

# Herrenknecht AG – „SMART-Project“: Risikoanalyse für den Hydroschildvortrieb

---

R. Filippini

24. NDK-Blockkurs: „Geologie im Tunnelbau Teil I (Fels)“  
ETH Seminarzentrum CSF Monte Verità, Ascona – 19.10.2004

## Inhalt

---

- ◆ Ausgangslage
- ◆ Aufgabenstellung
- ◆ Grundlagen
- ◆ Vorgehen
- ◆ Baugrundmodelle
- ◆ Gefährdungsbilder
- ◆ Risikoanalyse

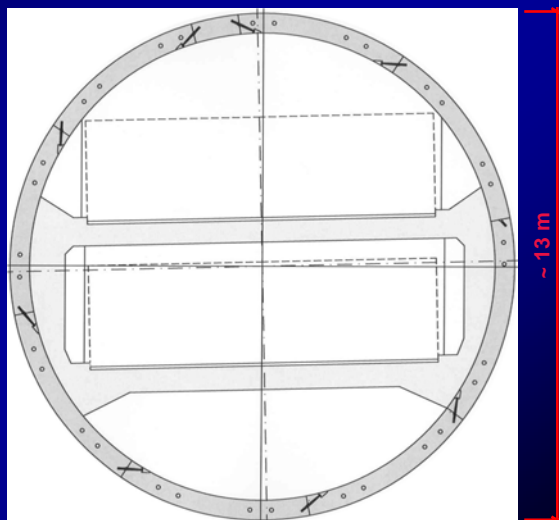


## Zweck des Projektes

- ◆ Allgemeine Kontrolle der Überflutung bei intensiven Regenfällen
- ◆ Tunnelbereich auch als Strassentunnel in der Trockenzeit

## Tunnelquerschnitt

- ◆ Oberer Teil:
  - Verkehrsführung in der Trockenzeit
  - Wasserführung in der Regenzeit
- ◆ Mittlerer Teil:
  - Verkehrsführung in der Trockenzeit
  - Wasserführung in der Regenzeit
- ◆ Unterer Teil:
  - nur Wasserführung



## Projektorganisation

---

- ◆ Bauherr  
Government of Malaysia: Department of Irrigation and Drainage, Ministry of Agriculture
- ◆ Projektverfasser  
Sepakat Setia Perunding (SND) BHD, in association with MM Consultants
- ◆ Generalunternehmer
  - MMC (Malaysia Mining Corporation) Gamuda JV.
  - Projektleiter: Hr. Kladoz
  - Erhält Konzession für 30 Jahre

## Projektorganisation

---

- ◆ Subakkordanten, Maschinenlieferanten
  - Nordabschnitt:
    - Unternehmer: Wayss & Freitag
    - Maschinenlieferant: Herrenknecht AG
  - Süd-Abschnitt:
    - Unternehmer: MMC + Gamuda JV.
    - Maschinenlieferant: Herrenknecht AG

## Termine

---

- ◆ Nordabschnitt
  - Maschinenmontage: März 2004
  - Vortriebsbeginn: Mai 2004
- ◆ Süd-Abschnitt
  - Maschinenmontage: März 2004
  - Vortriebsbeginn: August 2004

## Aufgabenstellung

---

- ◆ Risikoanalyse (Bsp. Zimmerbergbasistunnel)
- ◆ Auftraggeber: Herrenknecht AG
- ◆ Auftragnehmer: Prof. Dr. K. Kovári, R. Filippini

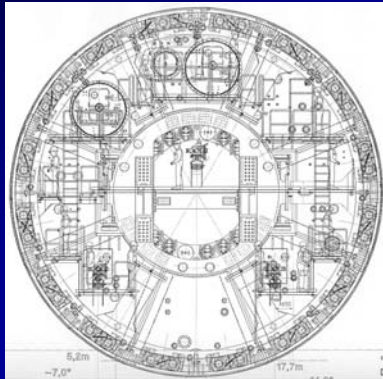
## Grundlagen

- ◆ Geologische Bohrkampagnen
- ◆ Werkpläne Herrenknecht AG
- ◆ Stadtpläne
- ◆ Bilder Kuala Lumpur

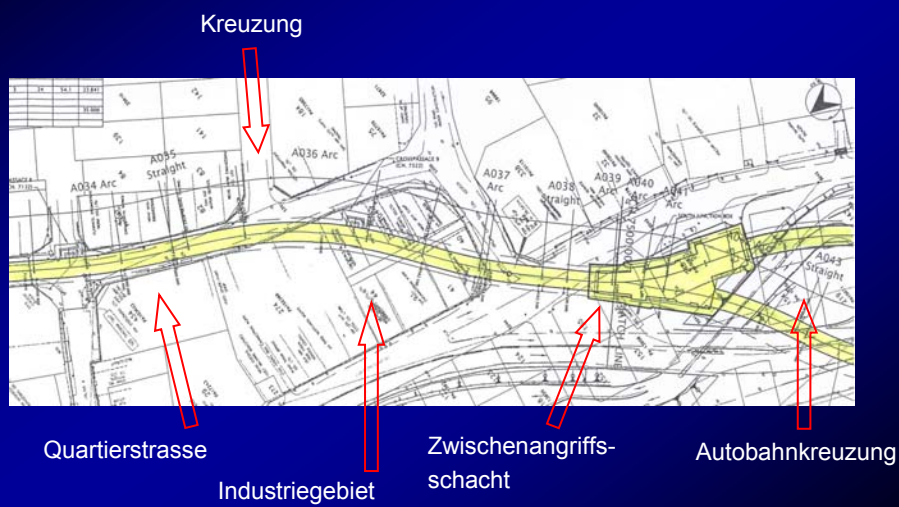
## Grundlagen – geologische Bohrkampagnen

Programm	Anzahl Sondier-Bohrungen	Anzahl Mackintosh Proben	Ausführungsdatum
„Preliminary SI (BH series)“	47	14	August 01
„Additional Works of Preliminary SI (BHA series)“	20	173	Oktober 01
„Detailed SI (DBH series)“	122	460	Juni 02
„Additional Works at JKR Fields (DMP-MT/SB DBH-MT series)“	3	417	November 02
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>1'064</b>	

## Werkpläne Herrenknecht AG - Werkbesichtigung



## Stadtpläne



## Bilder Kuala Lumpur

---



## Vorgehen

---

- ◆ Analyse der geometrischen Bedingungen
- ◆ Definition der Betriebszustände
- ◆ Analyse der Oberflächensituation
- ◆ Studium der geologischen Grundlagen, Baugrundmodelle
- ◆ Definition der Gefährdungsbilder
- ◆ Risikoanalyse

## Geometrische Bedingungen

---

- ◆ Ø Hydroschild = 13.15 m
- ◆ Firstüberdeckung = 10 ÷ 20 m
- ◆ Felsüberdeckung = 0 ÷ 6 m (max 15 m)
- ◆ Los Nord ca. 5.5 km
- ◆ Los Süd ca. 4.0 km

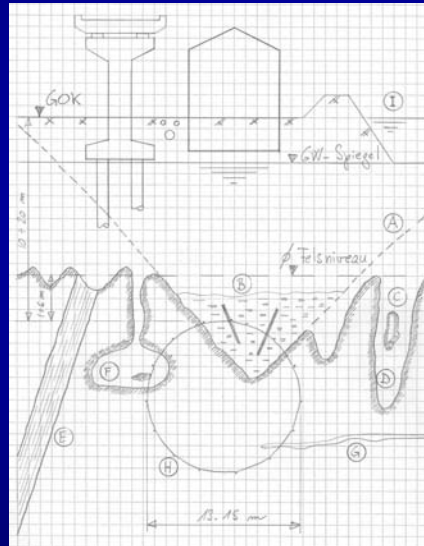
## Betriebszustände

---

- ◆ Vortriebszustand (Flüssigkeitsstützung)
- ◆ Begehung der Arbeitskammer (Druckluftstützung)
- ◆ Nutzungszustand (Endzustand)  
Nutzungszustand in der Risikoanalyse nicht betrachtet

## Baugrundmodelle

- ◆ Lockergestein:
  - Schwemmlagerungen
  - Minenauffüllungen (alte Zinnengewinnung)
- ◆ Karst:
  - Kartsttaler bzw. Karsthugel („Pinnacle“)
  - Verkarstete Klufte
  - Hohlraume, „Kavernen“
- ◆ Fels:
  - Marmor „Kuala Lumpur“
  - Limestone“
  - Storzonen

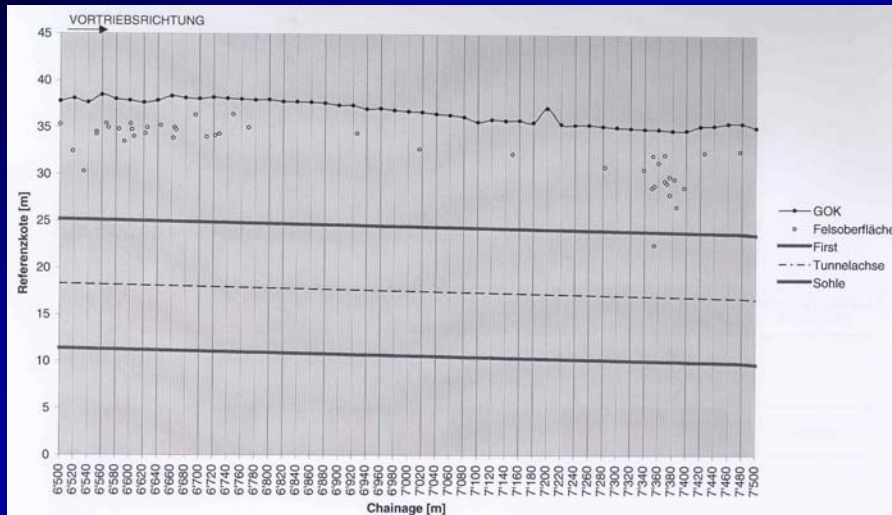


## Baugrundmodelle

Chainage [m]	GOK [m]	Tunnelachse [m]	First-uberlagerung [m]		Sohle [m]	First [m]	Bohrung	LG - Machtigkeit [m]	Felsoberflache [m]
			GOK - Tunnelachse + 6.9	Tunnelachse - 6.9					
6'500	37.777	18.299	26.378	11.399	25.199				
6'500	37.925					MP - 38	2.60	35.325	
6'518	37.925					MP - 39	5.47	32.455	
6'520	38.072	18.267	26.705	11.367	25.167				
6'534	37.863					MP - 40	7.58	30.283	
6'540	37.654	18.235	26.319	11.335	25.135				
6'552	38.045					MP - 41	3.54	34.505	
6'552	38.045					DBH (SP) - MT - 11	3.80	34.245	
6'560	38.435	18.203	27.132	11.303	25.103				
6'566	38.212					MP - 42	2.81	35.402	
6'569	38.212					DBH - MT - 109	3.28	34.932	
6'580	37.989	18.171	26.718	11.271	25.071				
6'584	37.923					MP - 43	3.15	34.773	
6'592	37.923					DBH - MT - 105	4.45	33.473	
6'600	37.856	18.138	26.618	11.238	25.038				
6'601	37.739					DBH - MT - 102	2.38	35.359	
6'603	37.739					DBH (SP) - MT - 19	3.00	34.739	
6'606	37.739					MP - 44	3.75	33.989	
6'620	37.622	18.106	26.416	11.206	25.006				
6'622	37.731					MP - 45	3.42	34.311	
6'625	37.731					DBH (SP) - MT - 18	2.80	34.931	
6'640	37.839	18.074	26.665	11.174	24.974				
6'644	38.065					MP - 46	2.90	35.165	
6'660	38.291	18.042	27.149	11.142	24.942				
6'662	38.199					MP - 47	4.36	33.839	
6'664	38.199					MP - 48	3.24	34.959	
6'666	38.199					BH.A9	3.50	34.699	
6'680	38.107	18.010	26.997	11.110	24.910				
6'694	38.059					MP(CSL) - 1	1.77	36.289	
6'700	38.011	17.978	26.933	11.078	24.878				
6'710	38.089					MP(CSL) - 2	4.15	33.939	
6'720	38.167	17.945	27.122	11.045	24.845				
6'722	38.110					DBH (SP) - MT - 12	4.00	34.110	

Zusammenfassung der geologischen Erkundungen

## Baugrundmodelle



## Oberflächensituation

Oberflächenelement	Bemerkungen
<b>Strassen, Bahn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterirdische Infrastrukture (Leitungen, Kanäle, usw.) unbekannt</li> <li>Bauwerksfundationen unbekannt</li> </ul>
<b>Fluss</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flussbettiefe unbekannt</li> </ul>
<b>Gebäuden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pläne, Tiefgeschosse, Fundationen nicht bekannt</li> <li>Die Gebäude über der Tunneltrasse werden durch MMC- GAMUDA JV. gekauft</li> </ul>
<b>Unterirdische Infrastrukturen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nicht bekannt</li> <li>Wasser</li> <li>Abwasser</li> <li>Gas / Öl</li> <li>Elektro</li> <li>Telefon</li> <li>usw.</li> </ul>
<b>Hochspannungsleitungen</b>	
<b>Hauptinstallationsplatz</b>	

## Gefährdungsbilder

- ◆ Untersuchungen für Risiken, welche alleine durch geotechnische Einflüsse bedingt sind:
  - Tagbruch
  - Einbruch Ortsbrust
  - Oberflächensetzungen
  - Dombildung über Schild
  - Wassereinbruch aus Fluss, Karst
  - Grossräumige Grundwasserabsenkung
  - Wasser- und Materialzutritt aus Tübbingfugen
  - Tübbingeinbruch
  - Absinken Schild
  - Verklebung Bohrkopf
  - Beeinträchtigung Separieranlage

## Gefährdungsbilder

### ◆ Tagbruch

Baugrund:

- offene Karsthöhle oder Karstgang im Fels



- Kohäsionsloser Lockergestein<sup>+</sup>

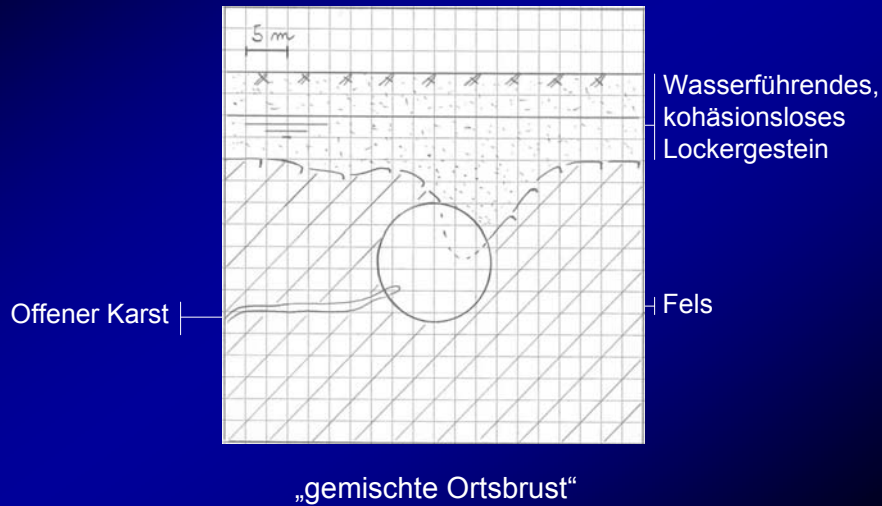
Auslöser:

- Entweichen der Stützflüssigkeit (Druckabfall)



Gefährdungsbild: - Einbruch der Ortsbrust / Tagbruch

## Gefährdungsbilder



## Risikoanalyse

### ◆ Schrittweise Identifikation von Risikobereichen

#### 1) Analyse des möglichen Schadensausmasses

- Schadensausmass klein (-): unbebaute Oberfläche
- Schadensausmass mittel (=): kleine Gebäude, Quartierstrassen, Parkplätze, etc.
- Schadensausmass gross (+): Gefährdung von Menschen, Tankstellen, Hauptstrassen, Bahnlinien, Hochhäuser, etc.

#### 2) Betrachtung der durchgeführten Erkundung

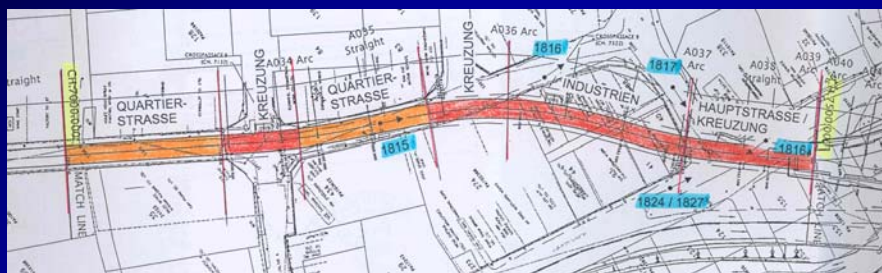
- Erkundungslücken klein (-): Bohrabstand  $\leq 10$  m
- Erkundungslücken mittel (=):  $20 \text{ m} > \text{Bohrabstand} > 10 \text{ m}$
- Erkundungslücken gross (+): Bohrabstand  $\geq 20$  m

# Risikoanalyse

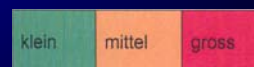
- ◆ Kombinierte Betrachtung Schadensausmass – Erkundungslücken  
 ⇒ Zuordnung Dringlichkeit weiterer Erkundung



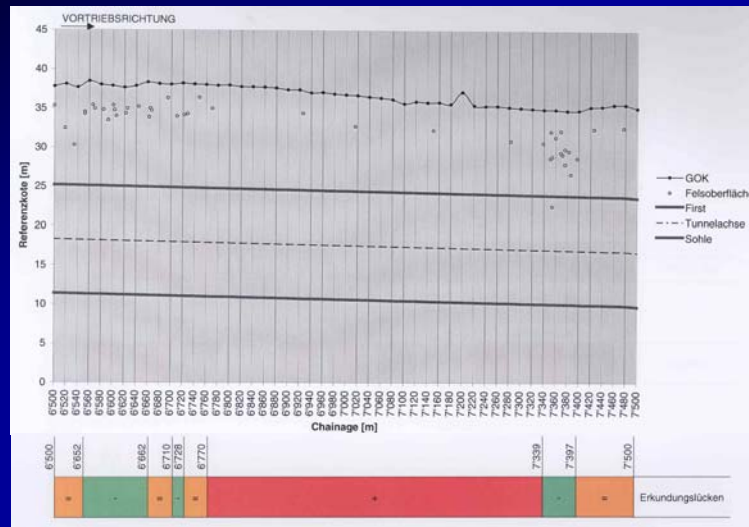
# Schadensausmass



Schadensausmass



## Erkundungslücken



## Erkundungslücken

- ◆ Vorgesehene Bohrungen aus TBM  
(für Karsthöhlen im Sohlenbereich vorgesehen)
- ◆ Geophysikalische Erkundungen  
↓  
können Gefährdungsbild „Tagbruch bei gemischter Ortsbrust, Vorhandensein von leerem Karst“ nicht abdecken

# Risikoanalyse

Schadensausmass + || -  
Gross Mittel Klein

Erkundungslücken + || -  
Gross Mittel Klein

Bedeutung weiterer Erkundungen + || -  
Gross Mittel Klein



# Massnahmen

- ◆ Ziel:
  - Tagbruch mit hoher Gewissheit ausschliessen
- ◆ Massnahmen:
  - Erarbeitung Sicherheitsplan
  - Injektionskörper über dem First (Deckelinjektionen) → keine Fortpflanzung bis zur Oberfläche beim Einbruch der Ortsbrust
  - Kurzfristige Sperrung von Verkehrswegen oder Gebäudeevakuierungen = redundante Massnahme bzw. zusätzliche Sicherheit