

# Stabilisierung rutschgefährdeter Gebiete durch Siphon-Drainage und elektropneumatische Drainage

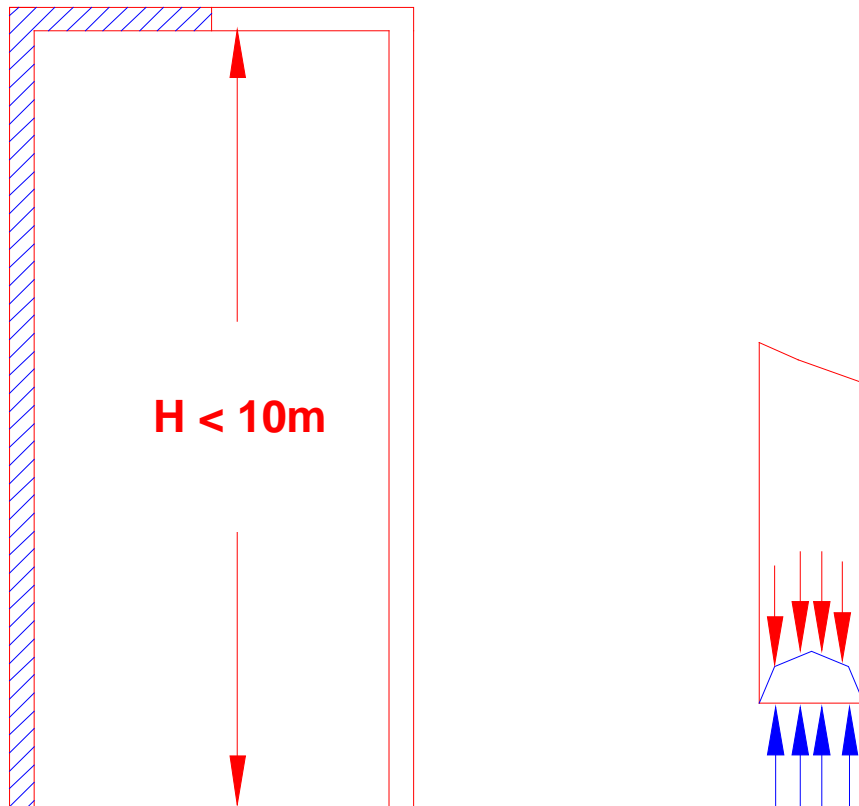
*Glück, M.  
Stump FORATEC AG, CH-8332 Russikon*



- 1. Funktion stromunabhängiger Siphon-Drainagen**
- 2. Fallbeispiel Waidhofen (AT)**
- 3. Fallbeispiel The Most Lezaky Mine (CZ)**
- 4. Funktion elektropneumatischer Drainagen**
- 5. Fallbeispiel Testanlage Navis Tirol (AT)**
- 6. Fallbeispiel Castlehaven (GB)**

# 1. Funktion stromunabhängiger Siphon-Drainagen

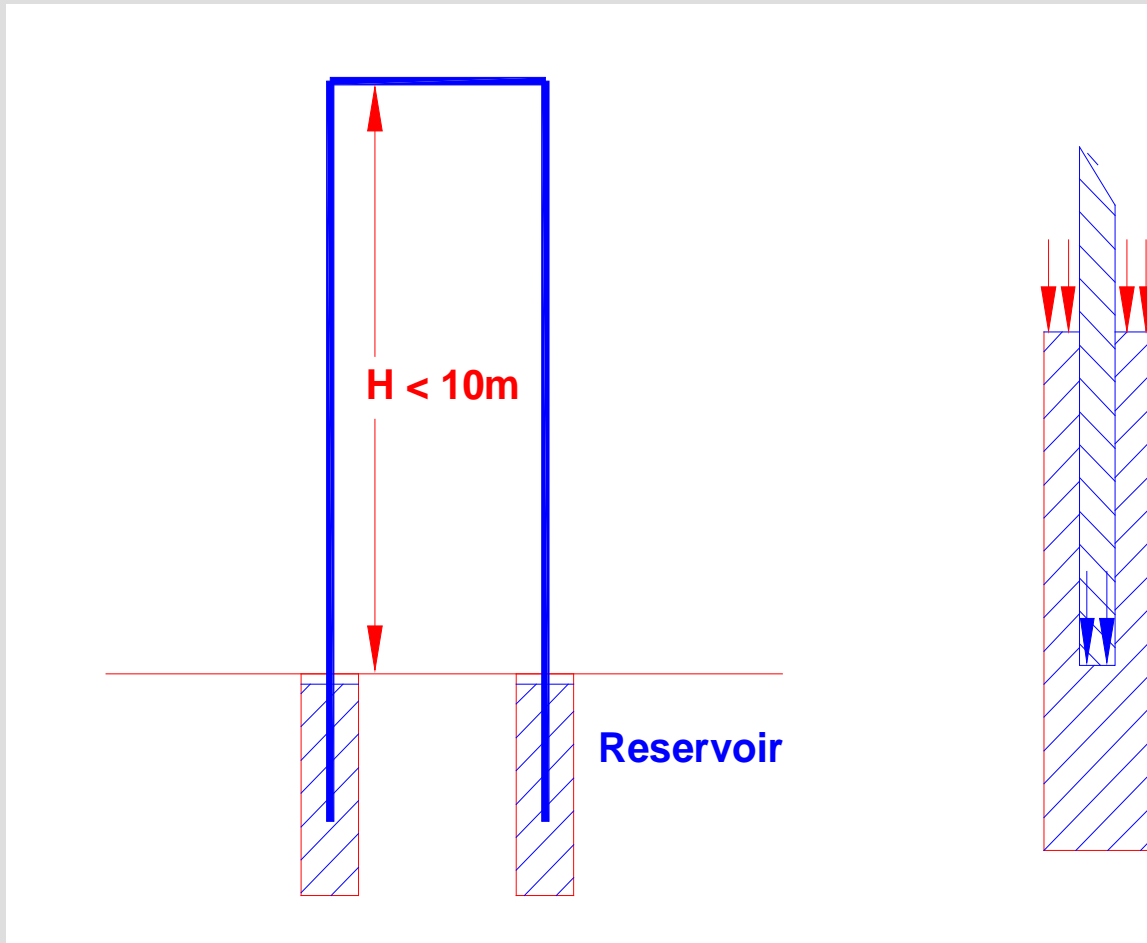
# Das Siphon-Prinzip



Unter atmosphärischem Druck ist die max. theoretische Saughöhe  $< 10\text{ m}$



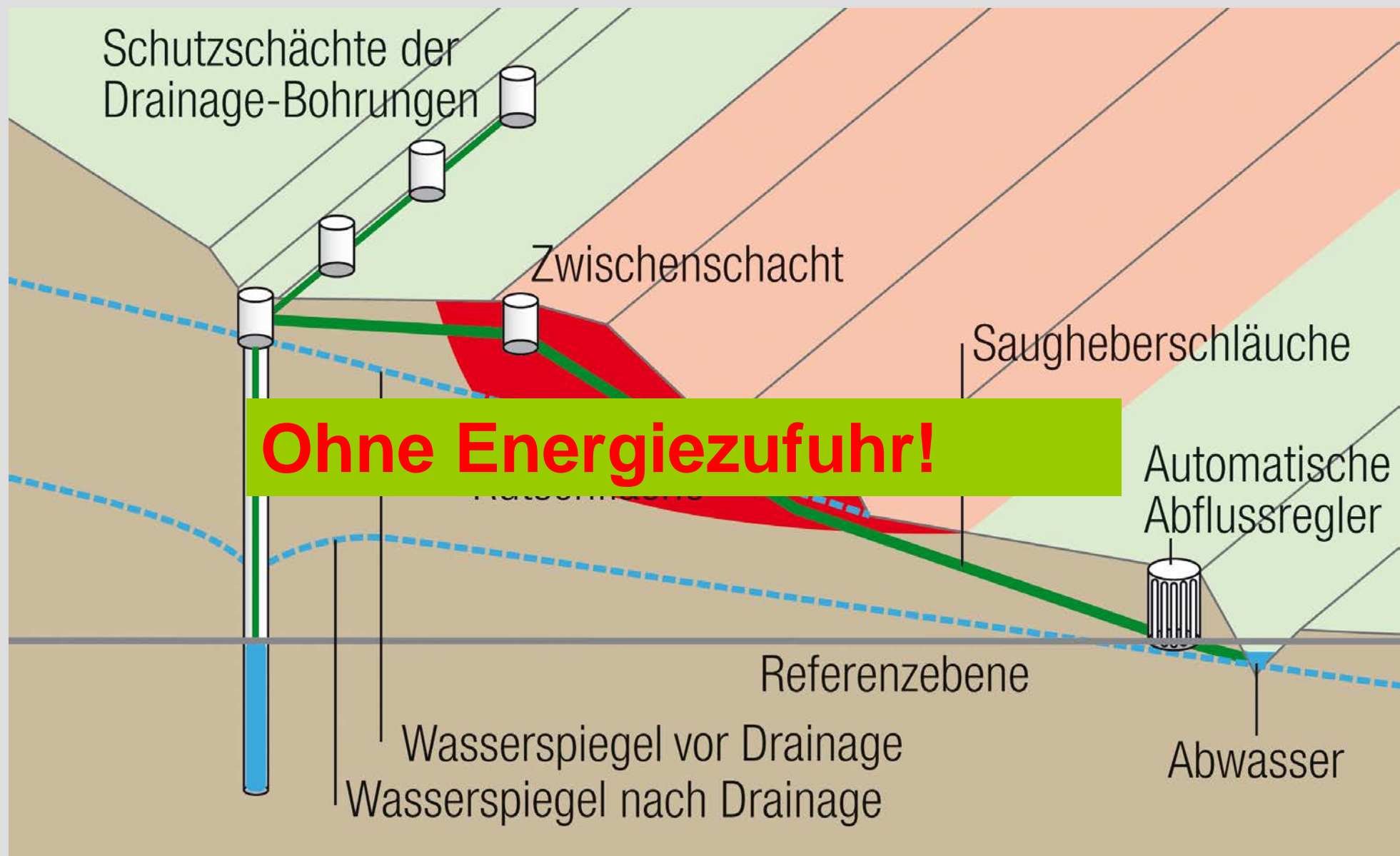
## Siphon gegen Trockenhebern geschützt



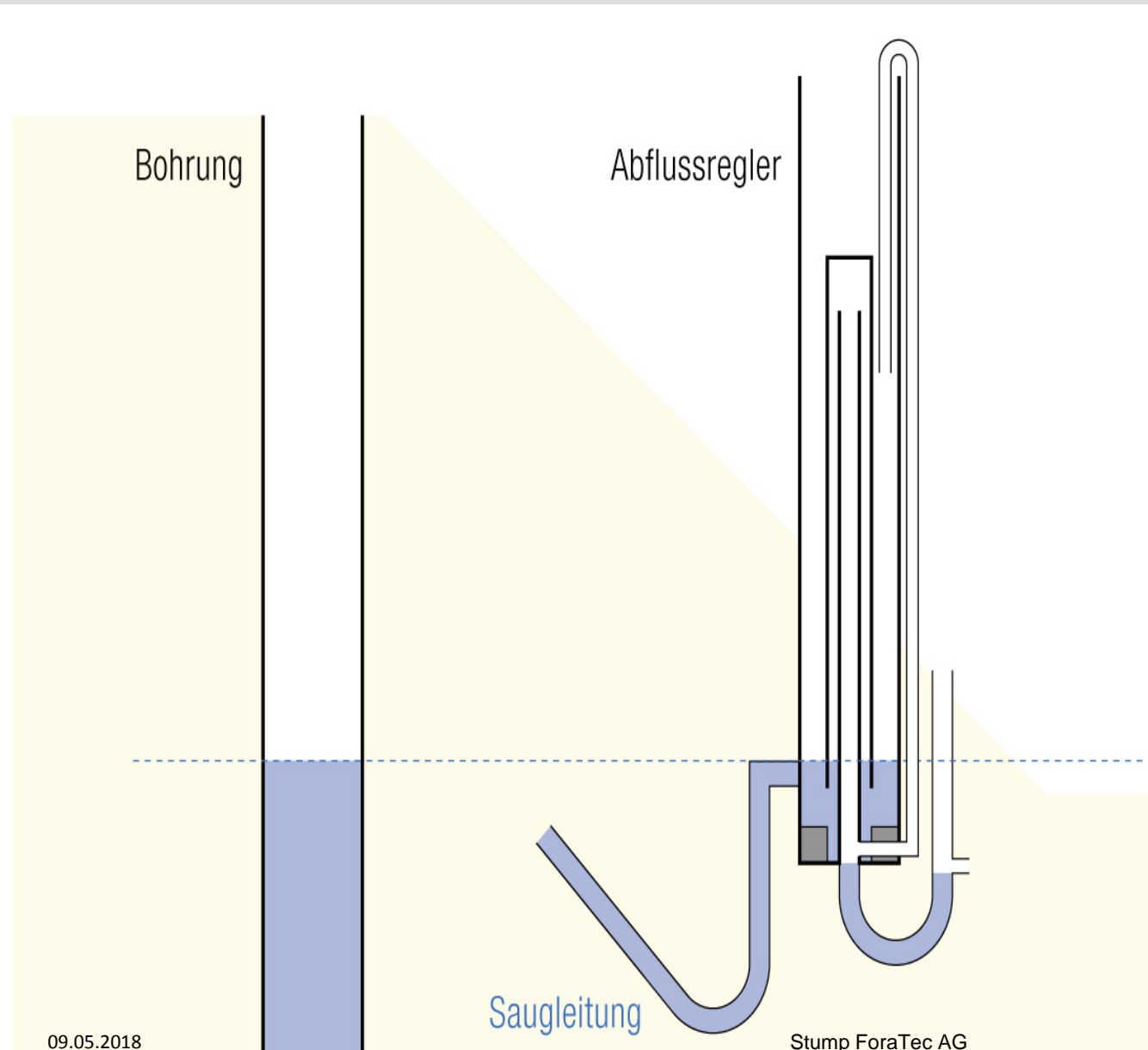
Dieser Siphon kann nicht entleert werden. Der Luftdruck wirkt auf das Reservoir

# Bestandteile der Siphon-Drainage

- KleinfILTERbrunnen z.B. 4.5" PVC in frostsicherem Schacht
- Im Brunnen hängend 2" PVC Liner mit permanentem Wasserreservoir für Saugleitung
- Saugleitung mit Durchmesser 10 -30 mm je nach Wasserandrang
- Kollektorleitungen zwischen den einzelnen Schächten für das Durchziehen der Saugleitungen
- Zwischen- und Kontrollschächte bei jeder Richtungsänderung
- Abflussschacht mit den automatischen Abflussreglern

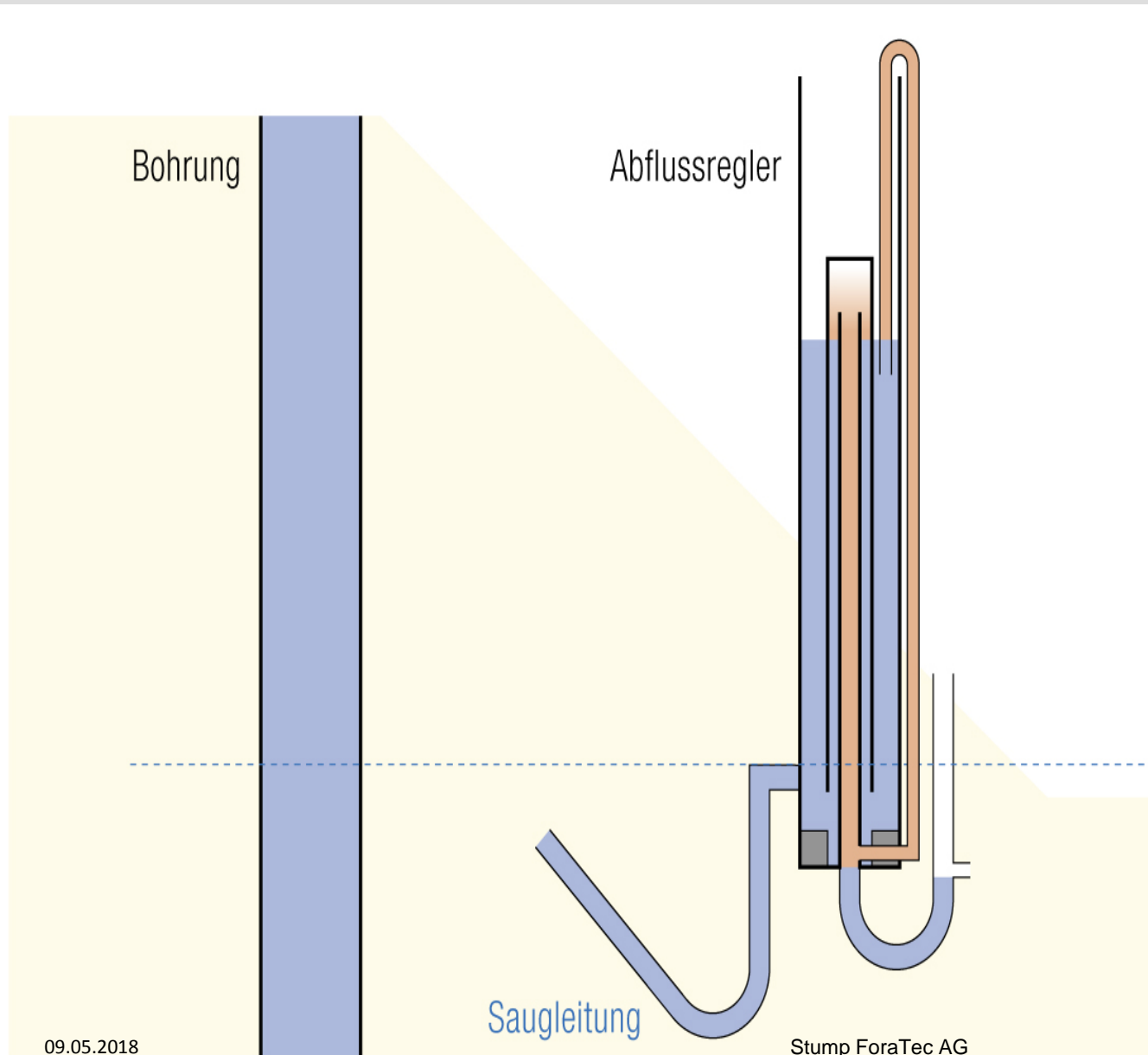






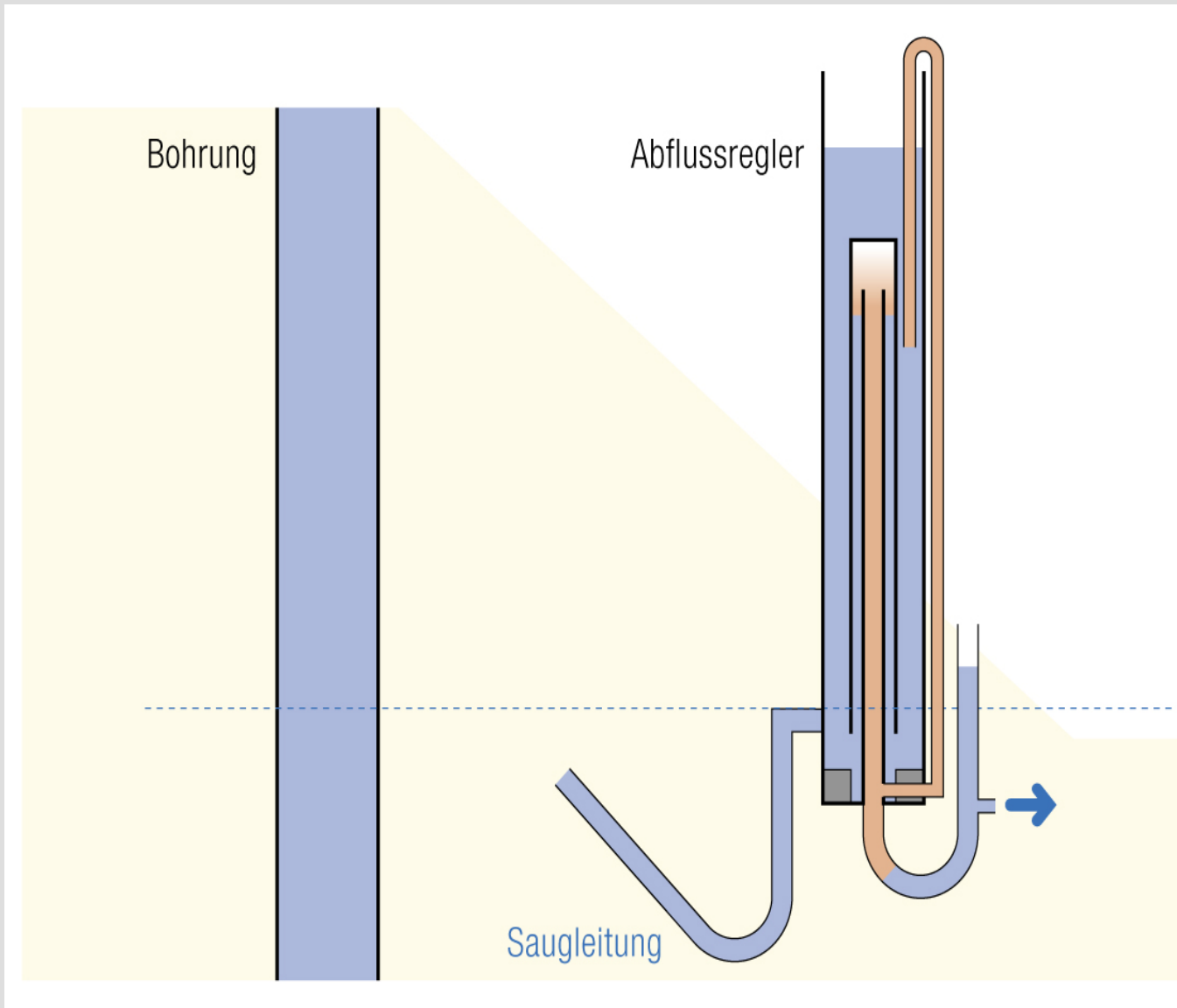
Ausgangslage:

Wasserspiegel auf unterem Referenzniveau



Wasserspiegel steigt:

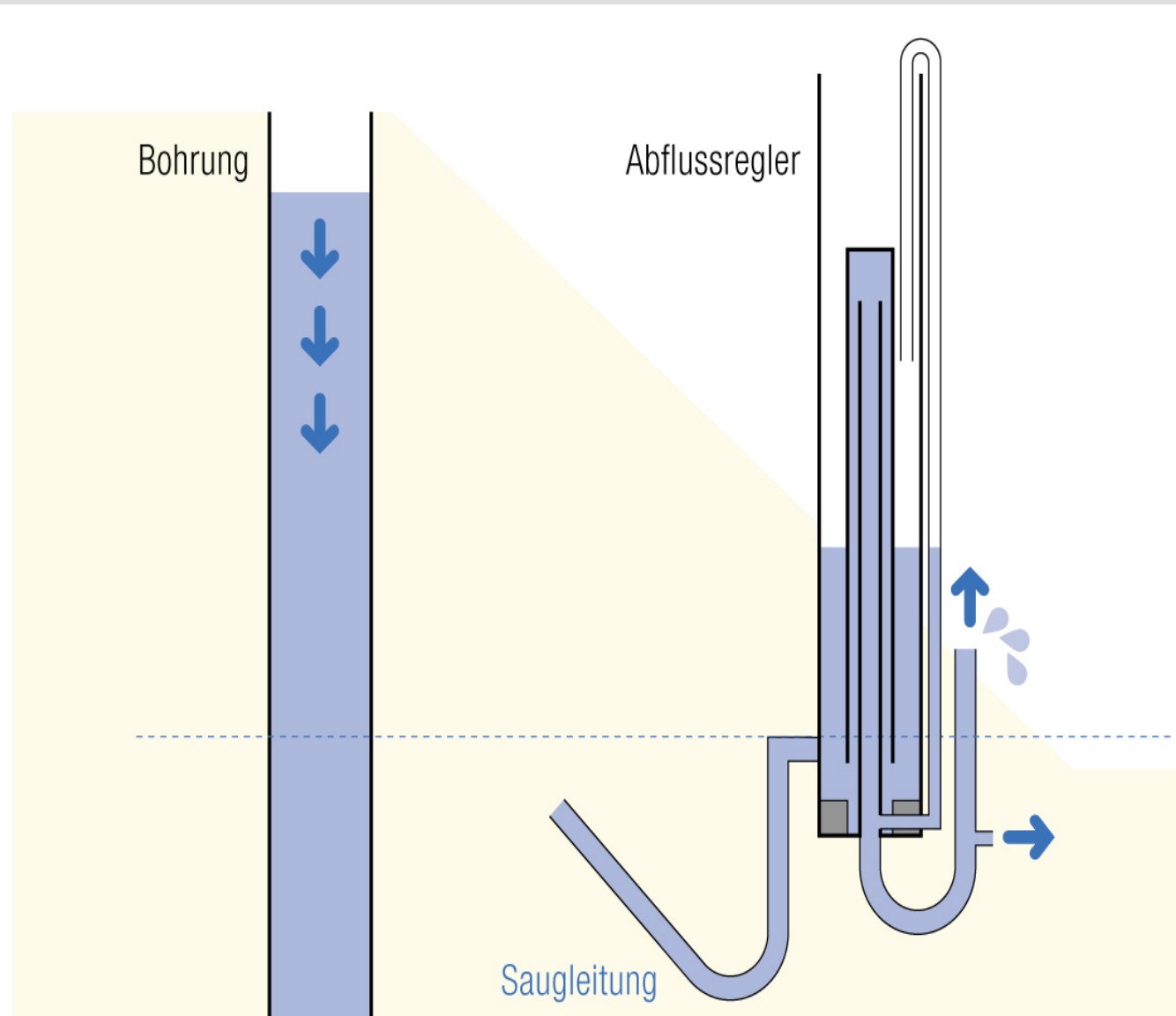
Luft wird komprimiert



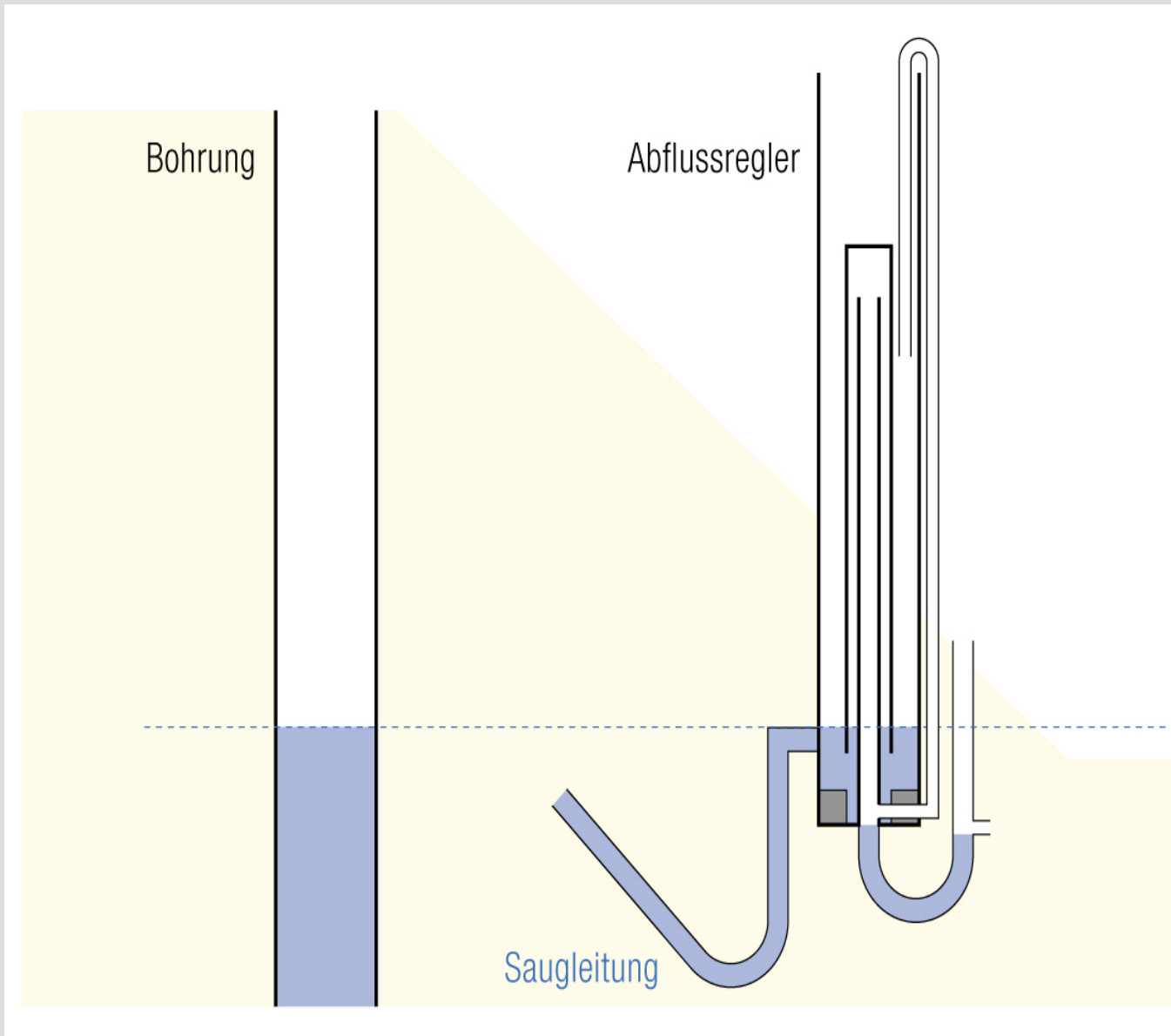
Luft drückt gegen das  
Wasser im Siphonrohr:

Turbulente Entwässerung  
wird eingeleitet

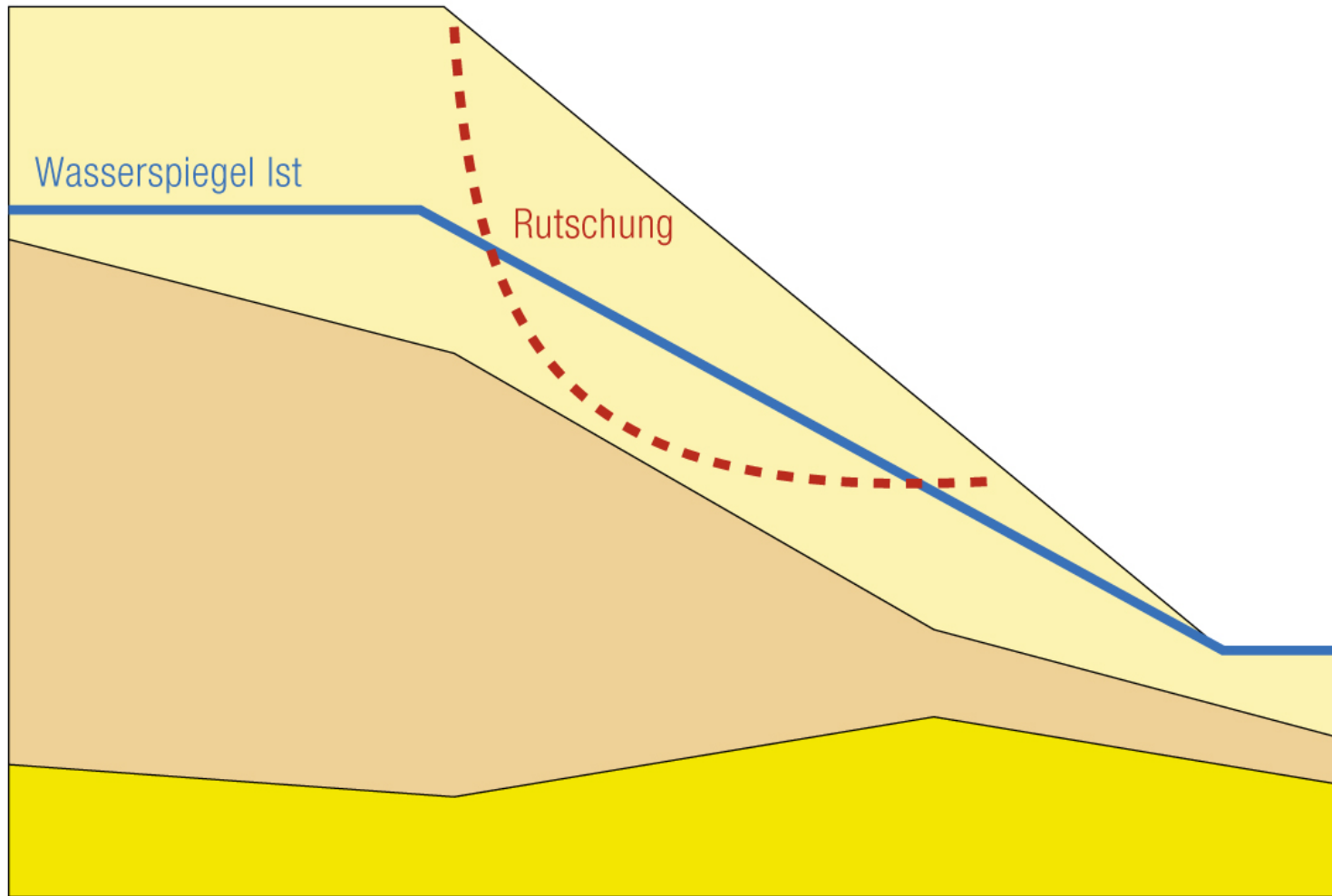




Der Entwässerungsvorgang dauert so lange bis das untere Referenzniveau wieder erreicht ist.



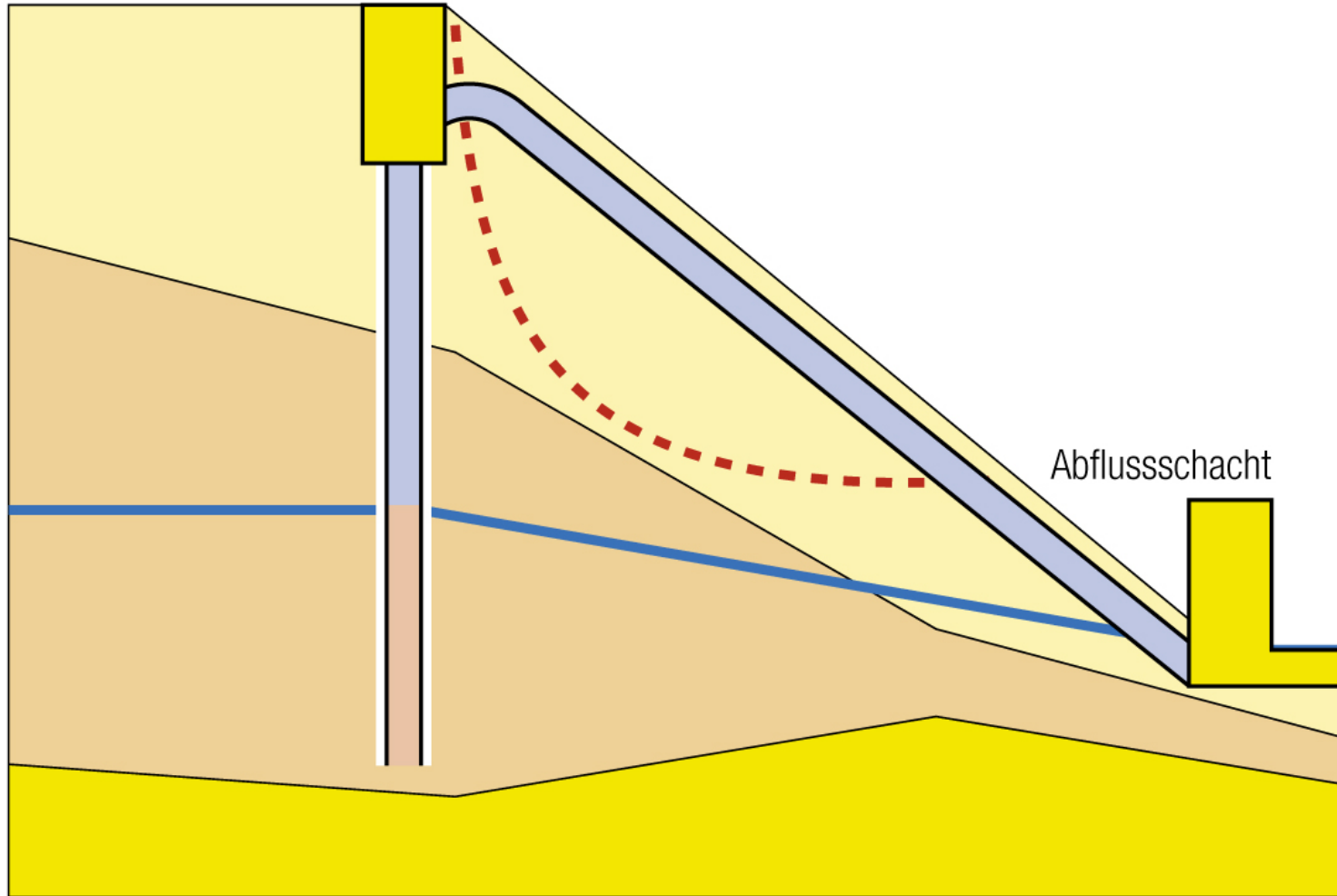
Nach Erreichen des unteren Referenzniveaus wird kurz Luft angesaugt und die Entleerung stoppt ohne dass der Unterdruck abreißt.



## Die Ausgangslage

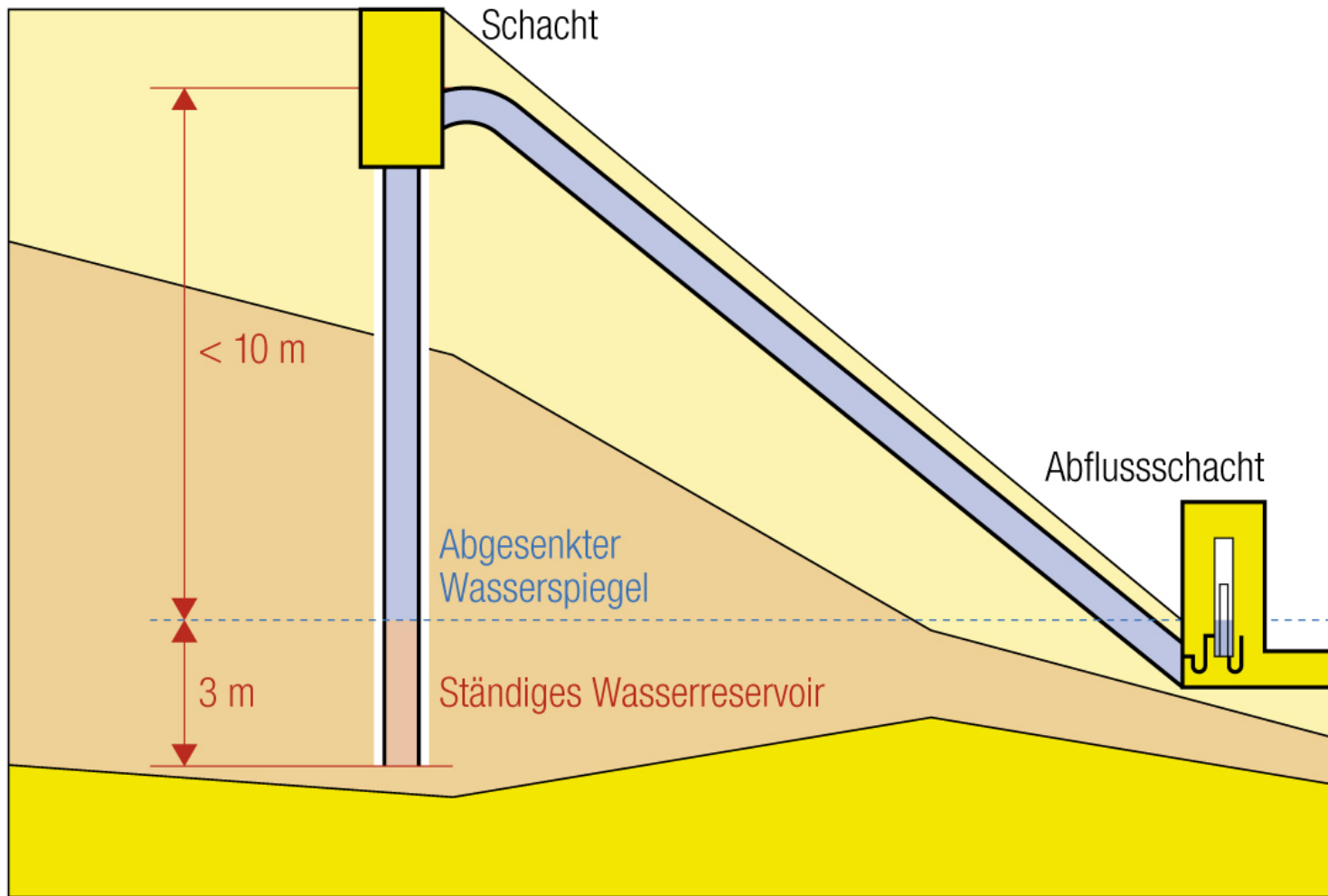
Instabiler Hang aufgrund  
eines zu hohen  
Grundwasserspiegels:  
Rutschgefahr!





## Die Ausführung

Die Absenkung erfolgt stromunabhängig mit einer Saugdrainage.

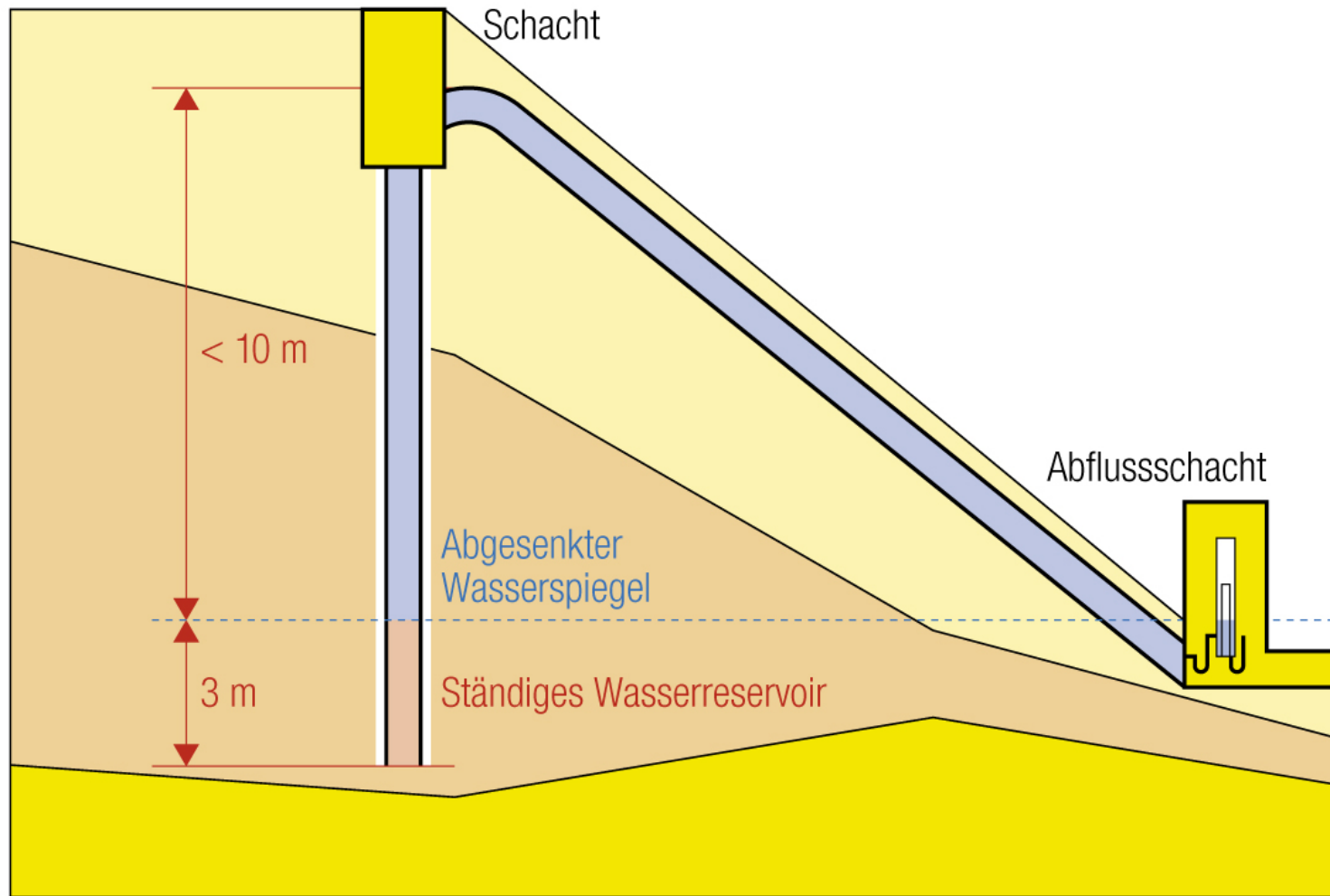


Das Funktionsprinzip in Realität

Auf der einen Seite steht das natürliche Grundwasser, welches mit einer Bohrung erschlossen wird.

Auf der anderen Seite befindet sich ein Abflussregler, welcher den Betrieb ohne Strom ermöglicht.

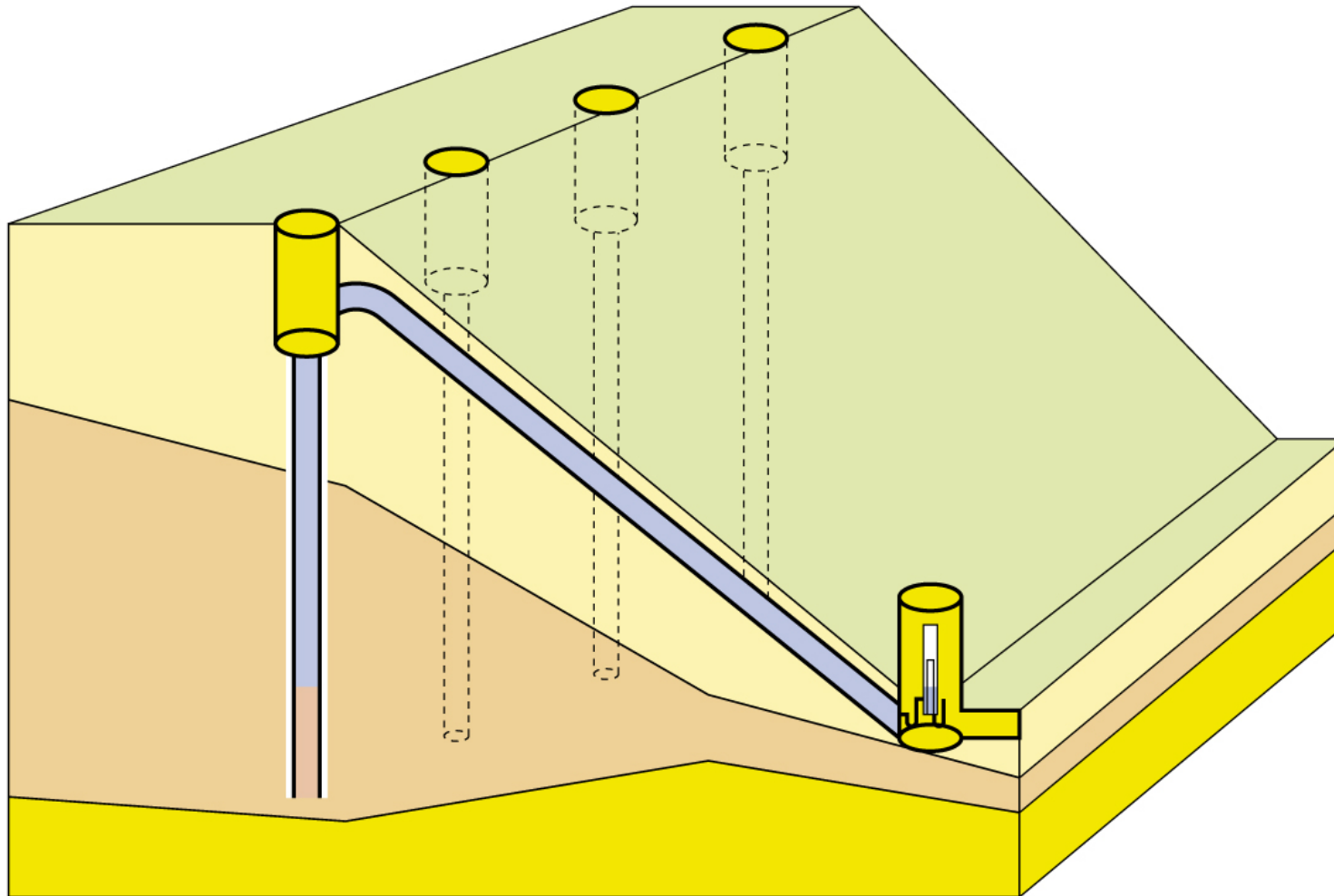
Der Wasserspiegel wird folglich auf die Höhe des Abflussschachtes abgesenkt.



### Eckdaten:

- Drainagebohrungen bis 13 m tief,  $\varnothing$  4.5"
- Saugrohre: Länge bis 120 m,  $D_i$  10–32 mm
- Abflussmengen: 30–150 l/h



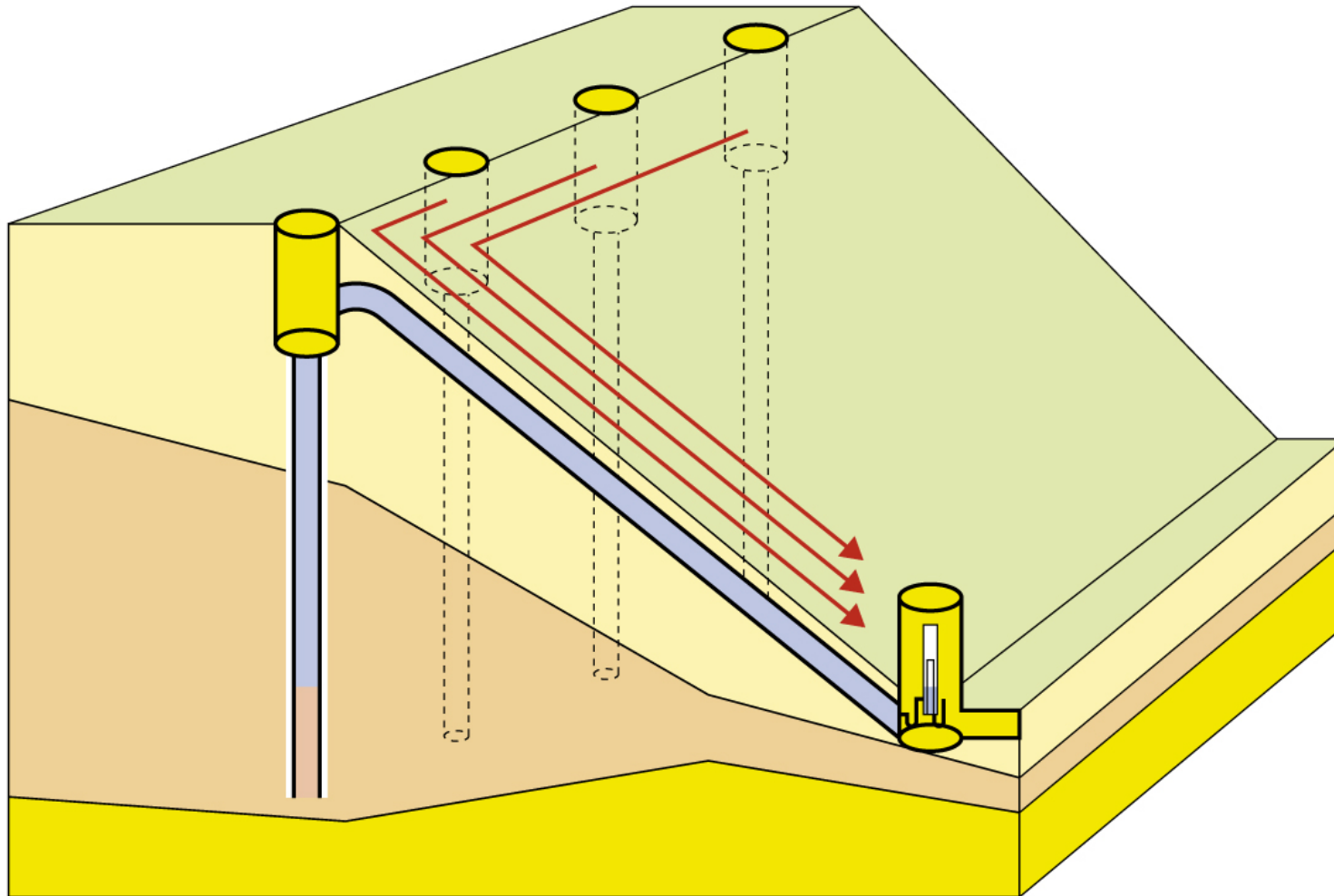


Das Funktionsprinzip der ganzen Anlage:

Eine Saugdrainage besteht aus mehreren Drainagebohrungen.

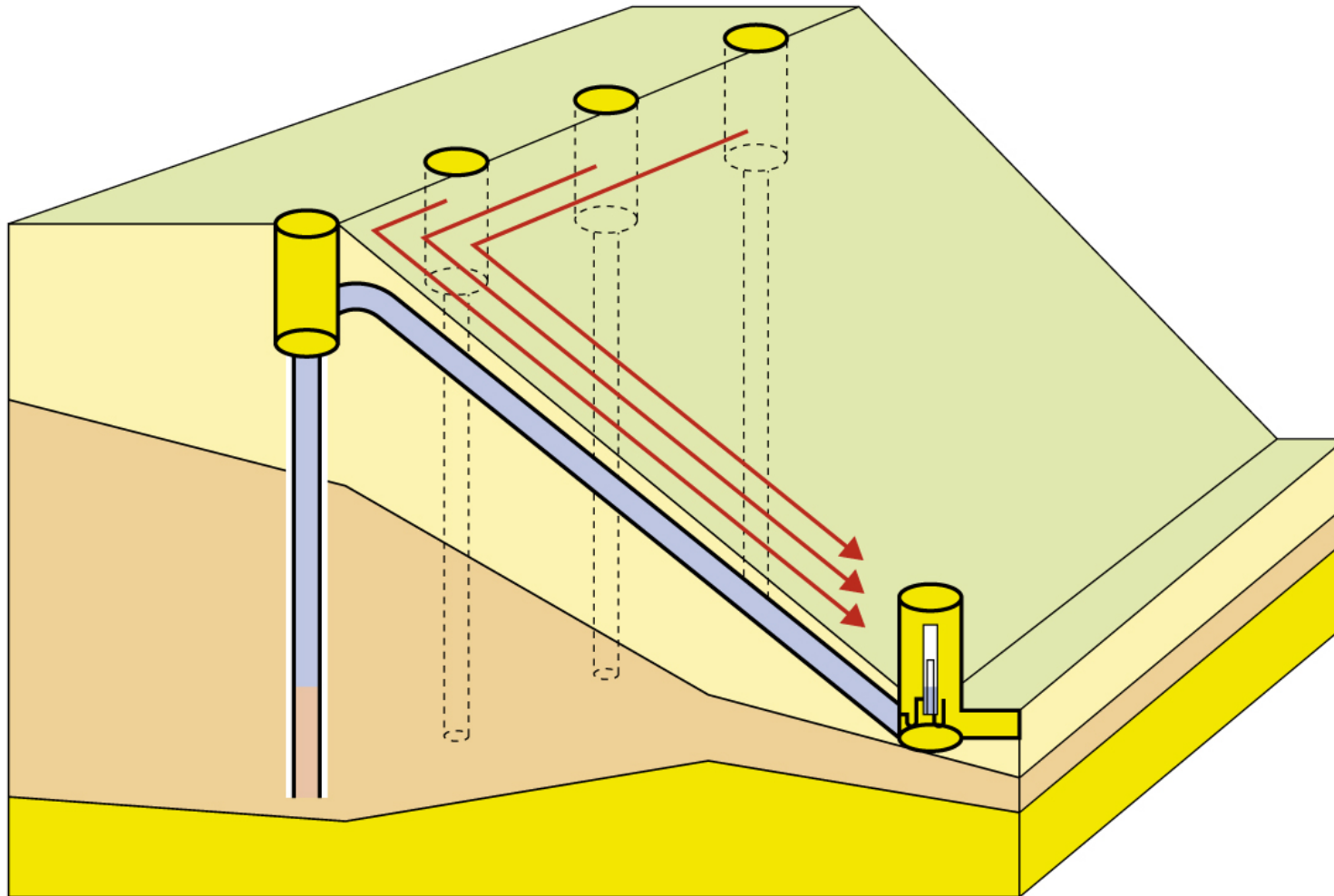
Permeabilität des Untergrundes gibt den Abstand der Brunnen vor.

Absenkungstrichter müssen sich überschneiden.



Das Funktionsprinzip der ganzen Anlage:

Die Saugrohre werden zusammengeführt und gemeinsam zum Abflussschacht geleitet.



Das Funktionsprinzip  
der ganzen Anlage:

Der Abflussschacht  
beinhaltet je einen  
Abflussregler pro  
Bohrung.

## Unterhalt des Drainagenetzes:

- Reinigung der Drainageleitungen mit sauberem Wasser vom Talseitigen Ende
- Reinigung der Brunnen mittels Airlift.
- 2 Personen reinigen 30 Drainagen pro Tag.
- Ein Unterhalt pro Jahr wird empfohlen.
- Der Bauherr wird ausgebildet, damit er den Unterhalt selber durchführen kann.



# Einsatzbereich und Grenzen der Siphon-Drainage

- Maximale theoretische **Absenkung** unter atmosphärischem Druck beträgt **10 m**. Durch das frostsichere Verlegen in einer Künette können noch mindestens 1.5 m gewonnen werden.
- Gering permeable Böden ab  **$K_f < 10^{-5} \text{ m/s}$**  und Zuflussraten bis 2 l/min
- Maximale **Saugleitungslänge** beträgt **100 – 120 m**. Mit zunehmender Länge steigt das Risiko von Luftblasenbildung (Abbruch Siphon)
- Ein stetiges Gefälle der Saugleitungen ist einzuhalten, Risiko von Luftblasenbildung
- Maximale **Förderrate** pro Drainagebohrung **150 l/h**
- Höhendifferenz muss mindestens der gewünschten Absenkung entsprechen



## 2. Fallbeispiel Waidhofen



Überblick Baustelle

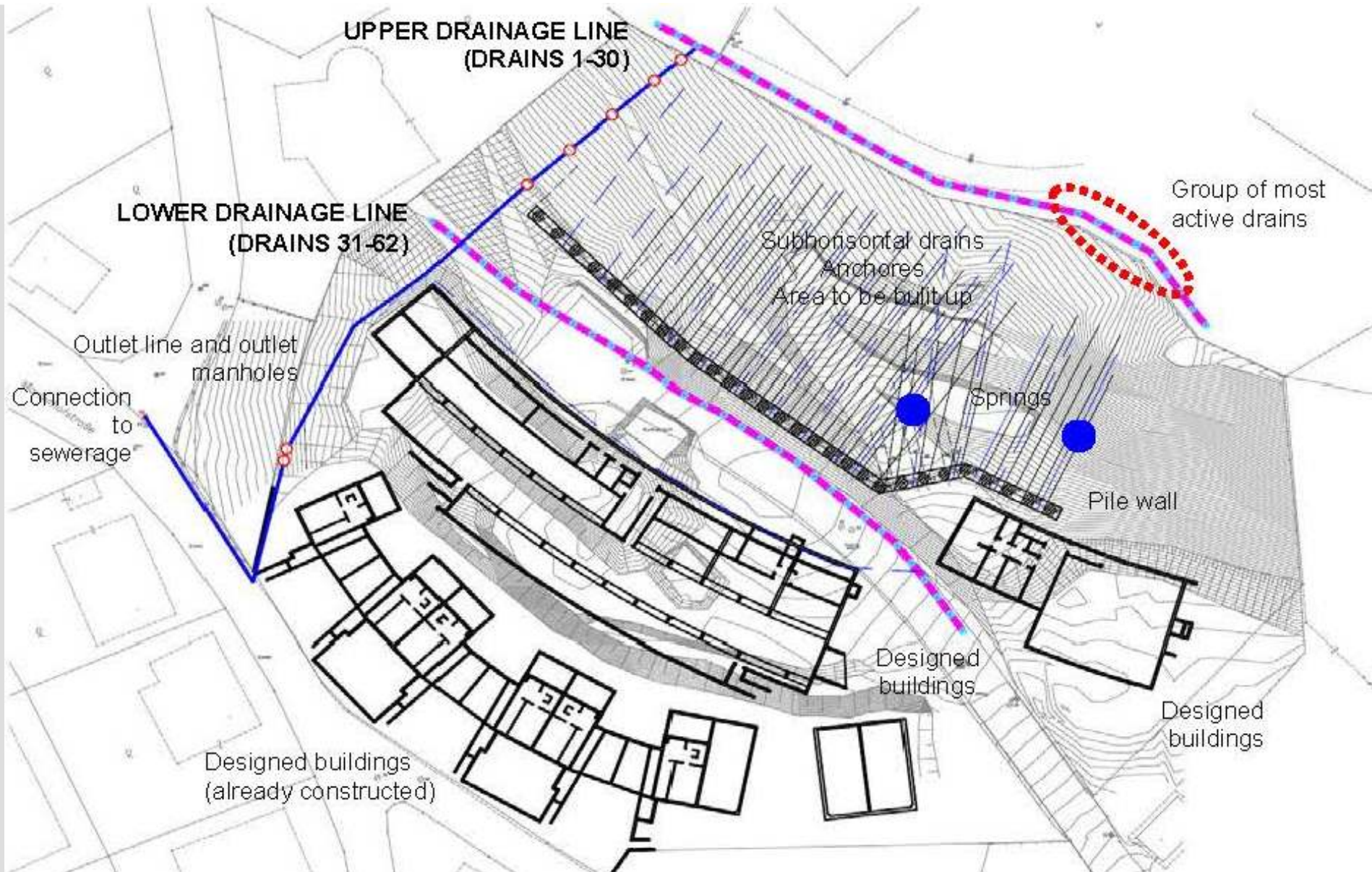


Deformationsmuster Abrisskante



Der Bauplatz befindet sich im Bereich unterschiedlichster Decken bestehend aus Sedimenten der Flyschzone:

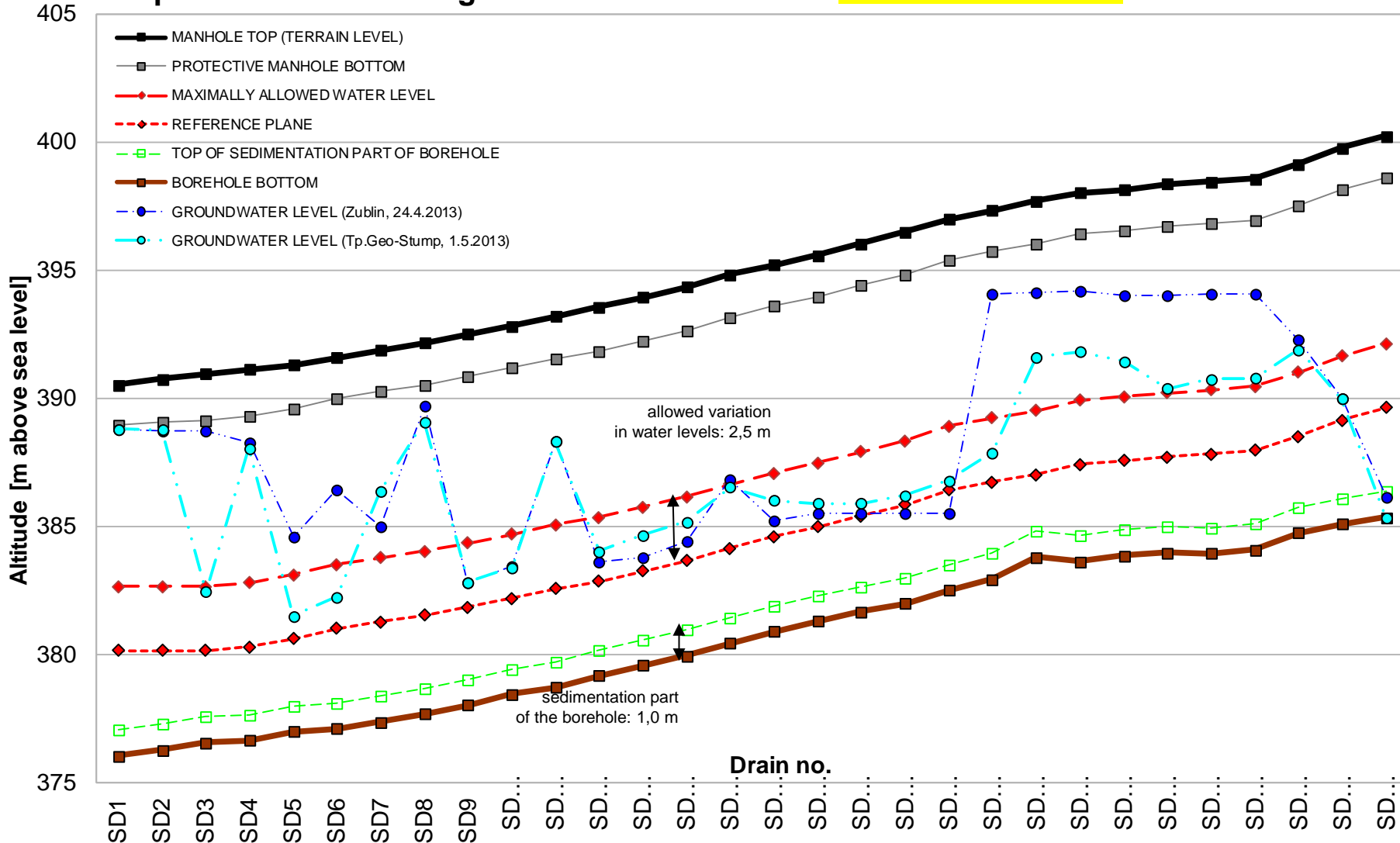
- Rogatsboden – Formation und Äquivalente der inneralpinen Molasse aus dem oberen Eozän – Oligozän bestehend aus Tonmergel und Sandsteinlagen
- Decke der Grestener-Klippenzone und Hauptklippenzone
  - Buntmergelschicht aus der obersten Unter-Kreide bis mittleres Eozän bestehend aus Tonmergel, bunt, zum Teil Blockeinstreuung
  - „Klippen“ der Mittel-Jura bis Unter-Kreide bestehend aus Kalkstein, Mergelstein, zum Teil bankig
  - Gresten-Formation aus der Unter- bis Mittel-Jura bestehend aus Sandkalk, schiefriger Tonmergel, Kohle
- Ybbsitzer Flysch der Ybbsitzer Klippenzonen aus der oberen Unter-Kreide - Campanium bestehend aus Sand, Kalk- und Mergelstein, grau, zum Teil bunt



# WAIDHOFEN AN DER YBBS, ARZBERG-ZELL

## Graphical evaluation of groundwater levels

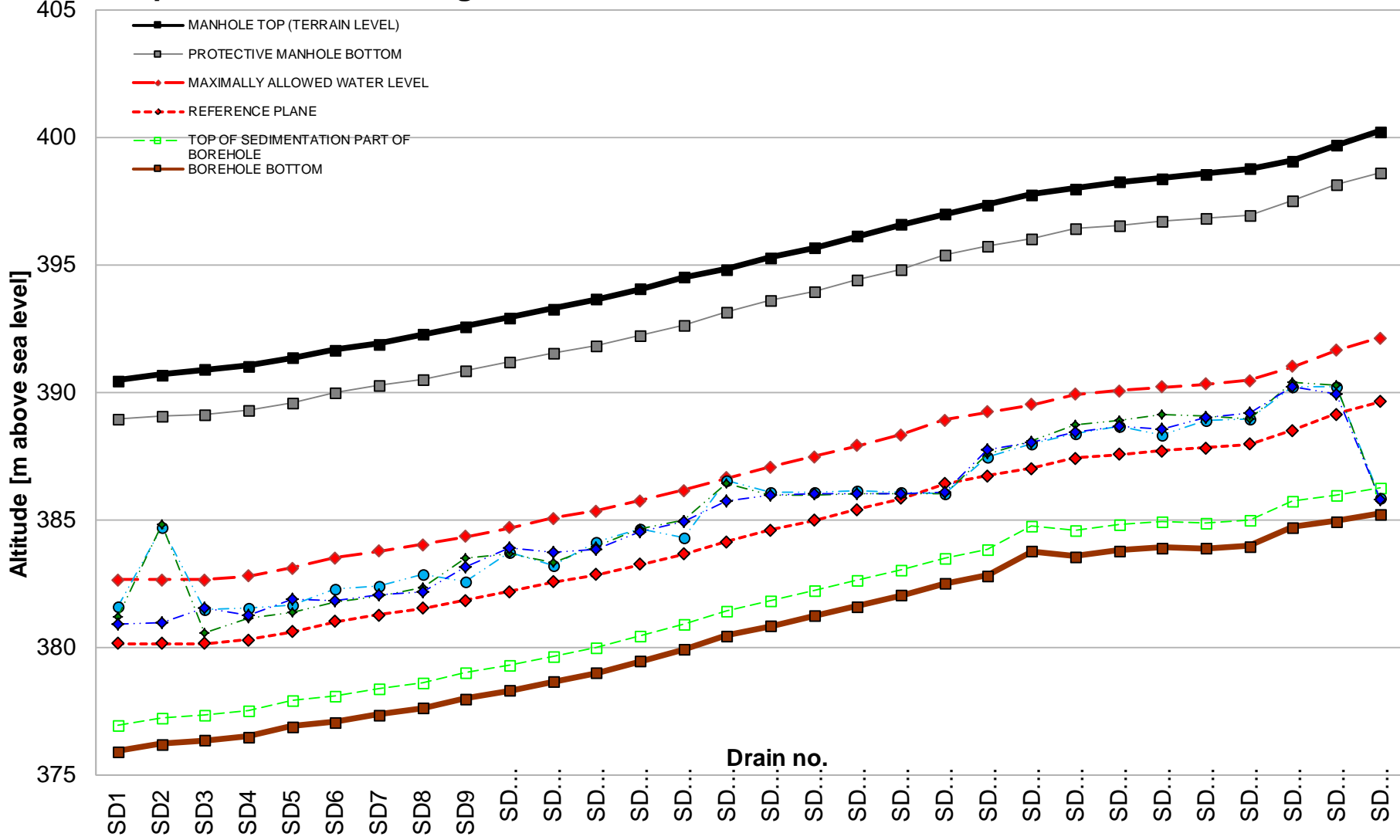
**UPPER LINE**



# WAIDHOFEN AN DER YBBS, ARZBERG-ZELL

## Graphical evaluation of groundwater levels

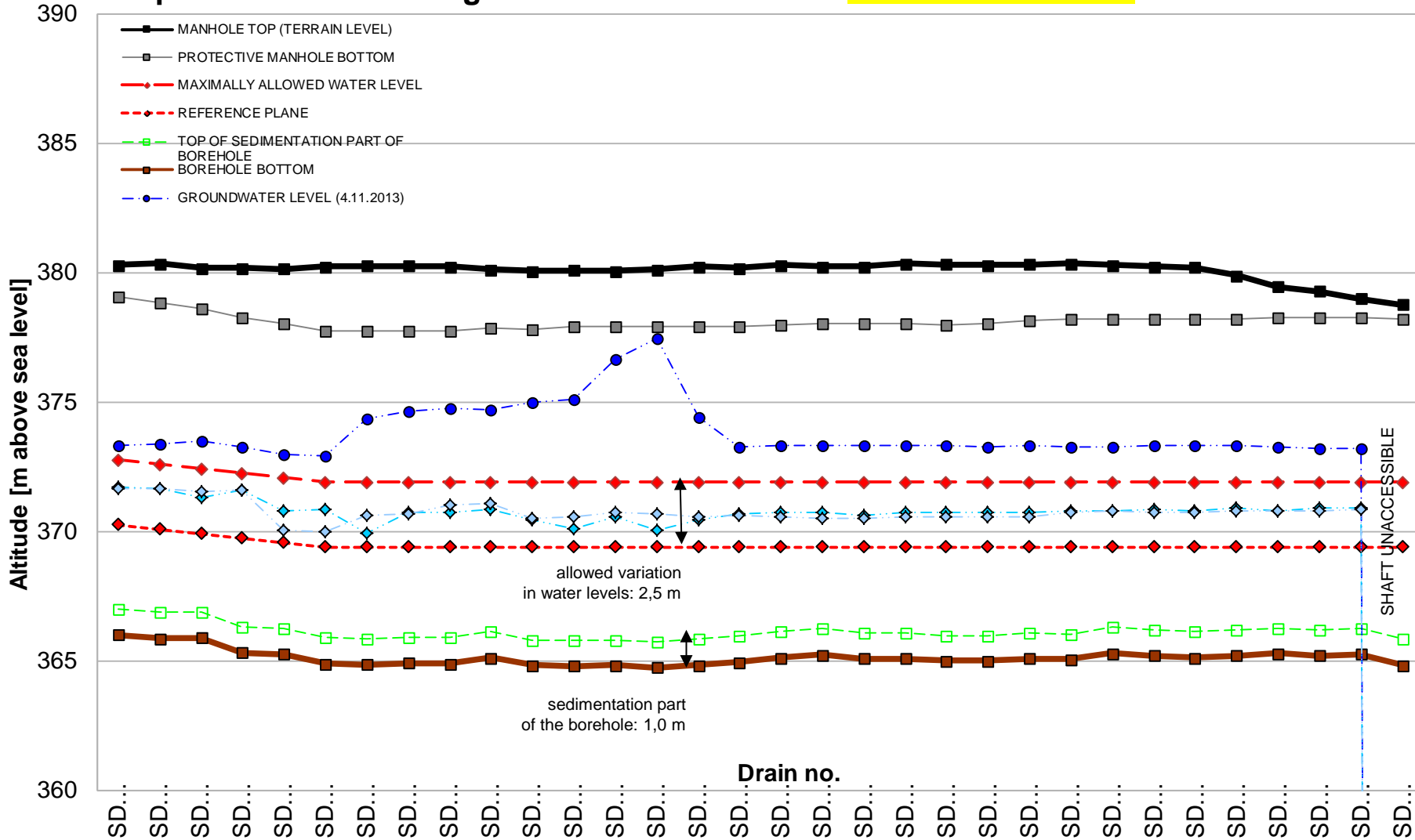
**UPPER LINE**



# WAIDHOFEN AN DER YBBS, ARZBERG-ZELL

## Graphical evaluation of groundwater levels

**LOWER LINE**





## Automatische Abflussregler







Blick in einen Drainageschacht





Künette mit  
Drainageschächten  
und Kollektorleitung  
der unteren  
Drainagelinie





Wieder instand  
gestellte  
Privatstrasse.  
Schachtdeckel der  
oberen  
Drainagelinie

# Zusammenfassung des Projekts

- Insgesamt 62 Brunnen in 2 Reihen, Brunnentiefen von 13 – 15 m.
- 62 automatische Abflussregler sind auf 7 Abflussschächte verteilt.
- Gesamte Fördermenge der oberen Drainagereihe bis 15 l/min und der unteren bis 10 l/min.
- Brunnen zeigen typische zyklische Absenkung
- Der Hangwasserspiegel konnte von ursprünglich 2 – 3 m unter OKT auf 9 – 10 m abgesenkt werden.
- Die Heterogenität der Messergebnisse deutet eher auf ein kluft-störungsgesteuertes System hin.
- Die Hangsanierung ist erfolgreich, die Drainage erfüllt die Funktion einer Barriere und der Baustopp wurde aufgehoben.



# THE “MOST-LEZAKY” MINE



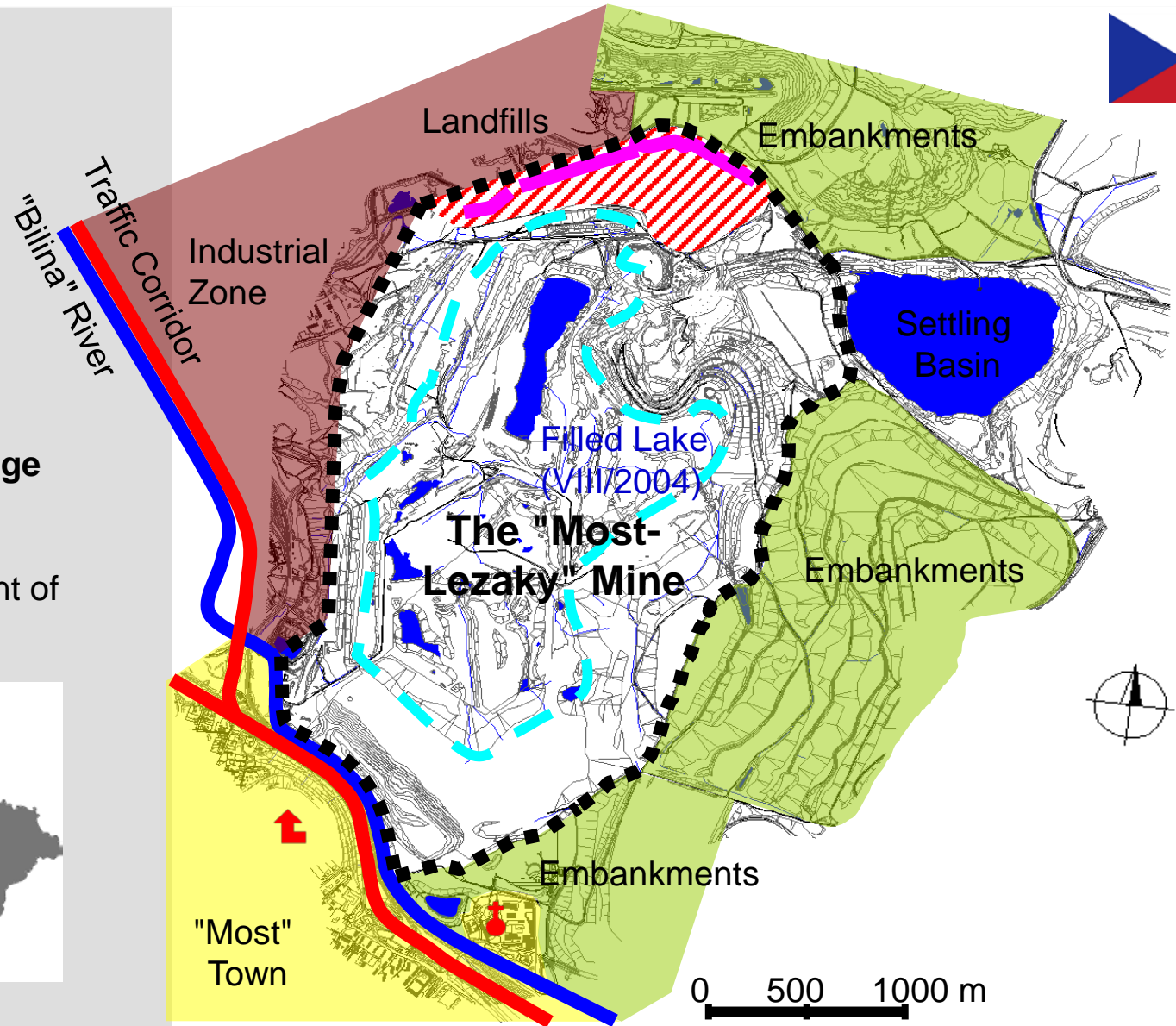
**2008 - 2009**

## **SIPHON DRAINS**

- **Number of drains: 255**
- **Depth of wells: 11.5 m**
- **Spacing: 6 m**
- **Number of outlet manholes: 23**
- **Original groundwater level (min.): 0 - 4 m**
- **Lowered groundwater level: 7 - 10 m**
- **Registered flows : 0.6 - 4.2 l/min/drain**



-  Affected Area
-  Siphon Drainage
-  Designed Extent of the Lake

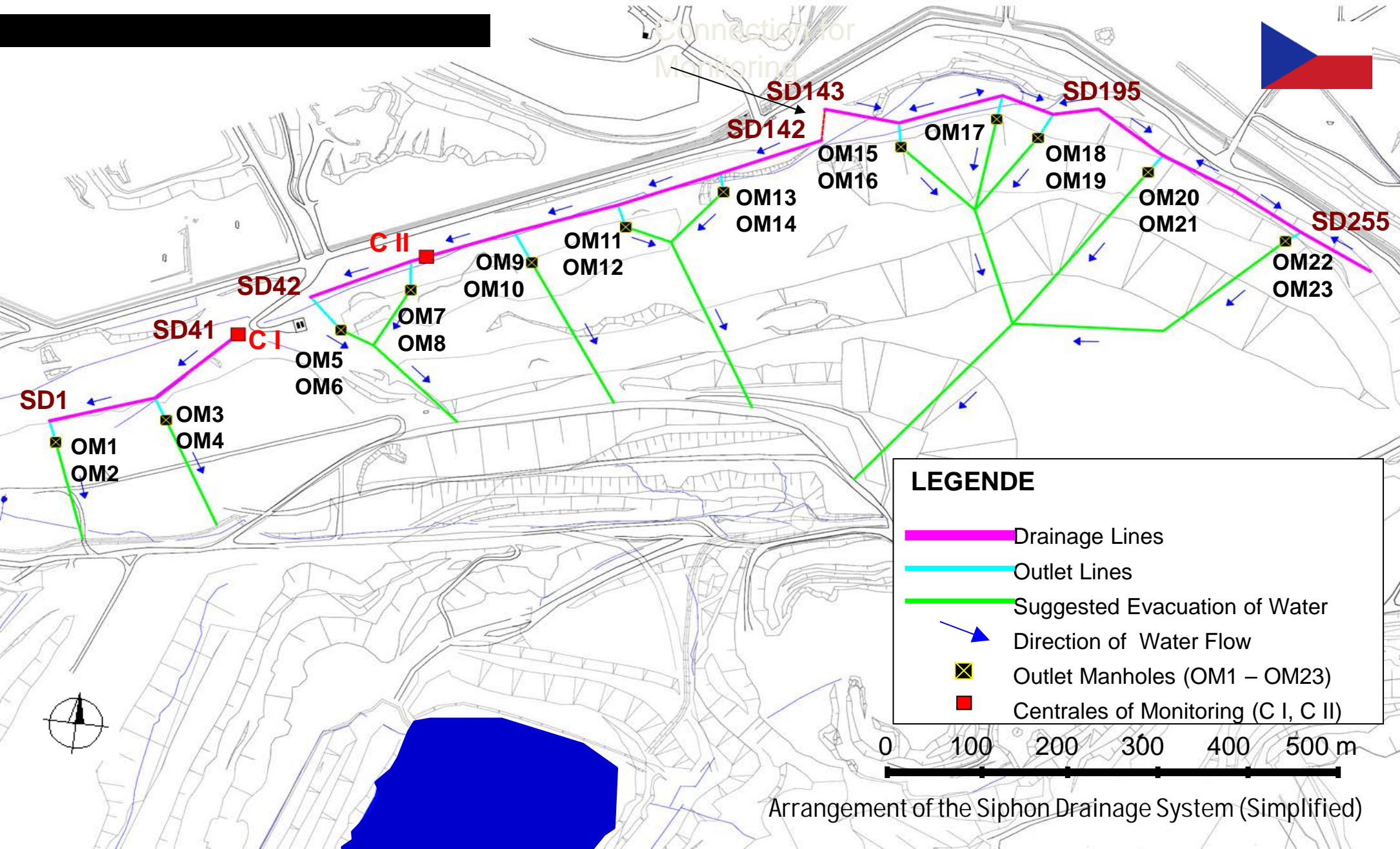










An Example of Stability Problems







**LEGENDE**

-  Drainage Lines
-  Outlet Lines
-  Suggested Evacuation of Water
-  Direction of Water Flow
-  Outlet Manholes (OM1 – OM23)
-  Centrales of Monitoring (C I, C II)

0 100 200 300 400 500 m

Arrangement of the Siphon Drainage System (Simplified)



Construction of Drainage Lines





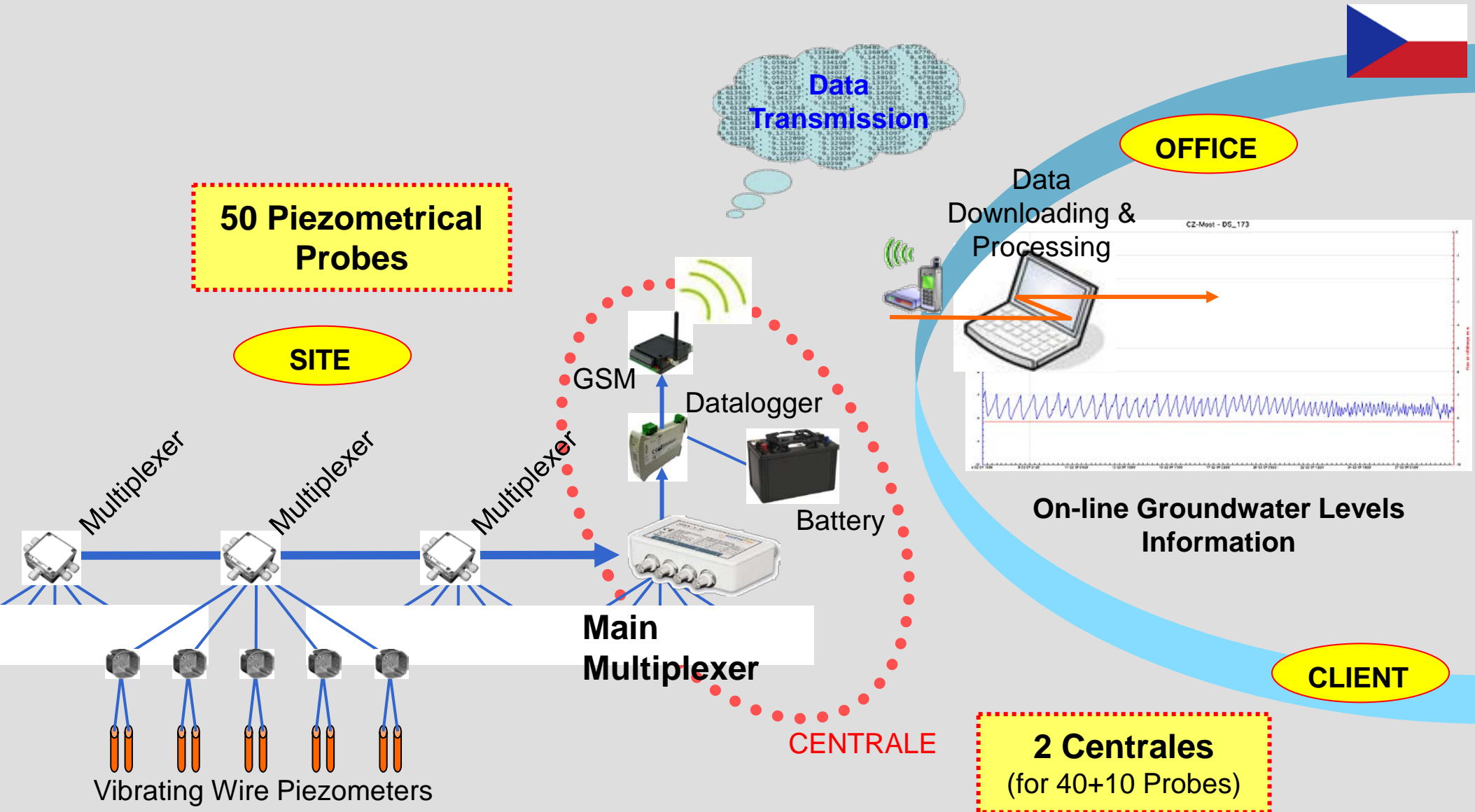
Placing of Tube Collector for Siphon Tubes Between Two Outlet Manholes



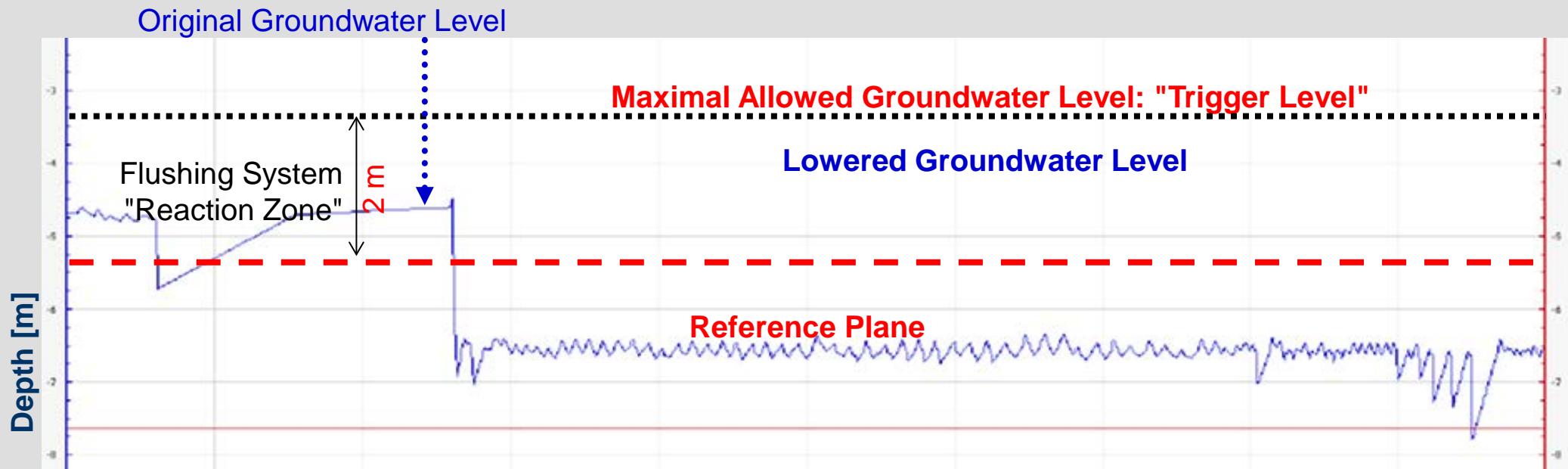


Outflow Endings of Siphon Tubes Before Priming and Joint to the Flushing Systems



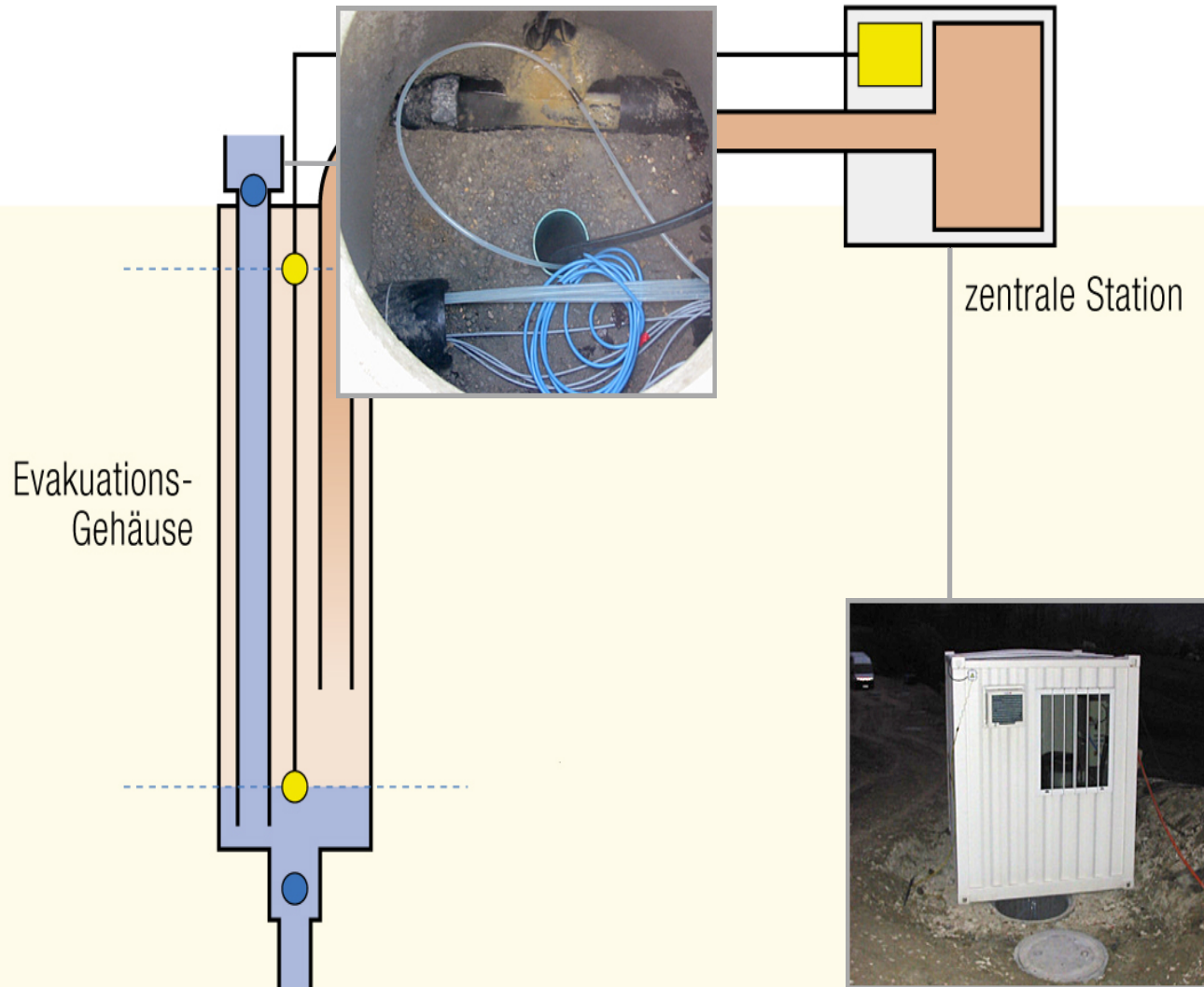


Scheme of the Monitoring System



Time Scale

# 4. Funktion elektropneumatischer Drainagen



## Das Funktionsprinzip

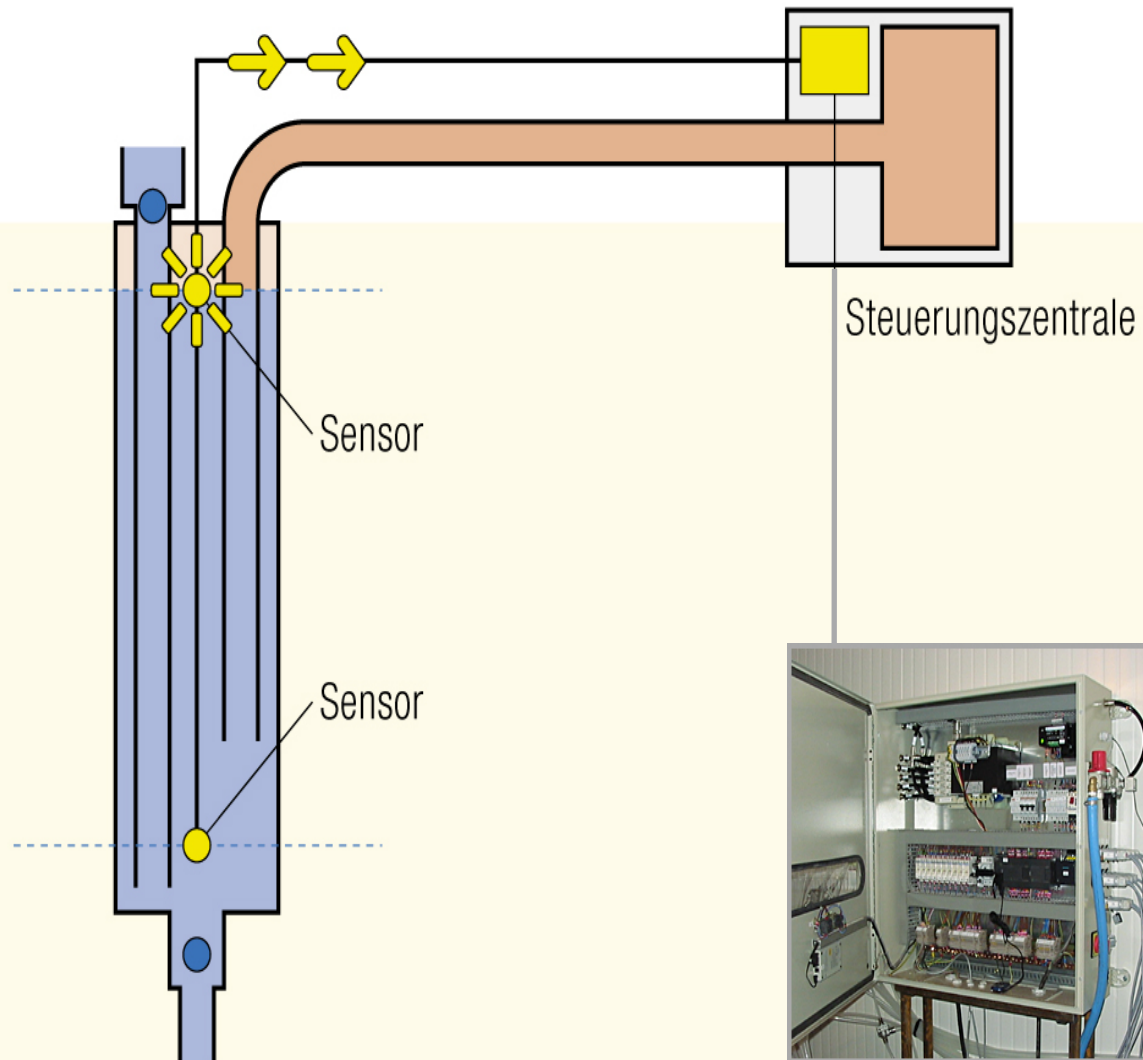
Eine elektropneumatische Drainage besteht aus mehreren Evakuationsröhren und einer zentralen Station mit Steuerungszentrale und Kompressor.

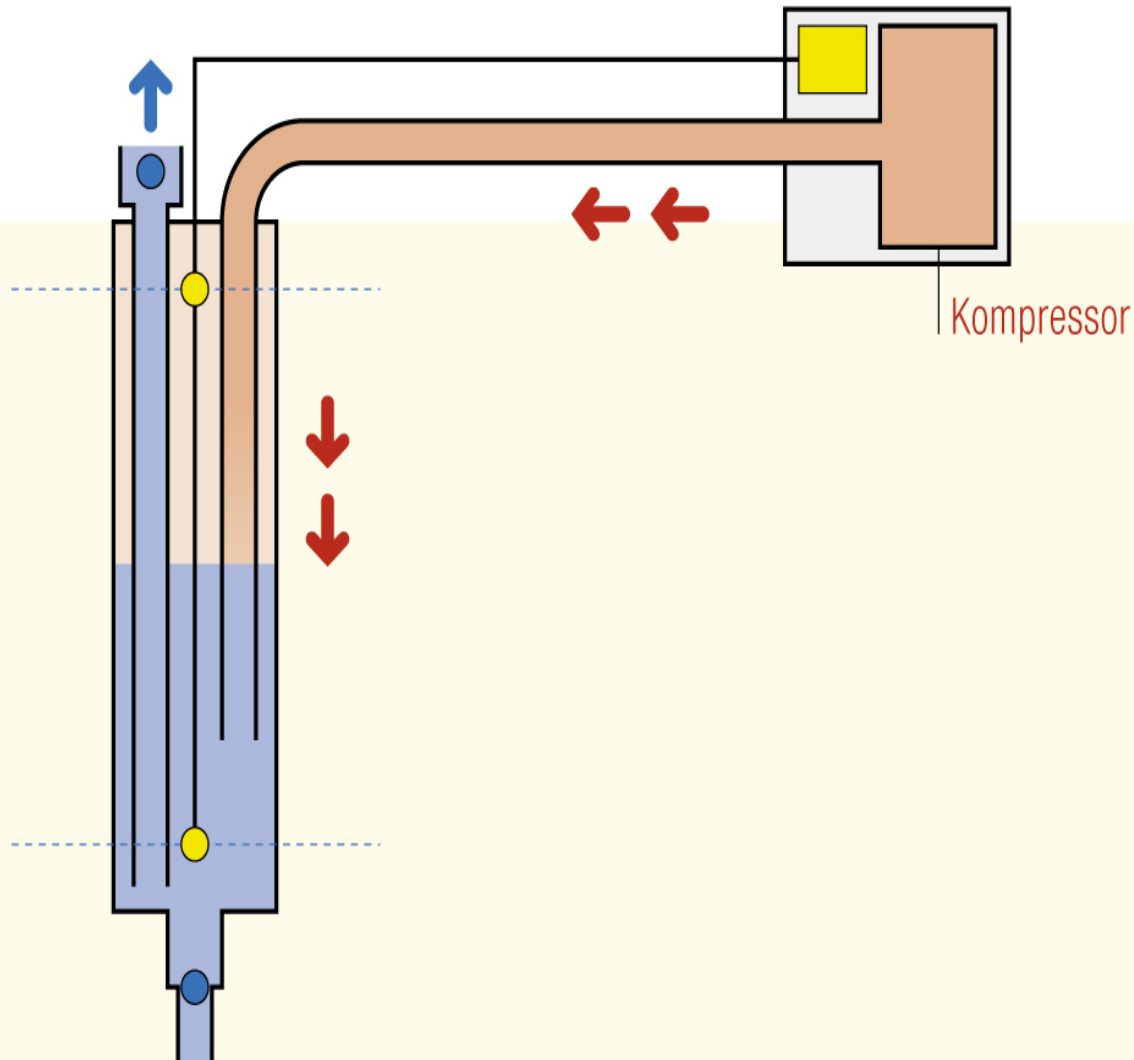




## Das Funktionsprinzip

Der Sensor übermittelt ein Signal an die Steuerungszentrale.

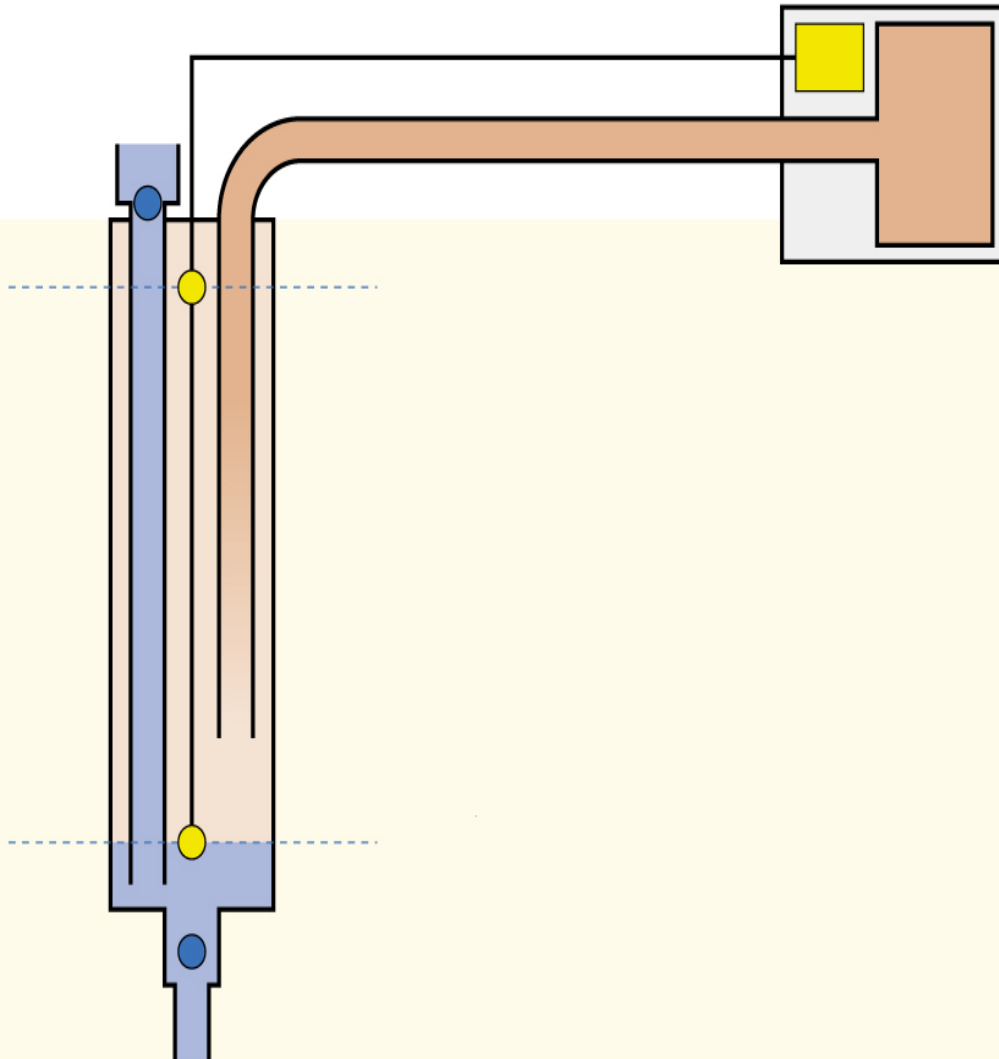




## Das Funktionsprinzip

Die Steuerungszentrale schaltet den Kompressor ein, welcher nun Luft in die Evakuationsröhre pumpt.

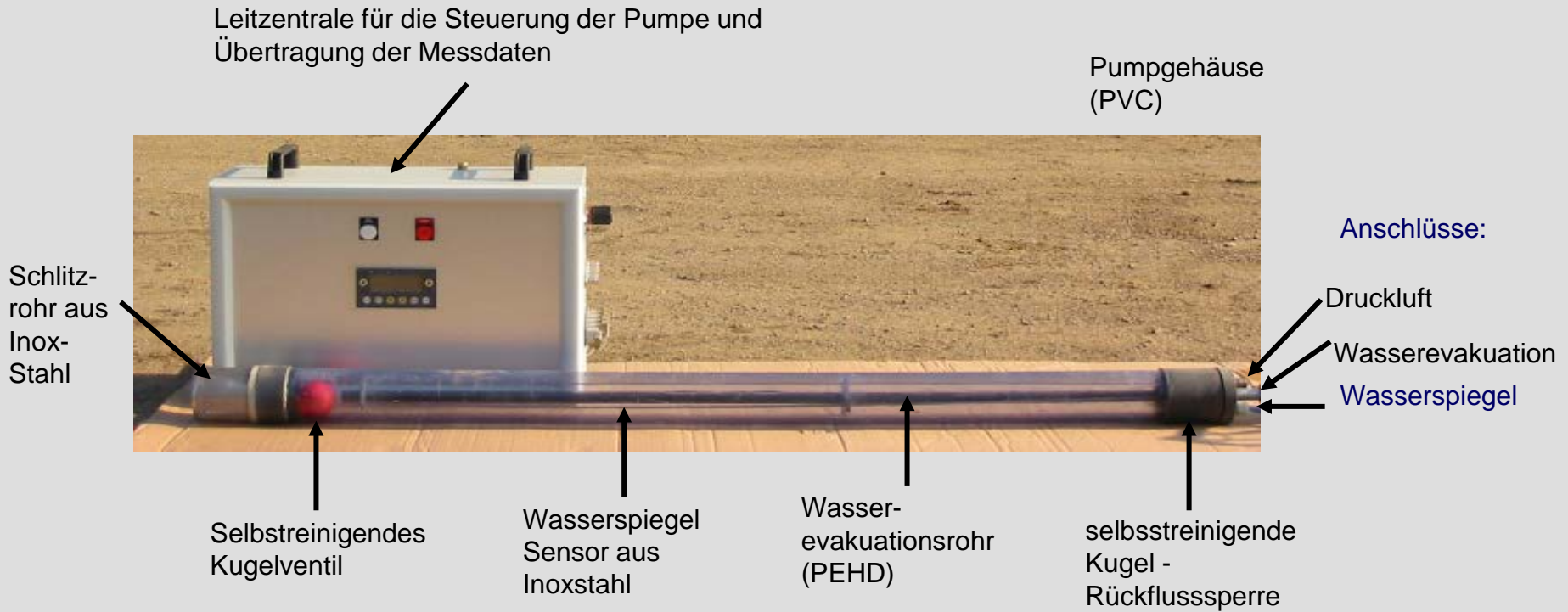
Hierbei wird das untere Kugelventil automatisch geschlossen, während sich das obere öffnet.



#### Eckdaten:

- Drainagebohrungen: bis 40 m,  $\varnothing$  4.5"
- Abflussmenge: 30 – 40 l/min
- Zentrale Station: ein Kompressor und Reservoir für alle Evakuationsröhren
- Energiearm, nur im Betrieb während Entleerung
- Masse:  $\varnothing$  90 mm, l = 1.50 m

# Bestandteile der Luftdruckpumpe



## **Entwässerung in schwach permeablem Untergrund, in Tiefen bis zu 40 m**

### **VORTEILE:**

- Betrieben durch einen einzigen Kompressor, wenig Unterhalt
- Arbeitet nur, wenn Wasser vorhanden ist
- Automatisiertes System mit möglicher Fernsteuerung
- Pumpen von belastetem und verschmutztem Wasser
- kein Verschleiß der Pumpen durch ständiges Ein- und Ausschalten

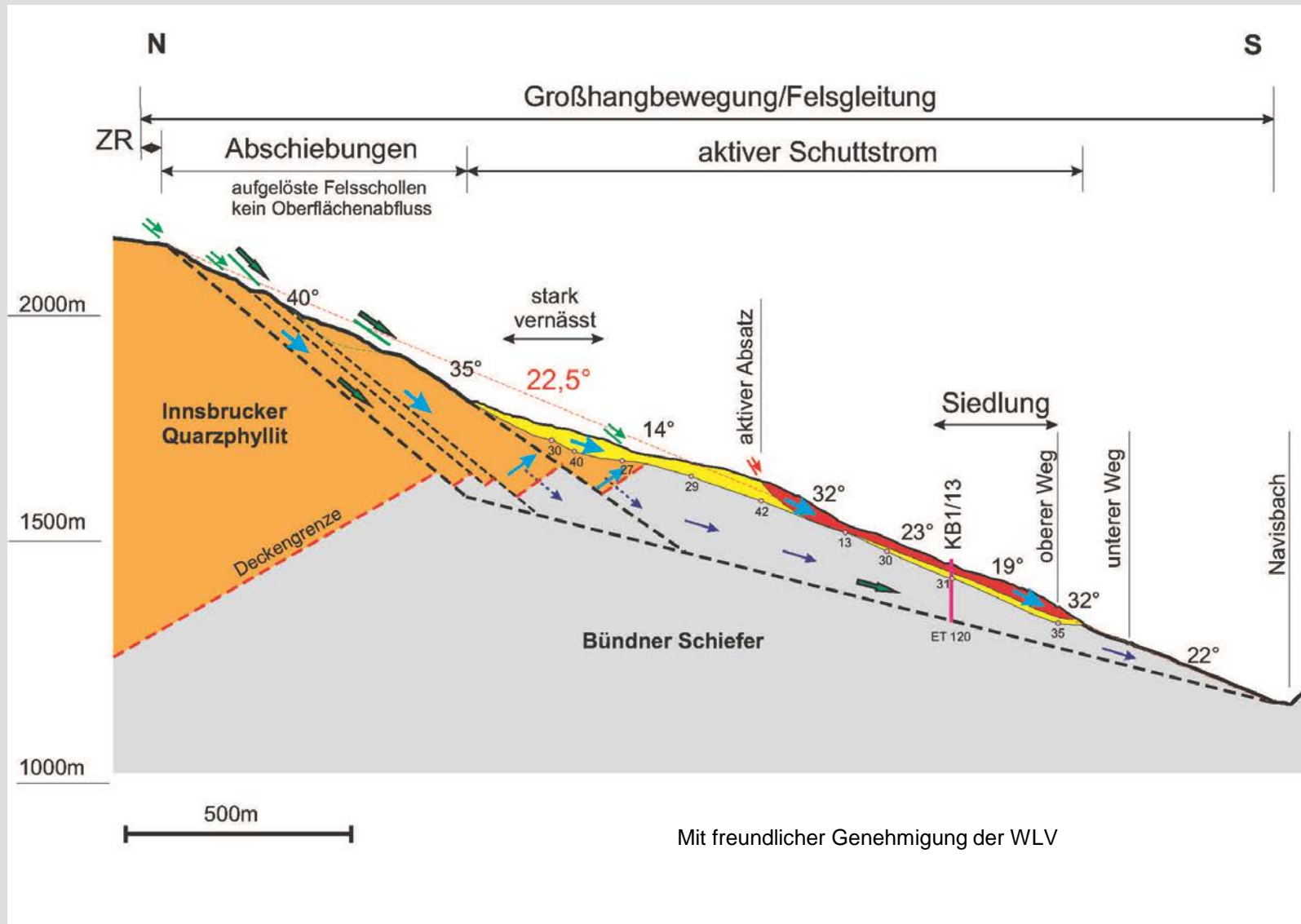
### **NACHTEILE:**

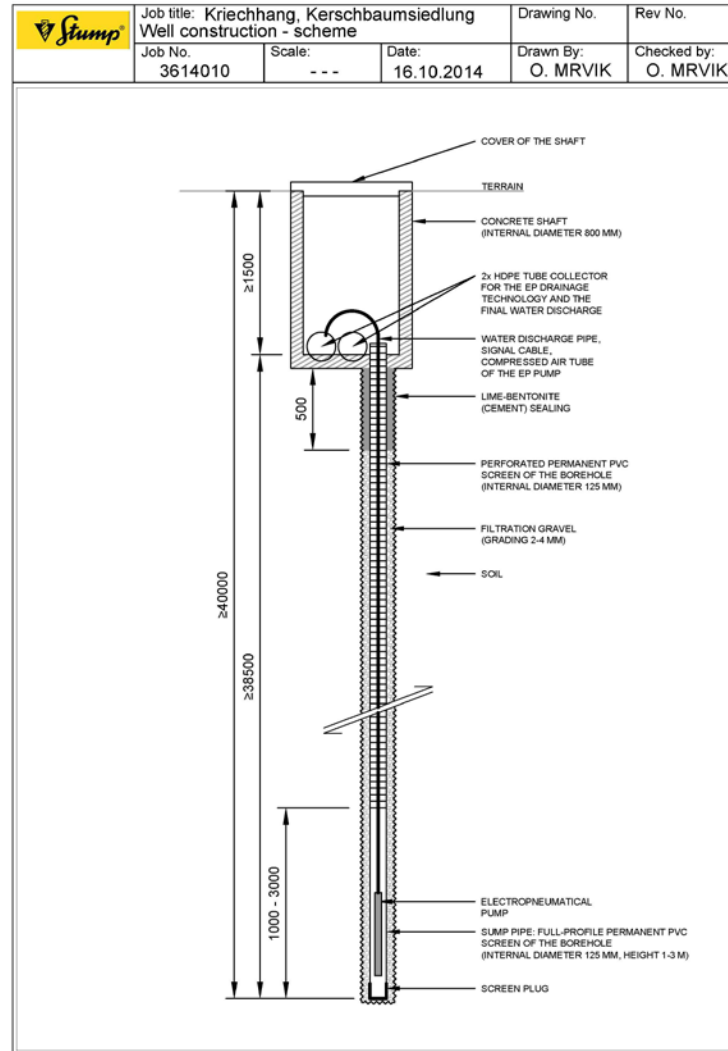
- Stromanschluss nötig

# 5. Fallbeispiel Testanlage Navis Tirol











## 6. Fallbeispiel Castlehaven (GB)









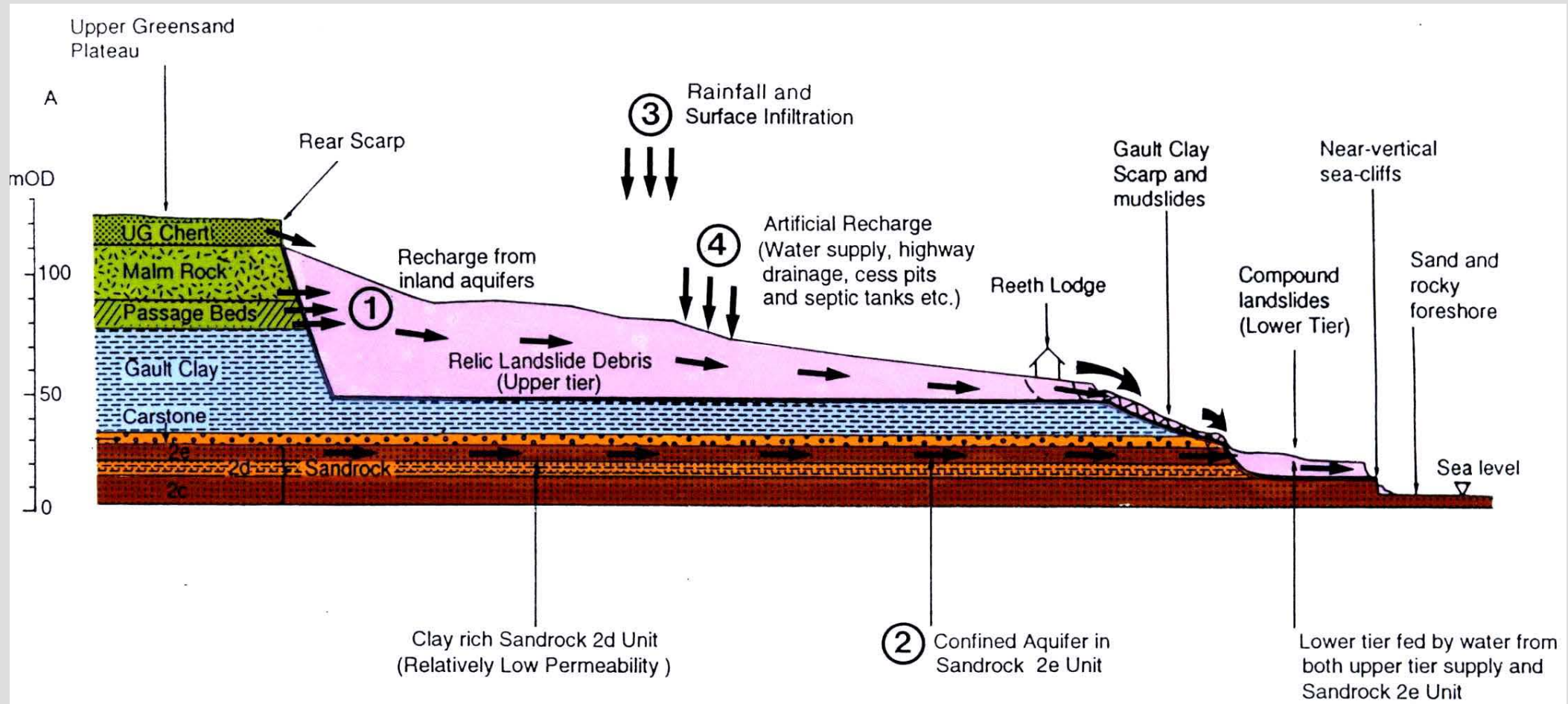
Den Stabilitätsproblemen, der öffentlichen Sicherheit, den Eigentumsverhältnissen, der Infrastruktur und der schützenswürdigen Umgebung musste Rechnung getragen werden.





## Progressive Küstenerosion Entlang des Kliffs von Castlehaven





## Die treibenden Kräfte für Stabilitätsprobleme:

- Grundwasser
- Küstenerosion





Brunnenbohrarbeiten durch die bestehenden Drainageschächte





Vorkonfektionierte  
Pumpen bereit zum  
Einbau



Aus Gründen der Zugänglichkeit und Wartungsfreundlichkeit wurden die Brunnen innerhalb öffentlicher Strassen erstellt.







Drainageschacht  
mit Druckleitung,  
Evakuationsleitung  
und Steuerkabel.







Verteilkaste für das Ansteuern der einzelnen Pumpen

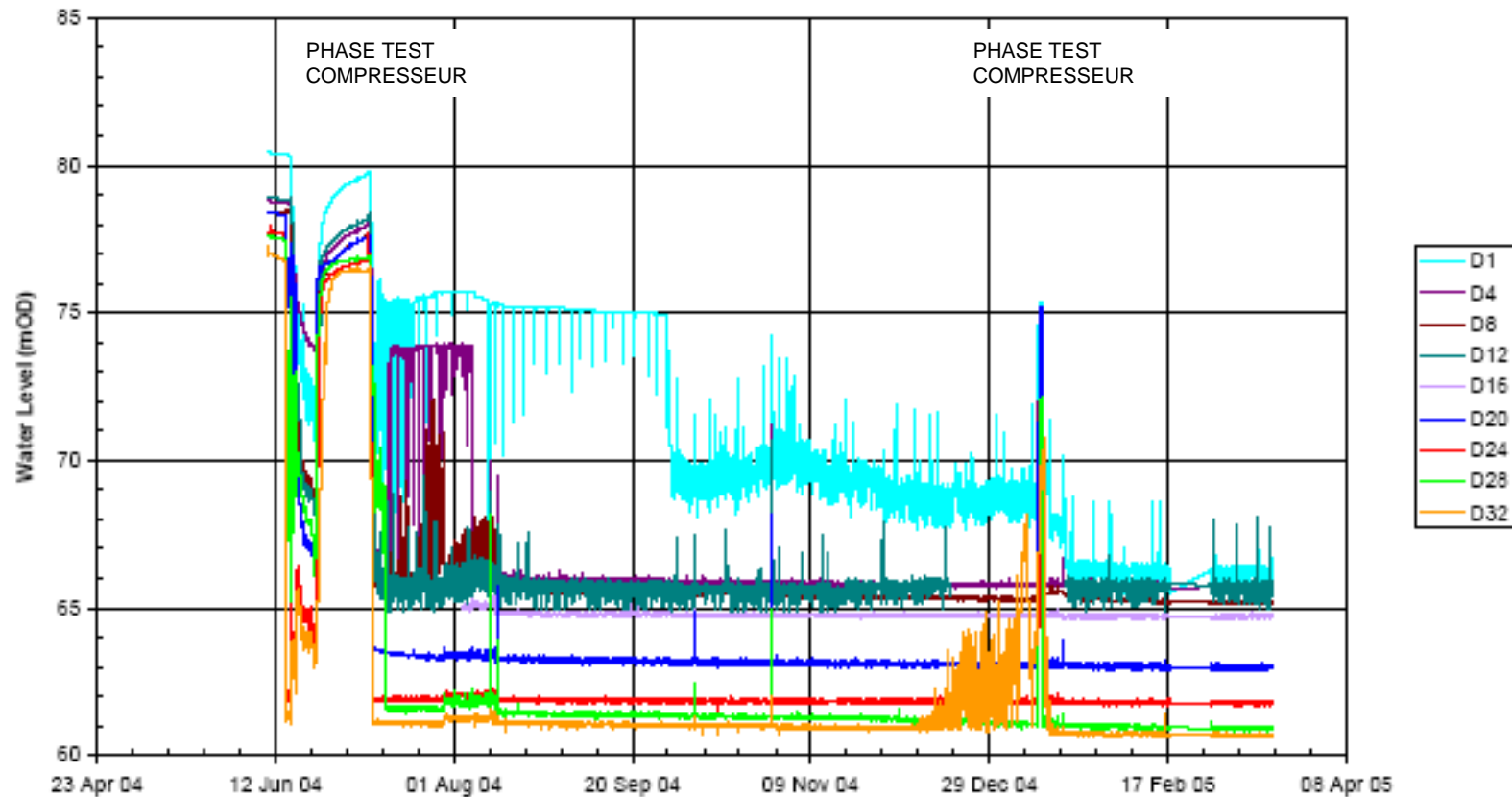


Wartungsschacht und Belüftung Kompressor Raum



WJ GROUNDWATER LIMITED  
 J1176 Castl Haven Coastal Protection Scheme  
 VW Piezometers in Wells

Castl Haven Coastal Protection Scheme  
 Line D Water Levels



Logger No 1 (Line D).xls Chart  
 GH 17 June 2004

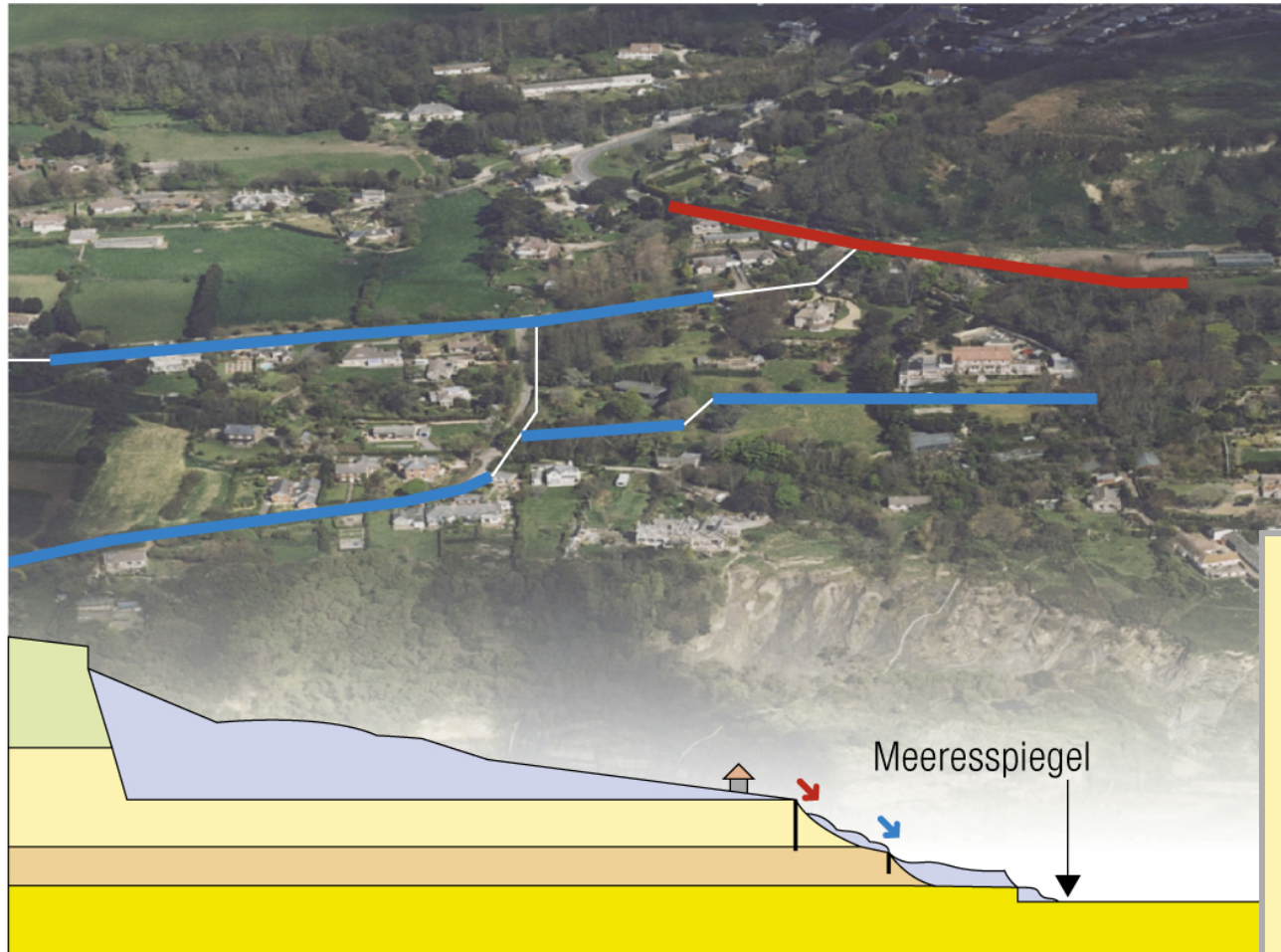
Loggerdaten der  
 Drainagebohrungen  
 nach ersten Tests



## Zusätzlich wurde ein Monitoring- und Wartungsprogramm aufgestellt:

- 9 Datenlogger in Beobachtungsbohrungen,
- 42 Vibrating wires in ausgewählten elektropneumatische und Siphon-Drainagen,
- 6 Vibrating wires in Bohrungen um den Porenwasserdruck in der Rutschmasse zu bestimmen,
- 4 Inklinometer für die Messung lateraler Bewegungen,
- automatische Abflussmessung der gesamten Anlage
- und ein geodätisches Netz aus Markern zur Oberflächenüberwachung.

Der Grundwasserspiegel konnte von 0 – 7 m auf 17 – 20 m abgesenkt werden. Die Abflussrate pro Pumpe beträgt 15 – 1000 l/h. Die Rutschung konnte dadurch auf < 5 mm/Jahr gebremst werden.



Beispiel: Kombination  
Saugdrainage und  
elektropneumatische  
Drainage Isle of Wight,  
Castelhaven (GB)

Problem: Verschachtelung von mehreren  
Rutschungen (Dicke 5–35 m) in  
Wohngebiet

Lösung: 35 Elektropneumatische  
Pumpen, Absenkung um 20 m,  
116 Saugdrainagen auf 500 m,  
Absenkung um 6–7 m