



Der neue Bözberg Tunnel – Risikomanagement und Bauhilfsmassnahmen für den TBM-Durchschlag

Dr. Marco Ramoni, Roman Gallus und Rudolf Iten

1

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



Bözberg Tunnel

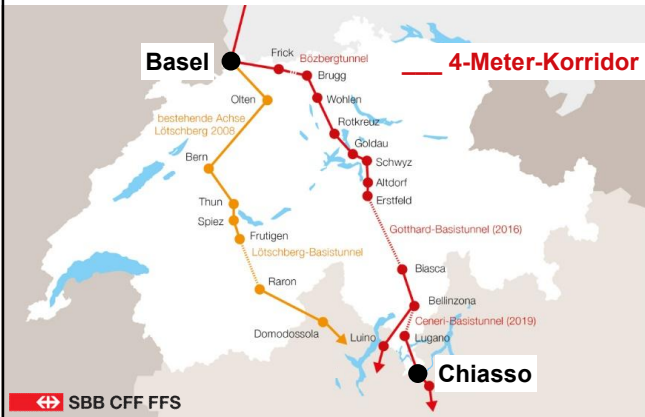
2

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



4-Meter-Korridor



- Streckenlänge = 270 km
- Ab 2020: Bahntransport von Sattelaufleger mit 4 m Eckhöhe
- 80 Anpassungen an Perrons, Fahrstrom- und Signalanlagen sowie Überführungen
- Ausbau von 20 Tunnel

3

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



Bözberg Tunnel (Bestand)




- Zweispuriger Tunnel (Bestand), Länge = 2.5 km
- Eröffnet August 1875
- Anforderungen 4-Meter-Korridor nicht erfüllt
- Ausweitung unter Bahnbetrieb
 - Erheblicher Kapazitätsverlust
 - Lange Bauzeit (Ende Bauarbeiten bis 2020 nicht möglich)


4

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann




Bözberg Tunnel (Neubau)




- Zweispuriger Tunnel (Neubau),
Länge = 2.7 km
- Dienst- und Rettungsstollen
(Umnutzung bestehender Tunnel)
- 5 Querverbindungen
(Abstand < 500 m)


5

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT






Vertragsmodell GU+ / Projektbeteiligte




Bauherr / Besteller


Owner's Engineer




Geologe





Umwelt







UN GU+





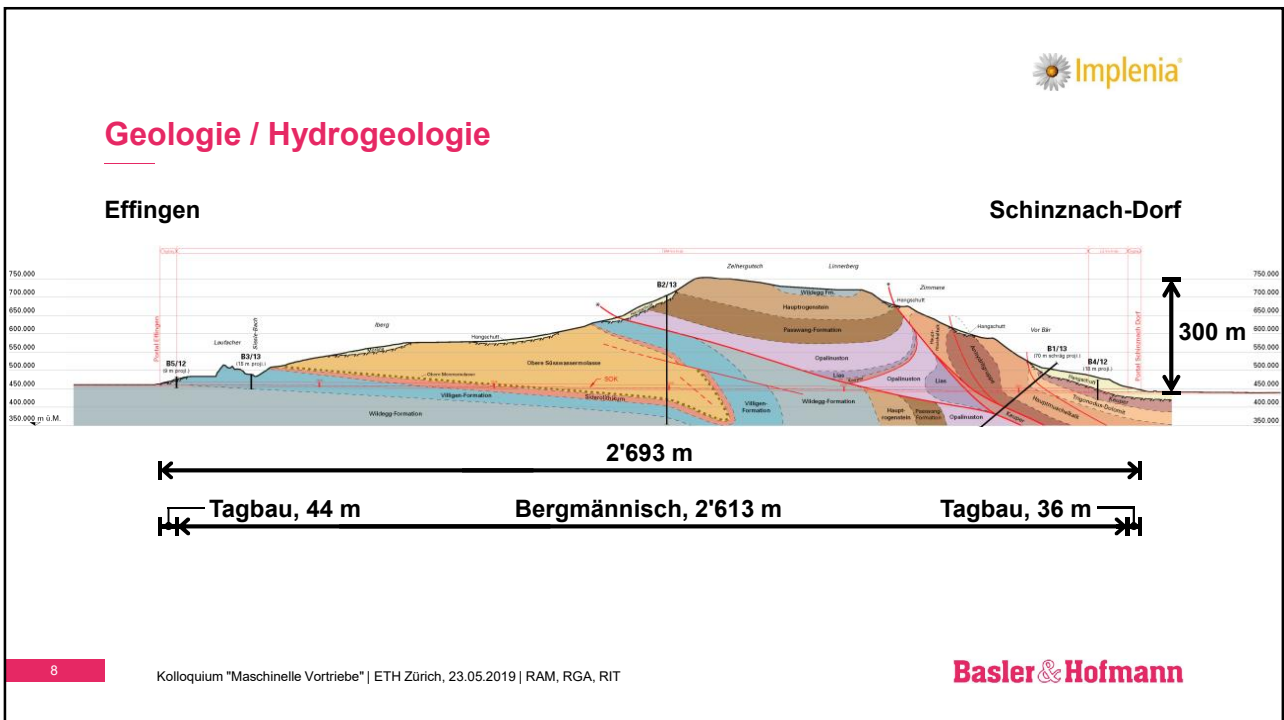
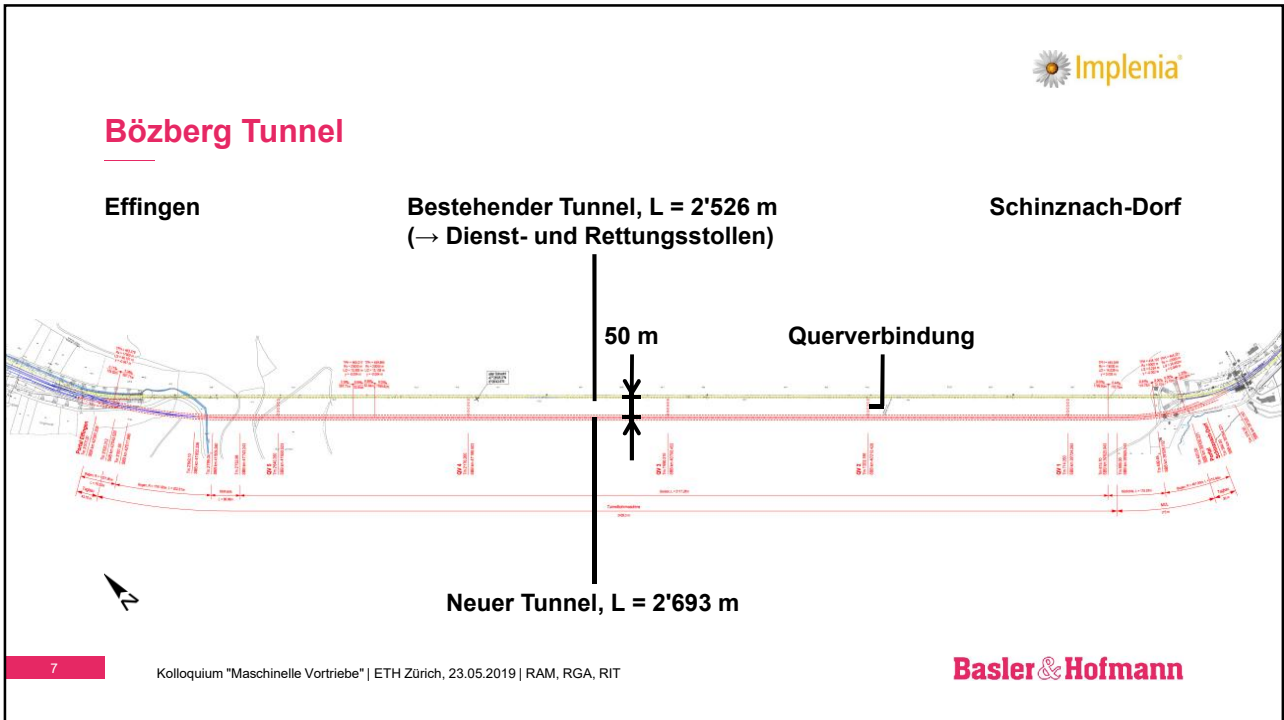
Planer (Ausführungsplanung)

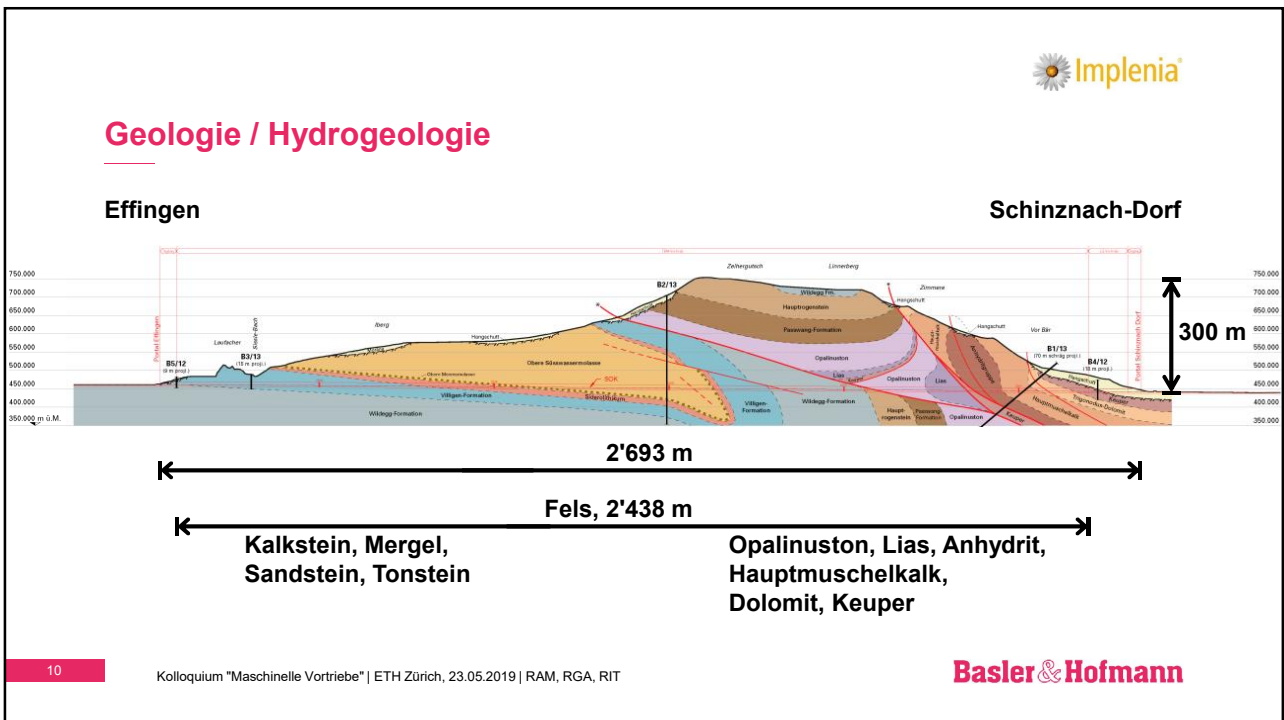
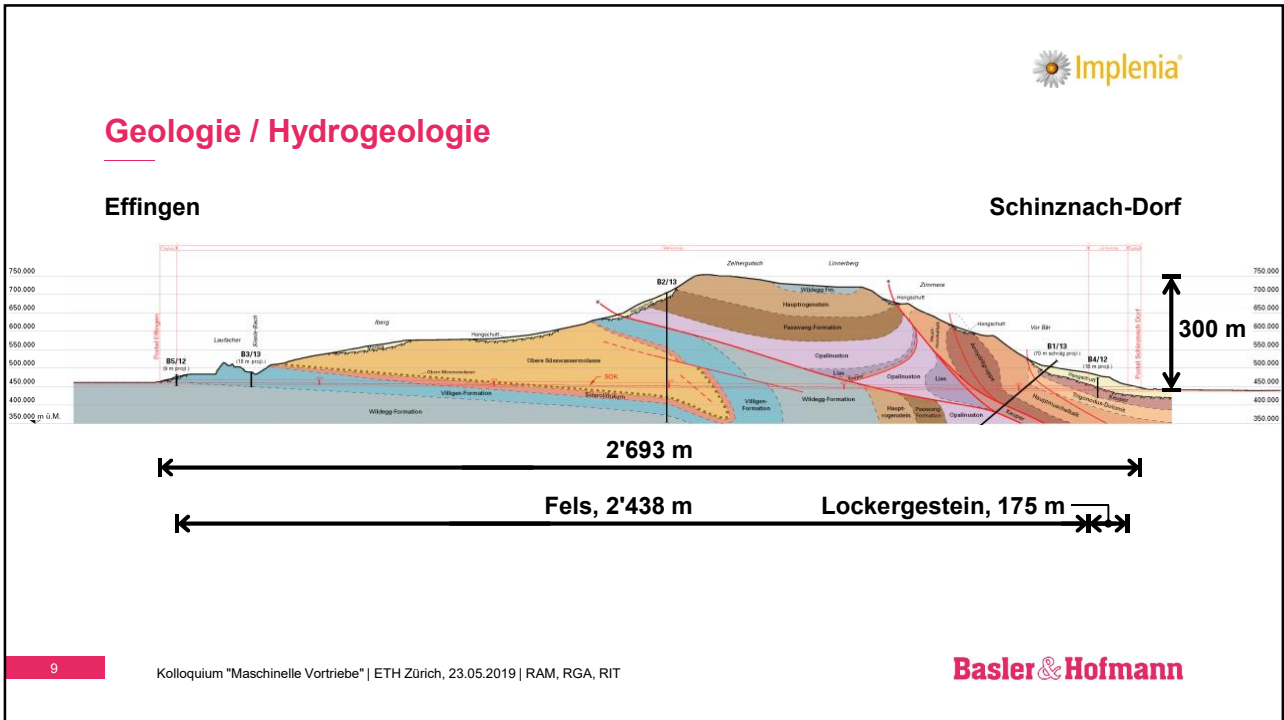



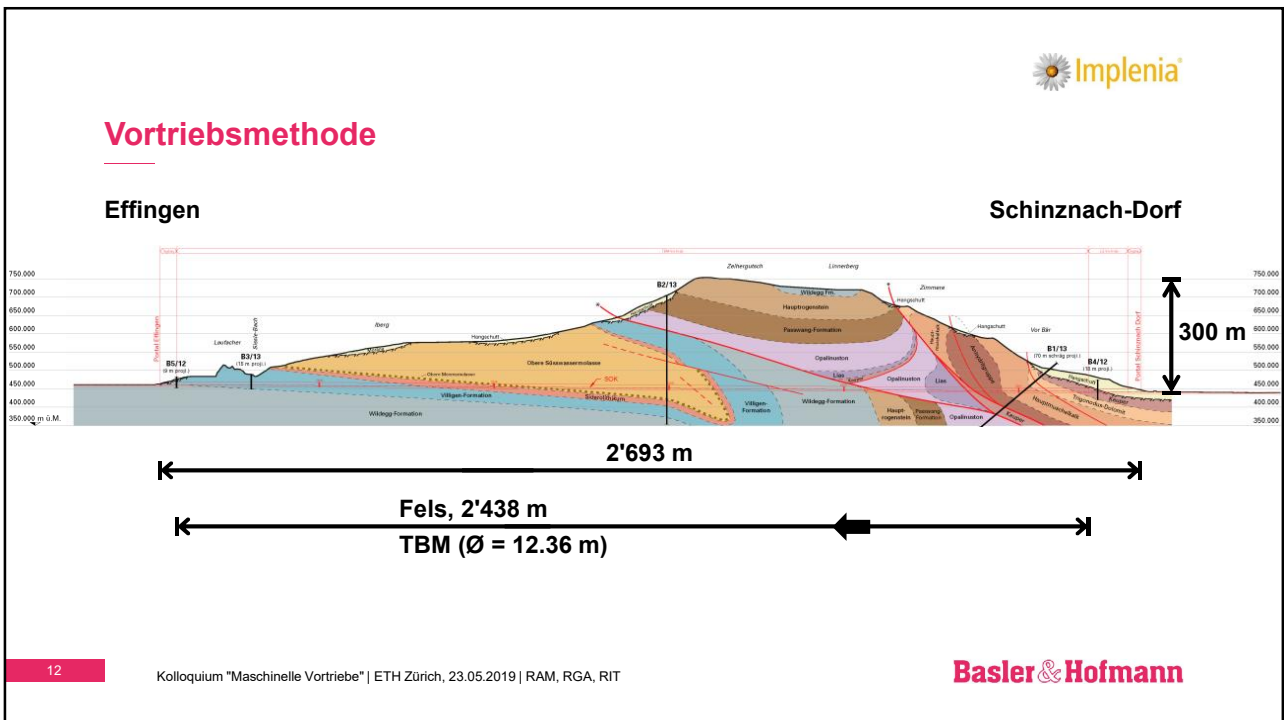
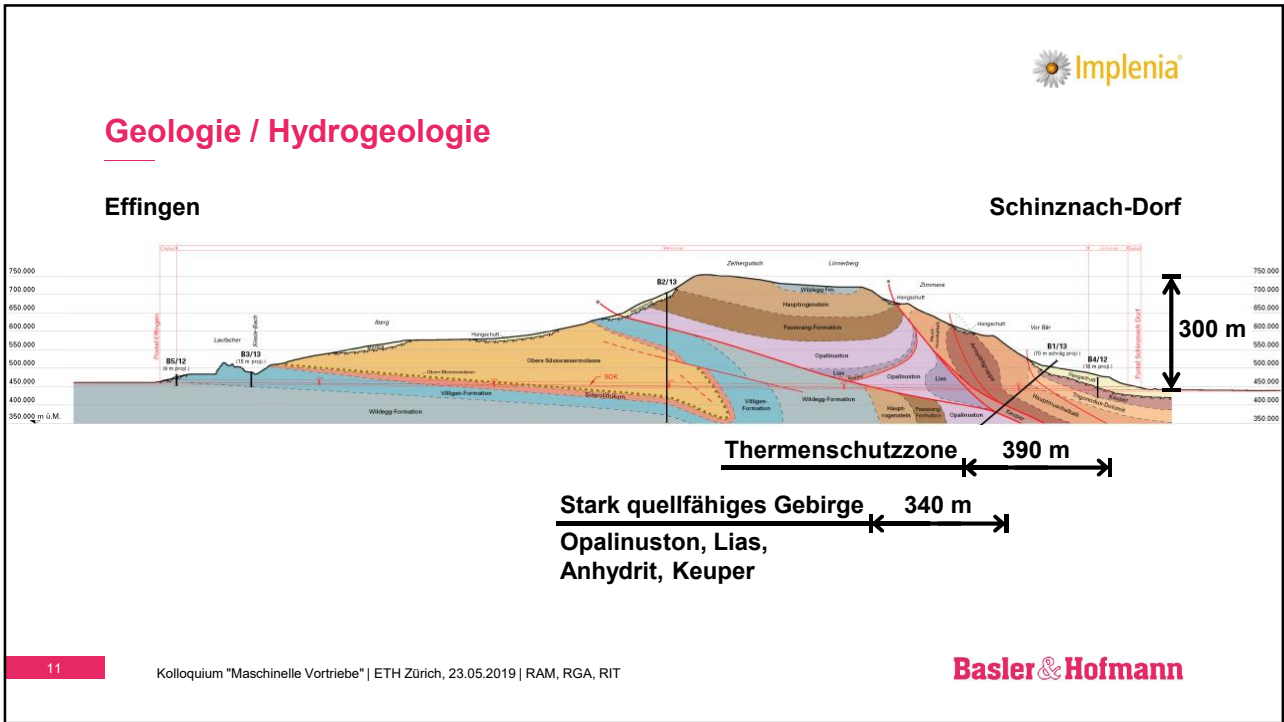
6

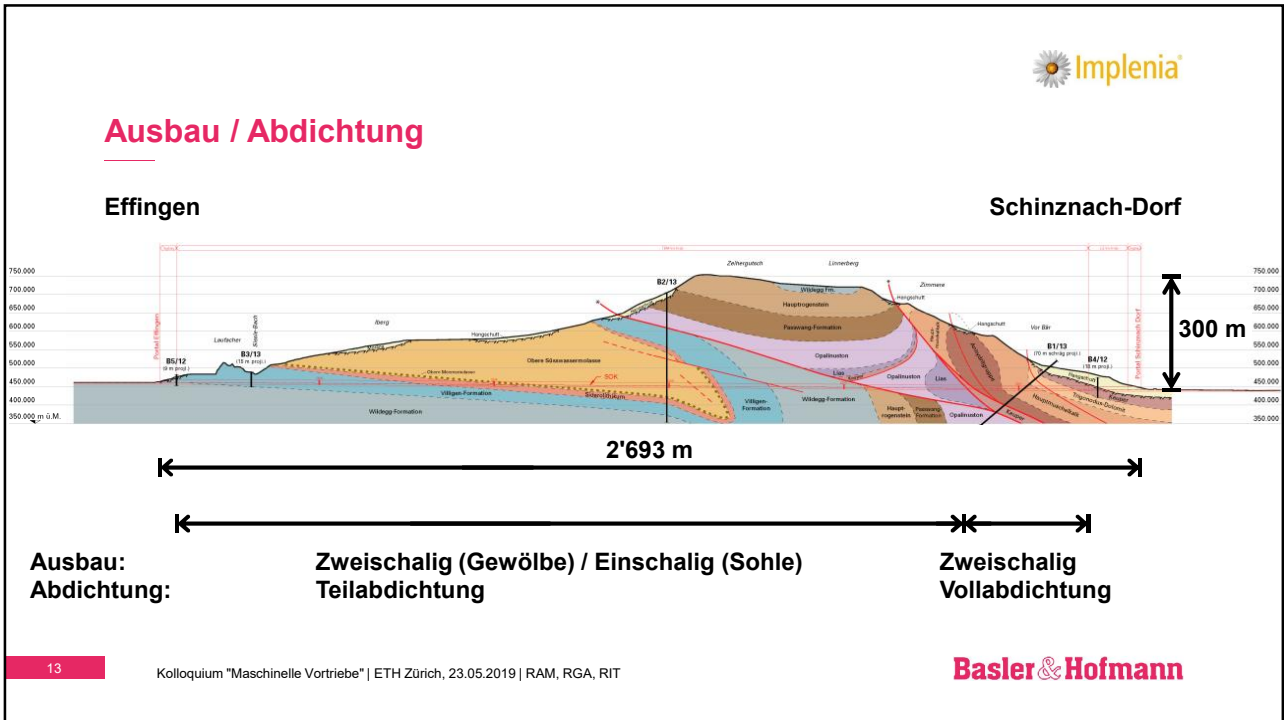
Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT







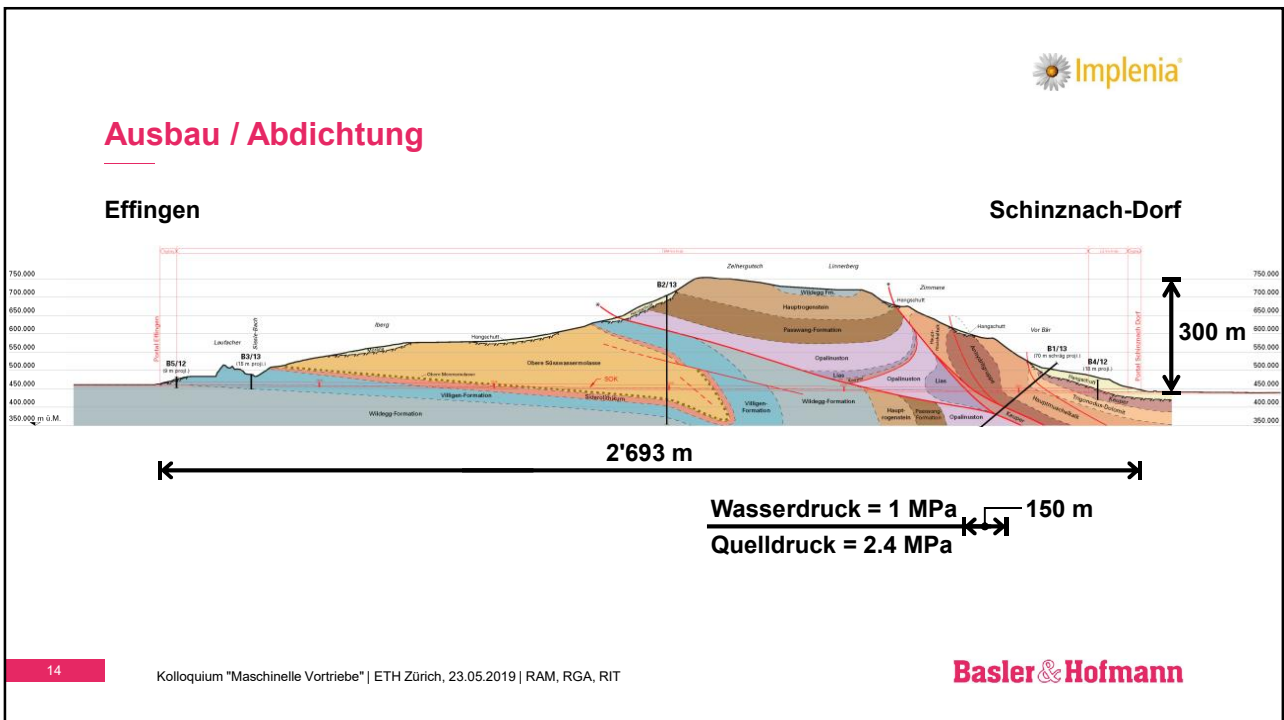




13

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

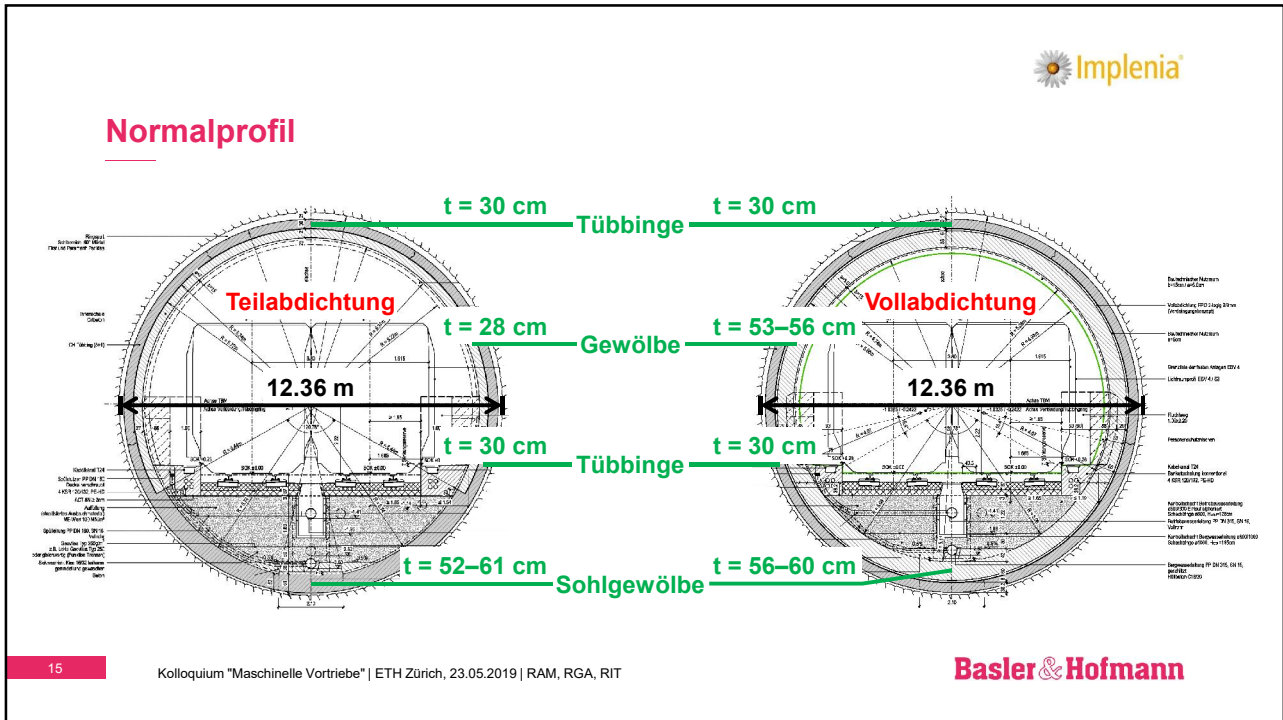
Basler & Hofmann



14

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann





17

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



18

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



19

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



20

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



21 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT **Basler & Hofmann**



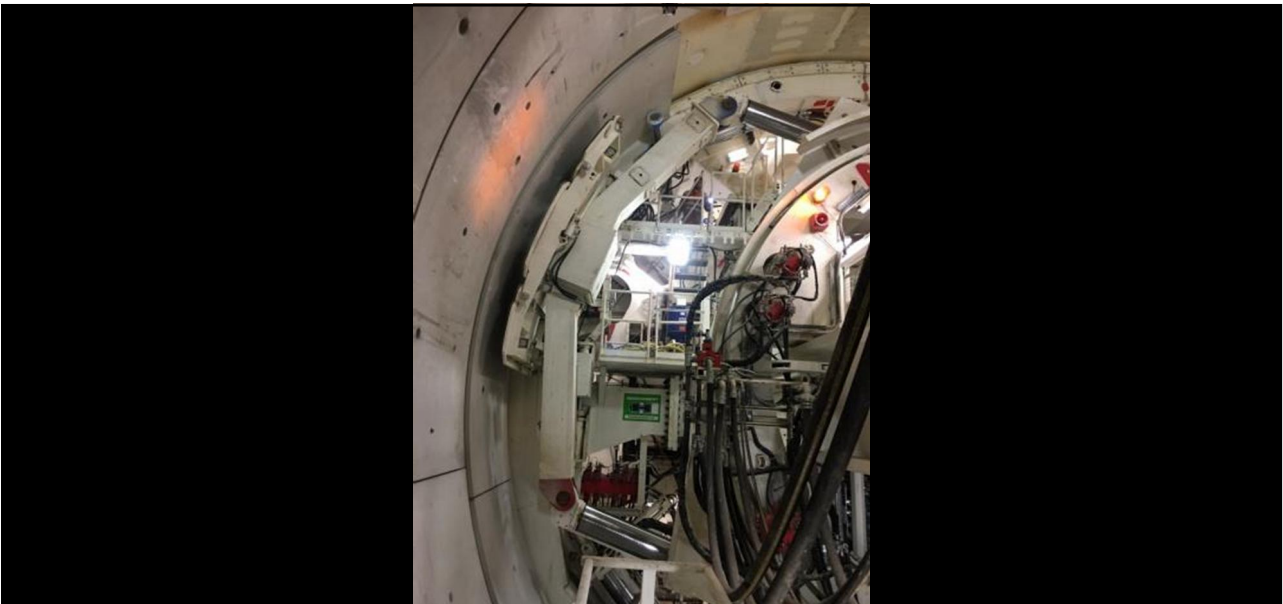
22 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT **Basler & Hofmann**



23

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



24

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



25

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



26

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



27

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



28

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



29

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



30

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



31

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann

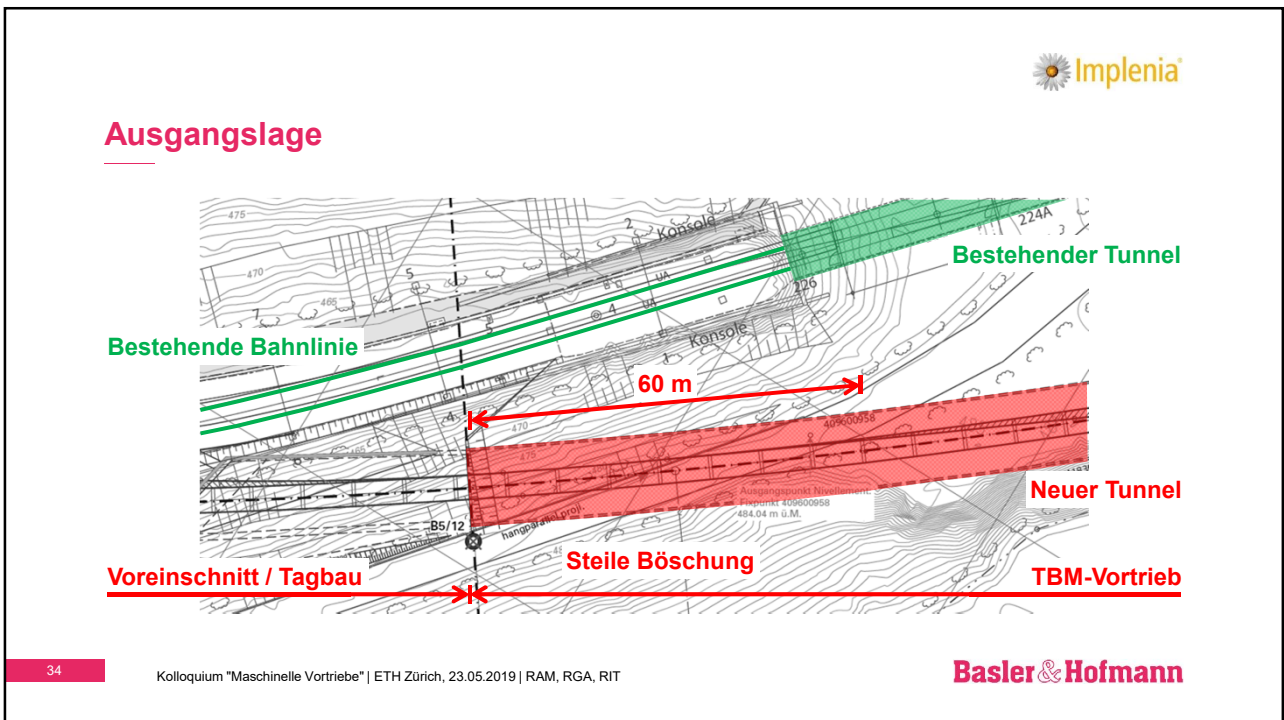
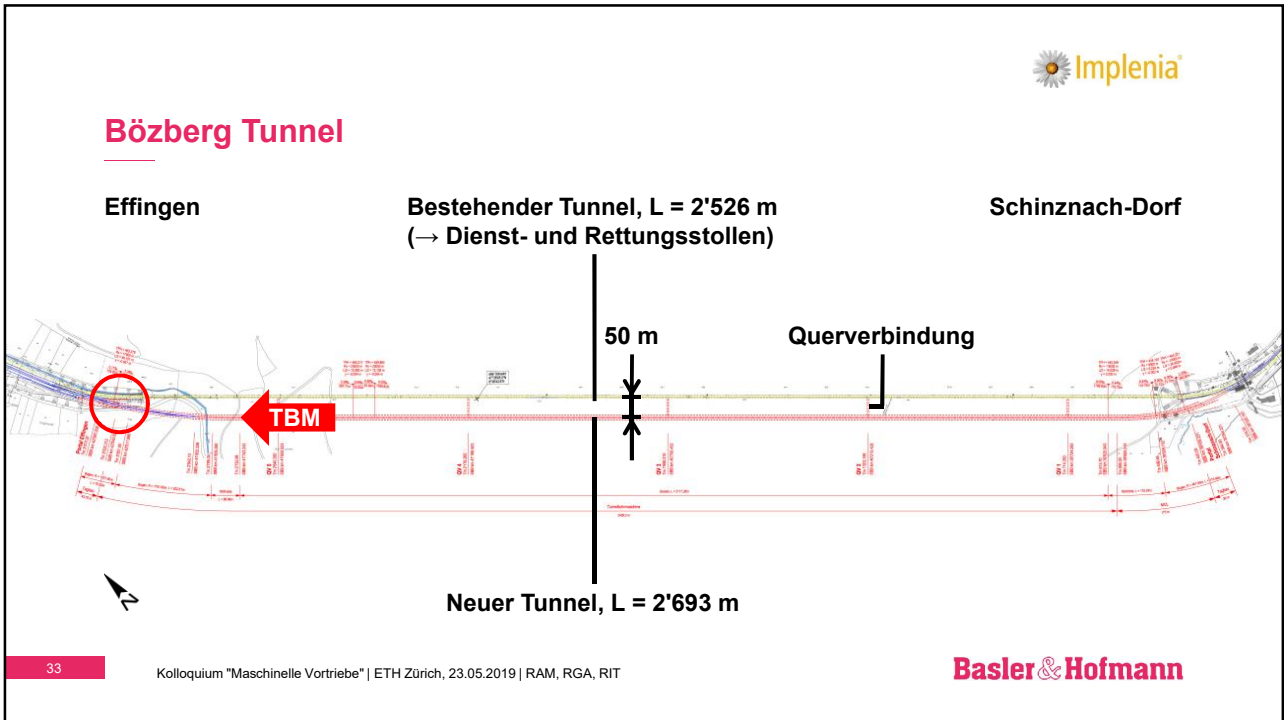


TBM-Durchschlag

32

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann





35

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

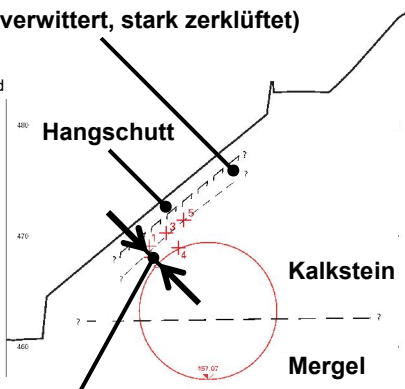
Basler & Hofmann

Geologie / Hydrogeologie



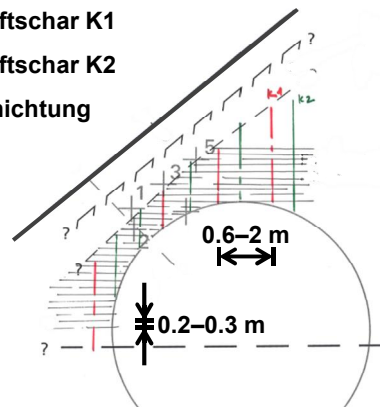
Kalkstein (verwittert, stark zerklüftet)

Schnitt 4 m
 hinter Portalwand



Geringe Felsüberdeckung (1–2 m)


- Kluftschar K1
- Kluftschar K2
- Schichtung



36

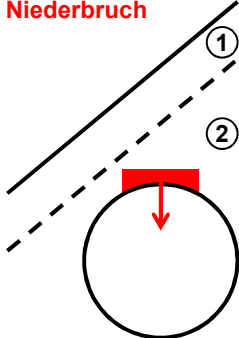
Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann

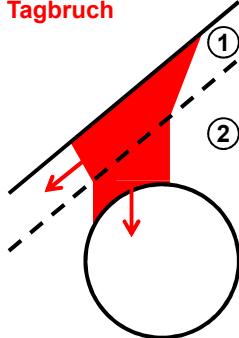


Gefährdungsbilder

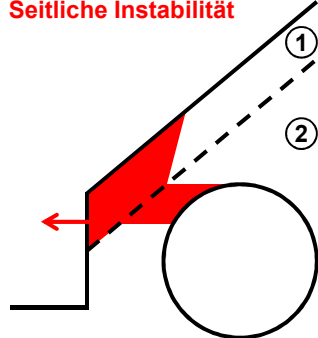
Niederbruch



Tagbruch




Seitliche Instabilität



① Hangschutt / Kalkstein (verwittert, stark zerklüftet) ② Kalkstein

37 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann




Massnahmen

- _ Dreifacher Rohrschirm
- _ Verstärkte Verankerung Portalwand
- _ Schutzwand entlang Böschung (Schutz Bahnlinie)
- _ Vorausbruch ("Vorbereitung" Portalwand)
- _ Überwachung
- _ Ereignismanagement (Alarmierungskonzept, Massnahmenplan)
- _ Nothaltvorrichtung (sofortige Sperrung Stammstrecke im Ereignisfall)

38 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT


Basler & Hofmann



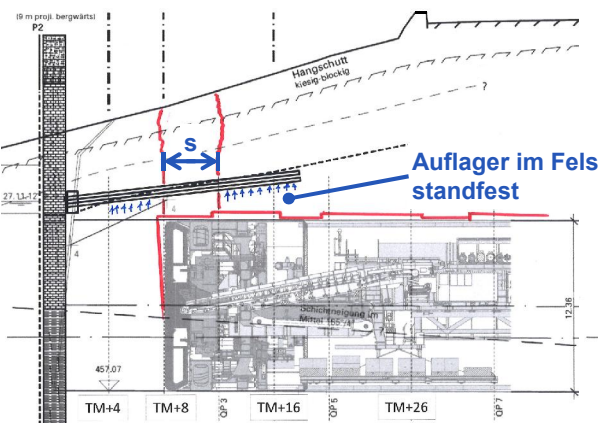
$L = 16 \text{ m}$
 $\varnothing = 159 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$
 S355
 $a = 0.45 \text{ m}$
 $i = 5^\circ$

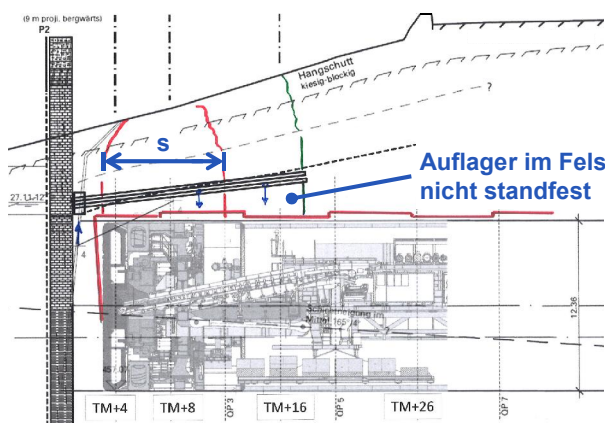
39 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann




Statische Wirkung Rohrschirm





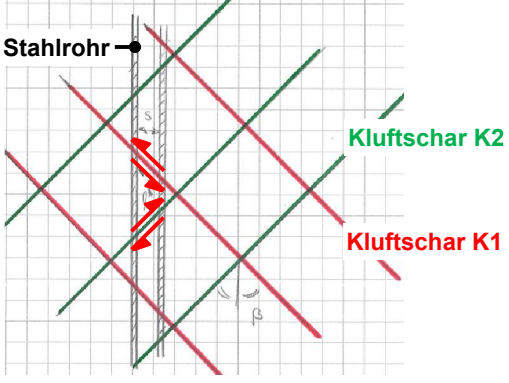
40 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann

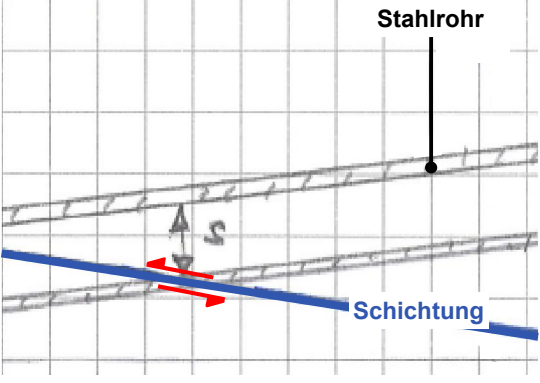


Statische Wirkung Rohrschirm

Grundriss




Längsschnitt



41

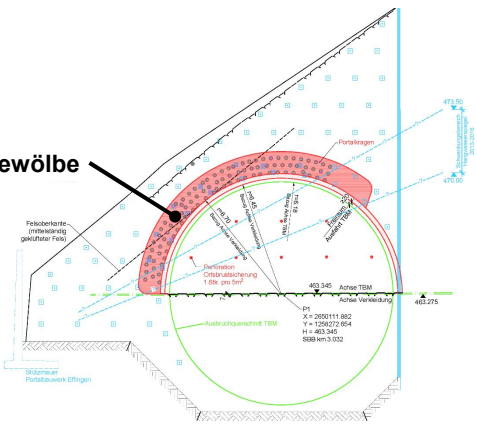
Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



Statische Wirkung Rohrschirm

Dreifacher Rohrschirm → Verdübelung Fels → Felsgewölbe



42

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



43

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



44

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



45

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann

Überwachung



- _ Kontinuierlich und mit automatischer Auswertung
- _ Ab Beginn Bohrarbeiten Rohrschirm bis Installation und Hinterfüllung letzter Tübbingring
- _ Böschung und Portalwand:
 - _ Geodätische Messpunkte 3D
 - _ 2 Inklinometer (L = 20 m)
 - _ Visuelle Kontrolle
- _ Rohrschirm (2 Inklinometer, L = 16 m)



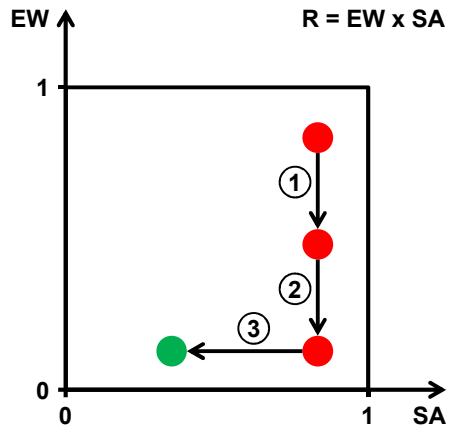
46

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



Risikomanagement



R = Risiko

EW = Eintretenswahrscheinlichkeit

SA = Schadensausmass

● Instabilität → Störung Bahnbetrieb / Zugunfall

● Restrisiko (akzeptiertes Risiko)

① Dreifacher Rohrschirm

② Schutzwand entlang Böschung

③ Visuelle Kontrolle + Nothaltvorrichtung

47

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann



48

Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann

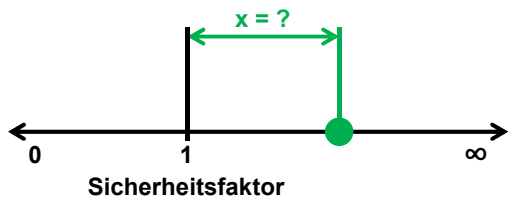



Schlussbemerkungen

49 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT

Basler & Hofmann

Fazit



Sicherheitsfaktor

0 1 ∞

Basler & Hofmann

50 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT



Bedankung

 **Dr. von Moco AG**
Beratende Geologen und Ingenieure

 **SBB CFF FFS**

 **GÄHLER PARTNER**
INTEGRIERTE BAUPLANUNG

 **CSD INGENIEURE+**
VON GRUND AUF DURCHZUG

 **RL Rothpletz | Lienhard**





 **AMBERG**
ENGINEERING

Basler & Hofmann

FPREISIGAG **HEIERLI**

51 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT **Basler & Hofmann**





Vielen Dank!
Dr. Marco Ramoni, Roman Gallus und Rudolf Iten

52 Kolloquium "Maschinelle Vortriebe" | ETH Zürich, 23.05.2019 | RAM, RGA, RIT **Basler & Hofmann**