

## Im Osten nichts Neues?

Trends und Entwicklungen beim maschinellen Tunnelbau in Österreich

Nedim Radončić (Amberg Engineering AG)  
Florian Fasching (3G ZT GmbH)  
Thomas Pilgerstorfer (Geoconsult ZT GmbH)  
Robert Goliasch (STRABAG)  
Bernd Moritz (ÖBB Infra)



1

ETH Kolloquium "Maschinelle Vortriebe im Fels und Lockergestein"

## ALPINE SCHILDVORTRIEBE – RAHMENBEDINGUNGEN UND ANFORDERUNGEN

**Vortriebe in alpinen Verhältnissen sind stets mit Prognoseunsicherheiten verbunden**

**Einschaliger Tübbingausbau ist zunehmend erwünscht**

**Übliches geotechnisches Monitoring zur Validierung der Prognose liefert Daten vom limitierten Wert**

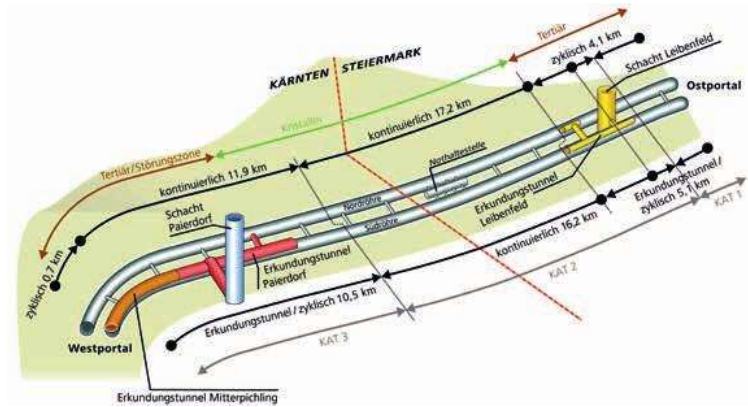
**Häufig kommen mindestens drei Tübbingtypen zum Einsatz (Normal-, Sonder- und Querschlagstübbing)**

2



2

## KORALMTUNNEL



Länge: ~ 33 km  
Einspuriger Eisenbahntunnel  
zwei Röhren



3



3

## SPEZIFIKA DER BAUSTELLENORGANISATION

### Geologenteam - Dokumentation und vortriebsbegleitende Prognose

- Geophysiker am Baulos KAT2 im Team integriert

### Geotechniker Untertage – Auswertung der Messdaten und Vertretung des Planers vor Ort

### Örtliche Bauaufsicht (ÖBA)

### Baumanagement (BM)

### Geotechnische Vermessung (GTM)

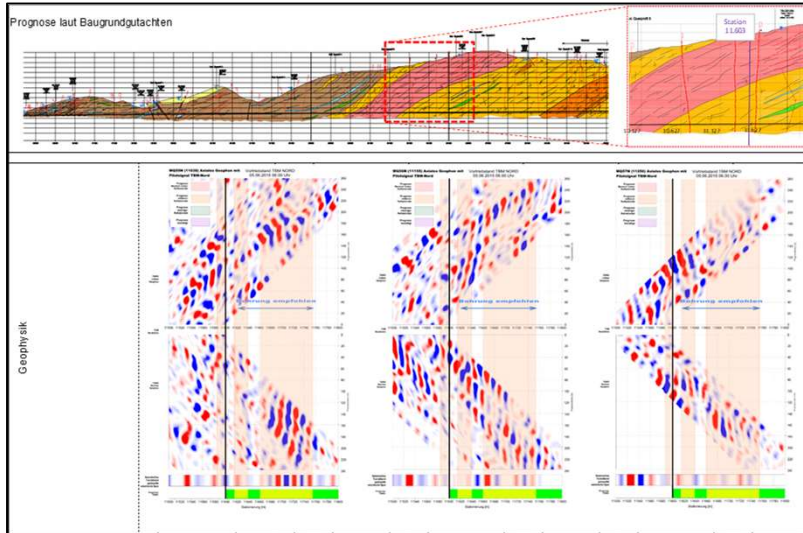
### Auftragnehmer Bau (Bau-AN)

4



4

## VORTRIEBSBEGLEITENDE PROGNOSE

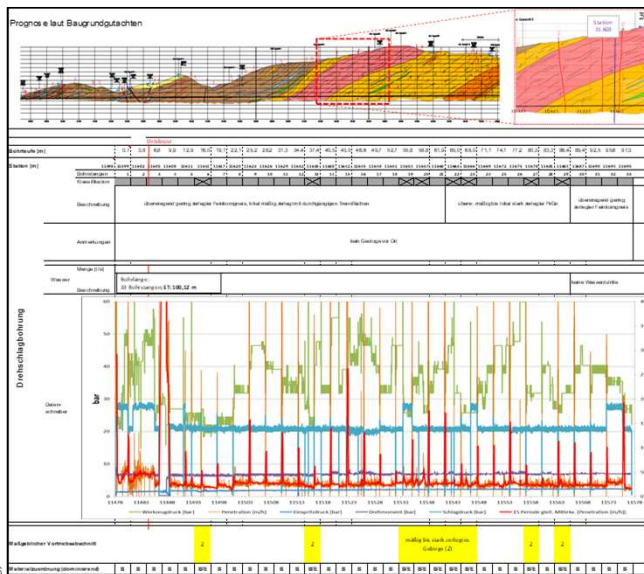


5



5

## VORTRIEBSBEGLEITENDE PROGNOSE



6

- Mehrstufige Vorauserkundung**
1. Laufende geophysikalische Erfassung (MWD)
  2. Bei Verdacht: Drehschlagbohrung mit MWD
  3. Bei Bestätigung: Weitere Drehschlagbohrungen und Kamerabefahrung des Bohrlochs



6

## AUFGEFAHRENE VERHÄLTNISSE

**Tägliche Bohrkopfbegehung und Dokumentation: 10 bis 30 m Lücke**

**Wie füllen wir die Lücke?**

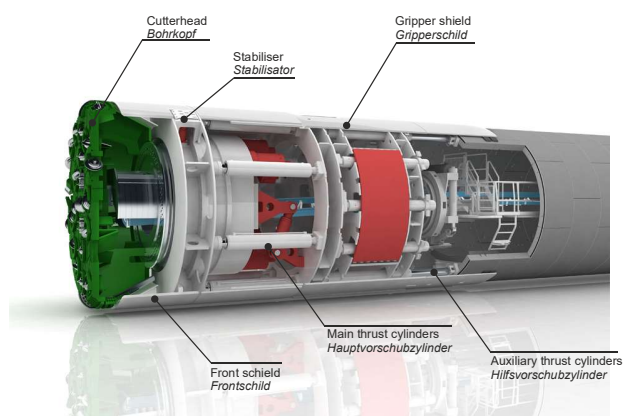
7



7

## PROZESSDATEN

- **Vorschubkraft und Bohrkopf-Drehmoment**
- **Weg der Frontschild-Stabilisatoren**
- **Vortriebsmodus (Single-Schild oder Grippern)**
- **Bohrkopfdrehzahl und Penetration**
- **Vorschubgeschwindigkeit**
- **Jeweiliger Vorschub bei jeder Zylindergruppe**
- **Bandwaage**
- **Stromaufnahme des vorderen Backenbrechers (direkt vor dem Bohrkopf)**
- **Vorschubkraft erforderlich für das Umsetzen des Gripperschildes**



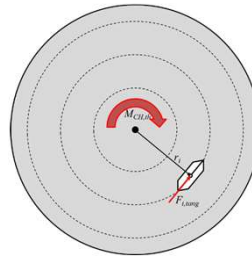
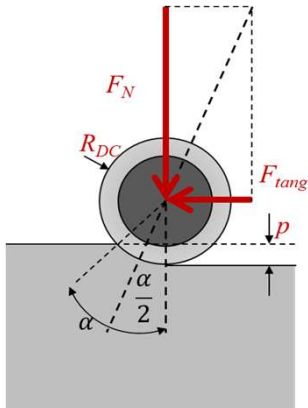
Quelle: Herrenknecht

8



8

„DREHMOMENTFAKTOR“



$$M_{CH,th} = \sum_{i=1}^n F_{tang} \cdot r_i + M_0$$

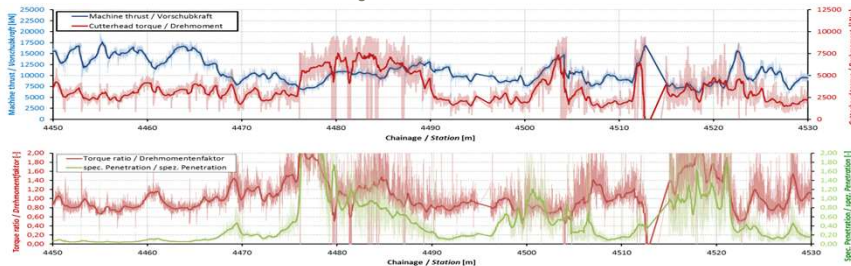
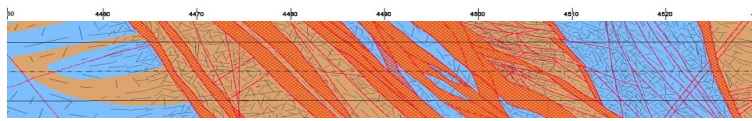
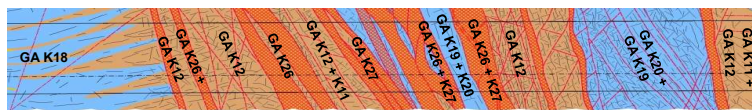
$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{R_{DC} - p}{R_{DC}} \right)$$

Regellösevorgang: Trend von  $M_{ist}/M_{CH,th}$

9



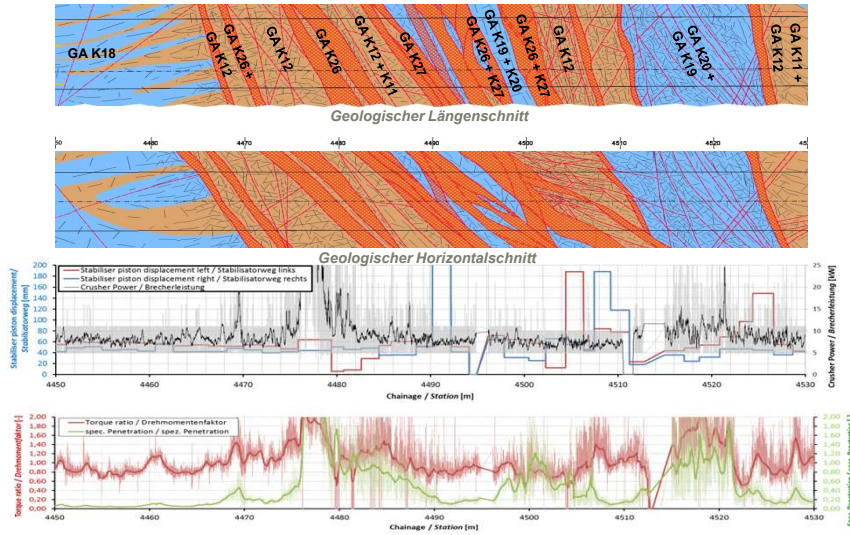
„DREHMOMENTFAKTOR“



10



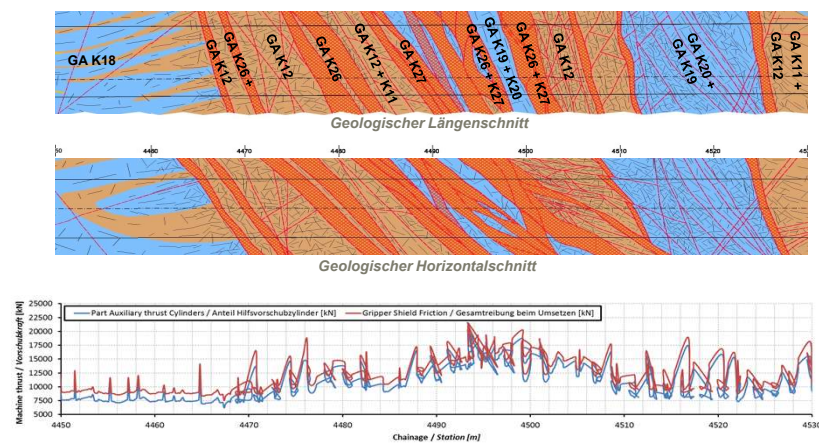
## BRECHER UND STABILISATOREN



11

11

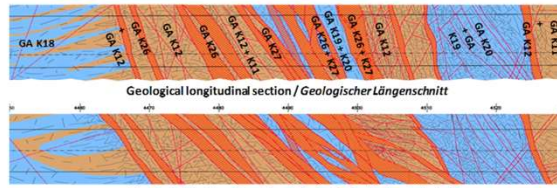
## KONVERGENZ



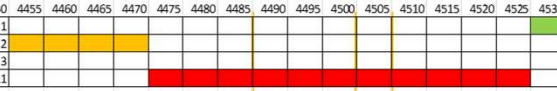
12

12

## KLASSIFIZIERUNG



Geological longitudinal section / Geologischer Längsschnitt



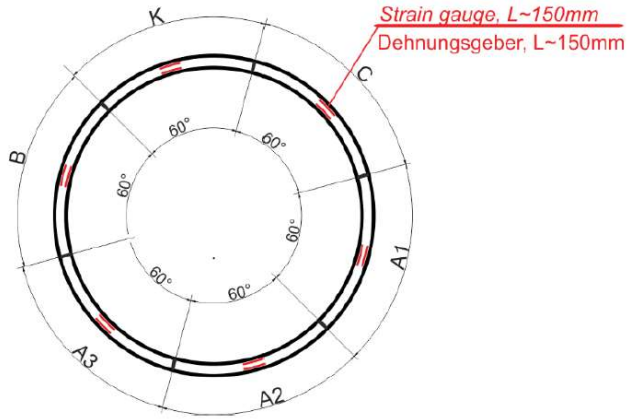
	4450	4455	4460	4465	4470	4475	4480	4485	4490	4495	4500	4505	4510	4515	4520	4525	4530
Laibungsstabilität und Ausbaubelastung	1																
	2																
	3																
	4 bzw. 11																
Ortsbrust	1																
	2																
	3																
	3b																



## AUSLASTUNG DES AUSBAUS

**Herkömmliche Verschiebungsmessungen geben keine Auskunft über den Belastungszustand der Tübbinge!**

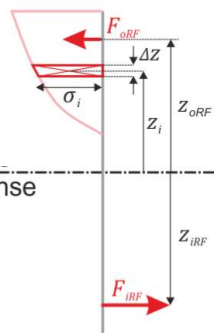
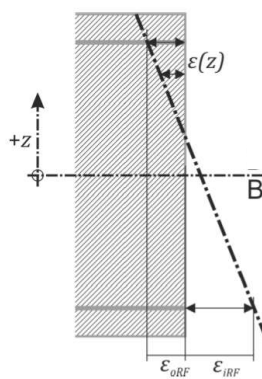
## AUSLASTUNG DES AUSBAUS



15

15

## AUSLASTUNG DES AUSBAUS



$$\kappa = \frac{\varepsilon_{0RF} - \varepsilon_{IRF}}{z_{0RF} - z_{IRF}}$$

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_{IRF} + \kappa z_{IRF}$$

$$\varepsilon(z) = \varepsilon_0 + \kappa z$$

$$N = F_{IRF} + F_{0RF} + b \sum \sigma_i$$

$$M = z_{IRF} F_{IRF} + z_{0RF} F_{0RF} + b \sum \sigma_i z_i$$

16

16

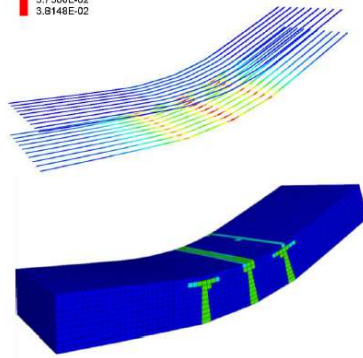
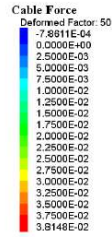
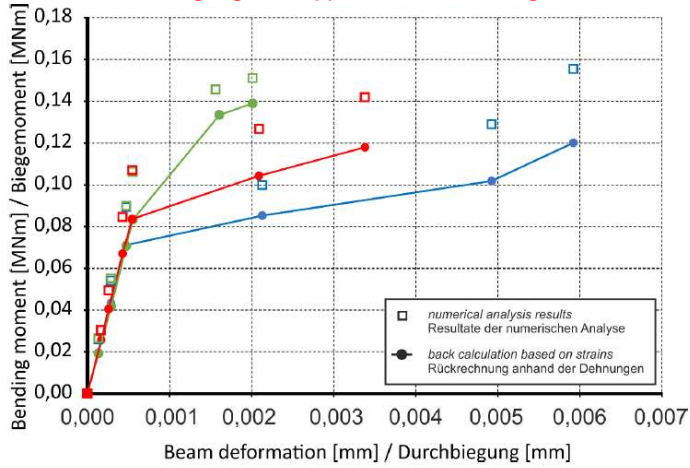


## VALIDIERUNG

Reine Biegung

750 kN Normalkraft

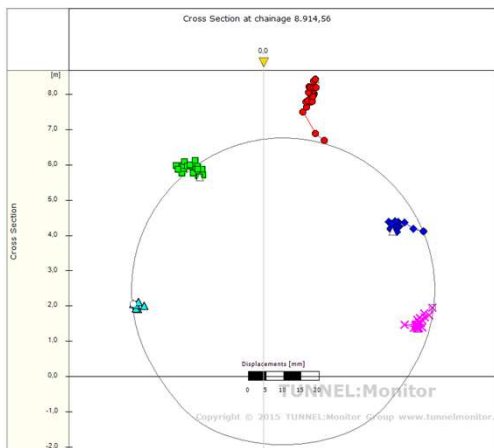
Reine Biegung mit doppelter Verbundsteifigkeit



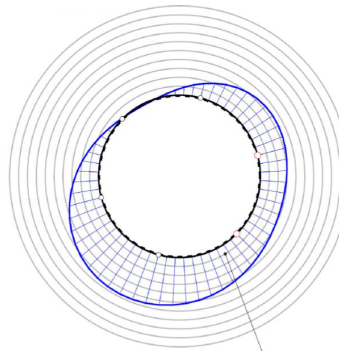
17

17

## SCHNITTKRÄFTE (1)

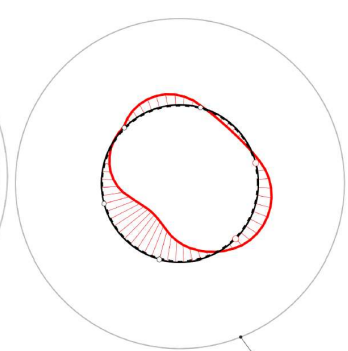


Normalkraft [MN]



25-Sep-2014 08:00:00

Biegemoment [kNm]



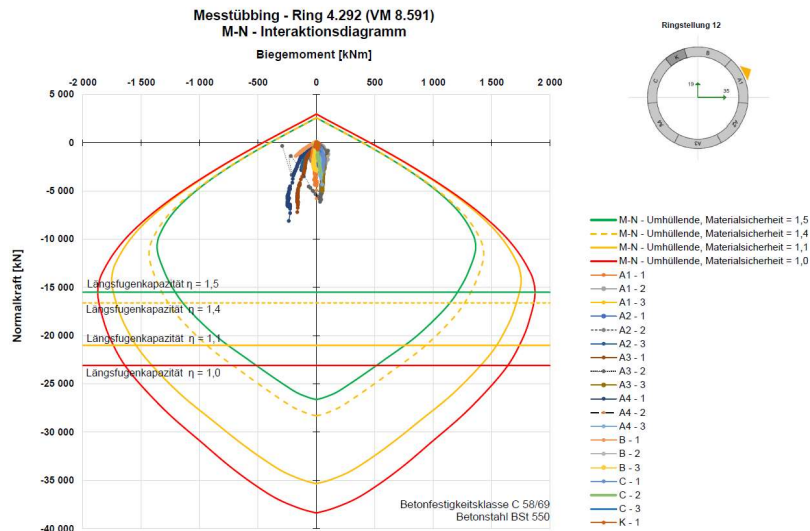
1000 kN 25-Sep-2014 08:00:00

100 kNm

18

18

## SCHNITTKRÄFTE (2)



19



19

## WOZU WAR DAS GANZE GUT?

- **Lückenlose Erfassung der aufgefundenen Verhältnisse**
  - z.B. Festlegung von zusätzlichen Injektionsarbeiten
- **Validierung des Spannungszustandes im Ausbau**
  - Durchaus relevant bei einschaligem Ausbau
  - Aufkommend: Glasfasermessungen (Lückenlose Erfassung des Dehnungszustandes im Tübbing)
- **Anfahren der Querschläge mittels einem modularen Konzept**
  - Die Kombination aus dem Wissen über die aufgefundenen Verhältnisse und die vorliegende Belastung erlaubt die Festlegung vom Anfahrvorgang
- **Klare Definition von Regellösevorgang und Regelvortrieb im Vertragsmodell (überarbeitete ÖNORM 2203-2)**
  - Ist die Ortsbrust stabil oder instabil? Wenn nicht, welche bauwirtschaftliche Auswirkungen hat das?

20



20

## LEISTUNGSPROGNOSEN?



21

21

## REGELVORTRIEB: WANN GELTEN DIE ANGEBOTENEN LEISTUNGEN?

### ÖNORM 2203-2 (neu) – Vorschlag:

- Es wird eine dem Bohrkopfprofil entsprechende Ausbruchsgemietrie an Ortsbrust und Laibung mit keinen oder untergeordneten Ausbrüchen, welche auf die Bohrgeschwindigkeit keinen Einfluss haben, festgestellt.
- Der mittlere Drehmomentenfaktor eines Hubes liegt in der projektspezifisch festzulegenden und fortzuschreibenden Bandbreite.
- Der mittlere Drehmomentenfaktor eines Hubes liegt außerhalb der in der projektspezifisch festzulegenden und fortzuschreibenden Bandbreite; und dies ist durch baubetriebliche Faktoren begründet.
- Die Schildreibung ist so gering, dass keine Leistungseinbußen in der Bohrgeschwindigkeit vorliegen.
- Die Meißel oder andere für den Vortrieb benötigten Bohrkopfteile erleiden keine Gewaltschäden.
- Es sind ausschließlich Regelausbau und Regelförderbetrieb erforderlich.

22

22

## UND DANN?

**SONDERVORTRIEB** – erschwerter Vortrieb, wo Leistungsverluste vorliegen, aber trotzdem Vortrieb machbar ist

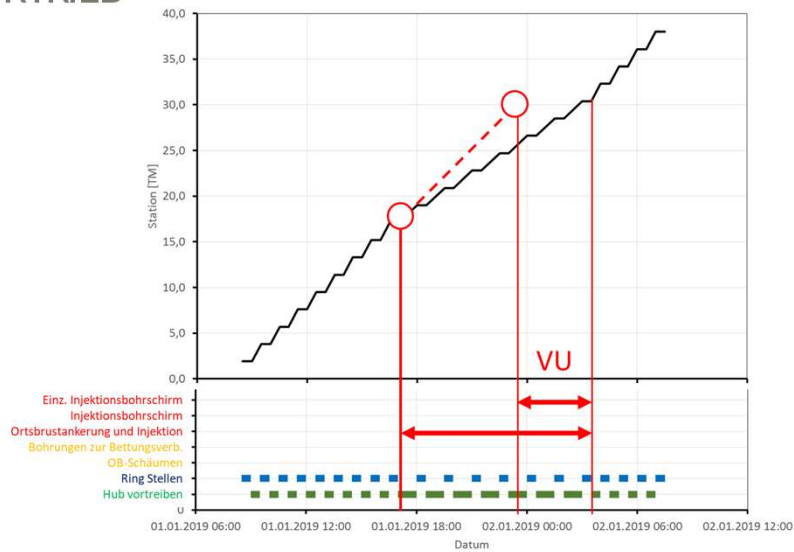
**EREIGNIS** – größeres Ereignis im Vortrieb, welches den Einsatz von Zusatz- und Sondermaßnahmen erfordert.

23



23

## SONDERVORTRIEB

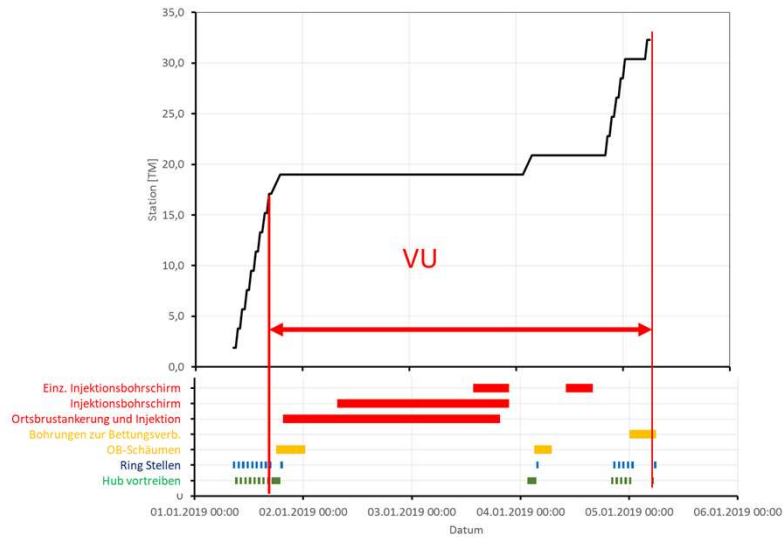


24



24

### EREIGNIS IM VORTRIEB



25



25



Quelle: IGT



Quelle: ÖBB

HERZLICHEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

26



26