

HERRENKNECHT
Tunneling Systems

Die Variable Density TBM Entwicklung und Einsatzerfahrungen

Werner Burger, Herrenknecht AG
Kolloquium Maschinelle Vortriebe, ETH Zürich, 18. Mai 2017

Drei Typen von Einfachschildmaschinen.

1. Offener Einfachschild für standfeste und in der Regel nicht wasserführende Ortsbrust für drucklosen Abbau und trockenen Abraumtransport über Förderband im Zentrum.
2. Geschlossene Erddruckmaschine (EPB) für feinkörnige und in der Regel nicht standfeste, wasserführende Böden mit aktiver Ortsbruststützung und Förderschnecke für Druckabbau und Materialaustrag aus der Abbaukammer.
3. Geschlossene Maschine mit Flüssigkeitsstützung für grobkörnige und in der Regel nicht standfeste wasserführende Böden mit aktiver Ortsbruststützung und Materialaustrag aus der Abbaukammer mit Flüssigkeitskreislauf und übertägiger Separationsanlage

2

Drei Typen von Einfachschildmaschinen

Offener Modus

Offener Einfachschild

Flüssigkeitsschild

Geschlossener Modus

Erddruckschild

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

3

Drei Typen von Einfachschildmaschinen

Die mechanischen Unterschiede

- Schneidrad mit Schöpfbechern (Schaufelrad)
- Zentrales Förderband mit Einlaufrichter

Offener Einfachschild

- Materialaustrag mit Flüssigkeitskreislauf
- Druckwand

Flüssigkeitsschild

- Schneidrad als Mischwerkzeug
- Materialaustrag mit Förderschnecke
- Druckwand

Erddruckschild

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

4

Konvertierbarkeit

A. Modulares Konzept:
Die Änderung der Betriebsart erfolgt durch den Austausch von einzelnen Baugruppen der TBM (Umbau im Schacht)

B. Integriertes Konzept:
Alle notwendigen Baugruppen für verschiedene Betriebsarten und Funktionen sind in der Basismaschine enthalten (Umstellung im Tunnel)

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

Offener Einfachschild ↔ Erddruckmaschine

Erddruckgestützter Betrieb – geschlossener Modus

- Aktive Ortsbruststützung
- Max. 6-8 bar Stützdruck, abhängig vom Baugrund

Druckluftbetrieb – geschlossener Modus

- Teilfüllung der Kammer, Druckluft
- Kontrolle Wasserzufluß
- Max. 2,5 bar Stützdruck, abhängig vom Baugrund

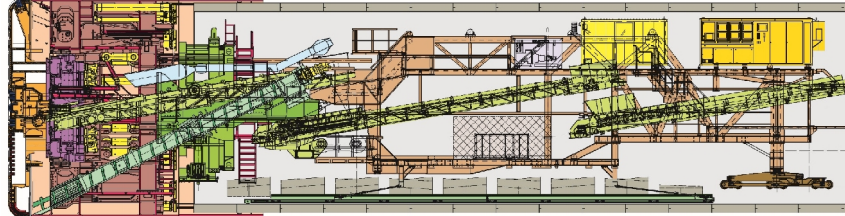
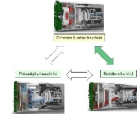
Offener Modus

- Standfeste Ortsbrust
- Abbaukammer drucklos
- Schnelle Isolierung der Abbaukammer möglich
- Teilfüllung der Kammer für Schneckenaustrag erforderlich (→ Sekundärverschleiß am Schneidrad)

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

Offener Einfachschild ↔ Erddruckschild

Bandaus trag im offenen Betrieb



Geschlossener Modus – Erddruckstützung

- Förderschnecke in vorderer Position für volle Förderleistung
- Förderband und Einlauftrichter zurückgezogen,
- Drehdurchführung für Bodenconditionierung installiert
- Materialschürren am Schneidrad teilweise demontiert

Offener Modus - Einfachschild

- Förderschnecke in hinterer Position, eingeschränkte Leistung
- Förderband und Einlauftrichter vorgeschoben,
- Drehdurchführung demontiert
- Materialschürren am Schneidrad montiert

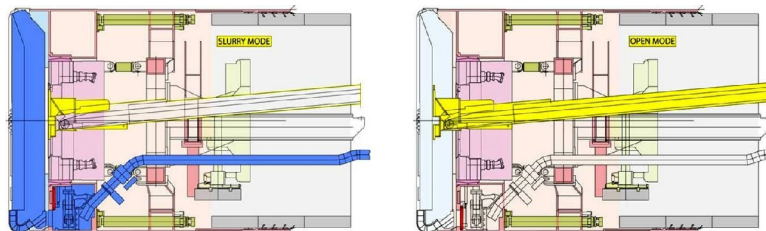
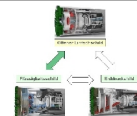
7

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



Offener Einfachschild ↔ Flüssigkeitsschild

Bandaus trag im offenen Betrieb



Geschlossener Modus - Flüssigkeitsstützung

- Tauchwandschieber offen
- Förderband und Einlauftrichter zurückgezogen

Offener Modus - Einfachschild

- Tauchwandschieber geschlossen
- Förderband und Einlauftrichter vorgeschoben

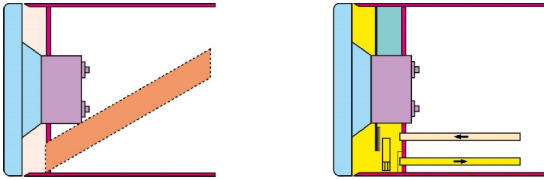
8

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



Erddruckschild ↔ Flüssigkeitsschild

Förderschnecke oder Förderkreislauf als primäres Austragssystem, unterschiedliche Methoden der Stützdrucksteuerung



Geschlossener Modus - Erddruckschild


- Förderschnecke als primäres Austragssystem
- Vortriebsgeschwindigkeit und/oder Austragsvolumen zur Steuerung des Stützdrucks → volumenstrombasierte Stützdrucksteuerung

Geschlossener Modus – Flüssigkeitsschild (MixSchild)

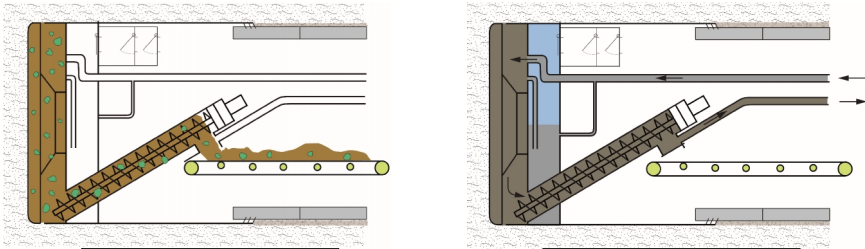
- Förderkreislauf als primäres Austragssystem
- Druckluftpolster für Stützdruckkontrolle → volumenunabhängige Stützdrucksteuerung

9

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



Grundkonzept der "Variable Density" Maschine




Erddruckschild

Flüssigkeitsschild

- ▶ Wechsel zwischen Erddruck- und Flüssigkeitsschild im Tunnel ohne mechanische Modifikationen oder Kammereinstieg → Umschalten der Betriebsart
- ▶ Primärer Materialaustrag im Flüssigbetrieb: mechanisch – hydraulisch → Betrieb im Zwischenbereich Erddruck- und Flüssigchild möglich (high density operation)
- ▶ Volle Kontrolle der Ortsbruststützung beim Betriebsartwechsel

10

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



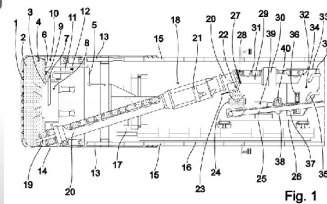
Erfahrungsbausteine für die Entwicklung der Variable Density TBM

Erfahrungshintergrund:

- ▶ Beherrschung von Findlingen >250mm bei Erddruckmaschinen mit Schneidradmischbesatz und Förderschnecke > 700mm in vielen Einsätzen erwiesen
- ▶ Abgetrennter Druckpolsterraum mit Verbindung zur Abbaukammer durch kommunizierende Röhren (Entfall der Tauchwandöffnung) erfolgreich eingesetzt bei Flüssigkeitsschilden

Verbleibende Unbekannte :

- ▶ mechanisch hydraulische Förderung entlang der Förderschnecke zum Saugstutzen am Schneckenausstrag

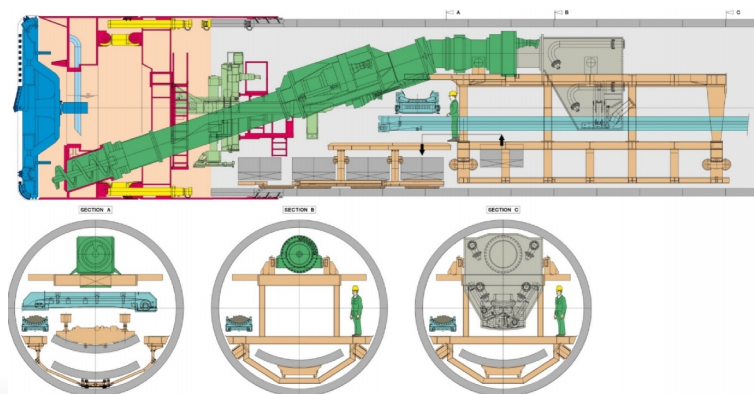


11

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



Realkonzept Variable Density TBM auf Basis eines typischen U-Bahn Durchmessers von 6,6m

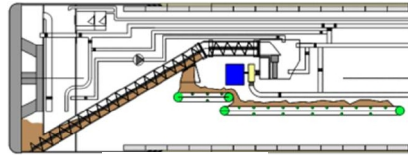


12

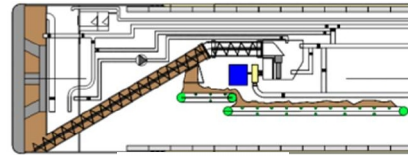
Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



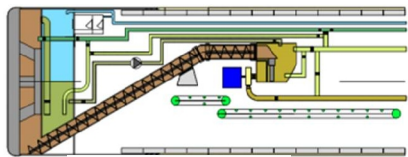
Betriebsarten einer Variable Density TBM



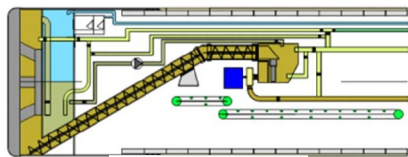
Offener Betrieb



Erddruckbetrieb



"high density" Betrieb



Flüssigkeitsbetrieb

13

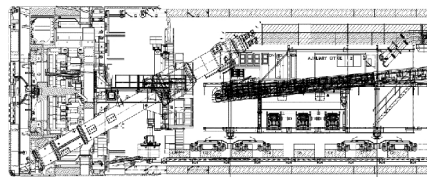
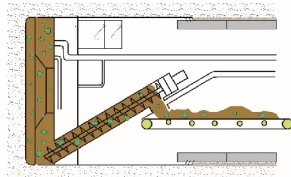
Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



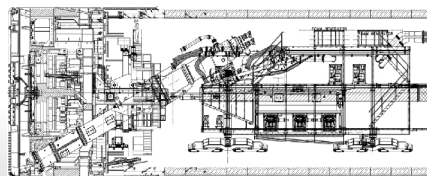
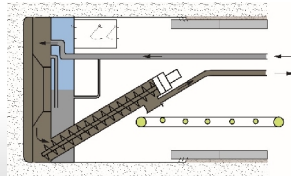
Einsatz: Port of Miami EPB

Ersteinsatz von Konzeptelementen der Variable Density TBM durch Bouygues TP beim sogenannten "WCP Mode" als Reaktion auf veränderten Baugrund

EPB Mode



WCP Mode



14

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



Einsatz: Kuala Lumpur, Malaysia

Erfolgreicher Ersteinsatz von voll ausgerüsteten Variable Density TBMs



- ▶ Die ersten sechs Variable Density TBMs beendeten ihren erfolgreichen Einsatz für die Arge MMC/Gamuda beim Klang Valley MRT Projekt in 2015.
- ▶ Die TBMs wurden erfolgreich betrieben als reiner Erddruck- und als Flüssigkeitsschild sowie in der Zwischenbetriebsart "high density slurry"
- ▶ Die für den Ersteinsatz vorgehaltenen technischen Rückfallebenen kamen nicht zum Einsatz, der Betrieb des Systems erwies sich als vergleichsweise einfach und gutmütig

15

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

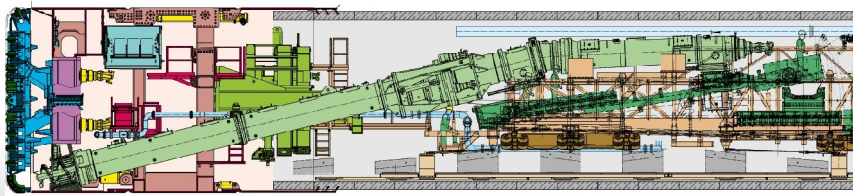


Einsatz: Columbus, USA

Variable Density TBM in stark wasserführendem Felsgestein



- ▶ Eine 7,0 m Variable Density Maschine in Hartgesteinsausführung wurde in 2014/2015 von der ARGE Kenny / Obayashi für einen Abwassersammler in Columbus OH eingesetzt. Extrem hoher Wasserandrang erforderte einen Betrieb in überwiegend geschlossenem Modus mit Flüssigförderung.



16

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



Einsatz: Honkong

Variable Density TBM bei sehr geringer Überdeckung



- ▶ Im November 2016 beendete eine voll ausgerüstete Variable Density TBM erfolgreich eine Teilstrecke des SCL 1128 Projekts in Honkong für die ARGE Bouygues Dragages.
- ▶ Der Vortrieb bei sehr geringer Überdeckung und hochsensibler Überbauung erfolgte zum großen Teil im "high density" Betrieb



17

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

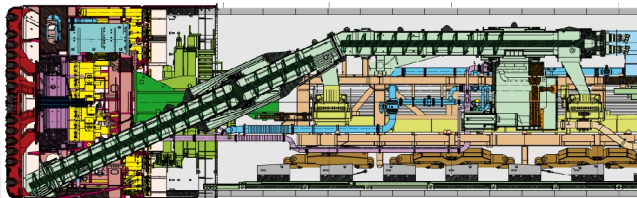


Einsatz: Lima, Peru

Variable Density TBM für schwierigen Baugrund



- ▶ Im Januar 2016 wurde eine 10,21m Variable Density TBM für Consorcio Constructor M2 Lima fertiggestellt
- ▶ Durch Verzögerungen im Projekt ist aktuell die Baustellenmontage und der Anfahrzeitpunkt verschoben und die TBM ist zwischengelagert



18

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

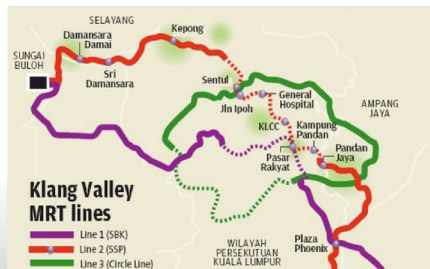


Anstehende Einsätze Variable Density TBMs im Bau



Forresterfield Airport Link, Perth, Australia

- ▶ Zwei 7,05m Variable Density TBMs für Salini Impregilo/NRW JV



Klang Valley MRT Linie 2, Kuala Lumpur, Malaysia

- ▶ Zehn 6,6m Variable Density TBMs für MMC/Gamuda JV (6 vorhandene Maschinen von Linie 1 sowie 4 neue Variable Density TBMs)

19

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies



VIELEN DANK

Herrenknecht. Pioneering Underground Technologies

