

Tübbingausbau in druckhaftem Gebirge

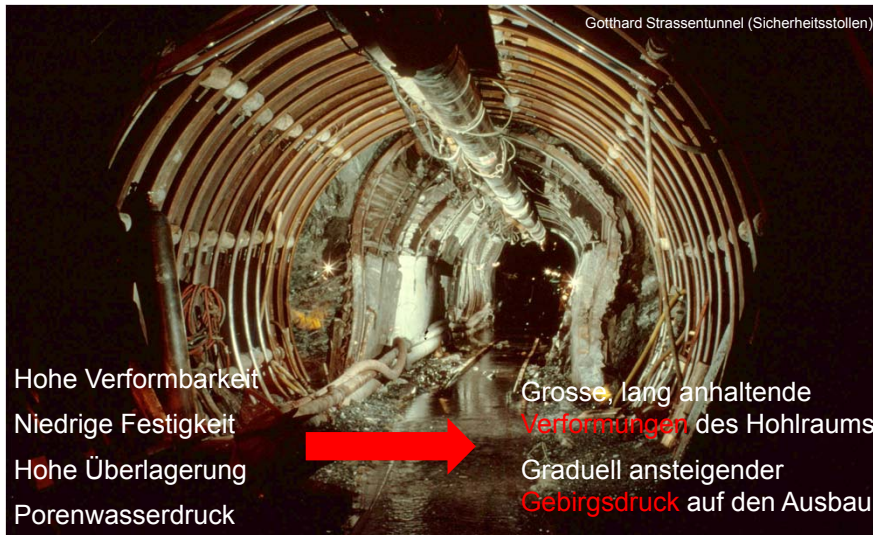
Florence Mezger
ETH zürich

Dr. Marco Ramoni
Basler & Hofmann

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe", ETH Zürich, 07.05.2015



Druckhaftes Gebirge



3

Druckhaftes Gebirge

Konventioneller Vortrieb



TBM-Vortrieb

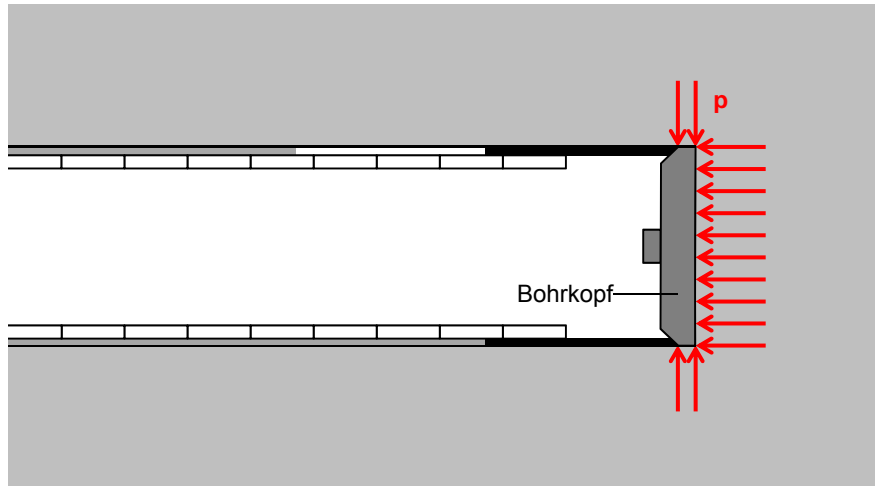


Bereits **Konvergenzen von 10–20 cm** können zu **Problemen** im Bereich der TBM oder des Nachläufers führen

4

Spezifische Probleme

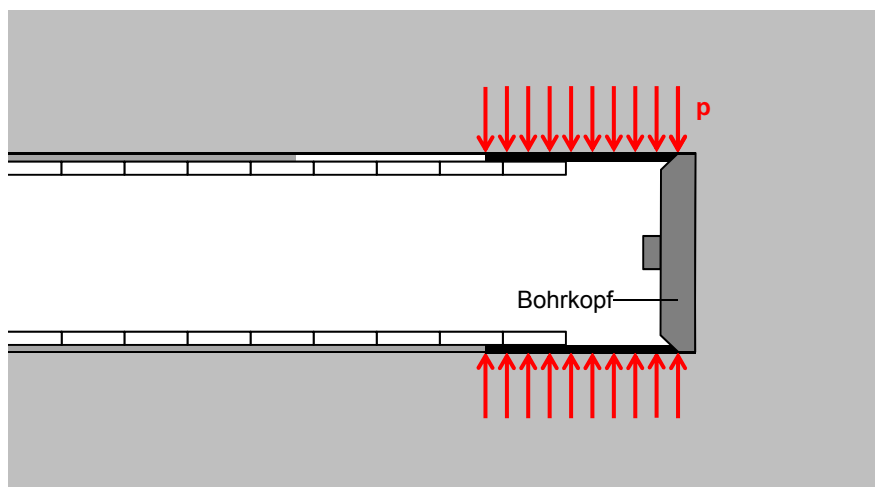
Blockieren des Bohrkopfes



5

Spezifische Probleme

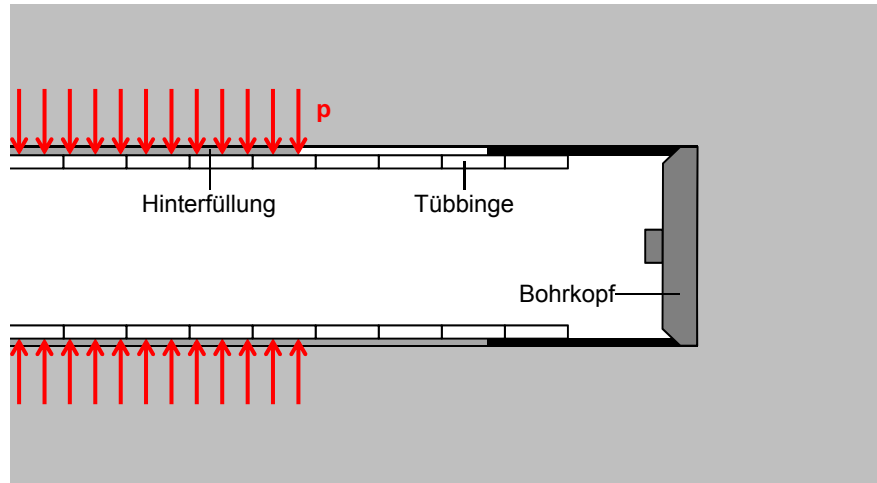
Verklemmen des Schildes



6

Spezifische Probleme

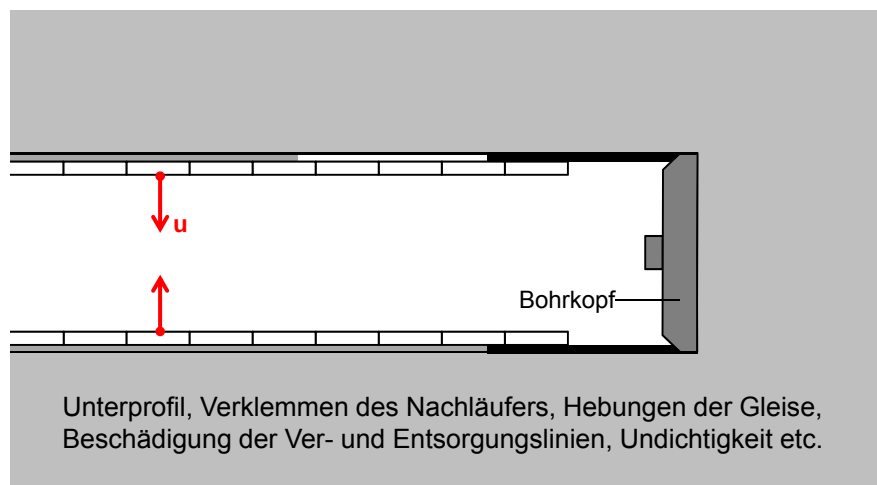
Beschädigung des Ausbaus



7

Spezifische Probleme

Unzulässige Konvergenzen



8

Spezifische Probleme

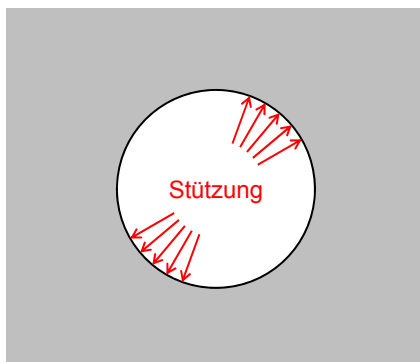
- Blockieren des Bohrkopfes
- Verklemmen des Schildes
- **Beschädigung des Ausbaus**
- Unzulässige Konvergenzen



9

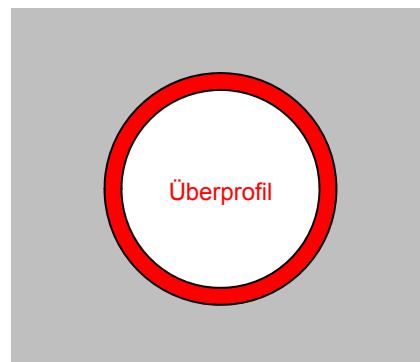
Konzepte

Praktisch starr
(«Widerstandsprinzip»)



Gebirgsdruck aufnehmen
(Gebirgsverformungen verhindern)

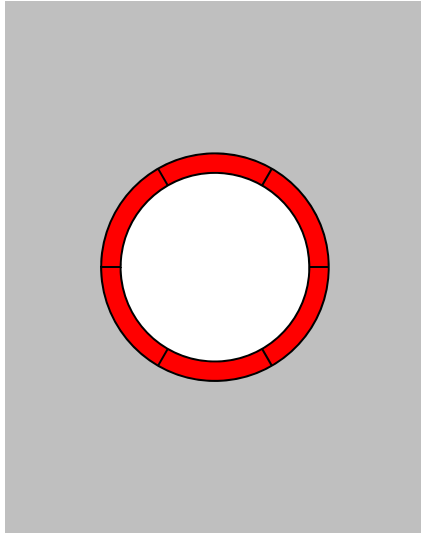
Nachgiebig
(«Ausweichprinzip»)



Gebirgsdruck reduzieren
(Gebirgsverformungen zulassen)

10

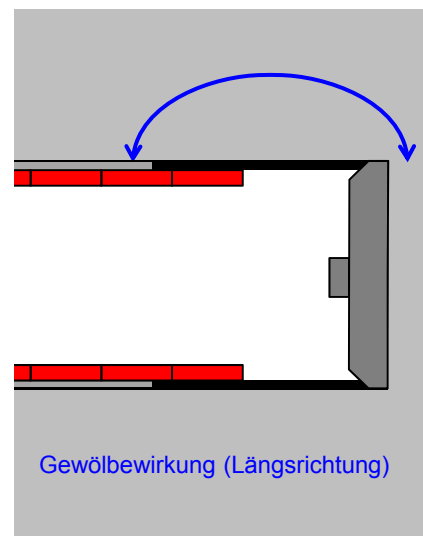
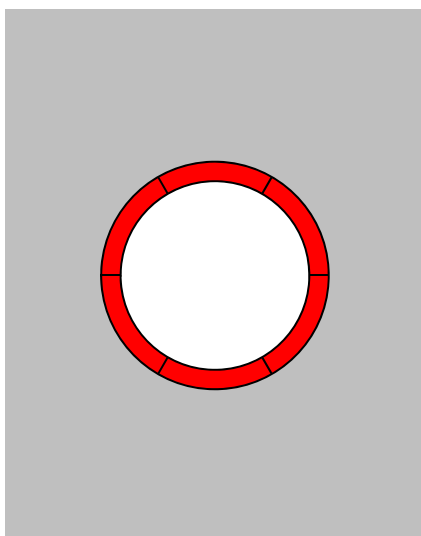
Widerstandsprinzip



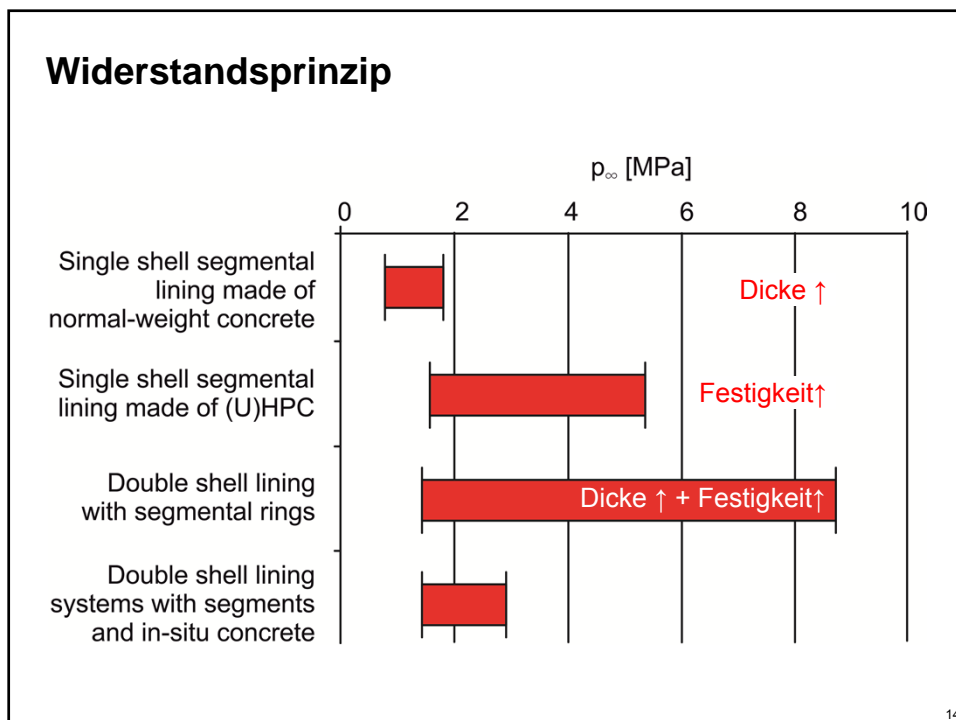
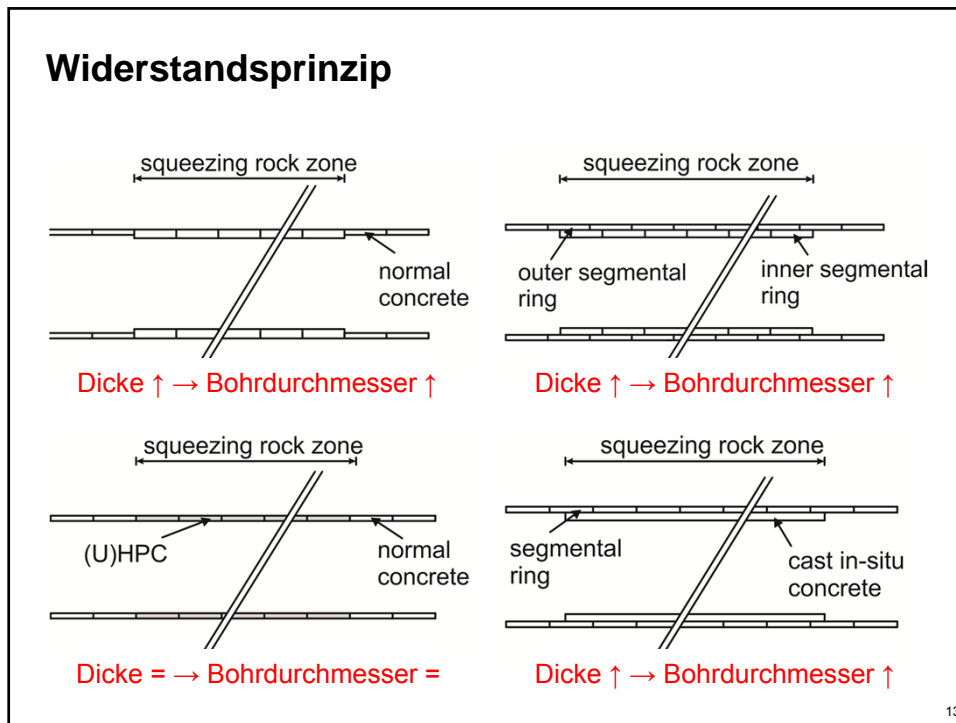
- **Standardlösung** in Kombination mit Schild-TBM
- Aufnahme von hohem Gebirgsdruck möglich
- «Entlastung» des Schildes

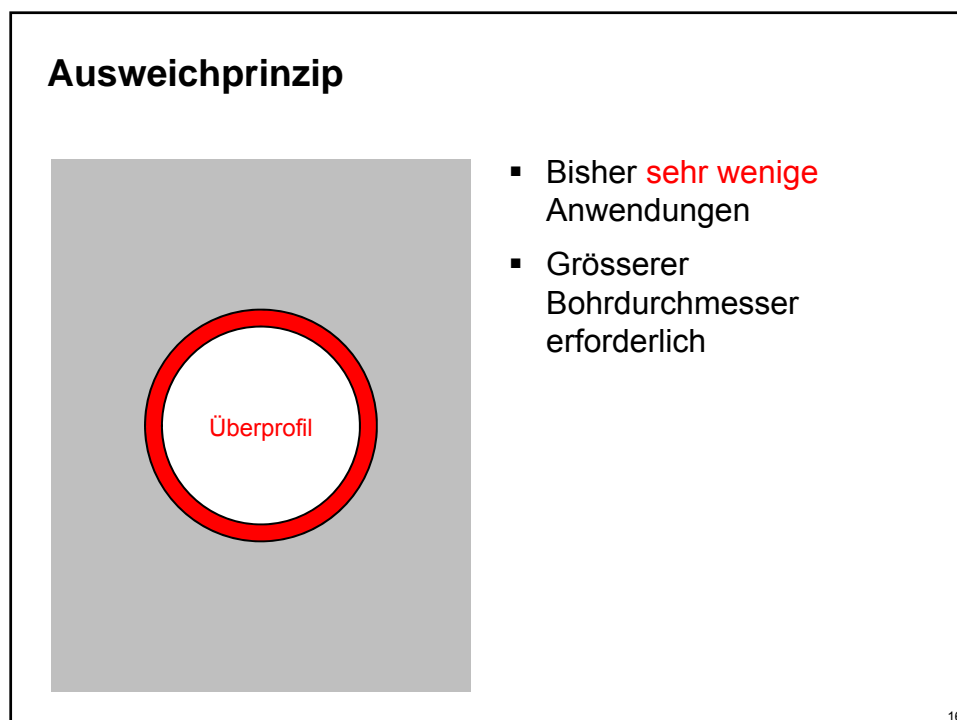
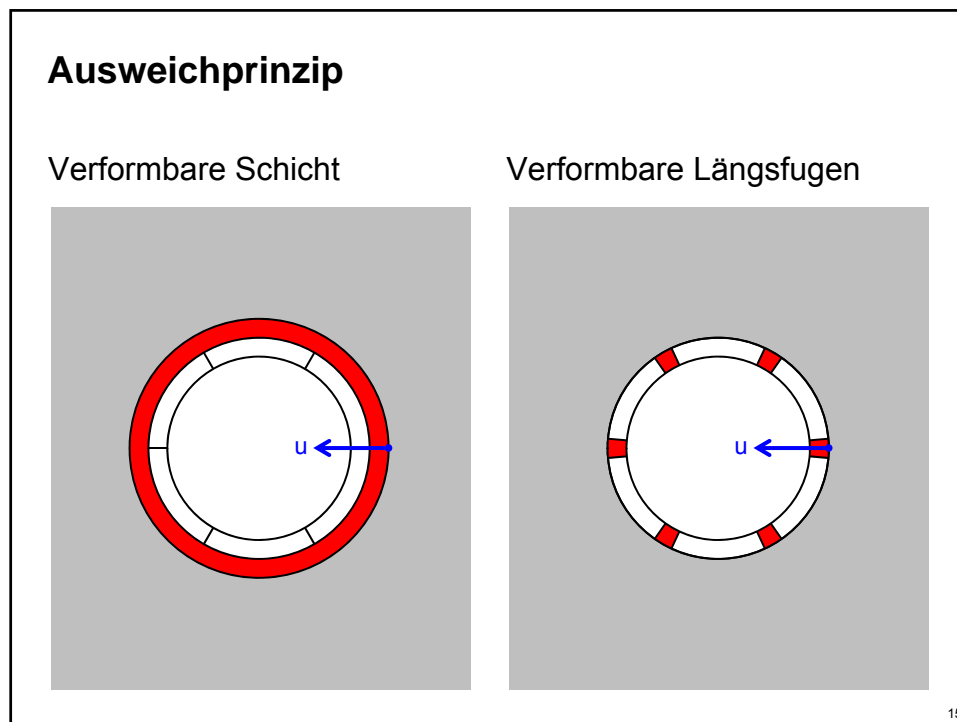
11

Widerstandsprinzip



12





Ausweichprinzip

Verformbare Schicht

$u < \Delta D$

Verformbare Längsfugen

$u = \Delta D$

17

Anwendungsbereich (qualitativ)

Gebirgsqualität	Überlagerung	
	hoch	klein
«schlecht»	(1) steif?	(3) steif
«gut»	(2) steif oder nachgiebig	(4) steif

- (1) u gross, $p <?> p_{max}$
- (2) Δu klein $\rightarrow \Delta p$ gross
- (3) p klein
- (4) p klein

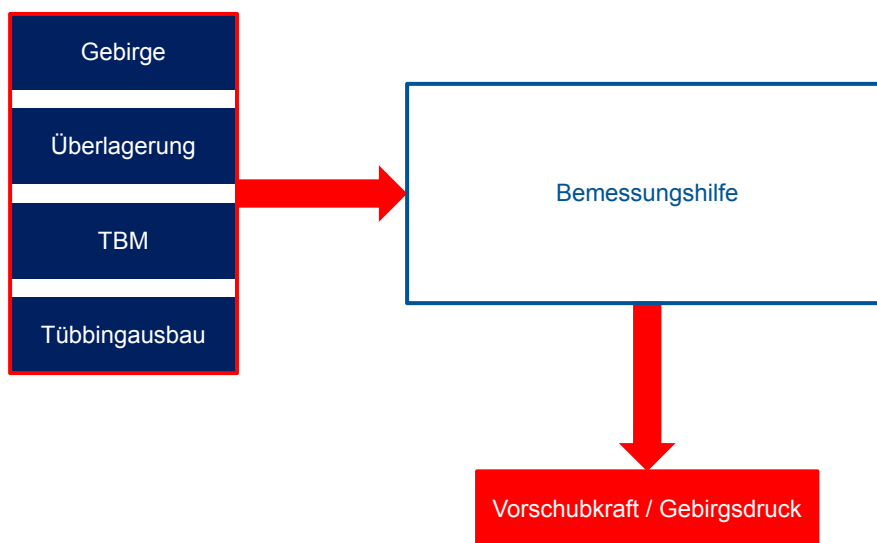
18

Bemessungshilfen

- Ziel: Quantitative Beurteilung der Ausbausysteme (Anwendungsbereich)
- Verklemmen des Schildes (grundsätzliche **Machbarkeit** des Schild-TBM-Vortriebs)
 - Ermittlung der erforderlichen Vorschubkraft
- Beschädigung des Ausbaus
 - Ermittlung des Gebirgsdrucks auf den Ausbau

19

Bemessungshilfen



20

Anwendungsbeispiel

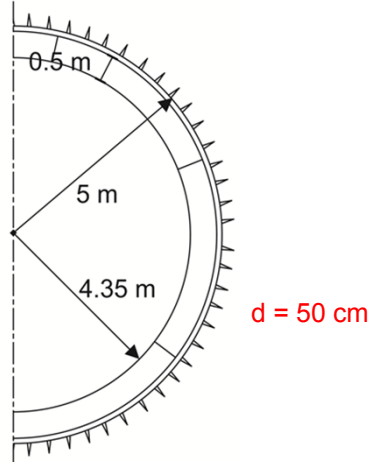
- **Steifes** oder **nachgiebiges** Ausbausystem?
- «Gute» Gebirgsqualität
 - Elastizitätsmodul $E = 5 \text{ GPa}$
 - Einaxiale Druckfestigkeit $f_c = 5 \text{ MPa}$
- «Hohe» Überlagerung $H = 800 \text{ m}$

21

Anwendungsbeispiel

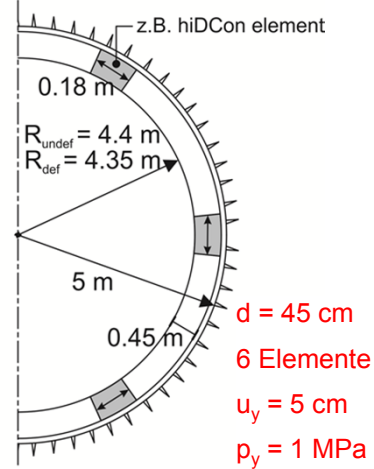
Steifes Ausbausystem

WP:



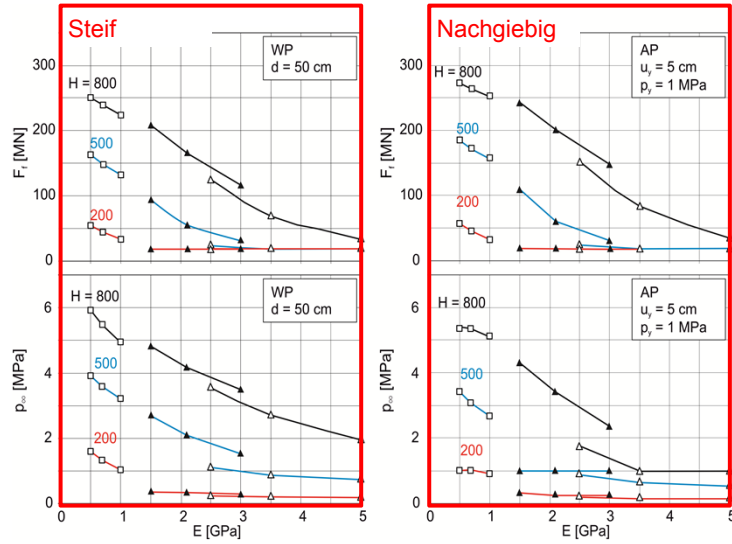
Nachgiebiges Ausbausystem

AP:



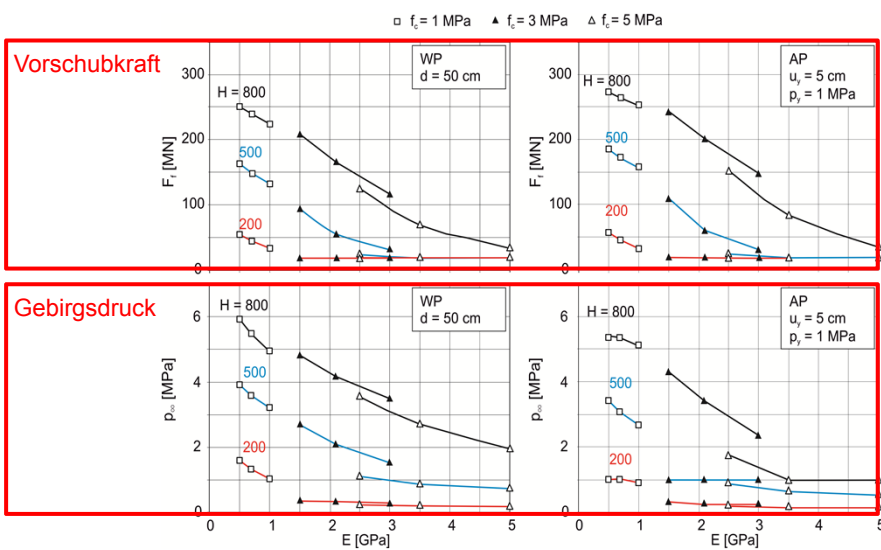
22

Anwendungsbeispiel

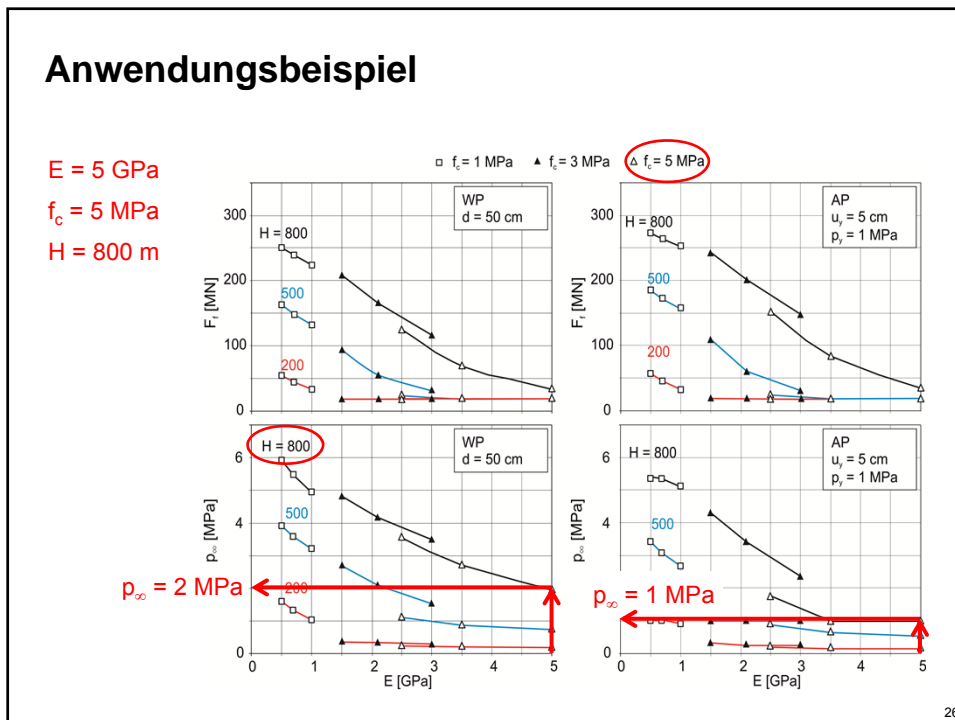
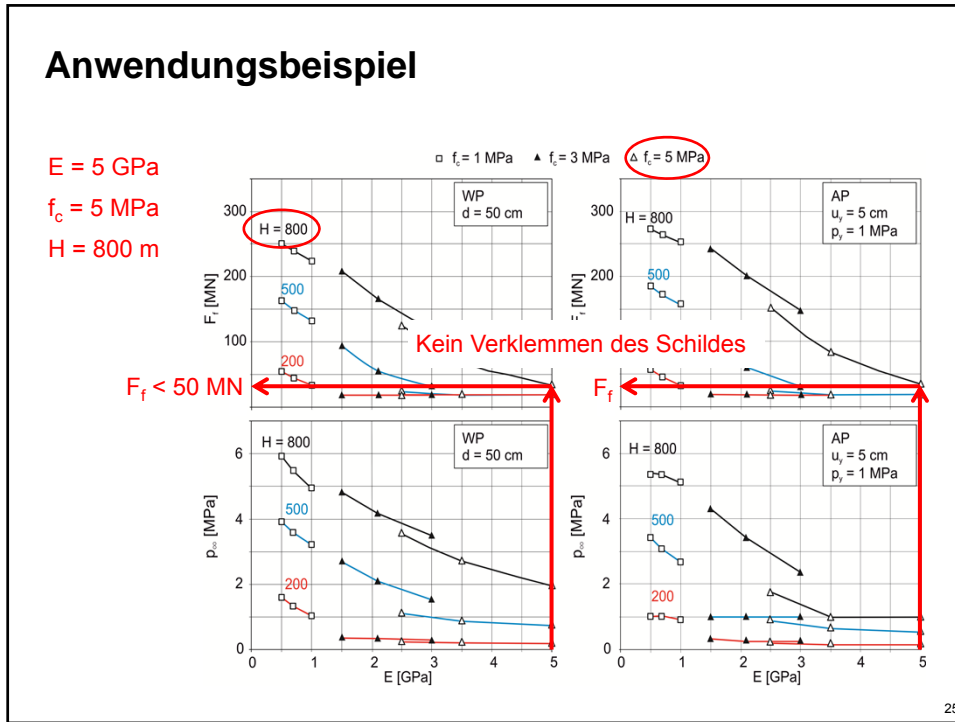


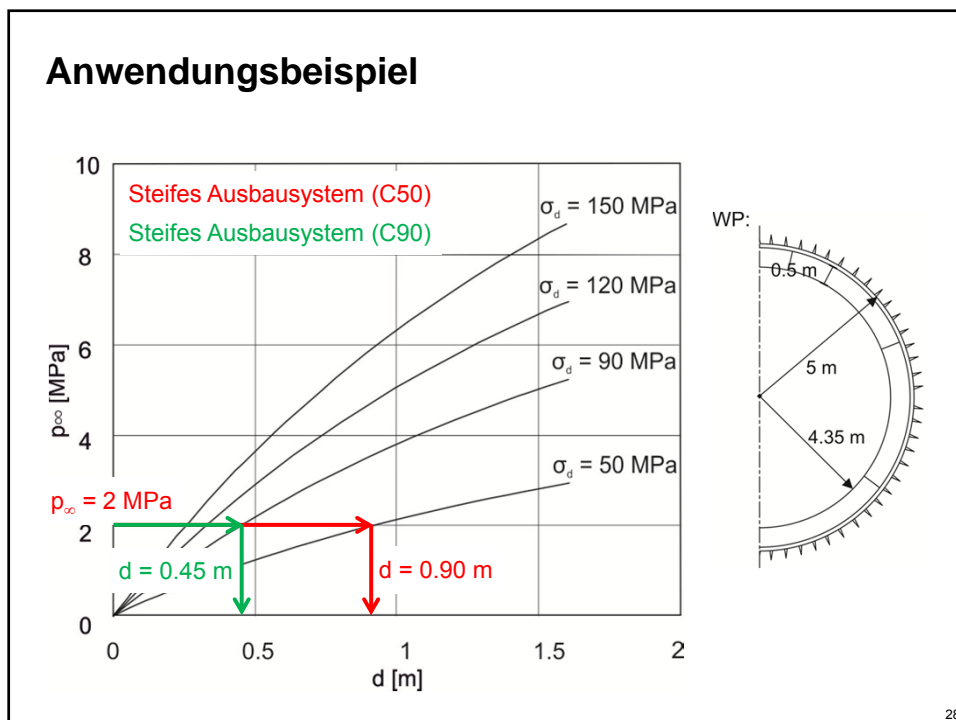
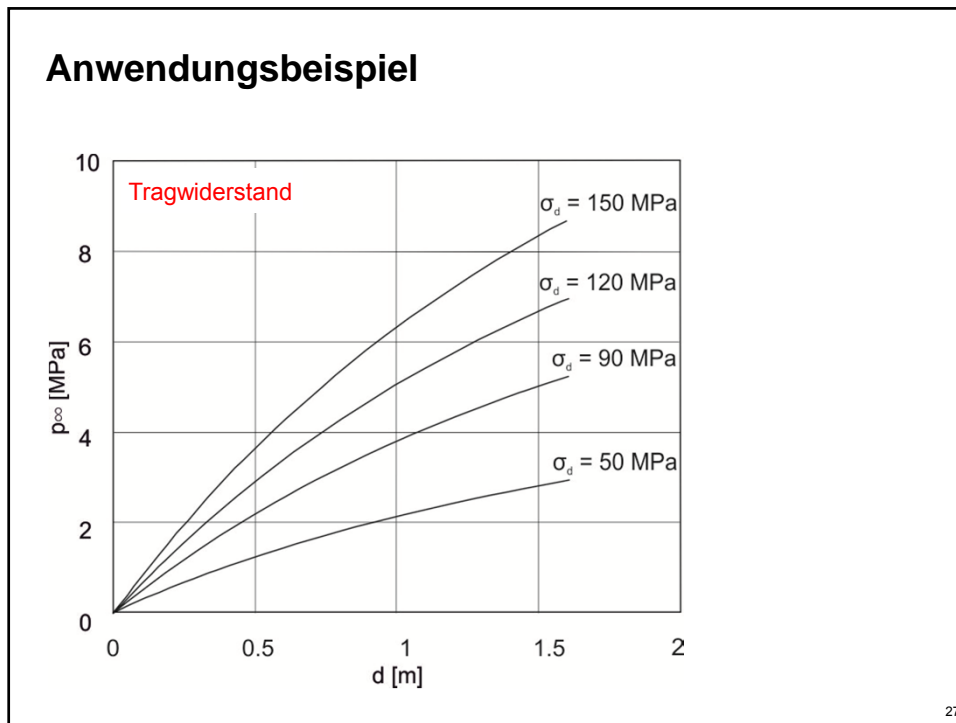
23

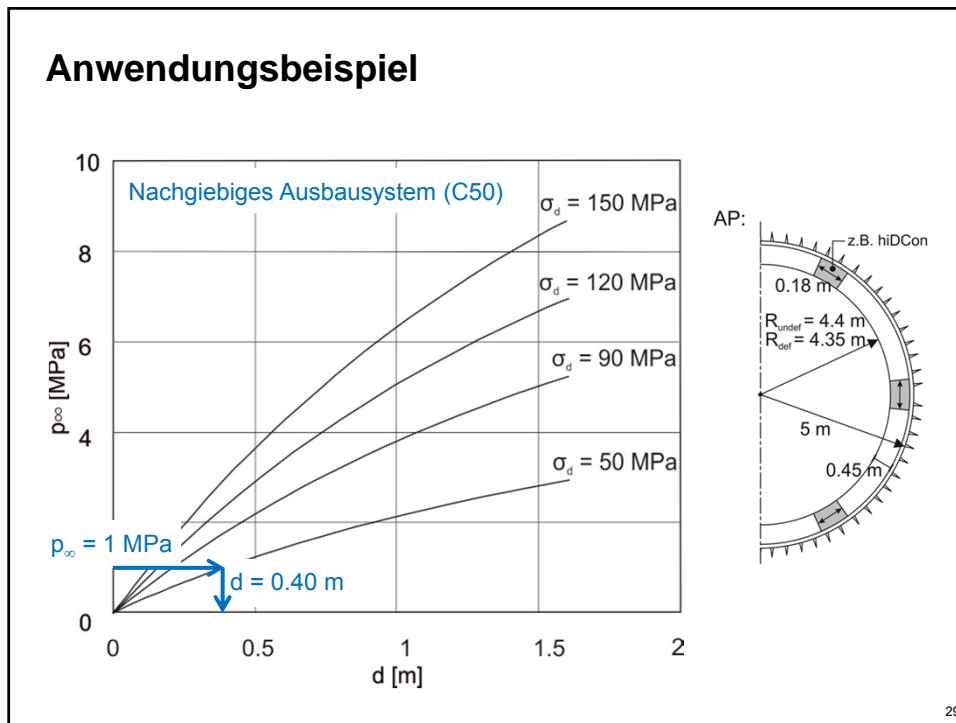
Anwendungsbeispiel



24







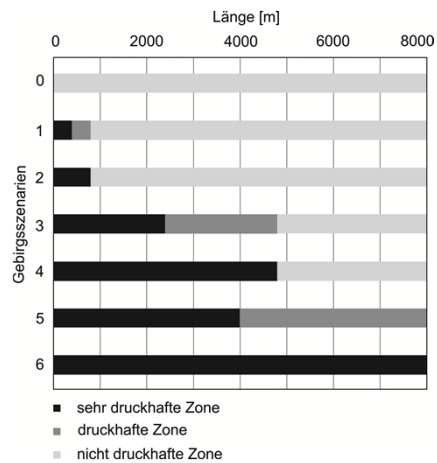
Anwendungsbereich (quantitativ)

Gebirgsqualität	Überlagerung	
	hoch (H = 800 m)	klein (H = 200 m)
«schlecht» (E = 0.5 GPa, $f_c = 1$ MPa)	Machbarkeitsproblem	steif
«gut» (E = 5 GPa, $f_c = 5$ MPa)	steif oder nachgiebig	steif

↓ Vorschubkraft gross
↓ Gebirgsdruck gross

↓ Vorschubkraft klein
↓ Gebirgsdruck klein

Kostenschätzung

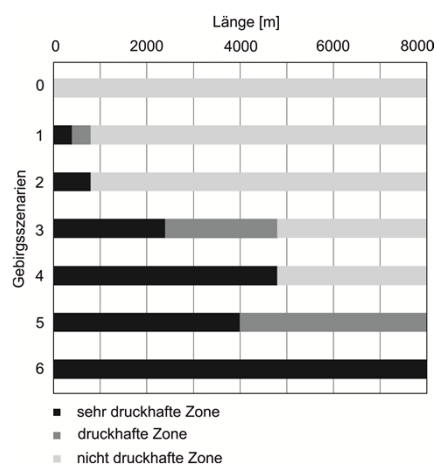


Steife Ausbausysteme

- $L_{\text{druckhaft}} \leq \text{ca. } 10\% L_{\text{tot}}$
→ Steifes Ausbausystem aus UHPC (teuer, dafür kleiner Bohrradius)
- $L_{\text{druckhaft}} > \text{ca. } 10\% L_{\text{tot}}$
→ Steifes Ausbausystem aus Normalbeton oder HPC mit «mittlerem» Bohrradius

31

Kostenschätzung



- Kosten von tangential verformbaren Ausbausystemen (hiDCon-Elemente) und von steifen Ausbausystemen aus Normalbeton oder HPC vergleichbar

32

Schlussbemerkungen

- **Nachgiebige** Ausbausysteme
 - Geeignet für tiefliegende Tunnels in «gutem» Gebirge (Zulassung von kleinen Konvergenzen führt zu signifikanter Reduktion des Gebirgsdrucks)
 - Erfüllung Gebrauchstauglichkeitsanforderungen schwierig (besonders wichtig für permanente Tragstrukturen)
- **Steife** Ausbausysteme
 - Generell geeigneter (zumindest für moderate Überlagerungen)
 - Standardlösung

33

Danksagung

- Forschungsprojekt KTI Nr. 13344.1 «Einsatzgrenzen von Tübbingausbauten in druckhaftem Gebirge»
- Finanziert von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI)
- Zusammenarbeit zwischen ETH Zürich und Basler & Hofmann AG

34

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Florence Mezger
ETH zürich

Dr. Marco Ramoni
Basler & Hofmann

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe", ETH Zürich, 07.05.2015