

# 10 Jahre Variable Density TBM

Werner Burger, Herrenknecht AG

ETH Zürich, 19. Mai 2022

# 10 Jahre Variable Density TBM

- **Die Entwicklungsgeschichte**
- **Wo stehen wir heute**
- **Ausblick**

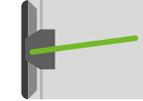
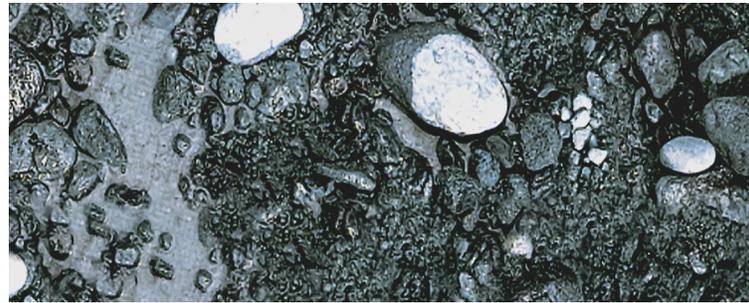
# BASISTYPEN DER SCHILDMASCHINEN (VOLLSCHNITT)



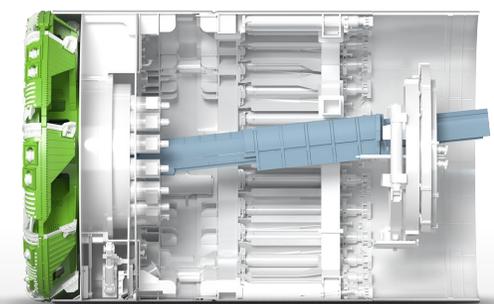
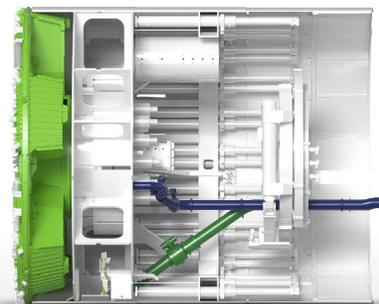
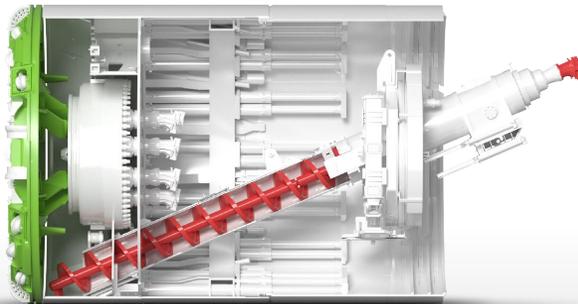
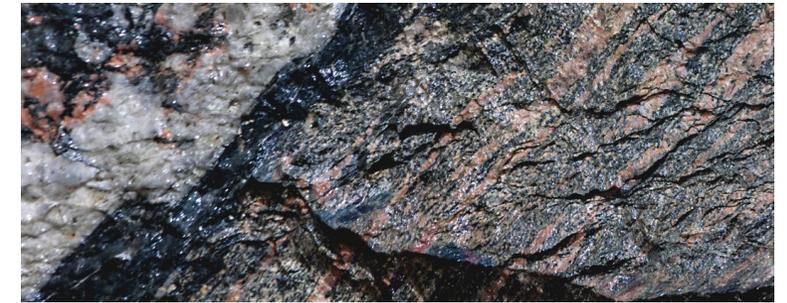
Erddruckschild



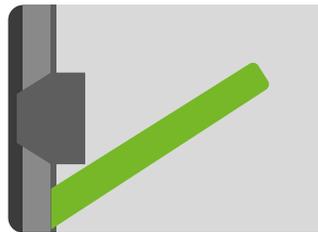
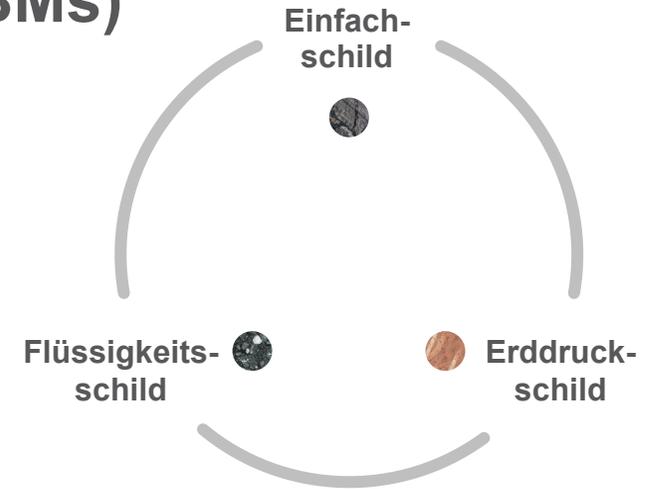
Flüssigkeitsschild



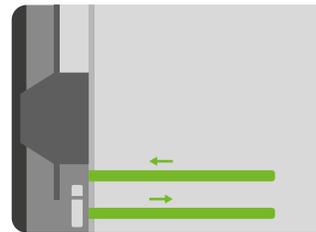
Einfachschild



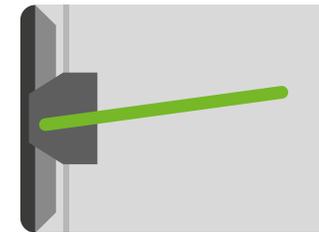
# KOMBINIERTE VARIANTEN (MULTI-MODE TBMs)



Erdruckschild

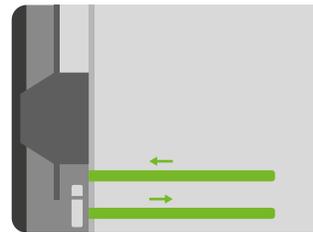
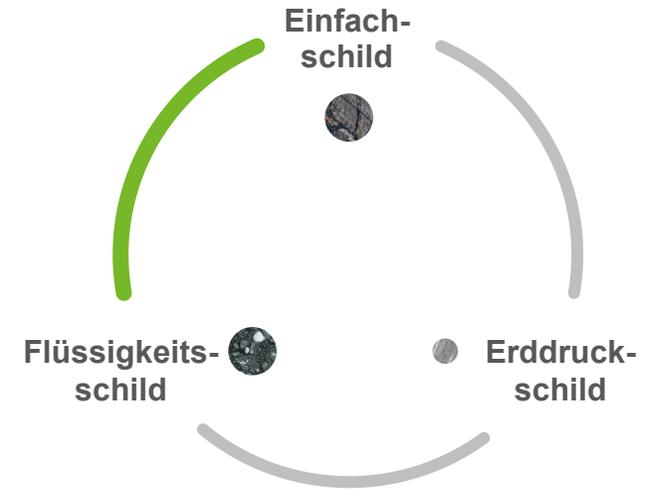


Flüssigkeitsschild

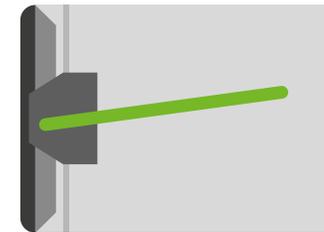


Einfachschild

# FLÜSSIGKEITSSCHILD - EINFACHSCHILD

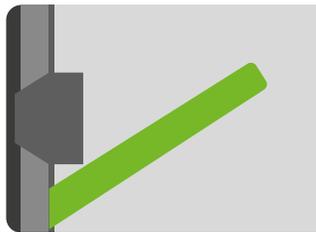
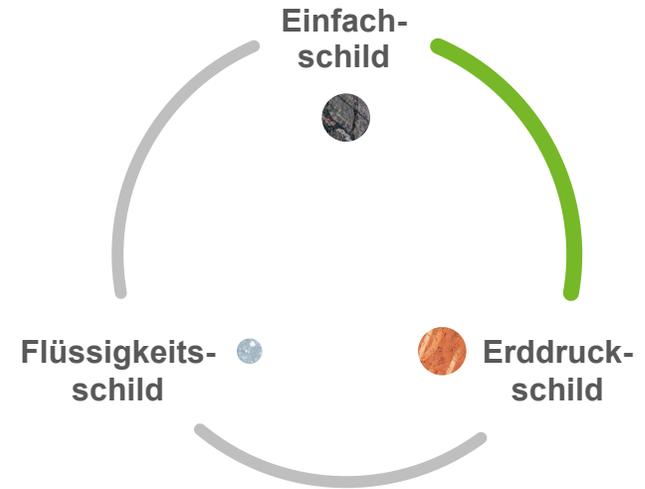


Flüssigkeitsschild

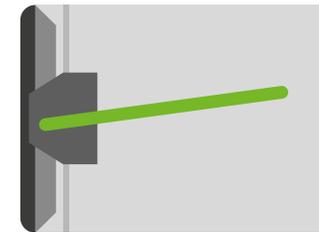


Einfachschild

# ERDDRUCKSCHILD - EINFACHSCHILD

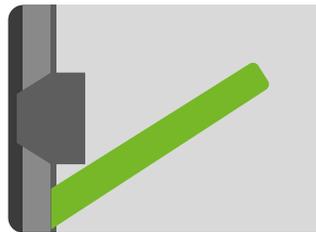


Erddruckschild

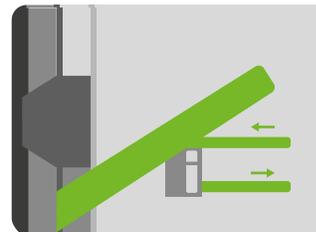


Einfachschild

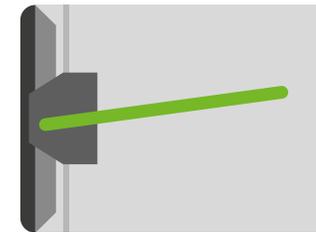
# ERDDRUCKSCHILD - FLÜSSIGKEITSSCHILD



EPB TBM

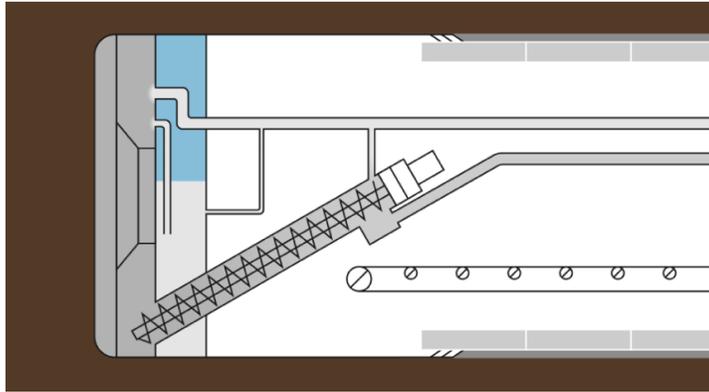


Variable Density TBM

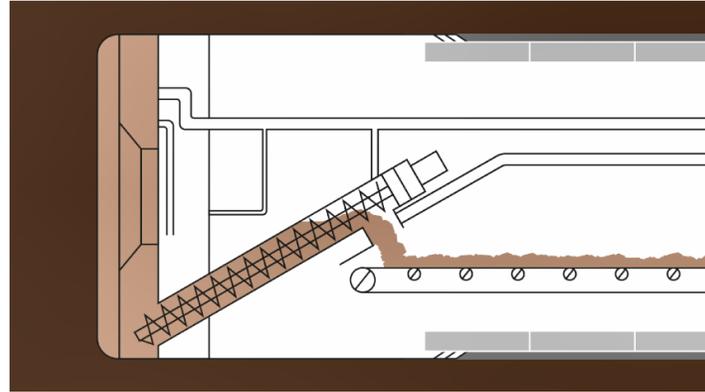


Hard Rock (open) TBM

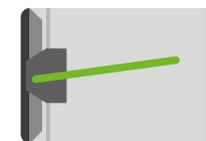
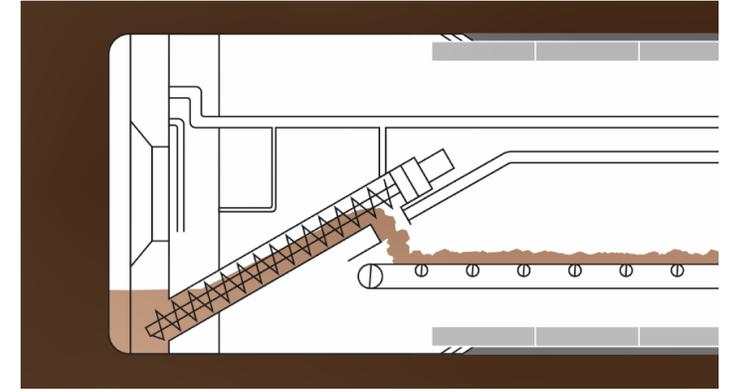
# VARIABLE DENSITY TBM



Flüssigkeitsschild



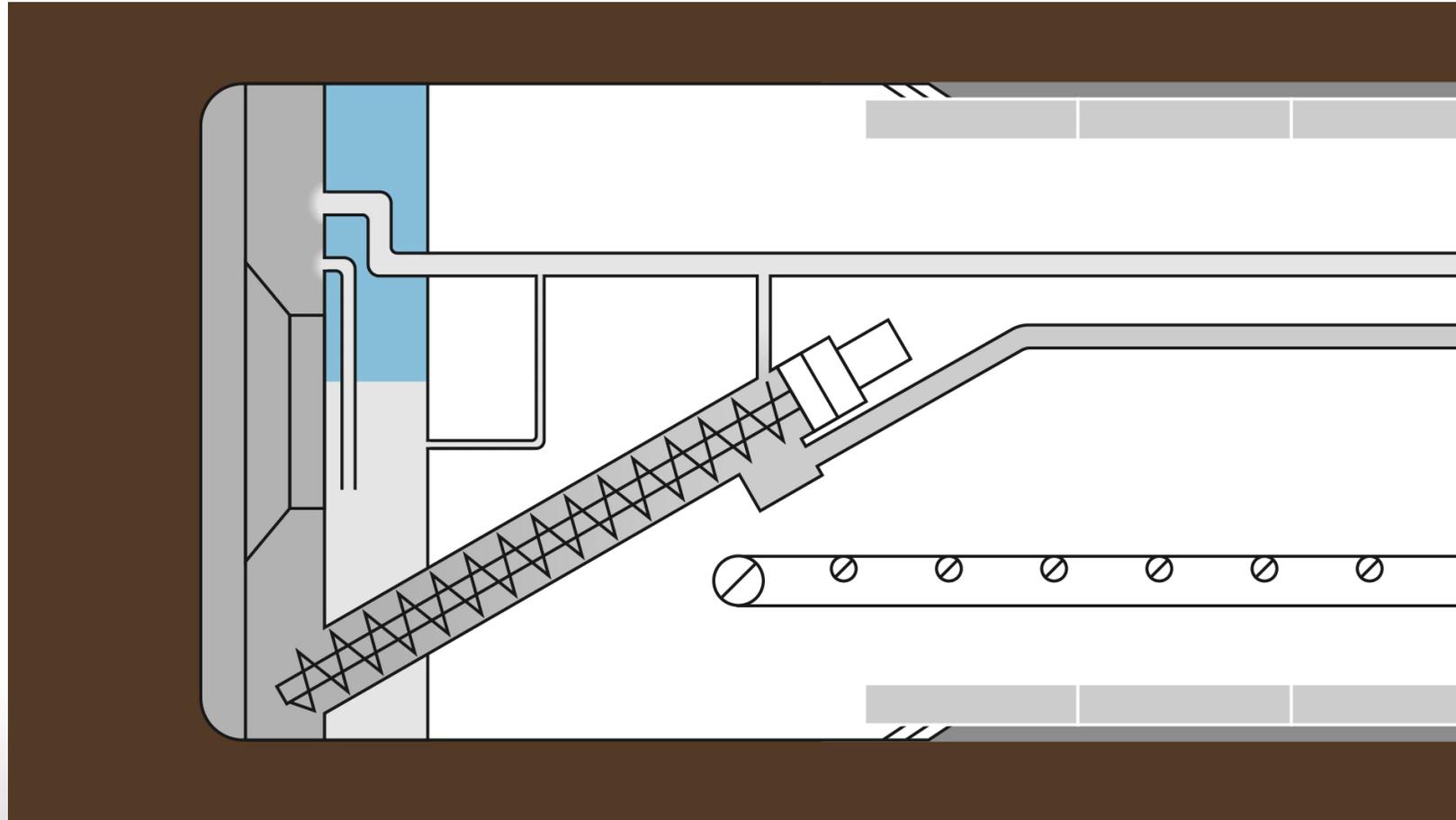
Erddruckschild



Einfachschild

# DIE VARIABLE DENSITY TBM

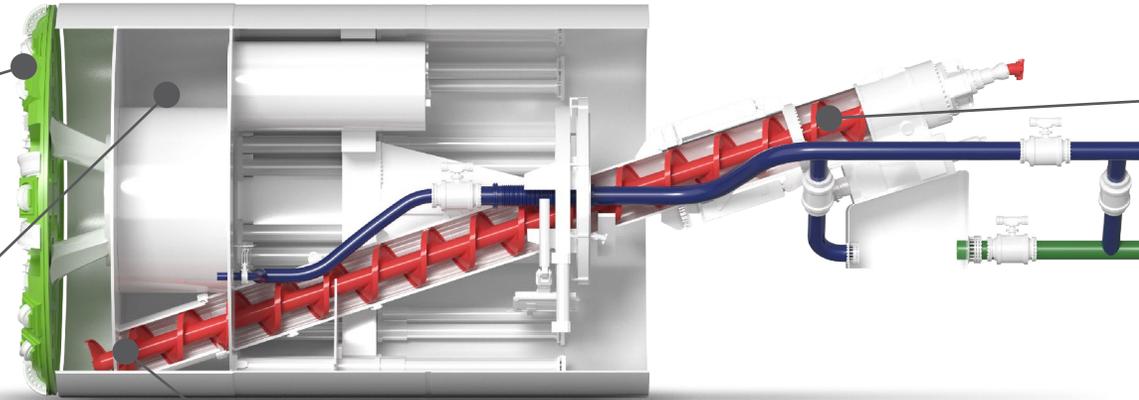
Von **Low Density Slurry** nach **High Density Slurry** nach **EPB** nach **Open Mode**



# DIE VARIABLE DENSITY TBM

Ein neues Konzept aus bewährten Bausteinen und Erfahrungen

Schneidrad:  
Kein wesentlicher  
struktureller Unterschied  
zwischen Erddruck- und  
Flüssigkeitsschild



Suspensionstransport  
durch Förderschnecke:  
Keine vorherigen  
Betriebserfahrungen



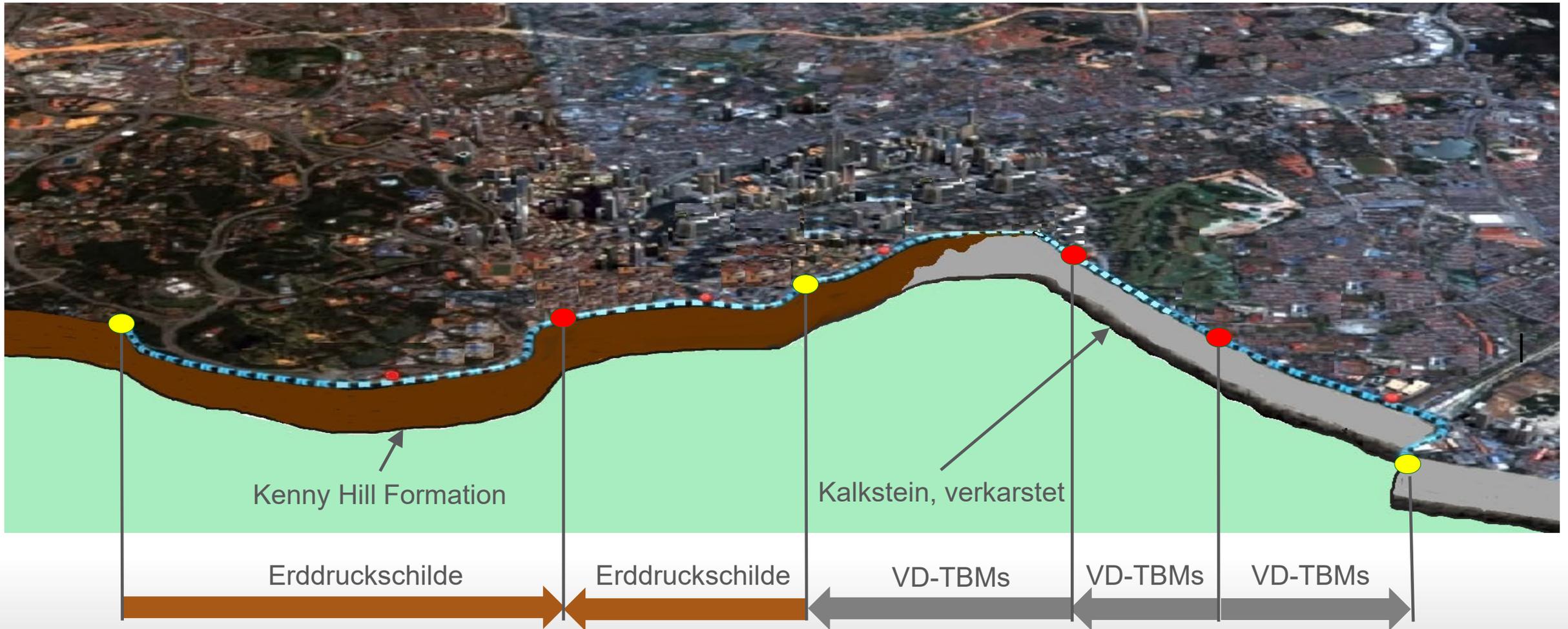
Abgetrennter  
Druckluftpolsterraum:  
Erfahrungen mit dem Konzept  
„abgeschotteter Sohlbereich“ aus früheren  
Mixschildvortrieben bei Metro Amsterdam,  
U-Bahn Hamburg und Wesertunnel



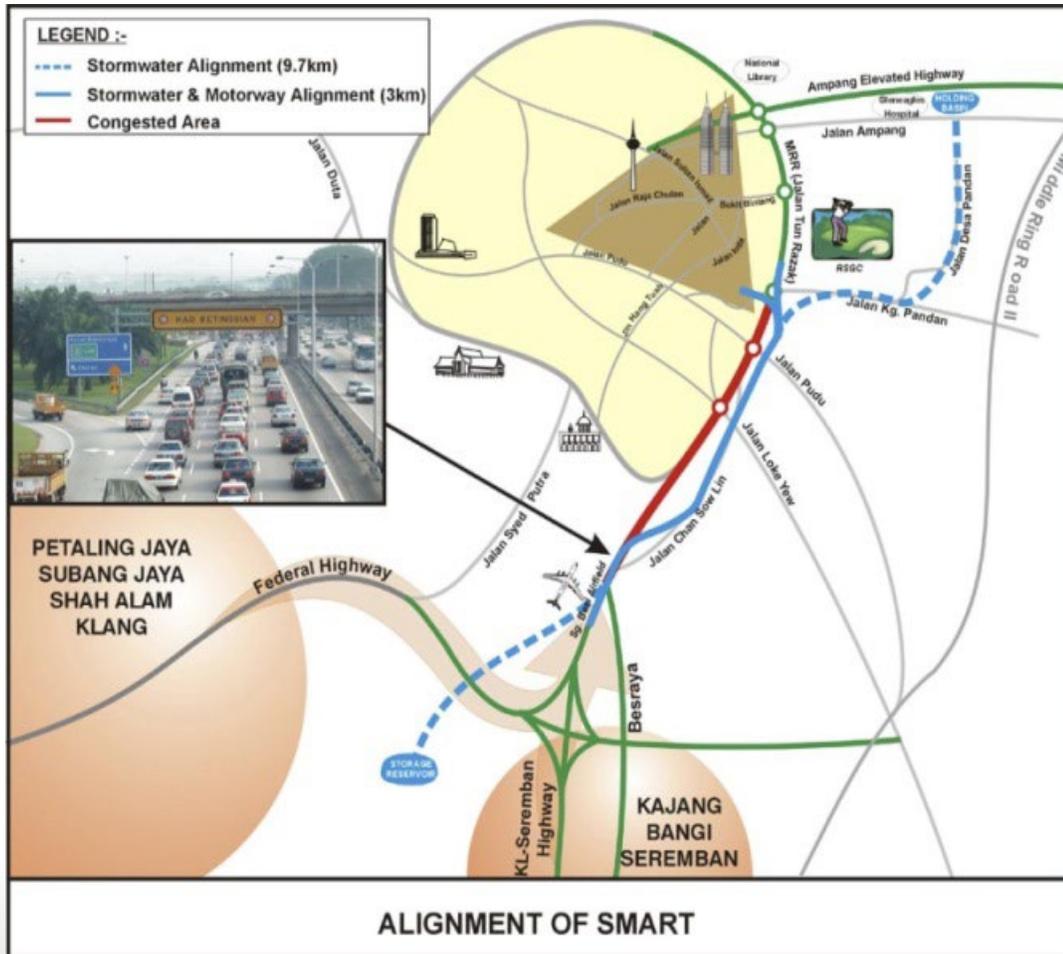
Flüssigkeitsschild ohne Brecher in  
Abbaukammer:  
Erfahrungen aus einer Vielzahl von EPB Einsätzen mit  
Findlingen bei entsprechendem Werkzeugbesatz,  
Kornbegrenzung am Schneidrad und förderbarer  
Korngröße der Schnecke.



# KLANG VALLEY MRT PROJEKT, KUALA LUMPUR, 2014



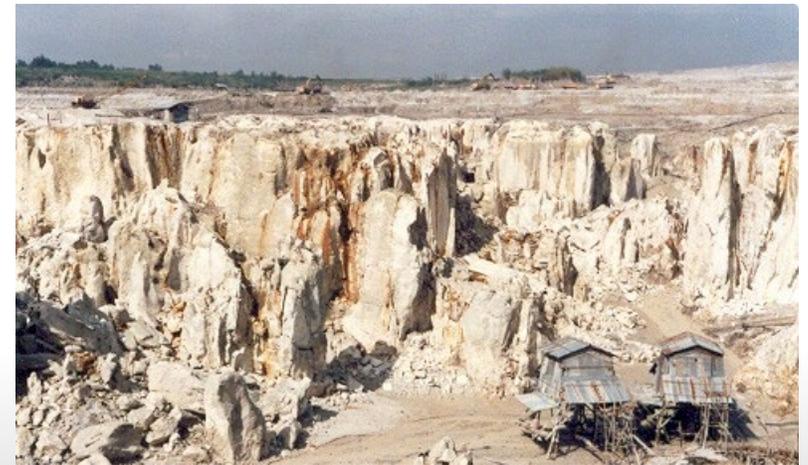
# SMART PROJEKT, KUALA LUMPUR, 2004 - 2007



Tunnellänge:	9,7km
Geologie:	Kalkstein, verkarstet
TBM:	2 x Mixschild, Bohrdm. 13,21m



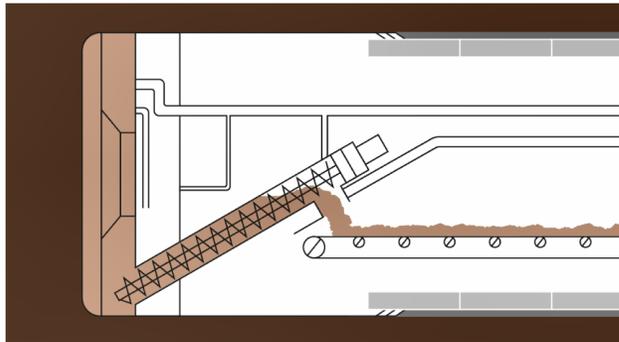
# SMART PROJEKT, KUALA LUMPUR, 2004 - 2007



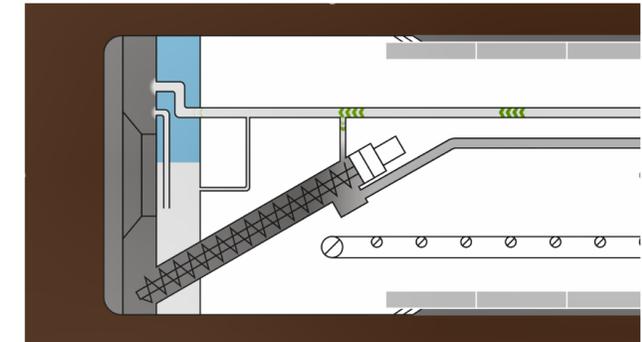
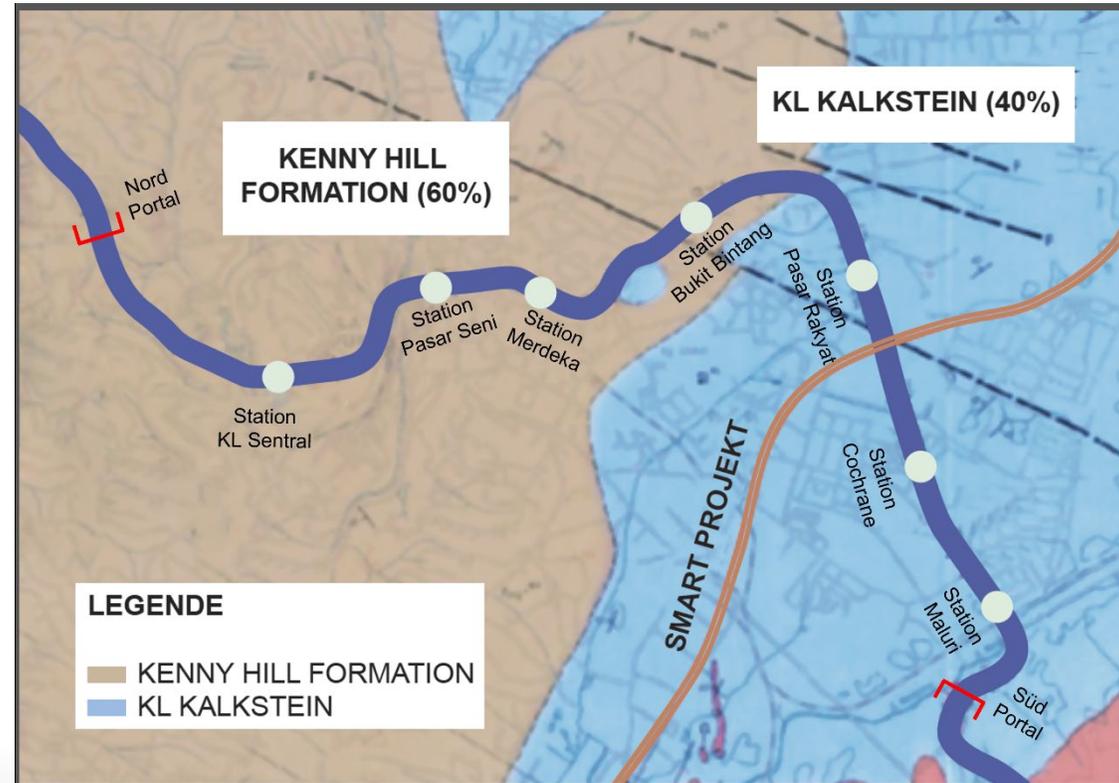
# SMART PROJEKT, KUALA LUMPUR, 2004 - 2007



# VORTRIEBSKONZEPT KLANG VALLEY MRT PROJEKT

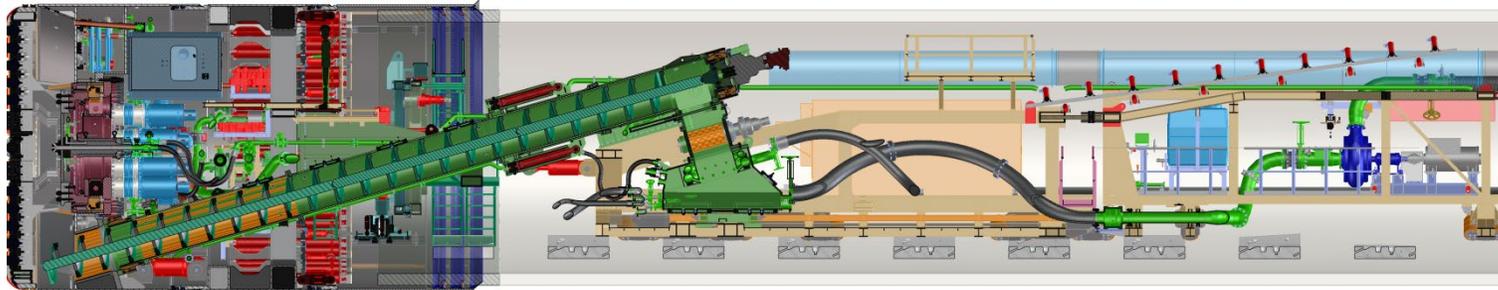


Erddruckbetrieb in  
Kenny Hill Formation

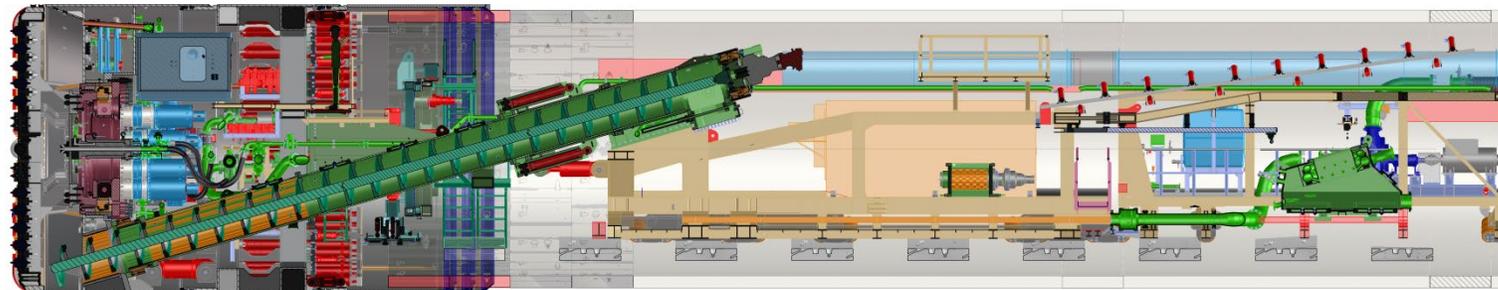


Flüssigkeitsbetrieb mit  
schwerer Suspension  
(HD Slurry) im Kalkstein

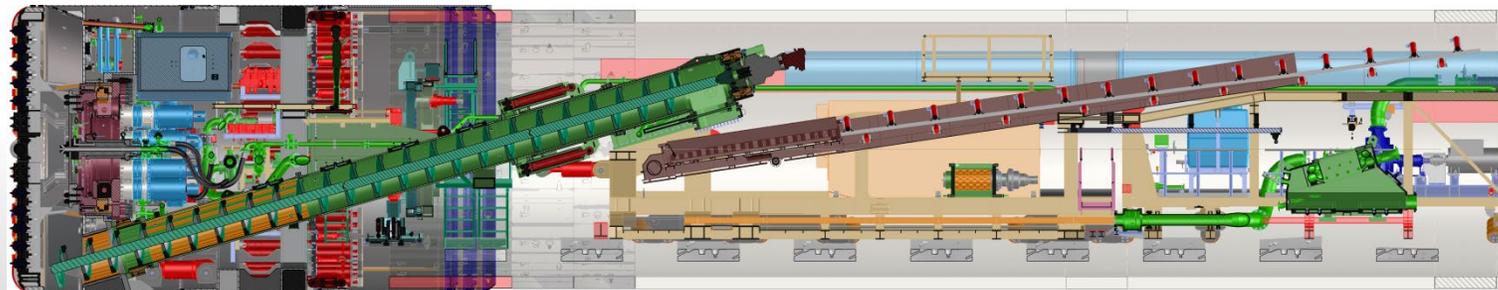
# KLANG VALLEY MRT PROJEKT, WECHSEL BETRIEBSART



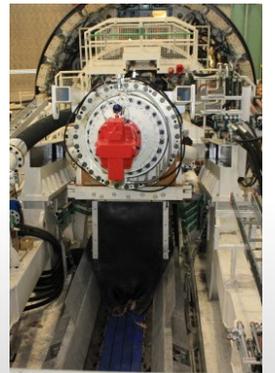
VD TBM als Flüssigkeitsschild:  
hydr. Förderkreislauf im Tunnel



Verschieben von Brecher und  
Spülkasten in Parkposition



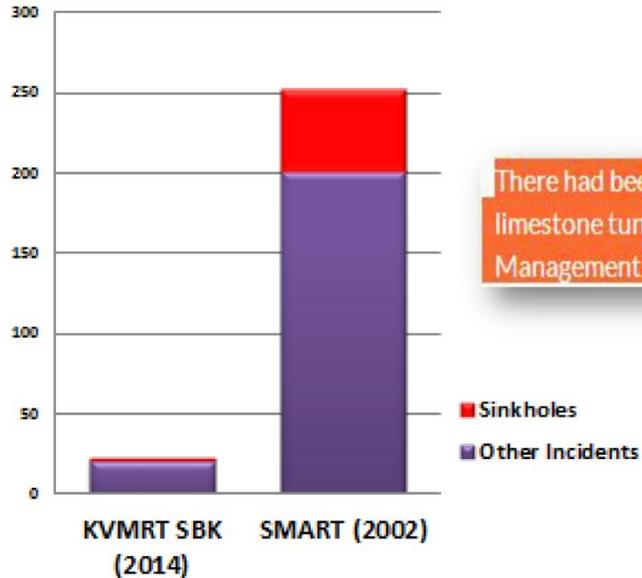
VD TBM als Erdruckschild:  
Verlängern Nachläuferband  
unter Schneckenabwurf



# VERGLEICH: KLANG VALLEY MRT – SMART

## SUCCESS OF VD TBM - 95% Sinkholes Reduction

Incidents Comparison  
[ KVMRT SBK (2014) VS SMART Tunnel (2002) ]



There had been only two incidents for MRT's 7.5km karstic limestone tunnelling compared with 41 incidents for the Stormwater Management and Road Tunnel (Smart) project's 9km tunnelling in 2003

### New tech reduces sinkholes by 95pc

2 NOVEMBER 2014 @ 8:03 AM

THE variable density tunnel boring machine (VD TBM), used in the underground works of the Klang Valley Mass Rapid Transit Sungai Buloh-Kajang Line (KVMRT, SBK Line), has enabled a 95 per cent reduction in the

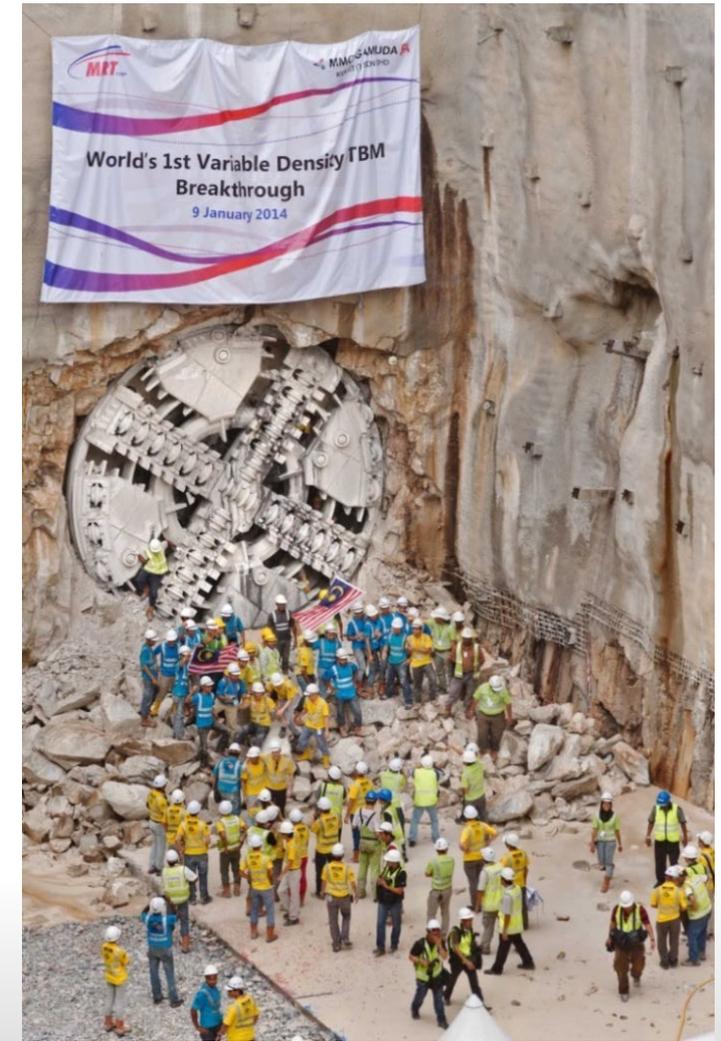
MMC-Gamuda KVMRT (1) Sdn Bhd head of tunnelling Ng Hau Wei said VD TBM was a huge leap compared with the machines used in the Smart project.

"It is, in some ways, a new design. The variable density concept is complex and we had to translate it into a workable machine. This is one part where the innovation lies.

"Another secret of the machine is in the process technology, and how we are able to operate the machine in different modes.

"We have learned much from the KVMRT tunnel drives and are looking at areas where we can further tweak the VD TBM."

During the construction of Smart in 2003, many sinkholes and slurry



# HONG KONG, SHATIN LINE SCL 1128



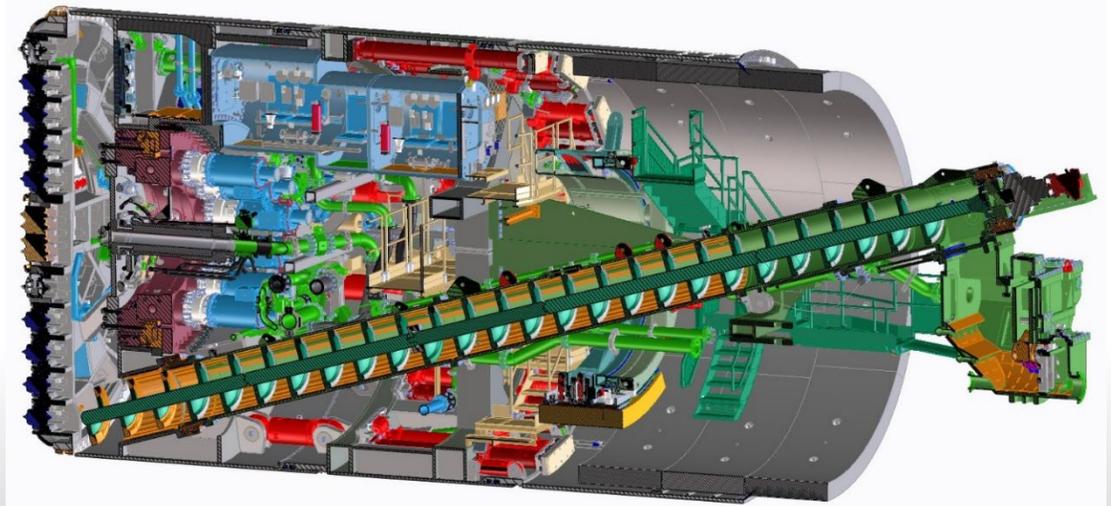
Doppelröhre, nebeneinander  
▶ Konventionelles Mixschild

Doppelröhre, übereinander  
▶ Oberer Tunnel: Variable Density TBM als Flüssigkeitsschild  
▶ Unterer Tunnel: konventionelles Mixschild

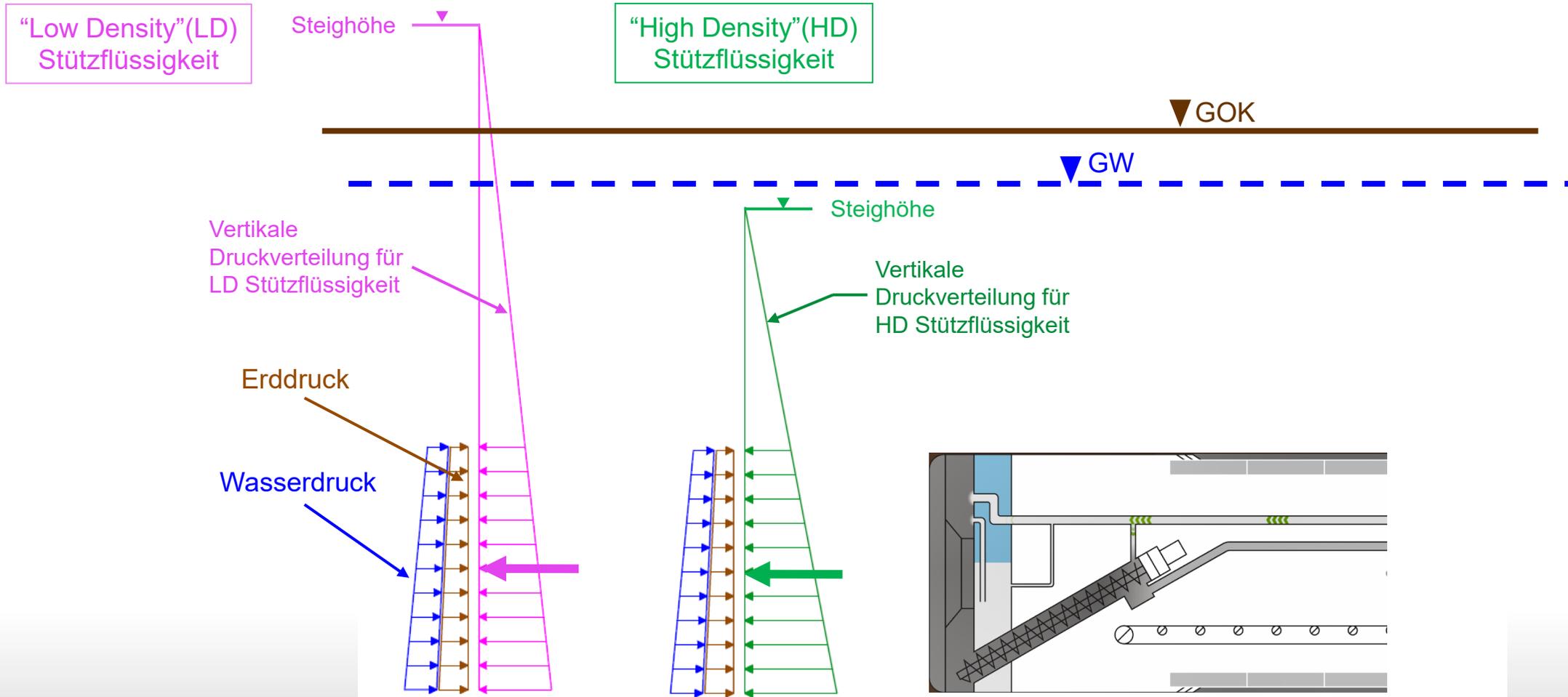
# HONG KONG, SHATIN LINE SCL 1128



- ▶ Vortrieb mit einer VD TBM durch Bouygues / Dragages in 2016
- ▶ Tunnellänge 675m
- ▶ Erster Einsatz eines Zangenbrechers im Spülkasten für Findlinge >200MPa
- ▶ Betrieb im "High Density" Modus aufgrund geringer Überdeckung von 0,5 D



# VARIABLE DENSITY TBM BEI GERINGER ÜBERDECKUNG



# VARIABLE DENSITY TBM – HEUTIGER STAND DER TECHNOLOGIE

## Aktueller Status:

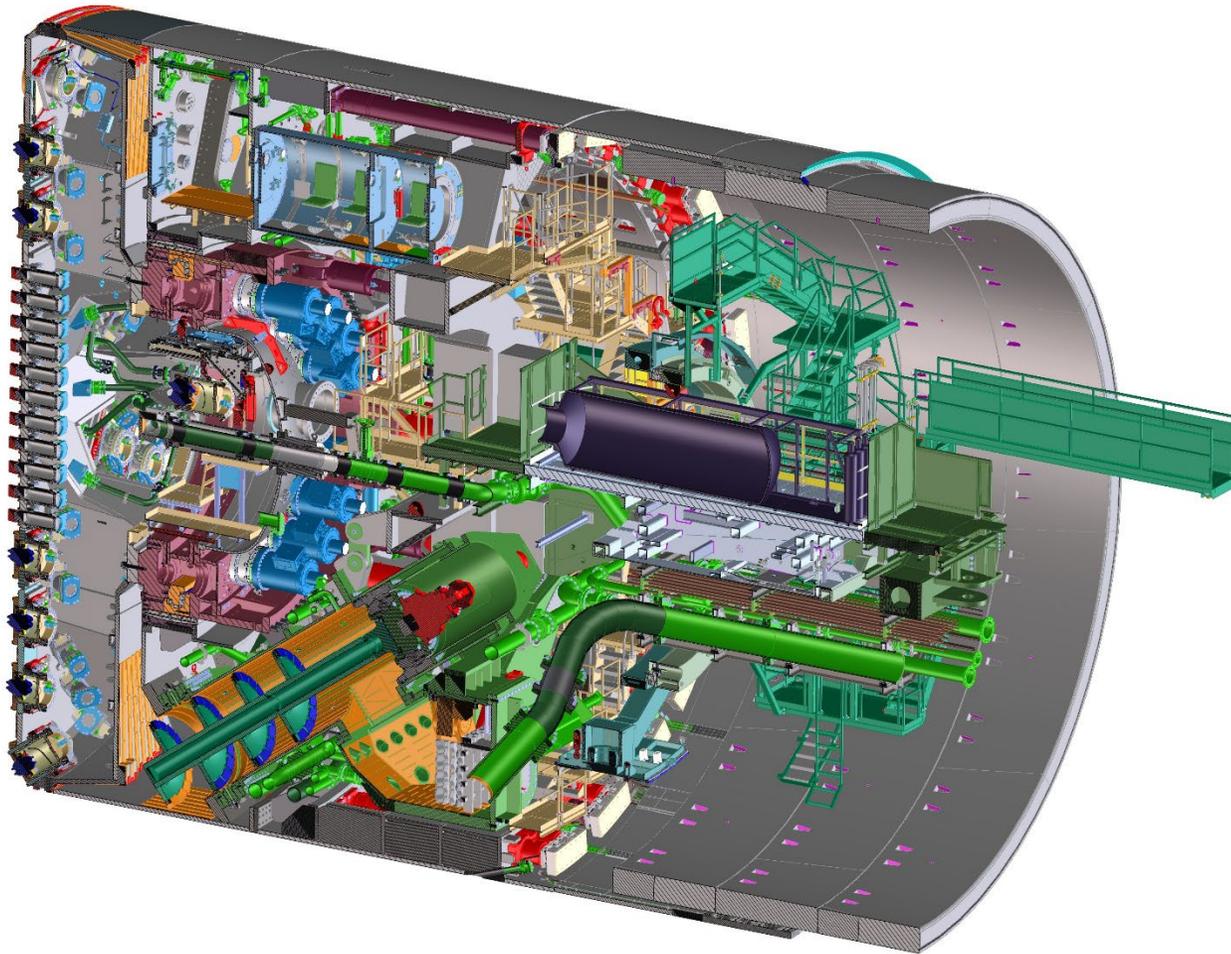
- ▶ 34 Variable Density TBM Einsätze seit 2012 bei abgeschlossenen oder laufenden Vortrieben
- ▶ 115 km aufgefahrene Tunnellänge
- ▶ Durchmesser von 4,8m – 14,0m
- ▶ Voll umstellbar (Erddruck- & Flüssigkeitsbetrieb) oder nur mit Flüssigförderung

## Letzte Entwicklungen:

- ▶ Anpassung des VD Konzepts auf Kleine Durchmesser
- ▶ Entwicklung der Variable Density “Compact Screw” Version
  - ▶ Ermöglicht Umschlag von Transportschleusen für Hochdruckeinsätze
  - ▶ Variable Density TBM mit begehbarem Schneidrad

# HAMPTON ROADS BRIDGE - TUNNEL EXPANSION PROJECT

## VARIABLE DENSITY TBM “COMPACT SCREW VERSION”





TBM Variable Density

Logos on the left panel:  
HRBT Expansion  
Mary  
VDOT  
HAMPTON ROADS  
HRTAC  
DRAGADOS  
VINCI CONSTRUCTION  
GRANDS PROJETS  
FLATIRON

Logos on the right panel:  
HRBT Expansion  
Mary  
VDOT  
HAMPTON ROADS  
HRTAC  
DRAGADOS  
VINCI CONSTRUCTION  
GRANDS PROJETS  
FLATIRON

JOSEPH PARIS

HERBERICHT

80t