

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

Arbeitsgruppe 3
Entscheidungskriterien sowie Kriterien
für Fehlerkorrekturen

**Anhörung „Tiefe Bohrlöcher“ in der 9. Sitzung der Arbeitsgruppe 3
am 8. Juni 2015**

Präsentation des Sachverständigen Prof. Dr.-Ing. Matthias Reich,
Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau, Bergakademie Freiberg
„Stand der Tiefbohrtechnik. Wie werden Tiefbohrungen hergestellt?“

<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. /AG3-24</p>



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Stand der Tiefbohrtechnik

Wie werden Tiefbohrungen hergestellt?

Prof. Dr.-Ing. Matthias Reich

8. Juni 2015, Anhörung im Bundestag, Kommission Endlagerung



Foto: PlanetErde

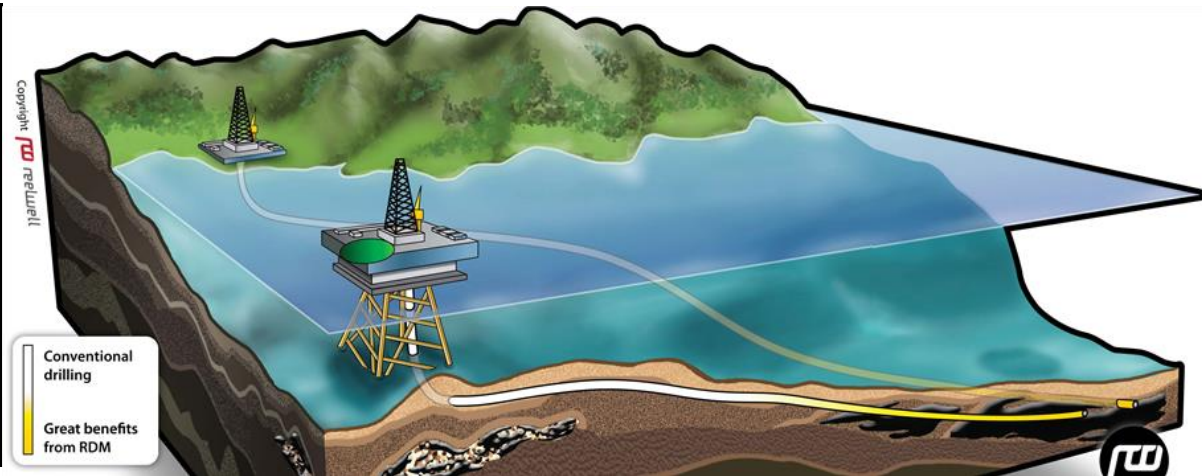
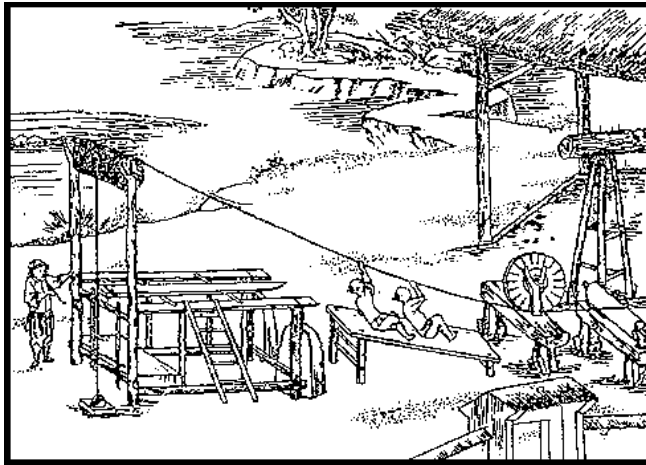
Prof. Dr.-Ing. Matthias Reich



- 56 Jahre, verheiratet, 2 Kinder
- Verfahrenstechnik-Studium an der TU Clausthal, Abschluss 1986
- 4 Jahre Papierindustrie
- **16 Jahre internationales Serviceunternehmen der Öl- und Gasindustrie**, Entwicklung, Inbetriebnahme und Vertrieb von Hochleistungs-Bohrsystemen
- nebenberufliche Promotion an der TU Bergakademie Freiberg
- **seit 2006 Professor für Bohrtechnik, Spezialtiefbauausrüstungen und Bergbaumaschinen an der TU Bergakademie Freiberg**

Highlights der Tiefbohrtechnik

- Vor 2700 Jahren Bohrungen mit 800 Meter Tiefe
- 1859 erste Ölbohrung in Titusville (Pennsylvania)
- 1901 Erfindung der modernen Rotary-Bohrtechnik
- 1930 Erfindung der Richtbohrtechnik
- 1970-1989 Jahre: tiefste Bohrung der Welt (12.262 m)
- Seit 1995: Reservoir Navigation bis zu 13 km Länge



Wie sieht eine Tiefbohrung aus?

so nicht!

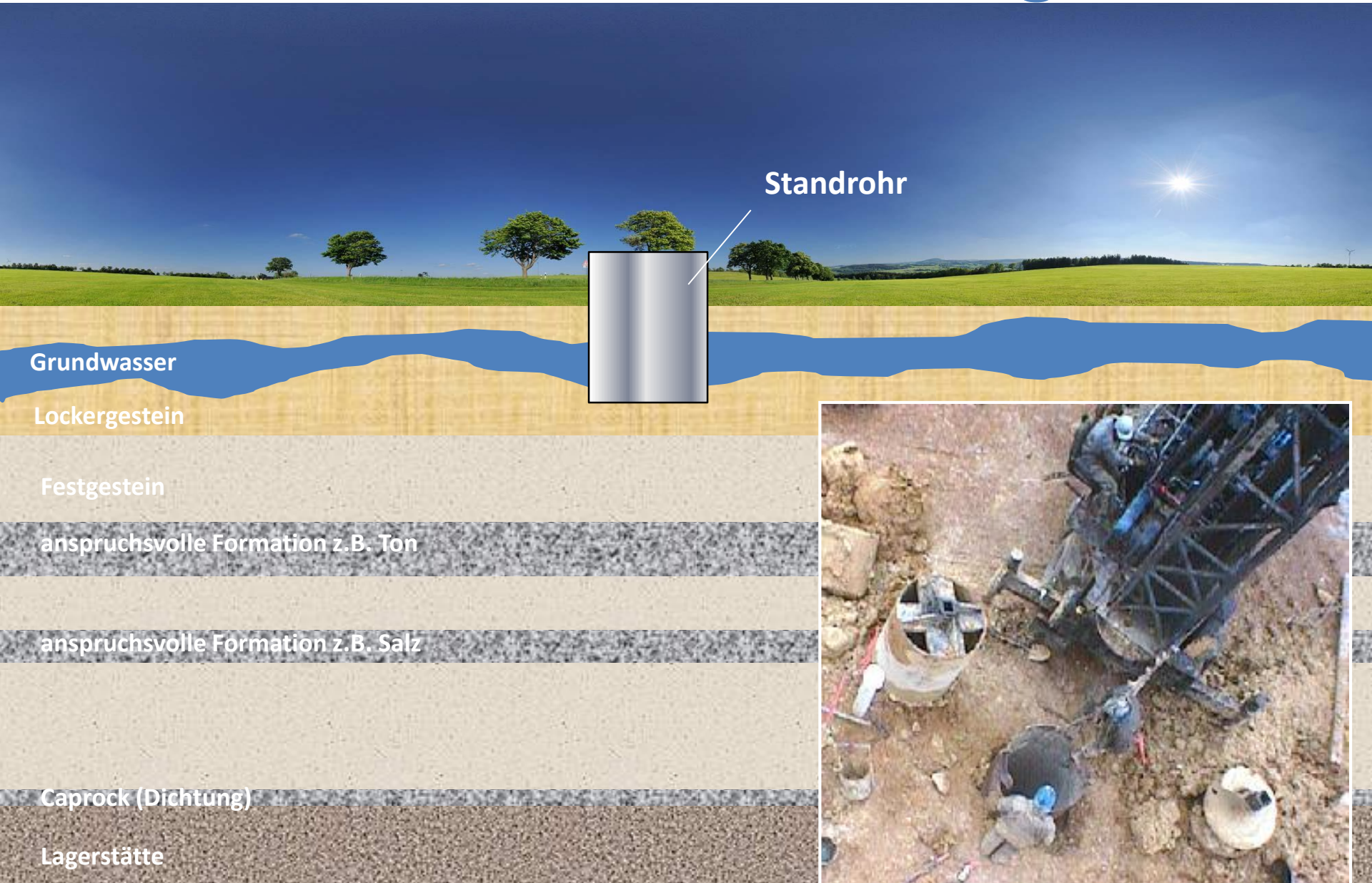


Studium „Petroleum Engineering“ an der TU Bergakademie Freiberg:

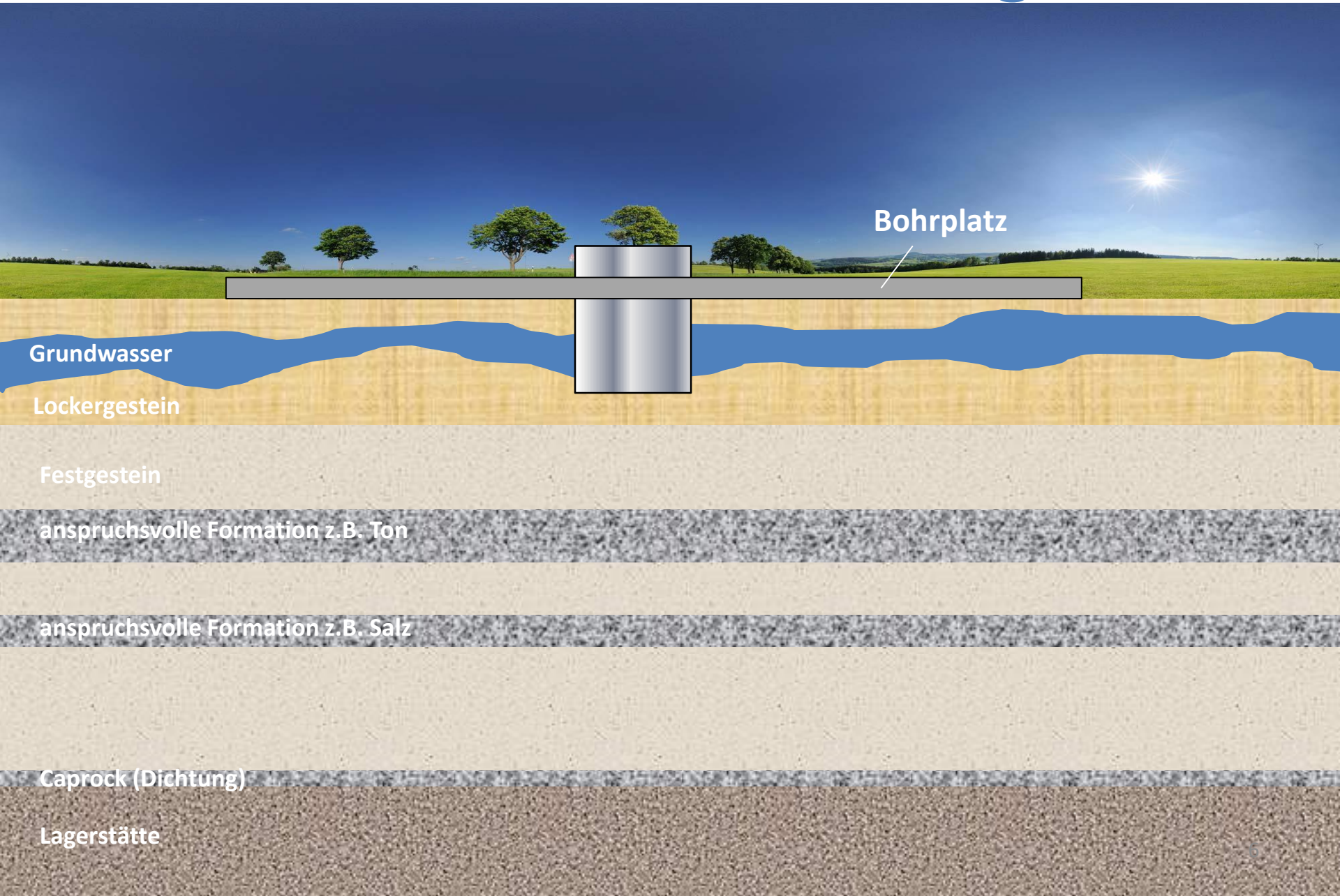
- 4 Semester Grundstudium (Vordiplom)
- 4 Semester Hauptstudium
- 1 Semester Diplomarbeit
- 120 Schichten Praktikum
- **Abschluss: Dipl.-Ing.**
- danach meist mehrjährige Trainee-Programme



Ablauf einer Bohrung



Ablauf einer Bohrung



Bohrplatz

Grundwasser

Lockergestein

Festgestein

anspruchsvolle Formation z.B. Ton

anspruchsvolle Formation z.B. Salz

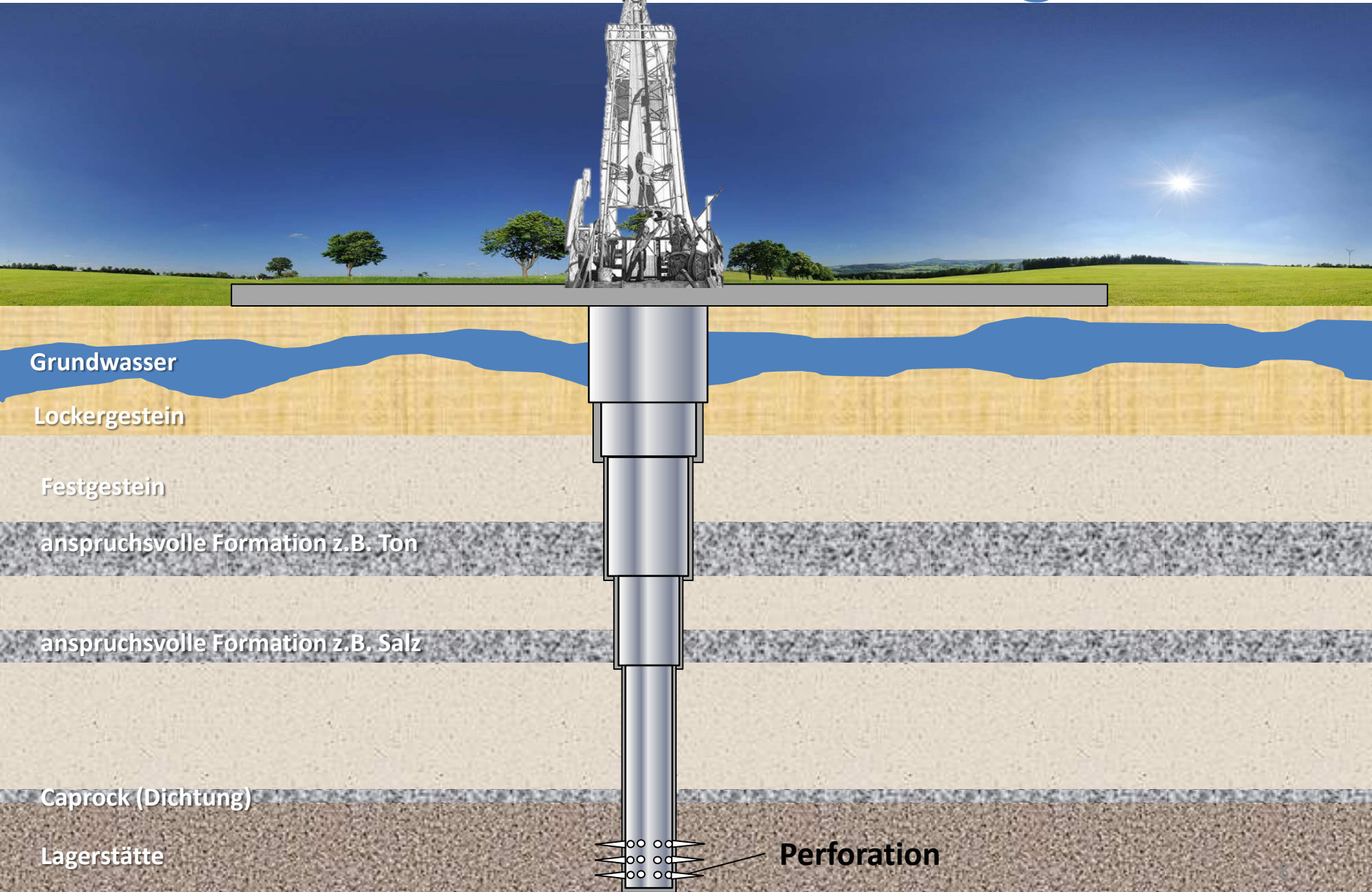
Caprock (Dichtung)

Lagerstätte

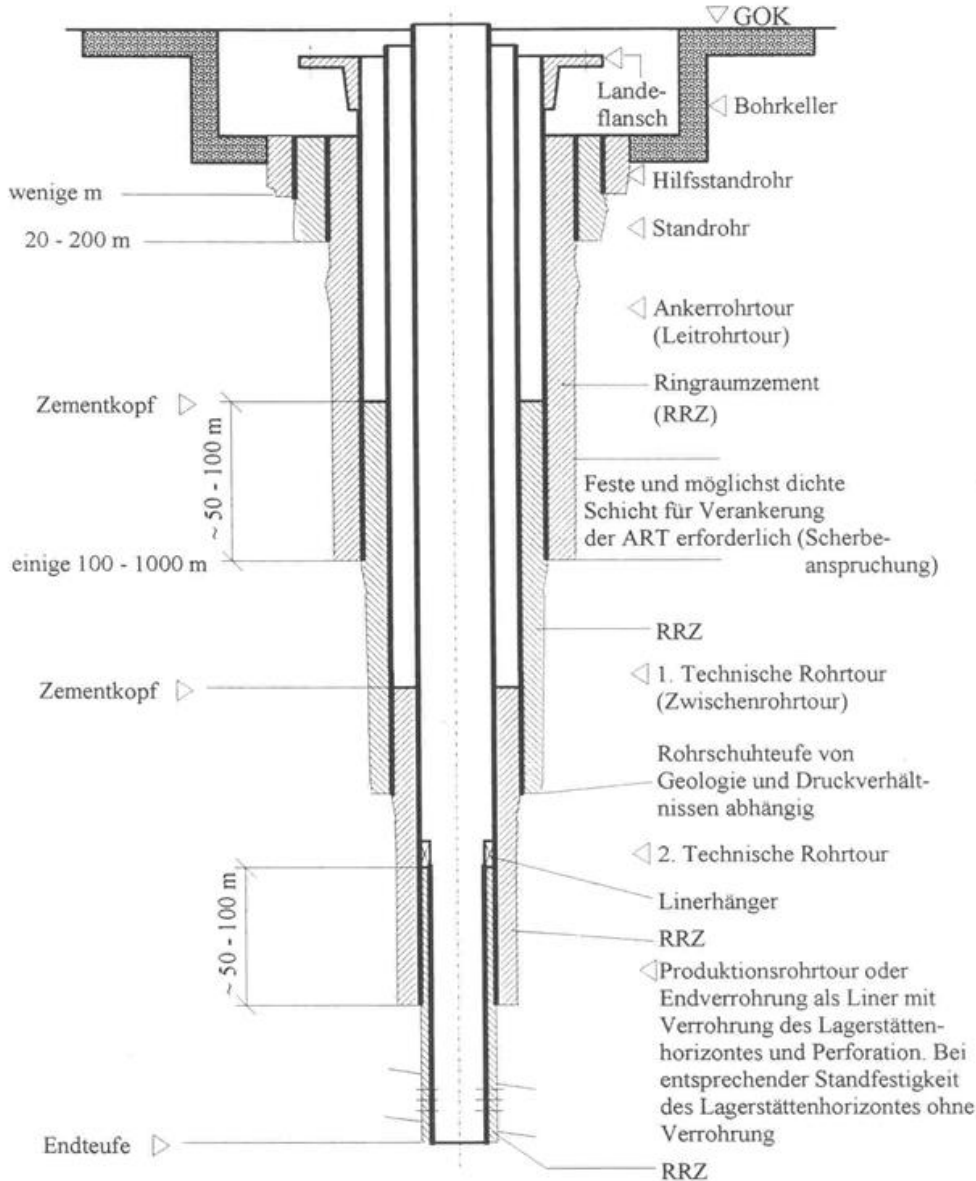
Anlage des Bohrplatzes



Ablauf einer Bohrung



Bohrlochkonstruktion



Beispiele von Qualitätskontrollen an Verrohrung und Zementation

Ausführung durch spezielle **Service-Firmen**

Inspektionen der Rohre: sind die Rohre und Gewinde einwandfrei?

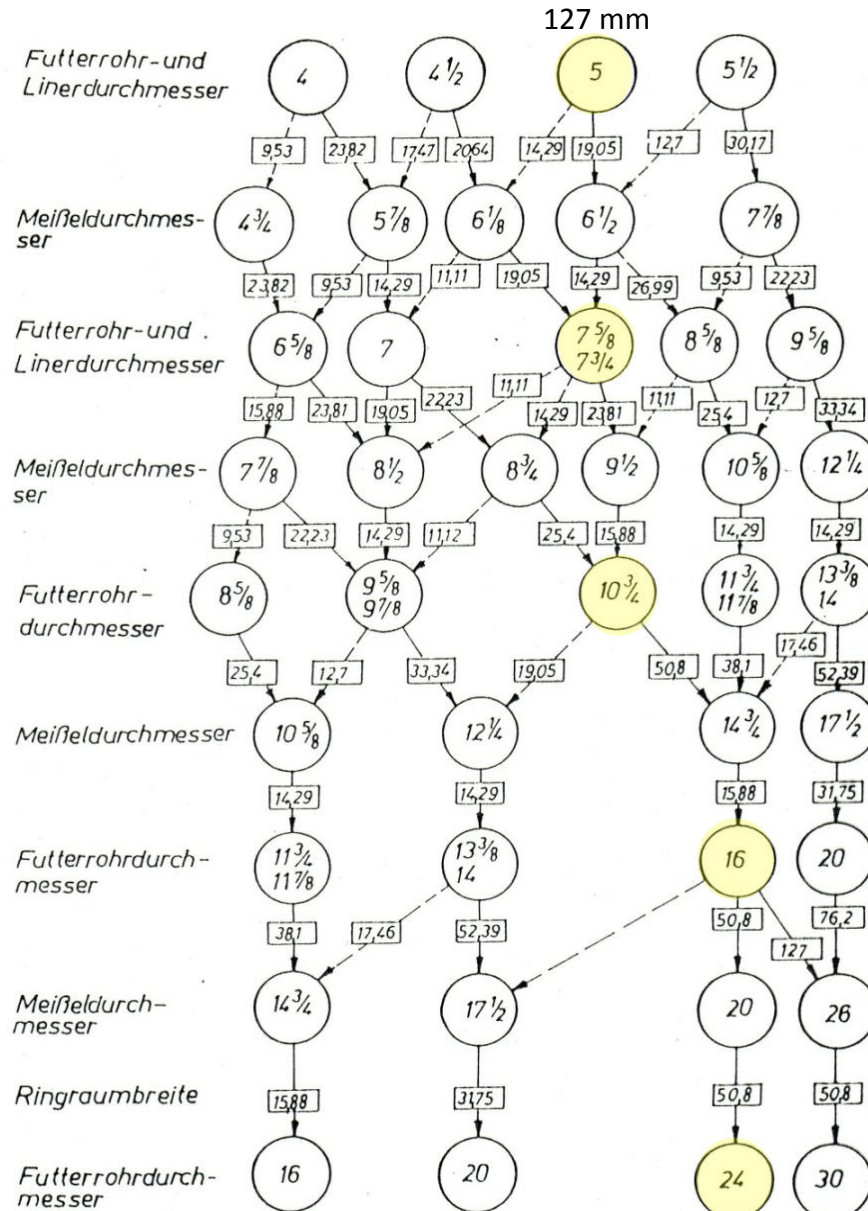
Verschraub-Protokolle: sind die Rohre wirklich dicht?

Kontrollmessungen:

- Kaliber Log: wieviel Zement wird benötigt?
- Temperatur-Log: wie hoch steht der Zement hinter dem Rohr?
- Leak-off Test: besitzt der Zement die nötige Festigkeit?
- Cement Bond Log: bindet der Zement fest an der Verrohrung an?



Bohrlochkonstruktion



Benötigte Vorgaben

- **Enddurchmesser** der Bohrung
 - abhängig von angestrebter Förderrate
- **Endteufe** der Bohrung
- **Geologisches Profil**

Ergebnisse der Konstruktion

- Durchmesser des übertägigen Standrohres
- **erforderliche Kapazität der Bohranlage**
 - Hakenlast
 - Drehantrieb
 - Pumpleistung

Futterrohr- und zugeordnete Bohrllochdurchmesser nach API (American Petroleum Institute)

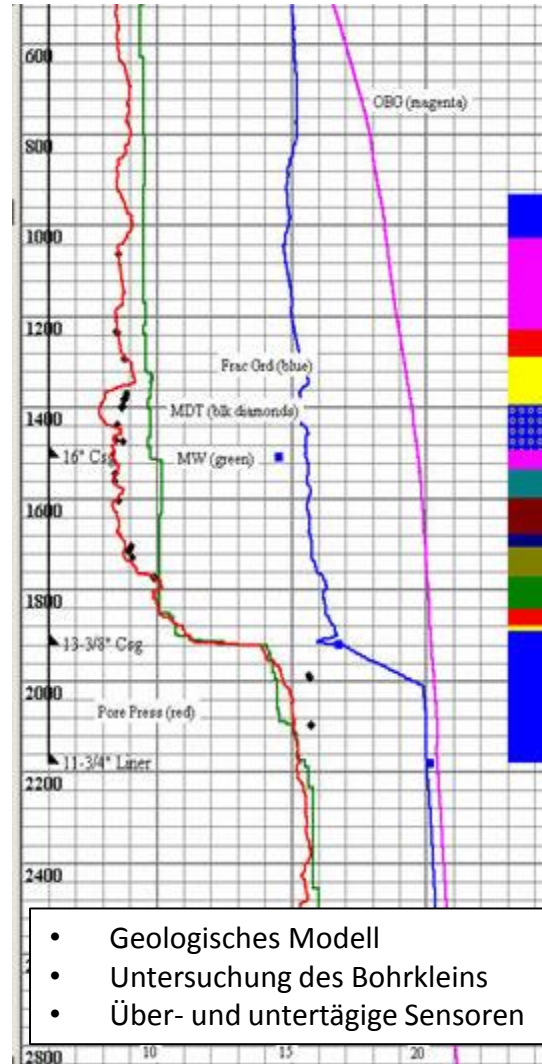
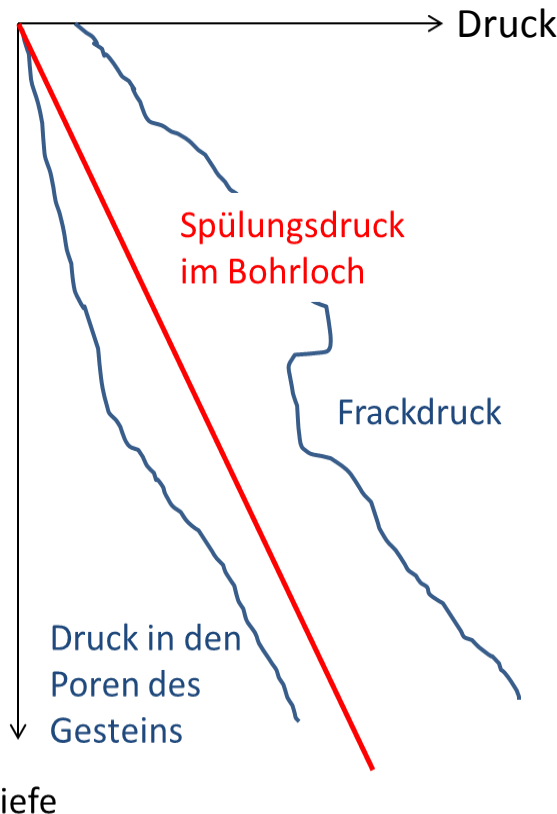
610 mm

Primäre Bohrlochkontrolle



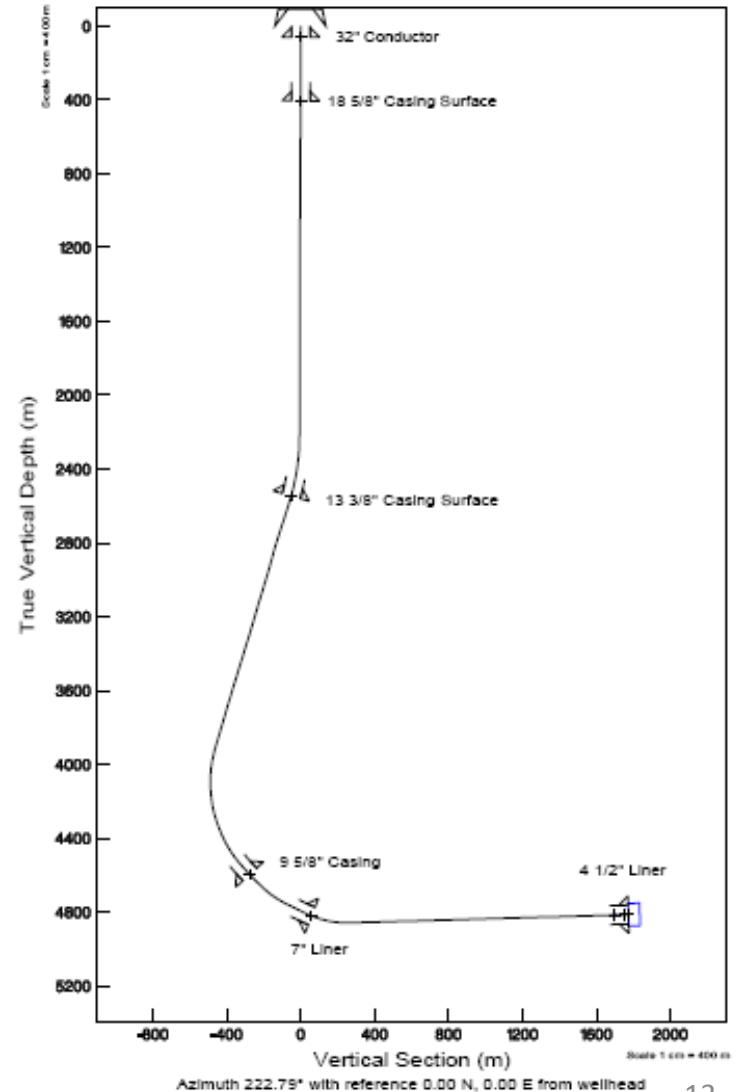
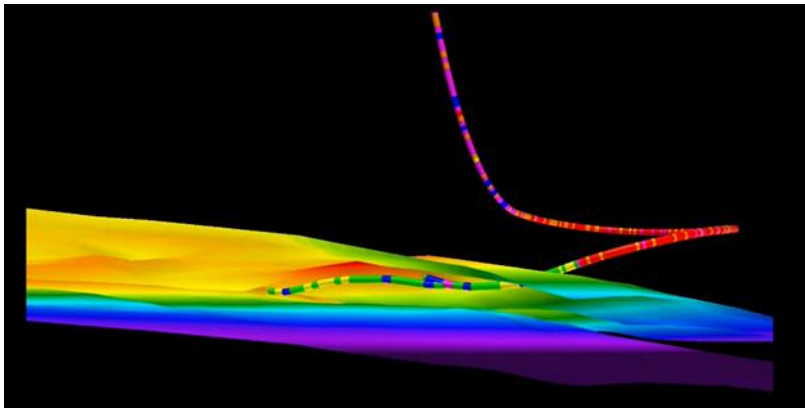
Einhalten des Druckfensters (Bohrspülung)!

- Druck im Bohrloch zu gering:
 - Kick (Gaseintritt)
 - Verlust der Stabilität
- Druck im Bohrloch zu groß:
 - Frack (Rissbildung im Gestein)



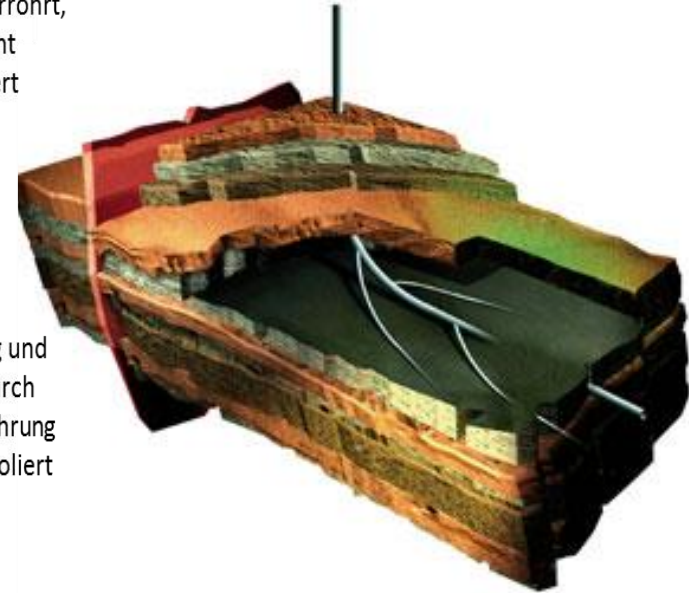
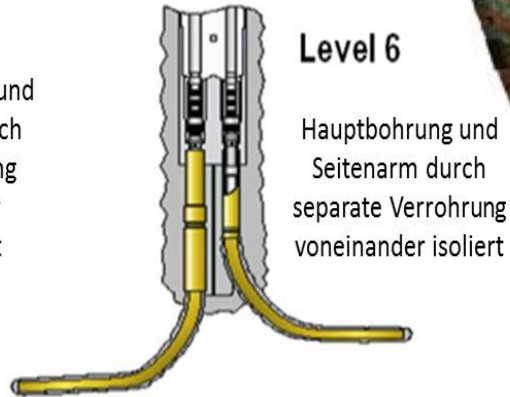
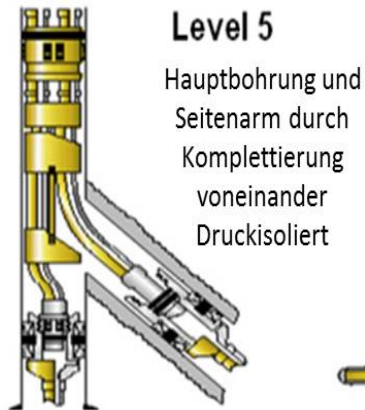
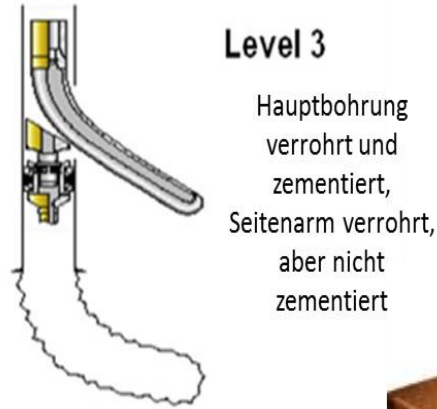
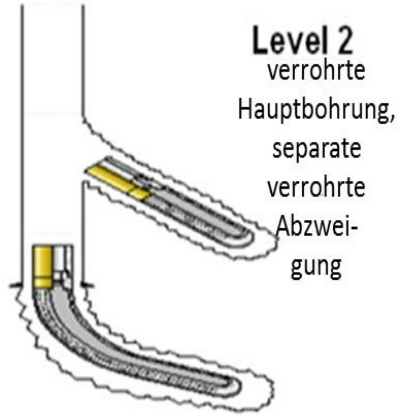
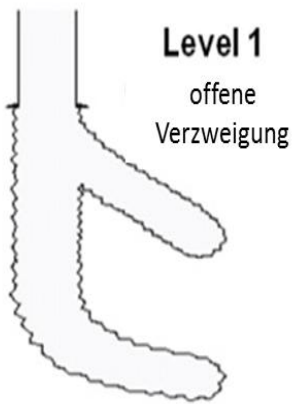
Tiefe

Dimensionen realer Tiefbohrungen nach Öl und Gas



- Typische vertikale Teufen: 3 – 6 km
- Bohrungslängen bis zu 12 km

Multilateralbohrungen



KTB, Windischeschenbach



Tiefste Bohrung in Deutschland

1987 – 1995
9101 m vertikal
270 mio Euro

Bohranlage:
550 t Hakenregellast
800 t Ausnahmelast

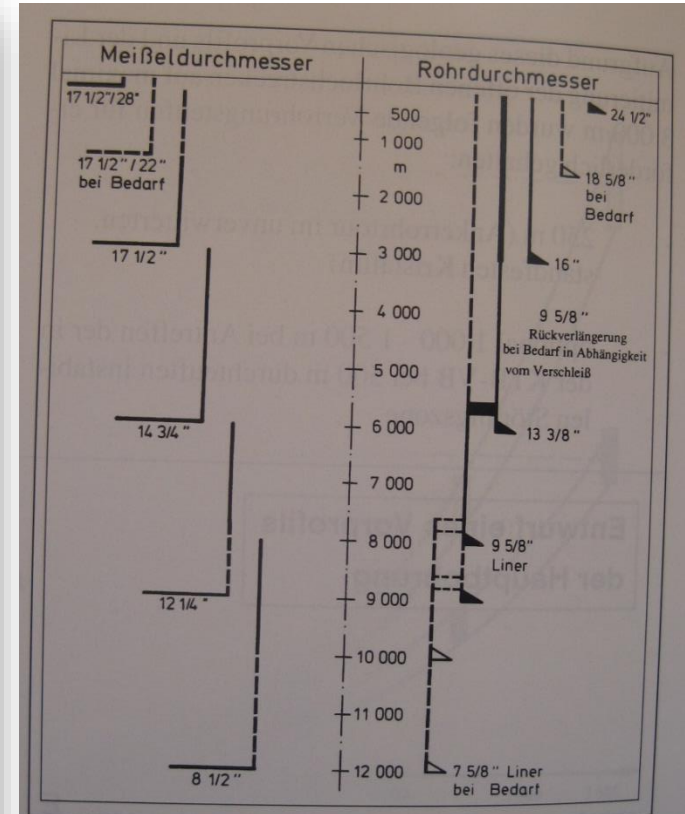


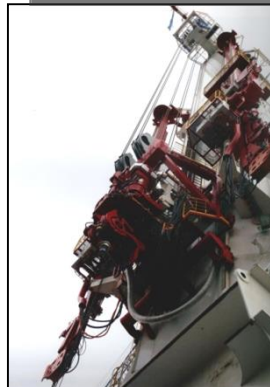
Abb. 4/C-1.2.2: Plan des Bohr- und Verrohrungsschemas für die KTB-HB

24 ½“ Standrohr (622 mm)
7 5/8“ Liner (193 mm)
in 5000 m Tiefe: 13 3/8“ (340 mm)

Moderne Land-Tiefbohranlagen



- kompakt, modular
 - **Mobilität!**
- schallgeschützt
- sicher für die Mannschaft
- teilautomatisiert
- Hakenlasten bis 500 t

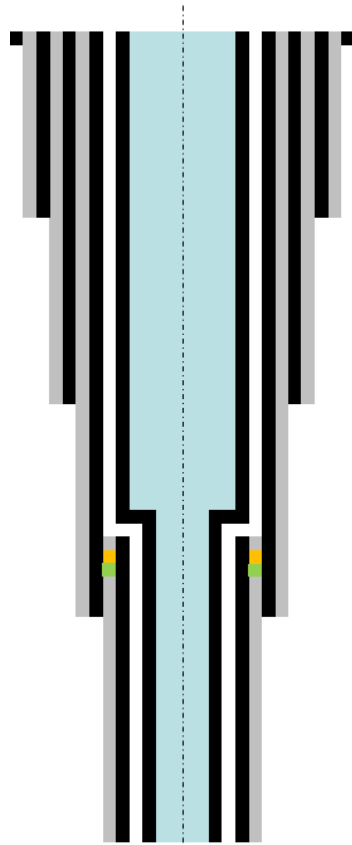


Moderne Offshore-Tiefbohranlagen

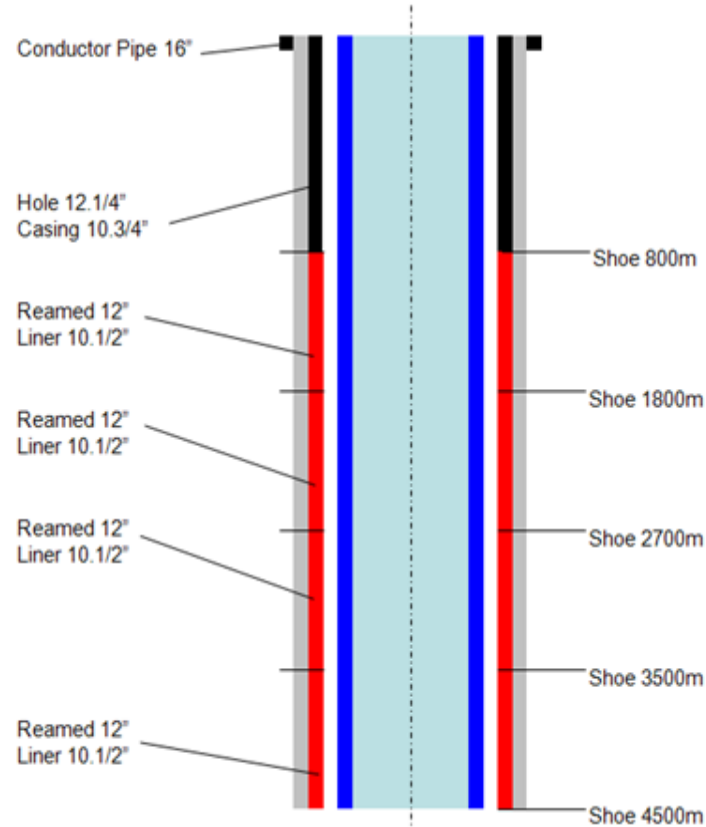


- Stabilere „Turm-Konstruktion“
- größere Hakenlast (oft bis 750 t)

Neues Konzept zur Reduktion der Hakenlast: Monobore



Standard Design



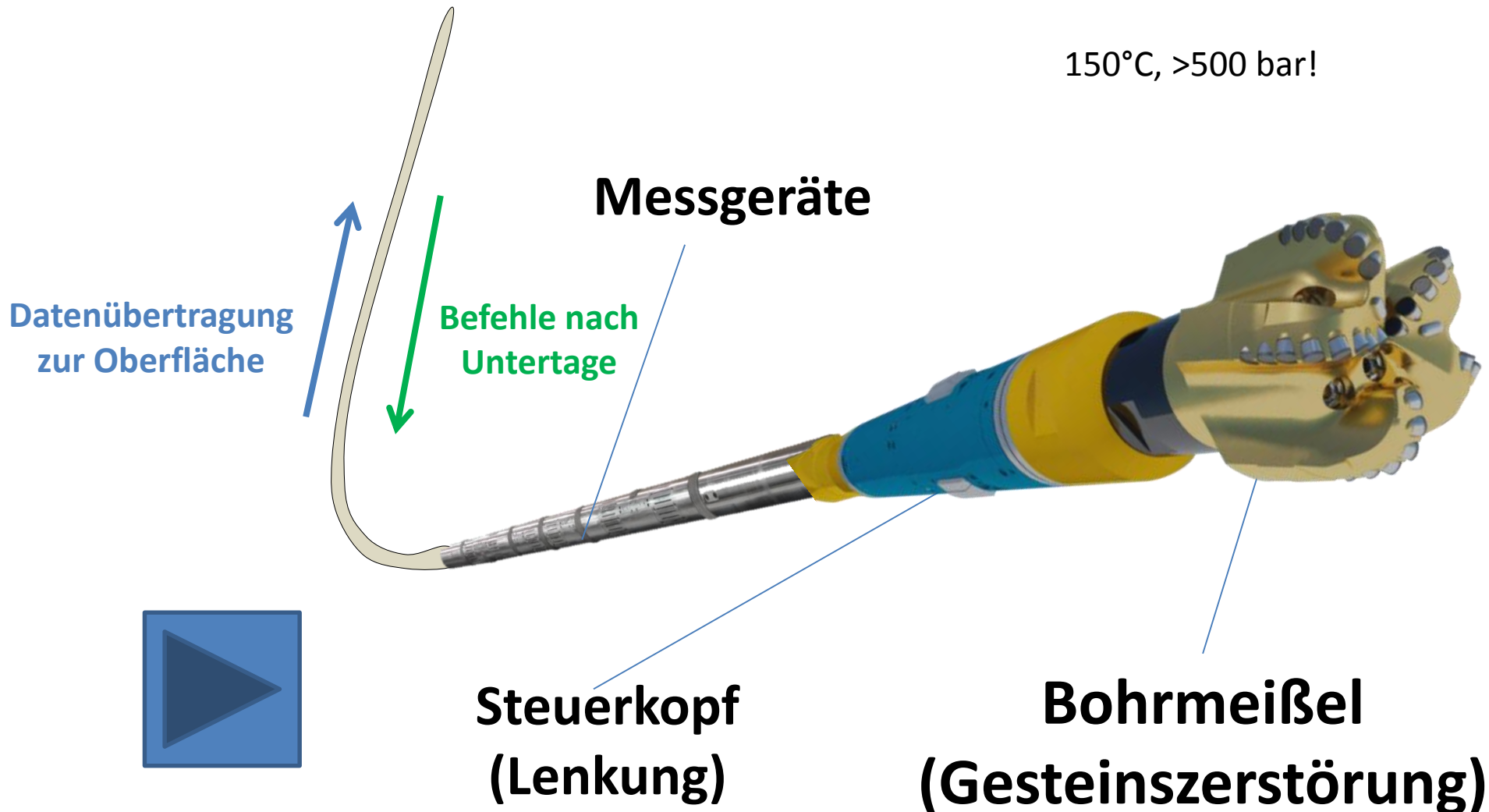
Monobore Design

„Konzept, Entwicklung, Fertigung, und Test eines innovativen und kostengünstigen Geothermie-Verrohrungssystems“

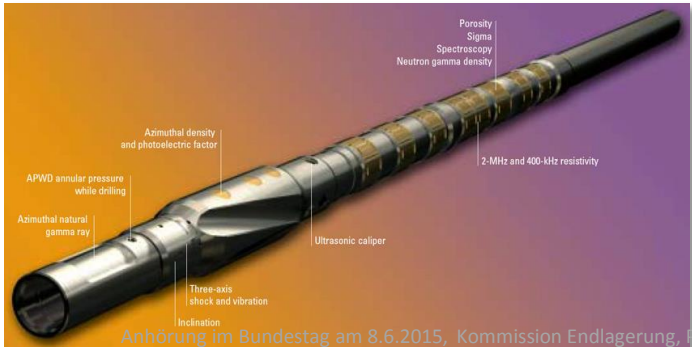
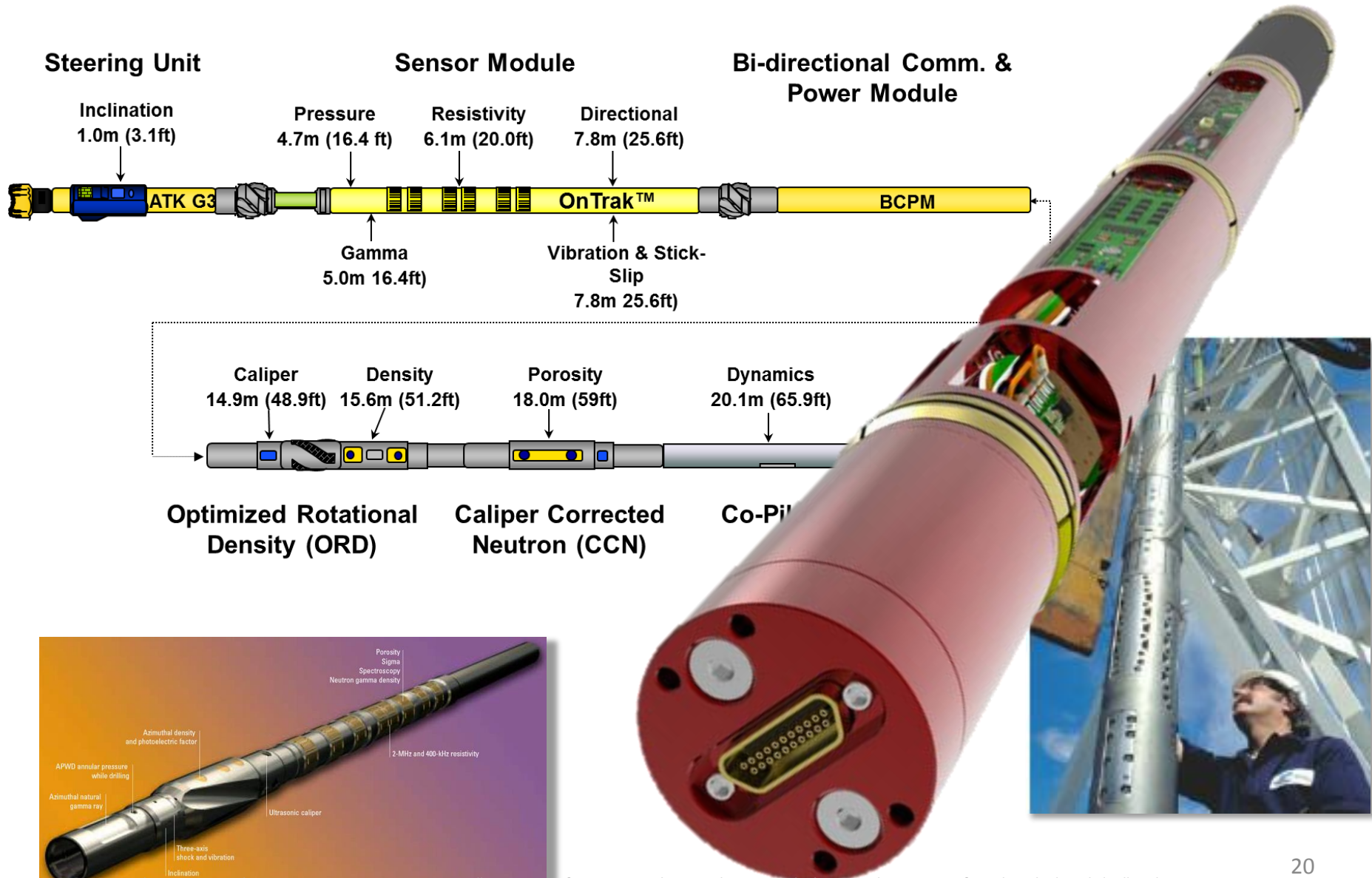
BMU / BMWi Förderkennzeichen: 0325073

Unteres Ende des Bohrstranges (sehr stark vereinfacht)

150°C, >500 bar!



MWD / LWD-Systeme (Beispiel)



Beispiele für MWD / LWD Messungen



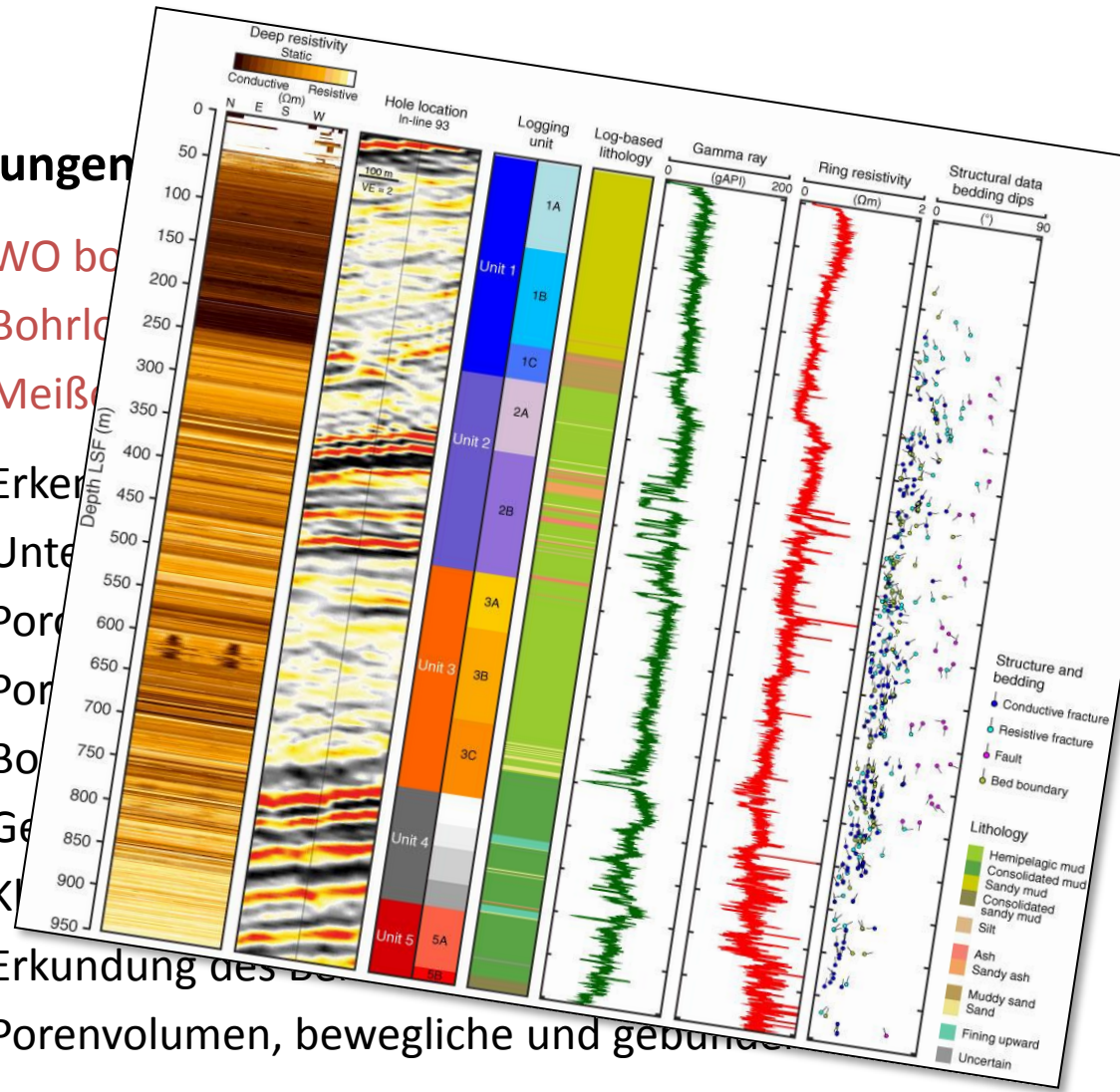
Typische untertägige Messungen

Wo?
Wie?

- Directional
- Druck
- Dynamik
- Gamma
- Resistivity
- Neutron Porosity
- Formation Density
- Ultrasonic Caliper
- Acoustic
- Imaging Tools
- Seismic while drilling
- NMR
(nuclear magnetic resonance)

Was?

WO bo
Bohrlo
Meiß
Erker
Unte
Por
Por
Bo
Ge
Kl
Erkundung des Bo
Porenvolumen, bewegliche und gebund



Faktoren, die die Bohrkosten beeinflussen

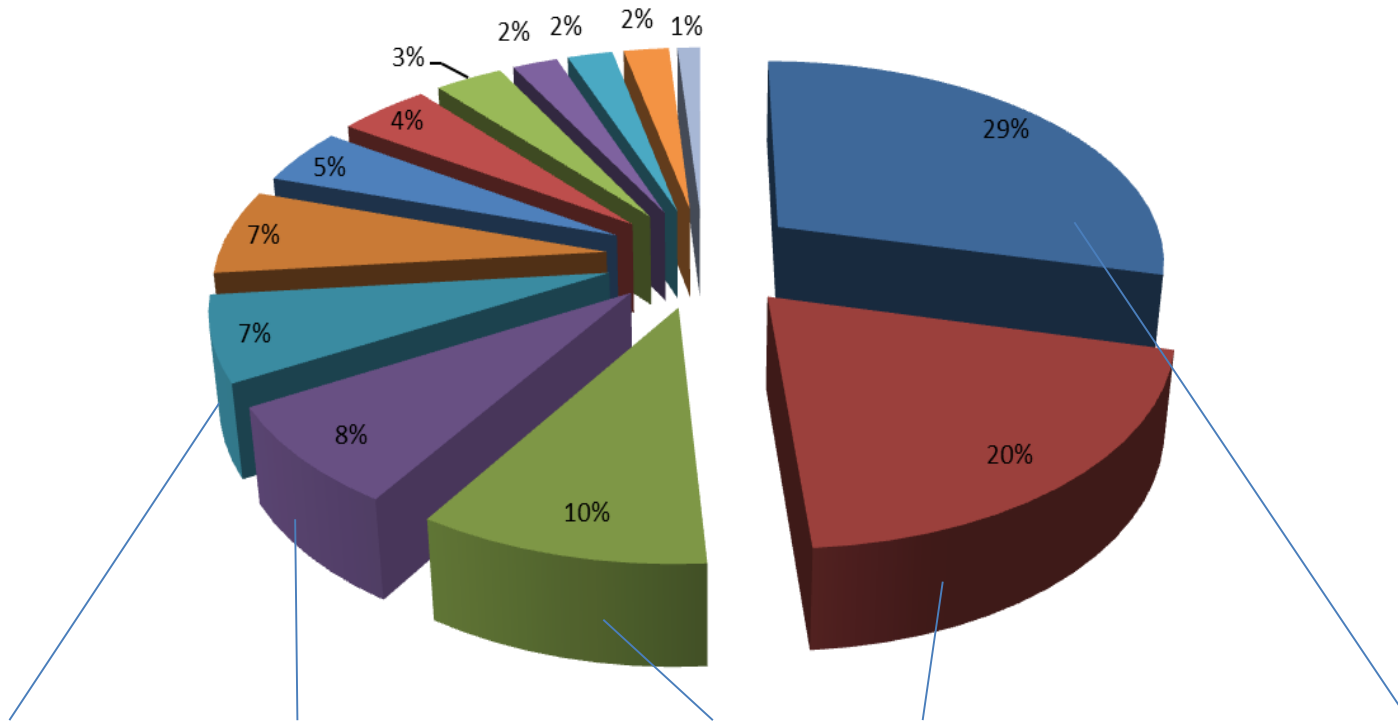
1. **Endteufe**
 - Anlagengröße
 - Bohrplatzbau
2. **Durchmesser**
 - Materialkosten
 - Anlagengröße
3. **Lebensdauer**
 - Verrohrungsausbau
 - Bohrlochkomplettierung
4. **Messprogramm**
 - Geophys. Loggingprogramm
 - Produktionsteste
 - Kerndurchmesser, Länge der Kernstrecken
5. **Marktpreise, Verfügbarkeit**
 - Rohre, Material, etc.
 - Bohranlage
 - Serviceleistungen
6. **Reparaturen, Ausfallzeiten (NPT)**
7. **Umwelt & Genehmigungsverfahren**

Sehr tief, sehr groß, sehr haltbar → sehr teuer!

... aber aus technischer Sicht machbar!

Typische Aufteilung der Bohrkosten

- Miete Bohranlage
- Rohre
- Richtbohr-Service
- Vermessungsarbeiten
- Bohrspülung
- Bohrplanung und -vorbereitung
- Bohrmeißel
- Zementationsarbeiten
- Auf-/Abbau der Bohranlage
- Überwachung der Bohrarbeiten
- Personalkosten
- Abfallentsorgung
- Kerngewinnung

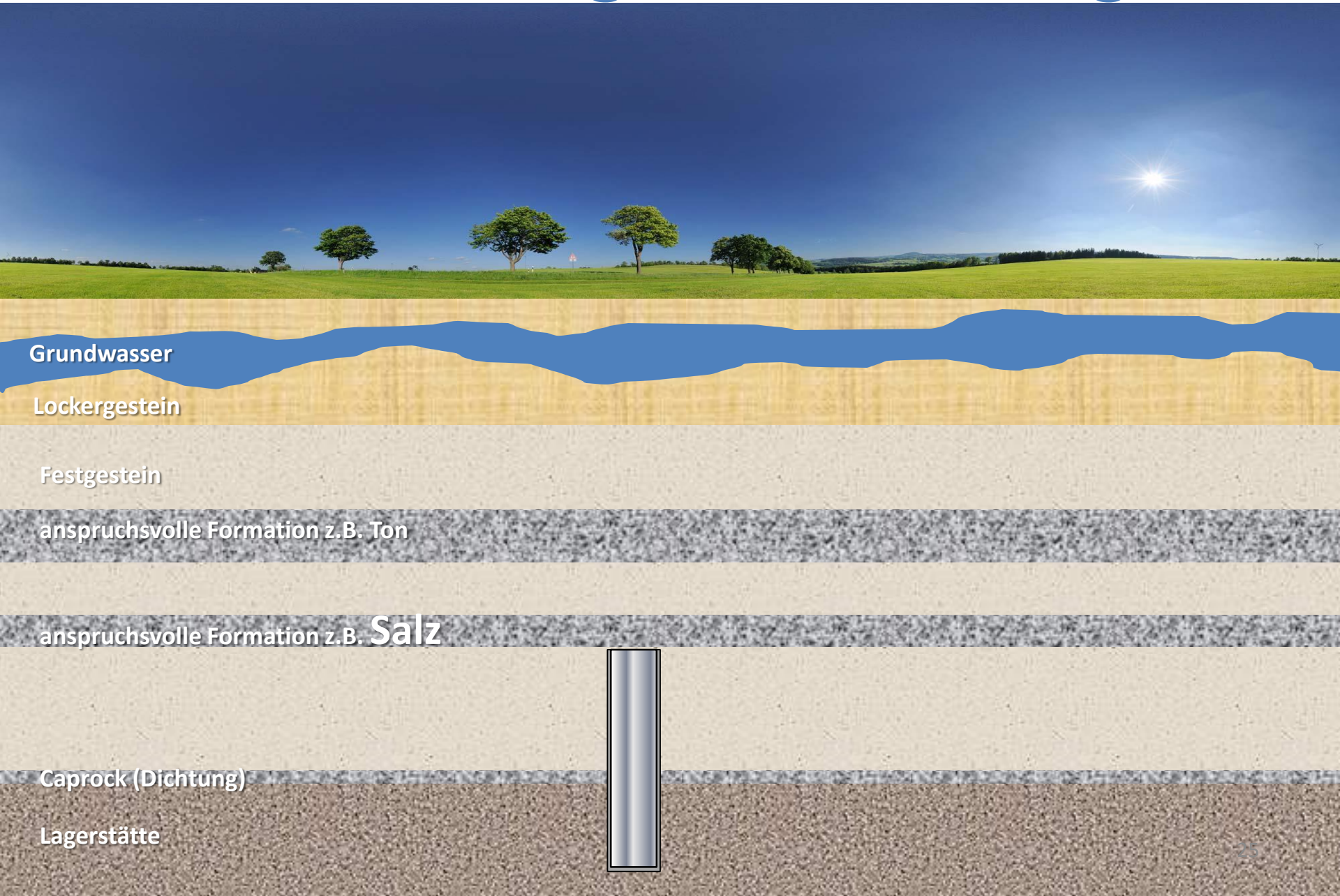


73%: Personal, Vermessungsarbeiten, Richtbohrservice, Rohre und Miete für die Bohranlage

Beispiele für aktuelle Forschungsprojekte

- **Monobore (Rohre einsparen),**
 BMU / BMWi Förderkennzeichen: 0325073
- **Alternative Methoden der Gesteinszerstörung (schneller bohren)**
 - Elektro-Impuls-Verfahren
 BMU / BMWi, FKZ. 0327664, FKZ: 0325253
 - Bohrhämmer für die Tiefbohrtechnik
 DGMK (Deutsche Erdöl-Industrie)
 - Spallationsbohren
 Potter Drilling, USA / Google
- **Vorausschauende Erkundung (Ziel genauer treffen)**
 BMU / BMWi, FKZ 0325615A (SPWD-Busdata)
- **Automatisierung des Bohrprozesses (Personal einsparen)**
 u.A. GeBo, Niedersachsen

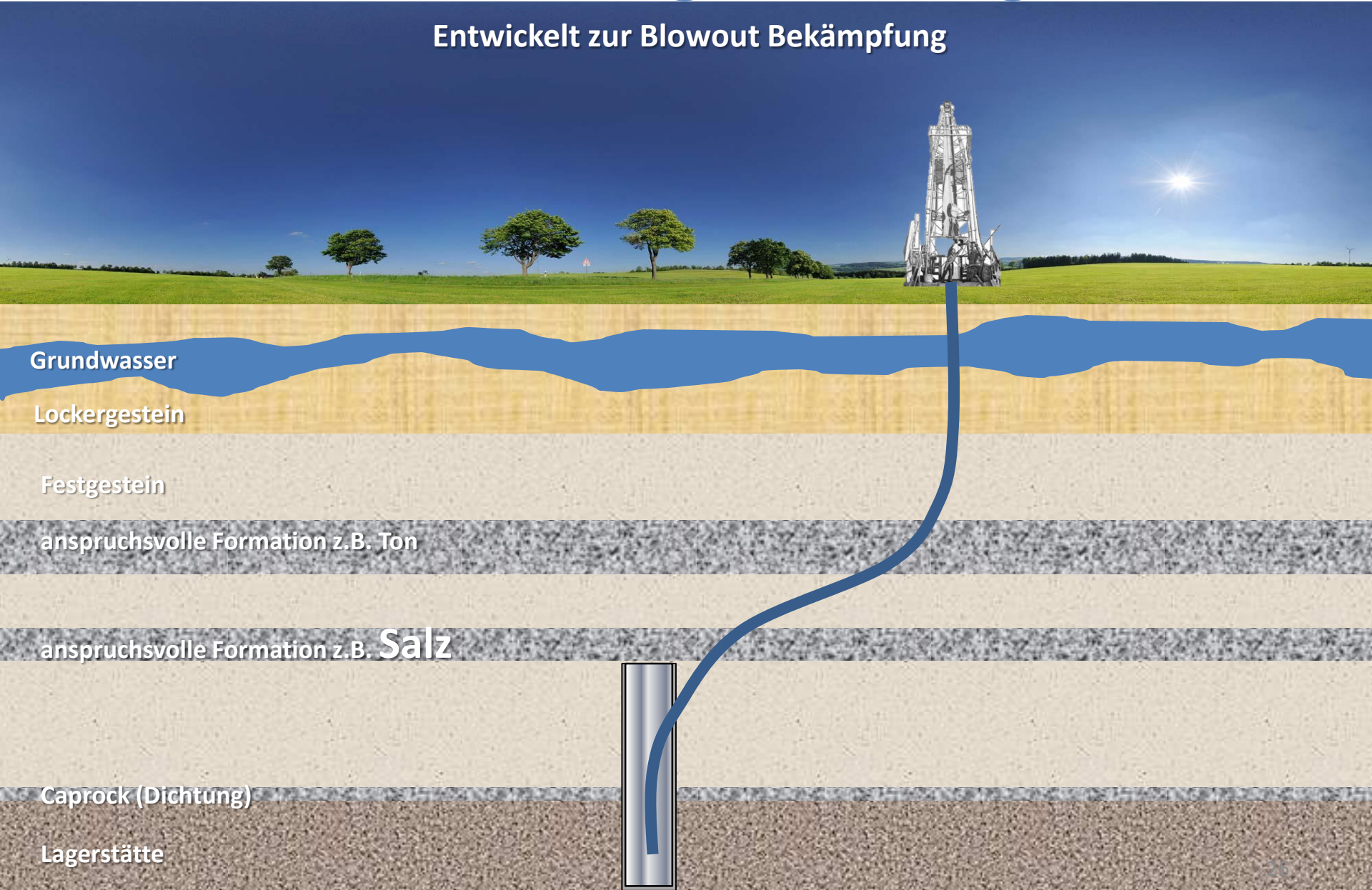
Verwahrung einer Bohrung



Entlastungsbohrung



Entwickelt zur Blowout Bekämpfung



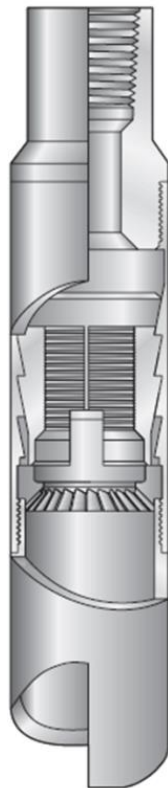
Fishing (Bergung)

Vorgehens-Reihenfolge in der Tiefbohrtechnik

1. Versuchen anzuschrauben
2. Versuchen auf dem Außendurchmesser zu greifen
3. Versuchen auf dem Innendurchmesser zu greifen
4. Wegfräsen des Hindernisses



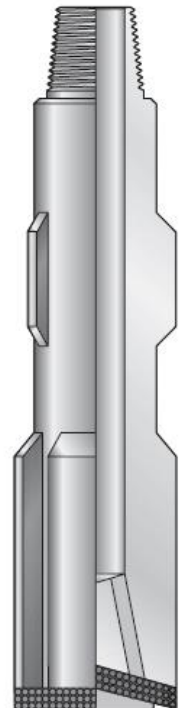
1. pin sub



2. overshot



3. spear



4. junk mill

Fazit

- Tiefbohrungen können sicher hergestellt werden
 - Inspektion, Dokumentation, Kontrolle aller Arbeitsschritte
 - umfangreiche Messtechnik Über- und Untertage
 - präzise Positionierung möglich
- 5000 Meter Tiefe ist Routine
- Bohrlochverwahrung ist Routine
- Bergung ist Routine

Aber:

- Standardisierte Durchmesserreihen der Öl- und Gasbohrtechnik entsprechen nicht den Anforderungen der Endlagerung
- Derzeitige Atommüll-Behälter nicht tiefbohrtauglich (Durchmesser, Druck)
- Stand der Technik der Tiefbohrtechnik allein ist noch kein Endlager-Konzept

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Bohrtechnik



Fördertechnik

