröhre
  - 2 m mächtige Schicht mittig der Tunnelröhre
  - 2 m mächtige Schicht angrenzend oberhalb der Tunnelrohre

# Ergebnisse

- Untersuchung 6 maßgebender Tunnelabschnitte ( $L_i = 80,0$  m)



# Ergebnisse

- Anpassung Baugrundsichten und Grundwasserstände anhand vorhandener Aufschlussbohrungen
- Ermittlung der horizontalen Spannungen im Firstbereich
- Festlegung Stützdruckverlauf
- Berechnung der Oberflächensetzungen
- (Berechnung der Setzungen im Bereich der Kerosinleitungen)
- Qualitative Überprüfung der vorlaufenden Setzungen

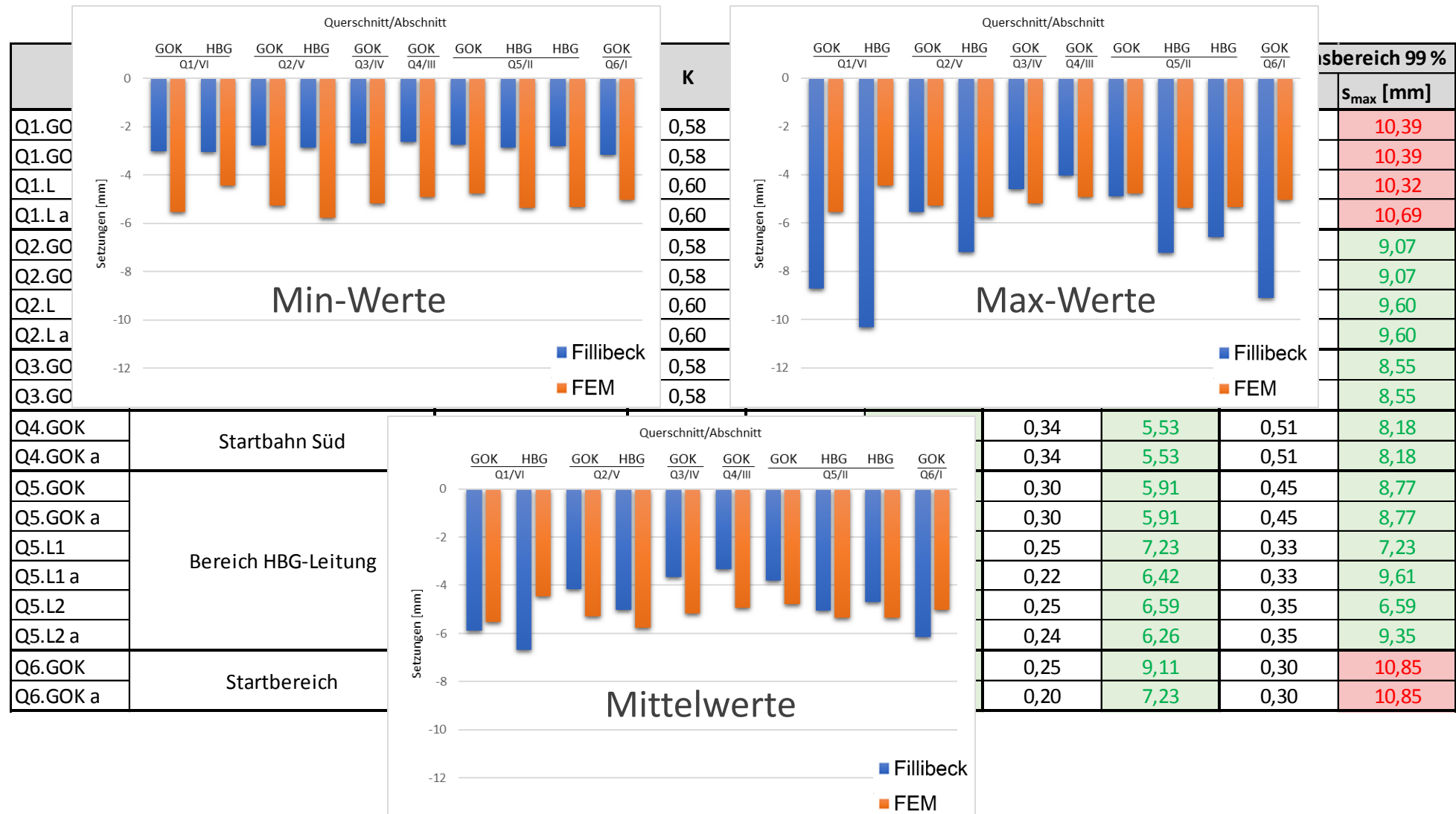
# Ergebnisse

Berechnungsabschnitt	Untersuchungsaspekt	Berechnete Maximalsetzung [mm]	Maßgebende Maximalsetzung [mm]	Anforderung eingehalten [ja/nein]
I	Oberflächensetzungen	6,35	5,03	ja / ja*
	Setzungen an den HBG-Leitungen	-		-
II	Oberflächensetzungen	5,74	4,78	ja / ja*
	Setzungen an den HBG-Leitungen	5,36 / 5,34**		ja
III	Oberflächensetzungen	5,83	4,92	ja / ja*
	Setzungen an den HBG-Leitungen	-		-
IV	Oberflächensetzungen	6,39	5,18	ja / ja*
	Setzungen an den HBG-Leitungen	-		-
V	Oberflächensetzungen	6,73	5,28	ja / ja*
	Setzungen an den HBG-Leitungen	5,76		ja
VI	Oberflächensetzungen	7,45	5,54	ja / ja*
	Setzungen an den HBG-Leitungen	4,45		ja

\*berechnete Maximalsetzungen / maßgebende Maximalsetzungen

\*\*unteres Leitungspaar / oberes Leitungspaar

# Ergebnisse





# Fazit

- aussagekräftige Ergebnisse
- große Anzahl an Sicherheiten trotz numerischer Ungenauigkeiten
- vergleichbare Ergebnisse (analytisch <-> numerisch)
  
- Messwerte <-> Berechnungsergebnisse

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.



# Vorstudie / Flugzeuglasten

