



Betriebliche Prozesssimulation für maschinelle Tunnelvortriebe *SFB 837-C3*

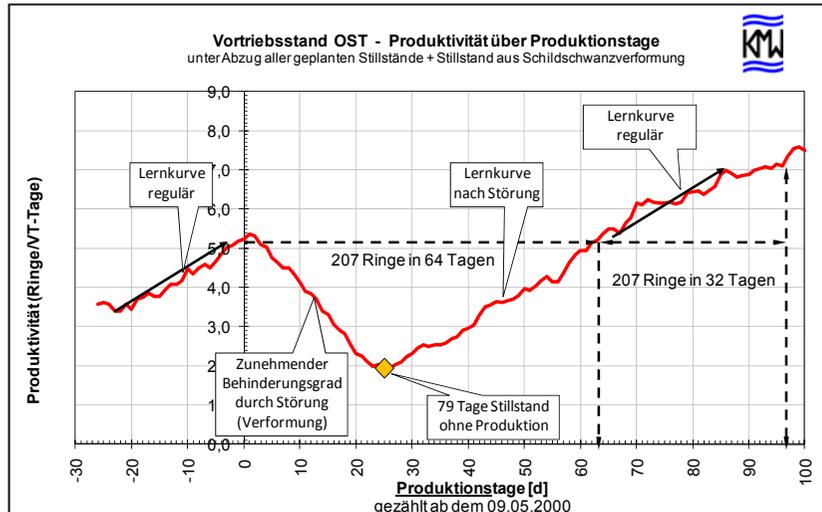
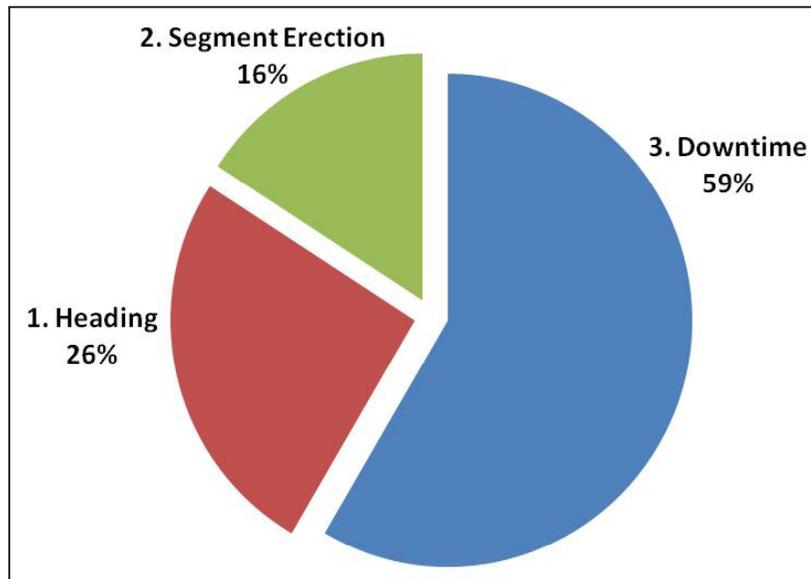
Projektleiter:
Prof. Dr. –Ing. Markus Thewes
Prof. Dr. –Ing. Markus König

Projektbearbeiter:
Kambiz Sadri, M.Sc.
Tobias Rahm, M.Sc.

Tunnelbauforschung in Leoben, Schwanau und Bochum

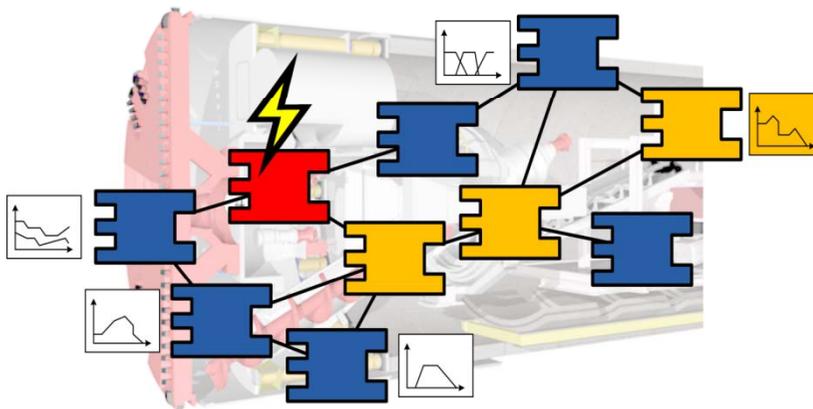
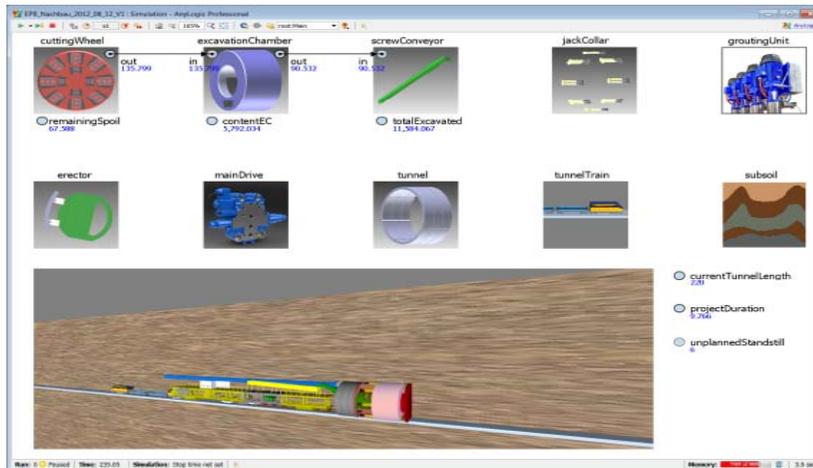
RUB, IAN 0018

30.09.2013

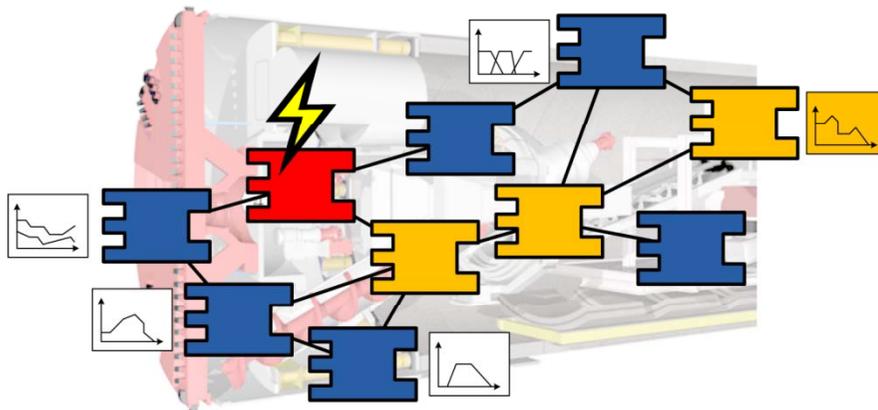


- Geringe Dauernutzleistung der TBM
- Unstetige Lernkurve
- Abbildung und Simulation des Gesamtsystems „TBM“ und aller innerer und äußerer Abhängigkeiten
- Erfassung und Darstellung des Einflusses von Störungen auf den Vortriebsprozess
- Sensivität eines Tunnelbauprojekts gegenüber Störungen

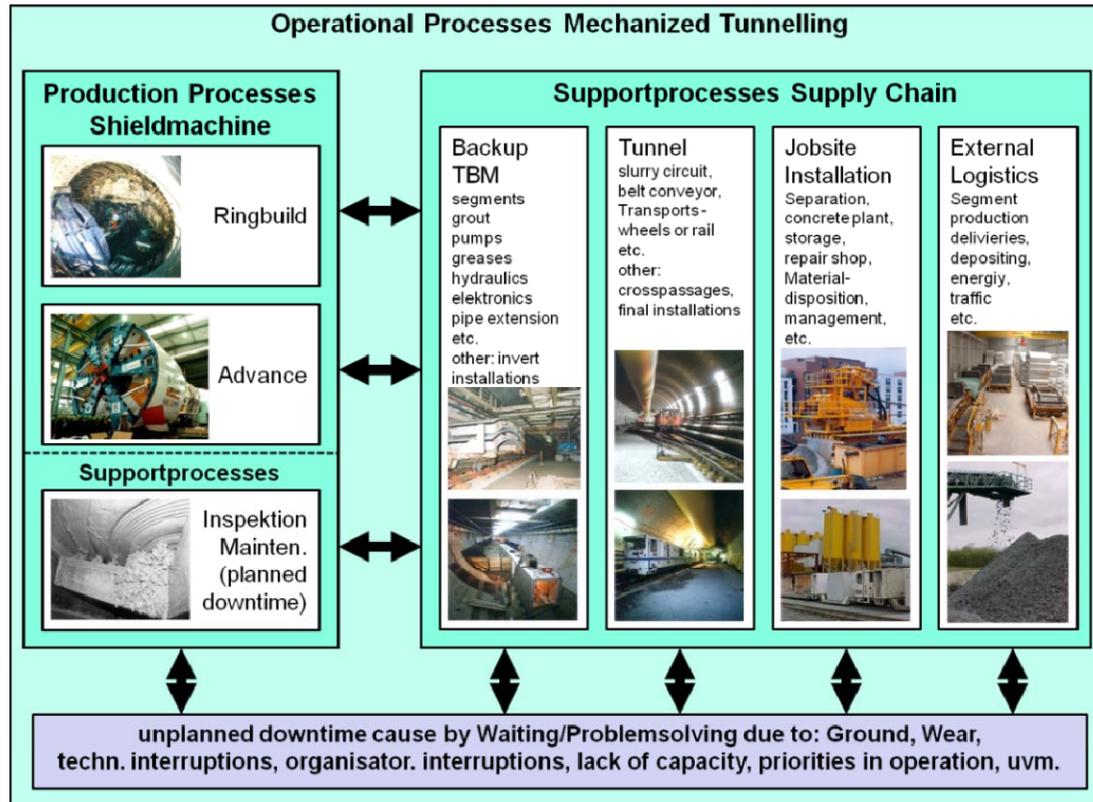
- Erfassung aller relevanten Prozesse und ihre Kette
- Klassifizierung von Prozessinteraktionen
- Modellierung in einer informatische Umgebung (SysML)
- Integration von unsicheren und unvollständigen Randbedingungen
- Erstellung einer Wissensbasis für Störungen im Maschinellen Tunnelvortrieb
- Entwicklung von Prozesssimulationsmodellen für den maschinellen Tunnelbau
- Ermittlung der Auswirkungen von Störungen
- Sensitivitätsanalyse



- Simulationsmodell basiert auf verschiedenen Komponenten für ein flexibles TBM-Setup
- Diskrete-Event-Simulation zur Modellierung der Produktions- und Logistikprozesse
- System Dynamics zur Modellierung der kontinuierliche Ausbreitung der Materialien
- Hybrid-Simulation Ansatz ermöglicht die detaillierte Simulation von Störungen
- Störungsdauer und -häufigkeit modelliert durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen

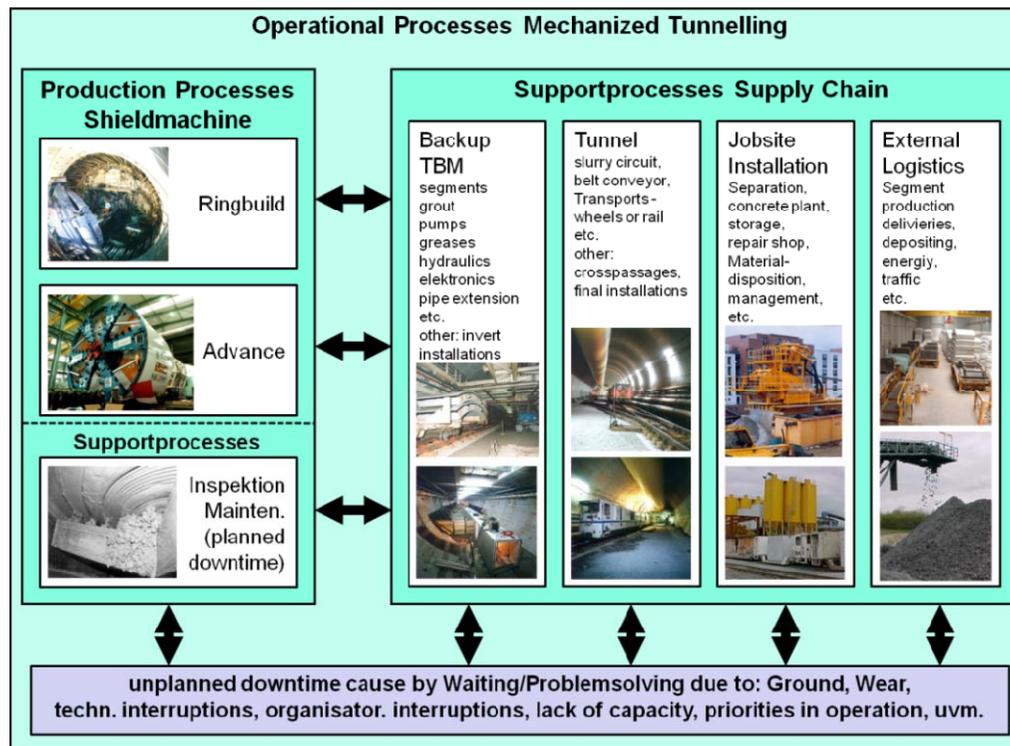


- Direkter Einfluss:
technische Störung der Vortriebszylinder (für Kernprozess *Vortrieb*)
- Indirekter Einfluss:
Transportzug versagt aber TBM hat noch Material um die Kernprozesse zu bearbeiten
- Kaskaden-Effekt:
Transportzug versagt; wenn Erhärtungsdauer von Verpressmörtel überschritten → neue Störung durch Reinigung von Tank-, Rohr- und Pumpen etc.

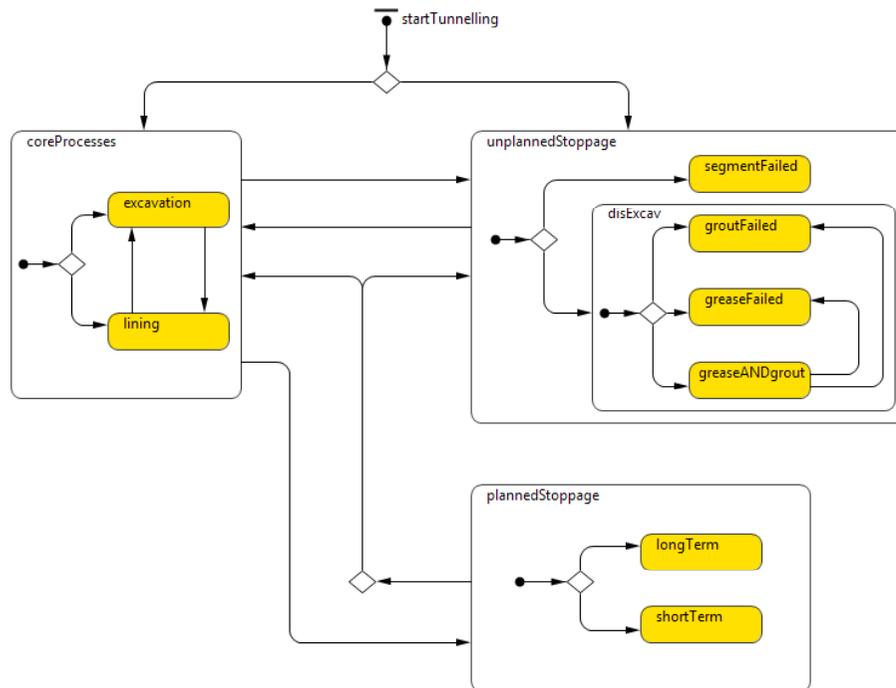


Prozesskategorisierung:

- Kernprozesse
- Prozesse der Supply Chain
- Supportprozesse



- Identifizierung von Schwachstellen im logistischen System
- Analyse möglicher Strategien für Logistik und Wartungsarbeiten bzw. Stillstände
- Anpassung die Lieferkette nach Projektverlauf
- Bewertung der Auswirkungen von Störungen auf die Leistung
- Vorhalten von geeigneten Maßnahmen zur Reaktion auf unvermeidlichen Störungen



Hauptmodul:

- Kernprozesse:

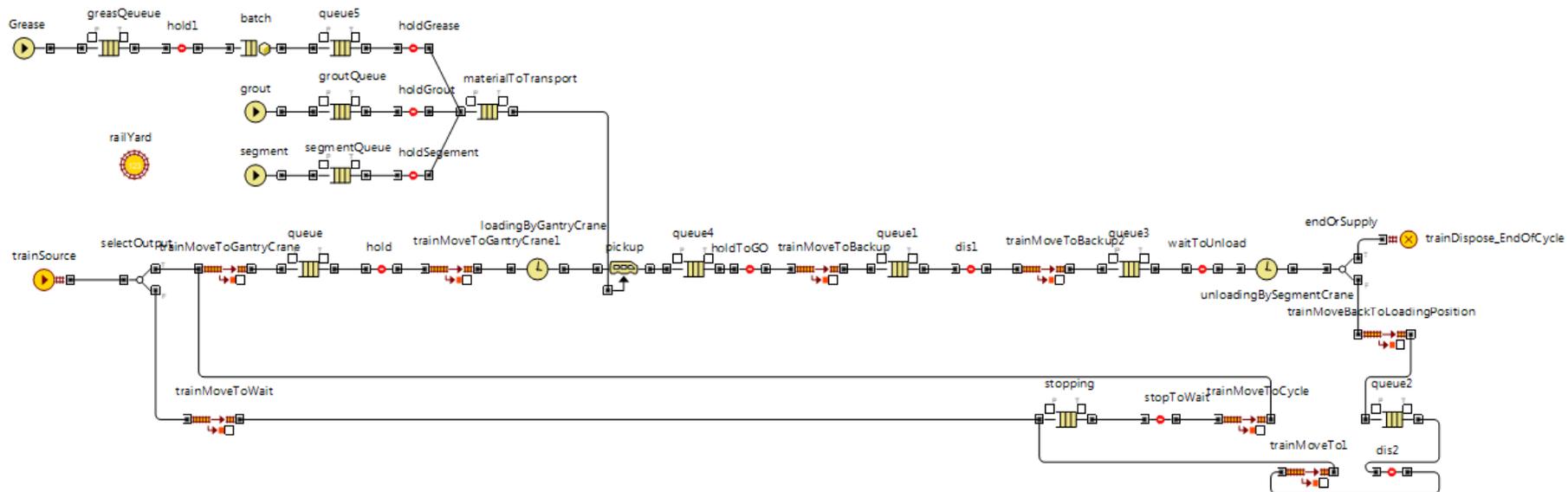
- Bodenabbau
- Ringbau

- Geplante Stillstände:

- Typ A – lange Dauer, geringe Frequenz (Kabel-, Förderbandverlängerung usw.)
- Typ B – kurze Dauer, hohe Frequenz (Leitungsverlängerung usw.)

- Ungeplante Stillstände wegen Materialmangel:

- Tübbinge
- Mörtel
- Fett



Internes Logistikmodell:

- Materiallager auf der Baustelle (Tübbing, Mörtel, Fett)
- Beladen des Transportmittels (Transportzug / MSV) durch einen Turmdrehkran
- Entladen des Transportmittels durch den Segmentkran

Randbedingungen:

- Tunnellänge: 5000 m
- Tunneldurchmesser: 8 m
- Ein Ring: 5+1 Tübbinge
- Länge eines Rings: 2 m
- Vortriebsgeschwindigkeit [mm/min] (Dreieckfunktion):
- Ringbaudauer (Normalverteilung):
- Geplante Stillstände [min] (Dreieckfunktion):

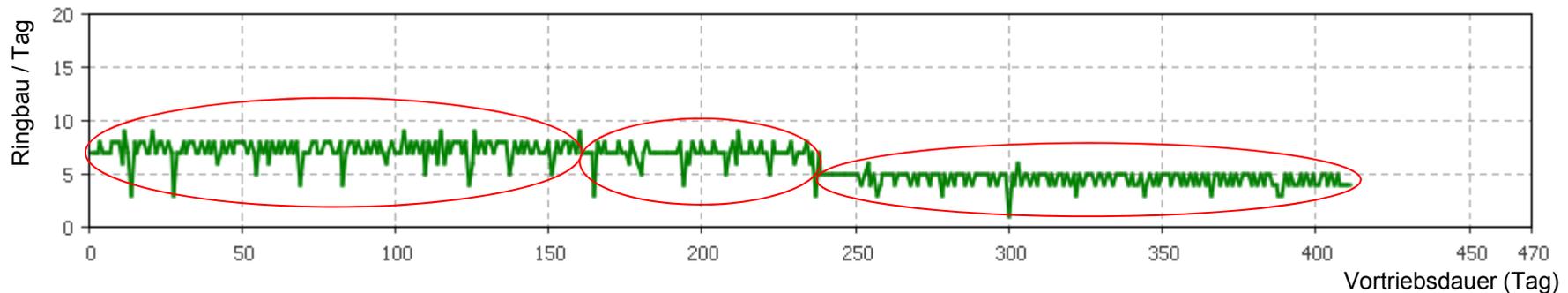
min.	max.	mode
15	45	25

Durchschnitt [min]	Standardabweichung (σ)
68,85	19,45

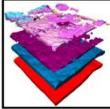
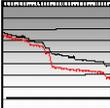
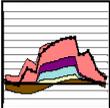
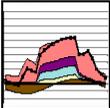
	min.	max.	mode
Typ A	360	1440	480
Typ B	120	240	180

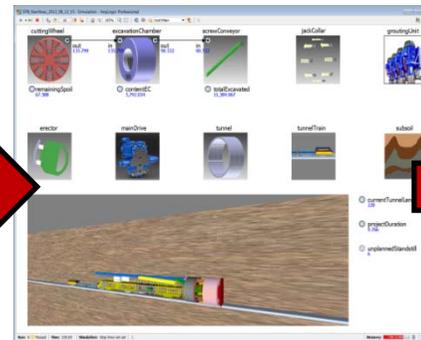
Ergebnisse mit technische Störung (Störung des Segmentkrans):

- Wahrscheinlichkeit: 1% ▪ Dauer (Normalverteilung):
- | Durchschnitt [min] | Standardabweichung (σ) |
|--------------------|---------------------------------|
| 63,86 | 74,42 |
- Projektdauer [Tage]: 412 (Projektdauer ohne technische Störung = 366 Tage)
 - Ringbau [Ring / Tag]:



- 1-160 Tage: 1168 Ringe gesamt;
durchschnittlich: 7,3 Ring/Tag
- 161 - 238 Tage: 540 Ringe gesamt;
durchschnittlich: 6,9 Ring/Tag
- 239 - 412 Tage: 792 Ringe gesamt;
durchschnittlich: 4,6 Ring/Tag

- Wechselnde Bodenverhältnisse 
- Dimensionen der Maschine 
- Dimensionen des Tunnels 
- 
- Dauer der Prozesse 
- Störungen 
- Der Verbrauch von Ressourcen 



- Projektdauer
- Störungsauswirkung
- Schwachstellen im logistischen System
- Tägliche Leistung
- Maximal logistische Tagesleistung
- Kurzzeitiger Verbrauch der Ressourcen

- Modellentwicklung für zwei parallele Transportmittel (zwei parallele Gleise), wenn der Durchmesser mehr als 9 m beträgt
- Betrachten mehrerer Störfälle (Turmdrehkran, Segmentfeeder usw.)
- Baustellenverwaltung (Flächenmanagement)
- Aufbau der Lieferungskette für Hydroschildmaschinen (Bentonit usw.)
- Anordnung von Schächten

Finanzielle Unterstützung wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Projektes C3 des Sonderforschungsbereichs SFB 837 zur Verfügung gestellt.

