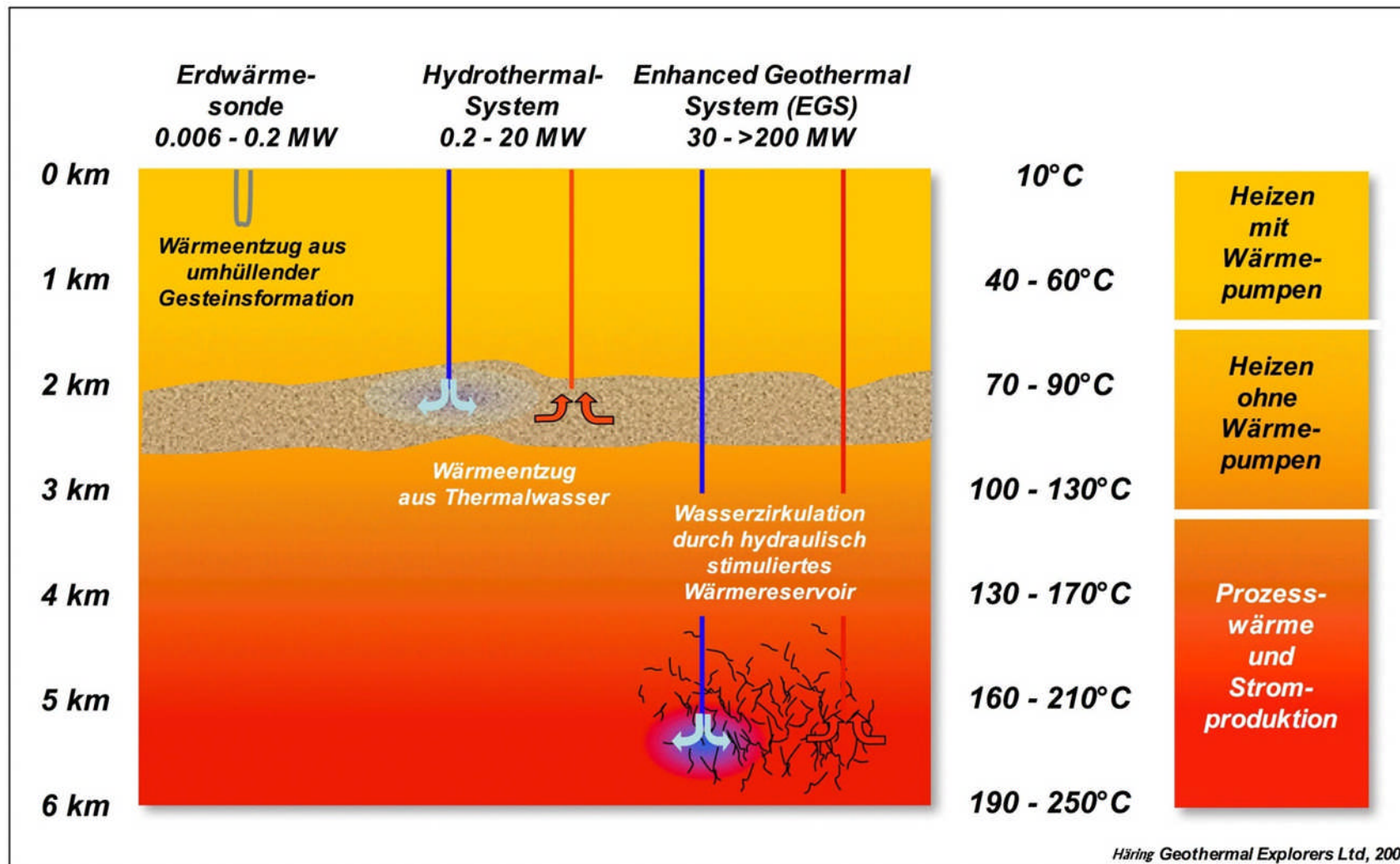


(Geothermische) Bohrungen und Umweltschutz

**5. Norddeutsche Geothermietagung
GEOZENTRUM Hannover – 18.10.2012**

Dipl.-Ing. Waldemar Müller-Ruhe



Der Weltenergie-Ausblick 2030

Energiemix:

Auch 2030 wird noch ca. 82 % der Energieproduktion aus fossilen Quellen gedeckt. Wichtigster Energieträger bleibt Öl (35 %), vor Erdgas (25 %) und Kohle (22 %). Der Anteil der Kernenergie werde auf 5 % fallen, der Beitrag regenerativer Energieträger, die keine CO₂-Emissionen verursachen, auf 6 % zulegen.

Versorgung:

Bei Stromerzeugung und –transport sieht die IEA den dringendsten Handlungsbedarf. Weltweit müssen jährlich 568 Mrd.\$ in Exploration, Stromerzeugung und Energie-Infrastruktur investiert werden.

Herausforderungen:

Im IEA-Szenario steigt der CO₂-Ausstoß weltweit um jährlich 1,7 %. Um die Emissionen zu verringern und unabhängiger von fossilen Brennstoffen zu werden, sollten die Energie-Effizienz verbessert, Kernenergie und regenerative Energien stärker genutzt werden.

Quelle: Internationale Energie-Agentur (IEA)

Quelle: Philip Ball – H₂O

– Biografie des Wassers Das Blut der Erde (S.56)

- Es war kein Salz – sondern Süßwasser, das die Wurzeln der menschlichen Kultur umspülte und nährte ...

Das Persische gibt die grundlegende Natur dieser Abhängigkeit vom Wasser wieder:

Das erste Wort des Wörterbuchs ist dort ab und es bedeutet Wasser. Davon leitet sich dann abadan ab, was zivilisiert bedeutet.

So stellt sich in Wasser buchstäblich der Beginn der Zivilisation dar.

Karl W. Böddeker

Quelle: Der kühn die Elemente bändigt, Werk und Wir;
Hoesch Werke AG Dortmund, Jahresausgabe 1984



Süßwasser aus dem Meer

Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel. Es kann nicht ersetzt werden. Wo die Natur sich versagt oder durch menschlichen Eingriff verdirbt, muss technischer Aufwand erhalten.

Ziel Geothermische Energieerzeugungsanlage

Haupt- komponenten

Bohranlage

Tankanlage

Spülpumpen

Bohrwerkzeuge

Verrohrungssystem

Methoden

Bohrverfahren

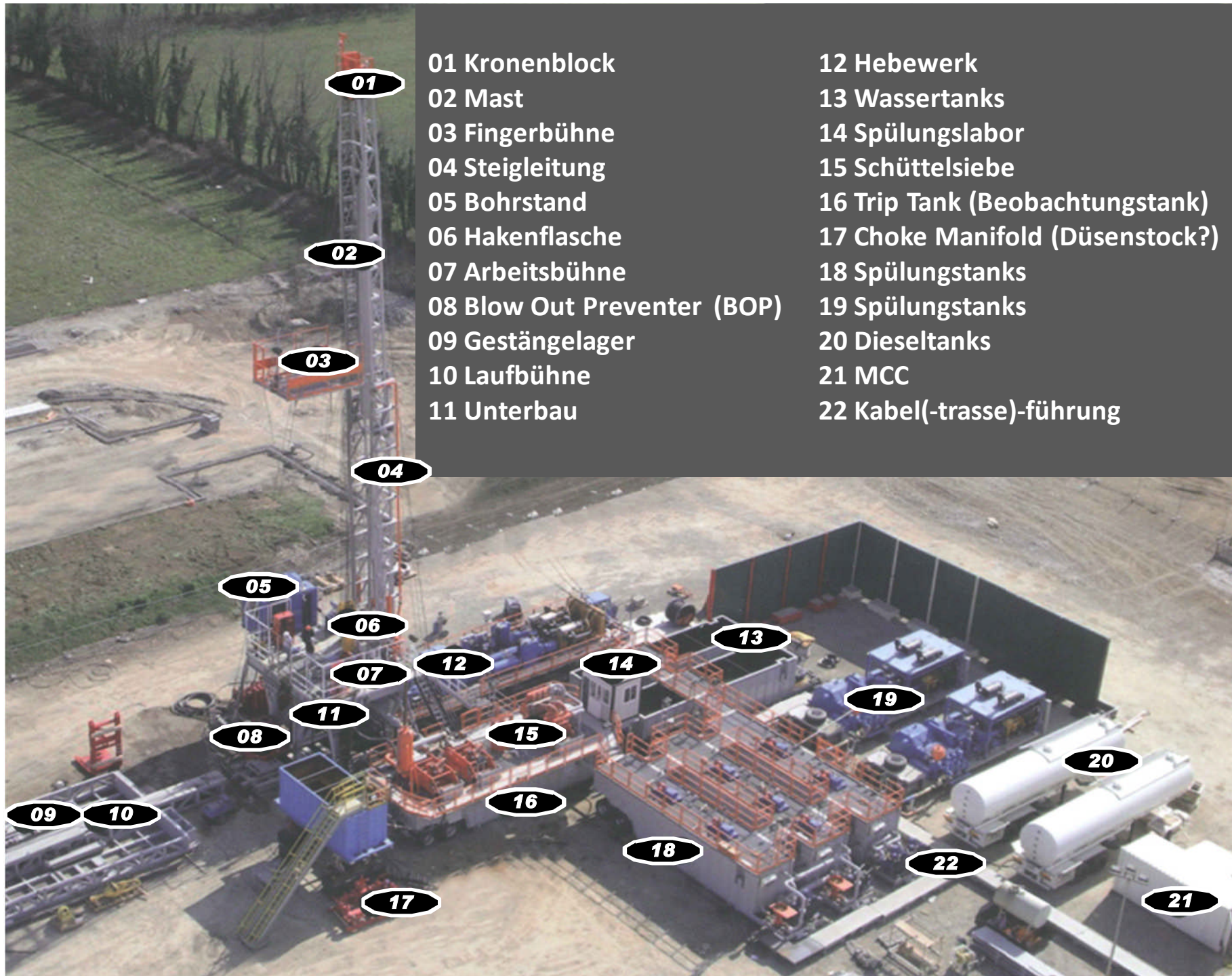
Rotary - Direkt

Luftheben – Indirekt

Spülung

Aufgaben der Spülung

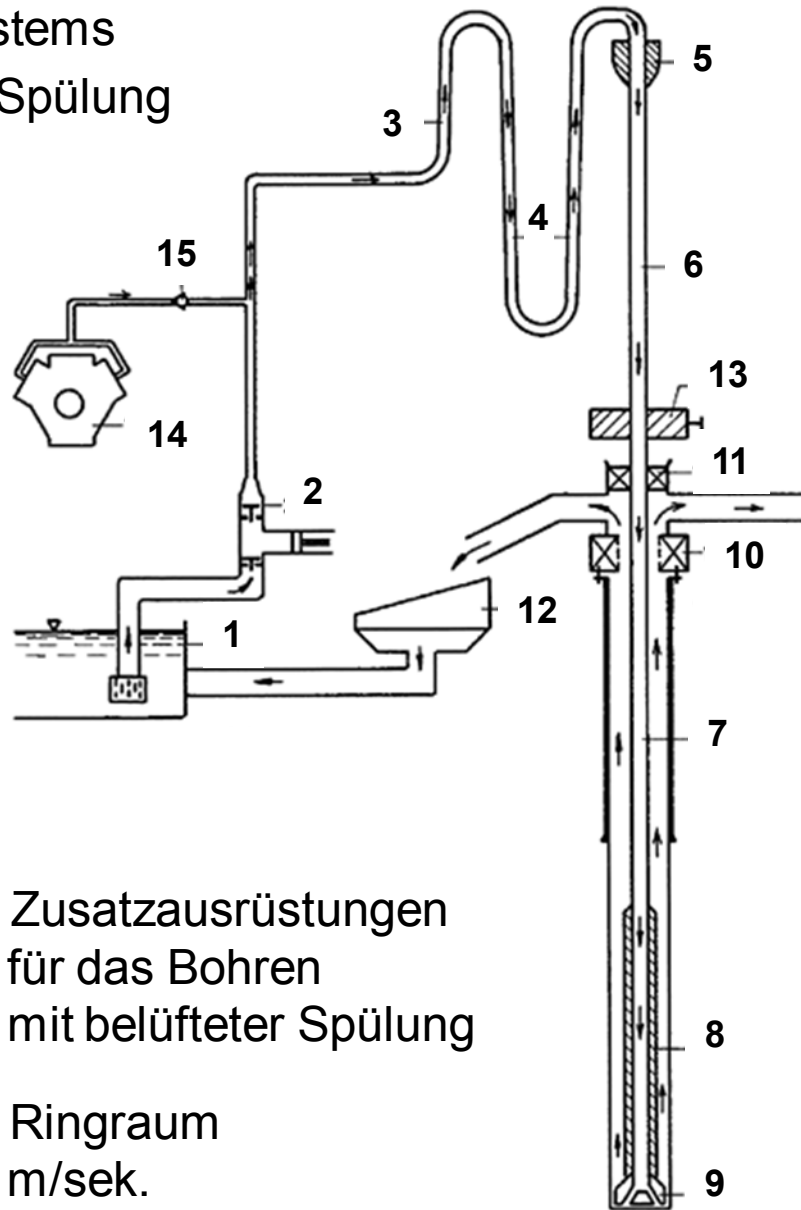
Einige Fachbegriffe



Schema des Rotary-Bohrsystems Ausrüstungen - Bohren mit Spülung

- 1 Saugtank
- 2 Rotary-Spülpumpe
- 3 Steigleitung
- 4 Spülschlauch
- 5 Spülkopf
- 6 Kelly
- 7 Bohrgestänge
- 8 Schwerstangen
- 9 Bohrwerkzeug
- 10 Preventer
- 11 Drehpreventer +)
- 12 Schüttelsieb
- 13 Drehtisch
- 14 Kompressor +)
- 15 Rückschlagventil +)

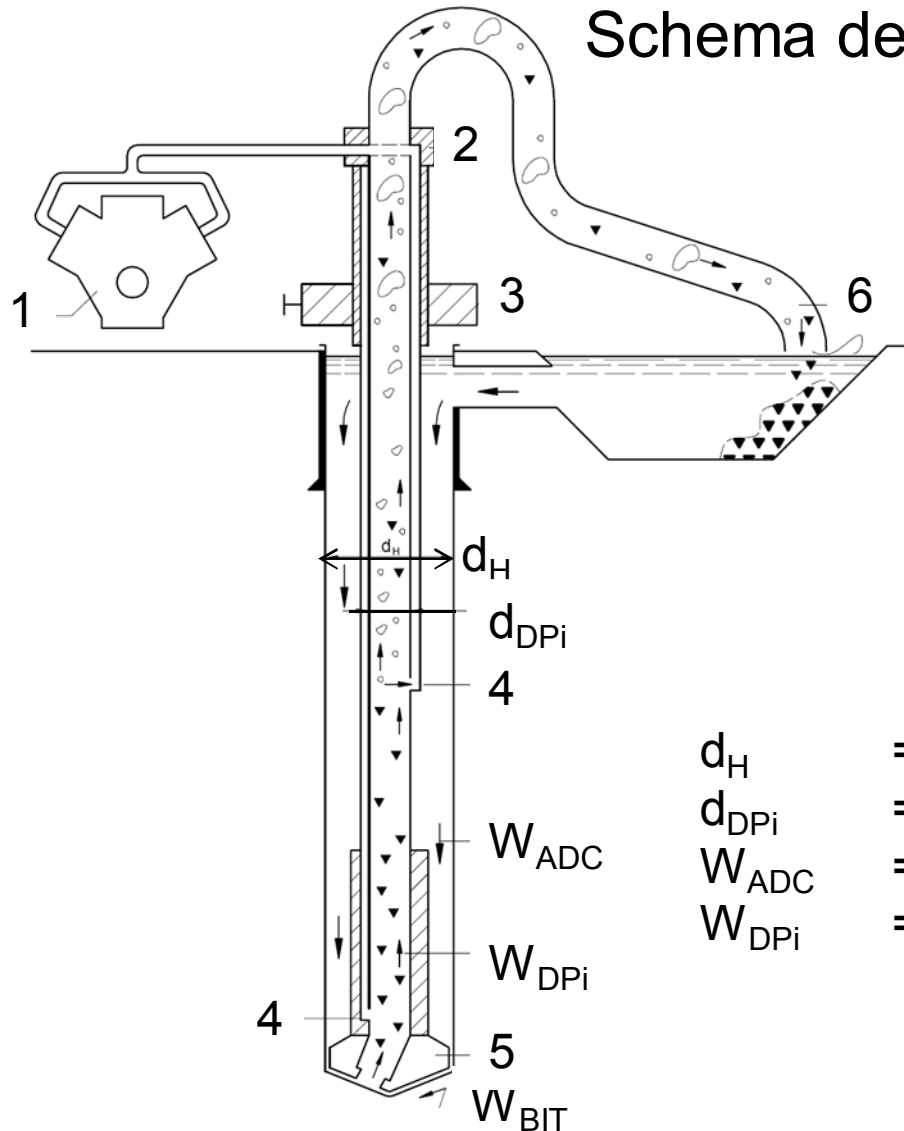
+) Zusatzausrüstungen
für das Bohren
mit belüfteter Spülung



Aufstiegsgeschwindigkeit im Ringraum
beim Spülbohren 0,6 bis 0,9 m/sek.

Indirekte Spülbohrverfahren

Schema des Lufthebe-Bohrsystems

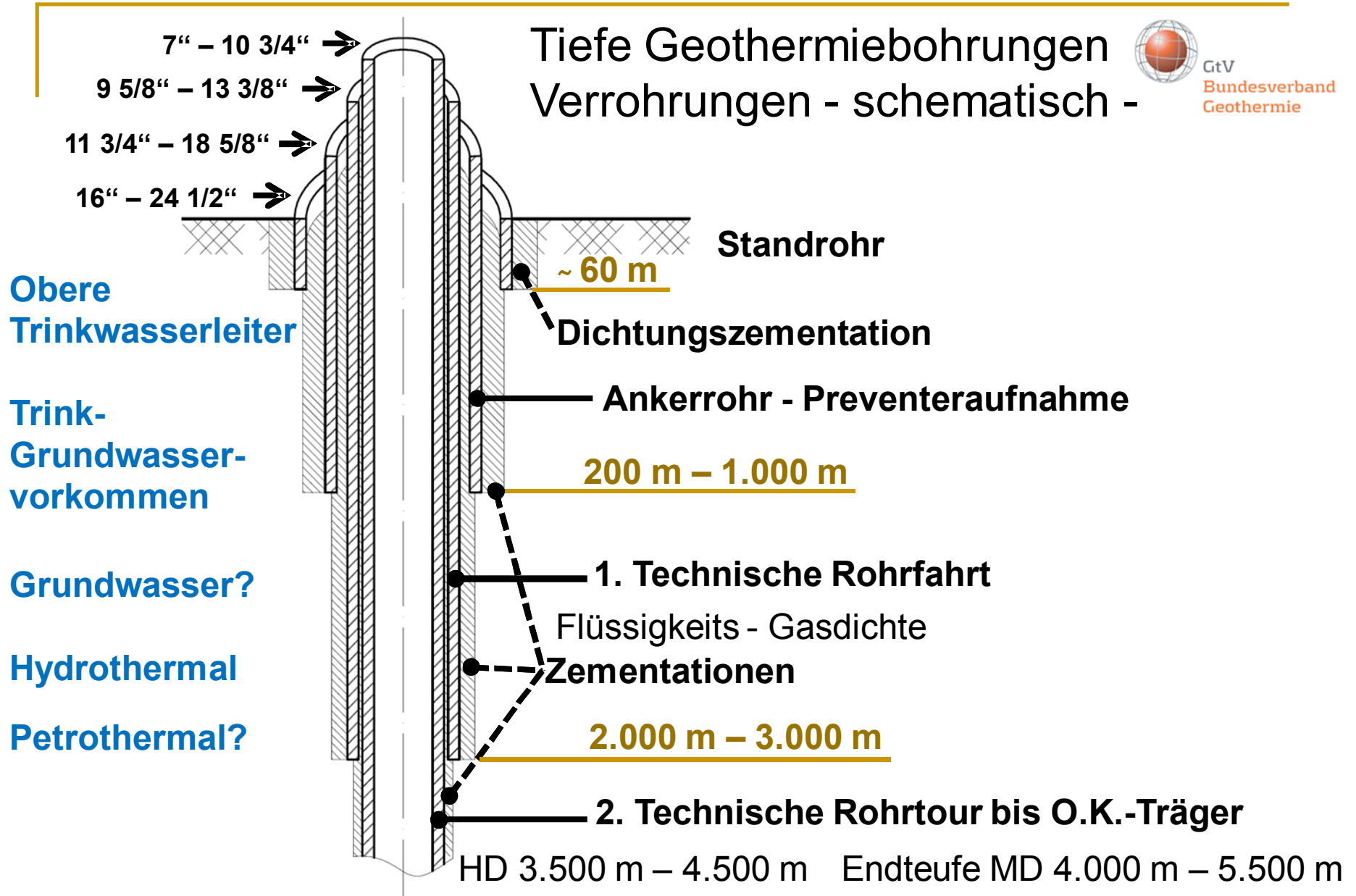


- 1 Verdichter
- 2 Spülkopf
- 3 (Drehtisch)
- 4 Lufteintrittsdüsen
- 5 Großlochmeißel
- 6 Austragschlauch

d_H = Bohrlochdurchmesser
 d_{DPi} = Gestängeinnendurchmesser
 W_{ADC} = Sinkgeschwindigkeit im Ringraum
 W_{DPi} = Aufstiegsgeschwindigkeit im Gestänge
 W_{BIT}

Quelle: WIRTH





Zusammenstellung von Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln

WHG •Wasserhaushaltsgesetz	BBodSchG •Bundesbodenschutzgesetz	BImSchG •Bundes-Immissionsgesetz	BNatSchG •Bundesnaturschutzgesetz
GGVS •Gefahrgutverordnung Straße	GGAV •Gefahrgut-arbeitsverordnung	GbV •Gefahrgut-beauftragtenverordnung	ADR •(Abk. aus der französischen Originalbezeichnung) Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
UmweltHG •Umwelthaftungsgesetz	ProdHaftG •Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte	StGB •Strafgesetzbuch	ArbStättV •Arbeitsstätten-Verordnung
ArbZRG •Arbeitszeitrechtsgesetz	BetrSichVO •Betriebssicherheitsverordnung	KrW-/AbfG •Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	REACH •Chemikalienverordnung

- ❖ **Auftrag**
- ❖ **(Allgemeine Gesetze)**
- ❖ **Betriebsplan**
- ❖ **(Arbeitsschutz)**
- ❖ **(Gesundheitsschutz)**
- ❖ **Umweltschutz**
 - **Trinkwasserschutz**
 - **Grundwasserschutz**
 - **Umwelt – Natur**
 - **Immissionsschutz**
 - **Boden**

**Nutzbares Grundwasser
kommt bis in Tiefen von
< 1000 m unter Gelände
vor.**

**Wasser ist ein gutes
Lösungsmittel**

**Voraussetzung:
Es liegen trotz des hohen
Überlagerungsdrucks
noch offene und vernetzte
Hohlraumsysteme vor**

**Ohne diese
Hohlraumsysteme ist
keine Wasserbewegung
im Untergrund möglich**

Quelle: Prof. Dr. C. Treskatis
Grundlagen der Wasserwirtschaft

Der Zulassung liegen folgende Antragsgrundlagen zu Grunde:

■ Wasserrechtsantrag

Einleitung Niederschlagswasser

- Dokumentation der Regenwasserentwässerung des Bohrplatzes zum Vorfluter, Ing.-Büro Bauer, 24.06.2009, 9 Seiten
- Bemessen der Bauwerke zur Regenwasserbehandlung und –rückhaltung nach ATV-A 166 (7 Seiten)

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

I Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Das Vorhaben ist entsprechend den vorgelegten Betriebsplanunterlagen durchzuführen, soweit nicht nachstehend etwas anderes bestimmt ist. Änderungen sind dem Bergamt rechtzeitig vor Beginn der Maßnahme mitzuteilen.

Der Hauptbetriebsplan Teil A ist grundsätzlich an den Zweck des Betriebsplans, die Herstellung des Bohrplatzes, gebunden;

die Zulassung gilt längstens für die Dauer von 2 Jahren bis zum 05.08.2012.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Vor (!) dem Bohren und Setzen der Standrohre sind dem Bergamt noch die technischen Daten nachzureichen (Durchmesser der Ankerrohrtour und der weiteren Rohrtouren, Absetzteufen, Zementationen). Das Standrohr muss in die stauenden Schichten des Tertiärs über eine ausreichende Länge, etwa 5 m einbinden. Das Schichtenverzeichnis ist dem Bergamt vorzulegen.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Der Bohrplatz (einschl. Bohrkeller, Umfahrung, Gruben, Leitungs- und Rohrkanäle, Auffanggräben, Versorgungsschächte, Fundamente) ist so herzurichten, dass keine **wassergefährdenden Stoffe** in den Boden oder in das Grundwasser gelangen können. Auch dürfen solche Stoffe nicht unkontrolliert abgeschwemmt werden können.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Die 10 cm hohe Aufkantung zwischen innerem und äußerem Bereich muss so ausgeführt werden, dass sie nicht durch das Überfahren von Fahrzeugen (Staplerverkehr) zerstört werden kann. Beschädigungen während des Betriebs sind unverzüglich auszubessern.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Leitungsdurchstiche durch die Asphaltfläche des inneren Bereichs sind säurebeständig abzudichten. Ebenso Fugen zwischen Beton- und Asphaltflächen, die grundsätzlich zu vermeiden sind.
- Für alle Entwässerungsleitungen ist ein Dichtigkeitsnachweis zu führen und bei der Abnahme des Bohrplatzes vorzulegen.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Sämtliche Abwasserleitungen sind entsprechend ihrer Beanspruchung medienbeständig herzustellen. Sie sind vor Inbetriebnahme auf Dichtheit zu prüfen. Die Prüfprotokolle sind bei der Abnahme des Bohrplatzes vorzulegen.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Das Absetzbecken und der Abscheider sind nach Herstellung aller Anschlüsse auf Dichtheit zu prüfen. Der Prüfbericht ist dem Bergamt bei der Abnahme des Bohrplatzes vorzulegen. Die Abdichtung des Absetzbeckens muss höher beführt werden als die Aufkantung um den inneren Bereich.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Die gesammelten Schlämme und Leichtflüssigkeiten des inneren Bereichs sind von einer zertifizierten Fachfirma fachgerecht zu entsorgen. Die Nachweise sind fünf Jahre aufzubewahren und den beteiligten Behörden auf Verlangen vorzulegen.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument ist zu erstellen, zu pflegen und auf der Baustelle zur jederzeitigen Einsichtnahme des Bergamtes bereitzuhalten (2, 3 ABergV); auf die weitergehenden Pflichten nach 10, 11 ABergV für zusätzliche Vorkehrungen und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit erheblichen Gefahren wird hingewiesen.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Der Betankungsbereich (Stapler) ist auszuweisen; Betankungsvorgänge außerhalb des inneren Bereiches sind nicht zulässig. Der Zapfschlauch ist ggf. entsprechend einzukürzen.

Nebenbestimmungen

1. Hauptbetriebsplan (Teil A)

- Öl-Bindemittel ist stets in ausreichender Menge bereit zu halten.
- Der obere Abschluss des Brunnens ist so zu gestalten, dass das Eindringen von Oberflächenwasser wirksam verhindert wird.
- Im näheren Umkreis des Brunnens dürfen keine wassergefährdende Stoffe gelagert oder mit solchen Stoffen umgegangen werden.

- Für die erlaubte Gewässerbenutzung sind die einschlägigen Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und des Bayerischen Wassergesetzes (BayWG) mit den dazu ergangenen Verordnungen maßgebend.

- Das entnommene Wasser darf nur für den beantragten Zweck (Herstellung der Bohrspülung und der Zementrezepturen, Spülungsverluste) verwendet werden. Eine sparsame Verwendung des geförderten Wassers ist anzustreben; jegliche Wasserverschwendung ist zu unterlassen.

3. Wasserrechtliche Erlaubnis (Einleitung von Niederschlagswasser)

- Die Einläufe in der Umfahrung sind mit Schlammfängen auszustatten.
- Für den sachgemäßen Betrieb und die vorschriftsmäßige Wartung der gesamten Anlage ist der Unternehmensträger verantwortlich.
- Die Erlaubnis gilt nur für den Zeitraum der Erkundungsbohrung.
- Weitere Auflagen, die sich aus Gründen des Gewässerschutzes als notwendig erweisen sollten, bleiben vorbehalten.

Der Zulassung liegen folgende Antragsunterlagen zu Grunde:



Traunreut

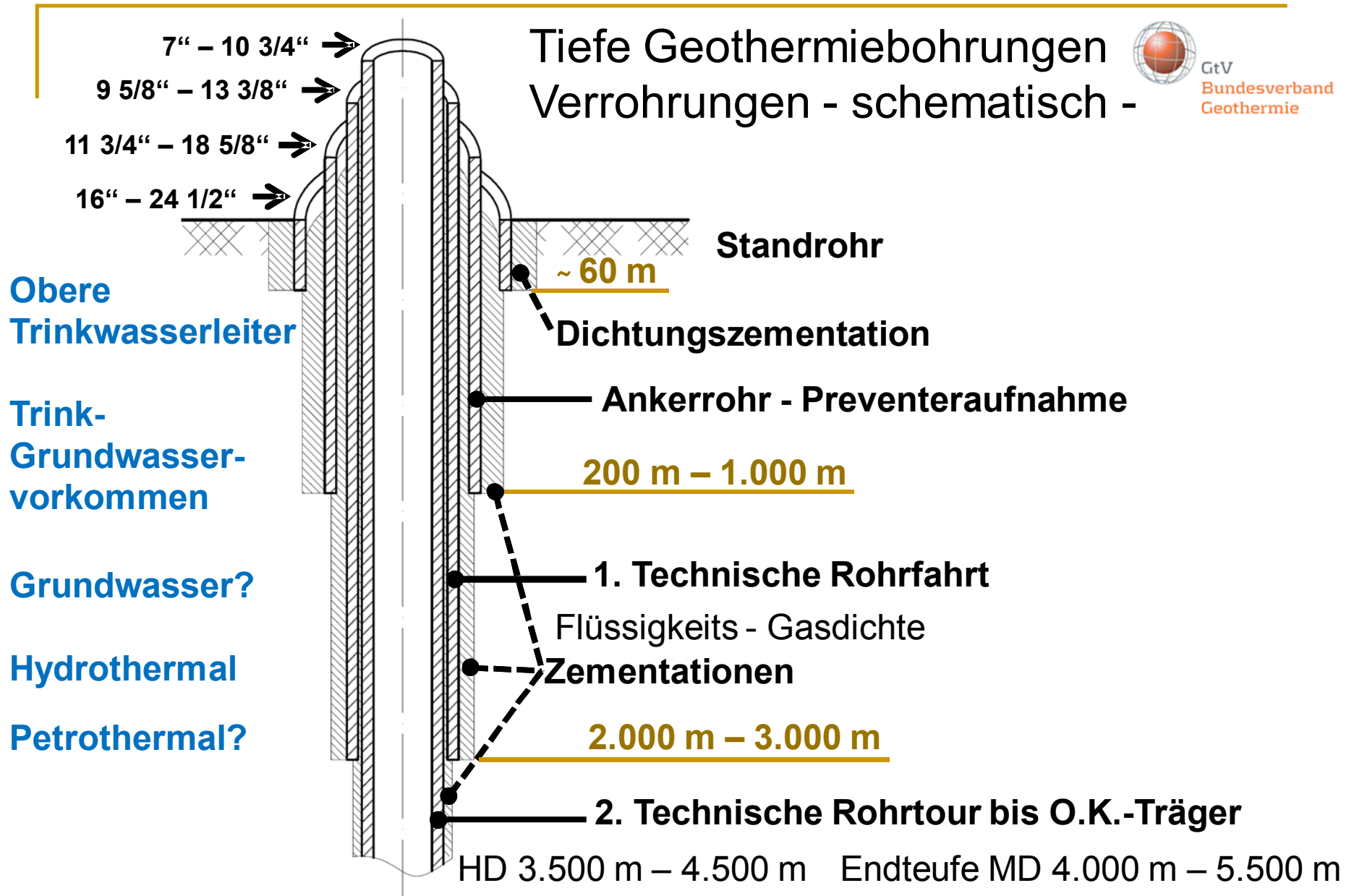
- Liste wassergefährdender Stoffe
- Sicherheitskonzept

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

5) Die Ankerrohrtour muss rechtzeitig vor Erreichen der gasführenden Schichten des Burdigals abgesetzt und vollständig bis zutage zementiert werden. Der Zementationserfolg ist für alle Zementationen durch Messung (z. B. CBL) nachzuweisen. Das Ergebnis ist dem Bergamt vorzulegen.



Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

7) Die Ergebnisse aller Leak-Off-Tests aller
FIT's sind dem Bergamt im Rahmen der
Tagesberichte mitzuteilen.

8) Ringräume in gasführenden Formationen
(z. B. Burdigal, aber auch möglicherweise
Aquitän, Chatt, Purbeck) sind mit gasdichtem
Zement zu zementieren.



Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

9) Rohr und Verbindetypen – sind verbindlich
für alle Casing (z. B. VAM + Hydril)
mitzuteilen.

10) Beschwerungsmittel vorhalten

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

13) Kickbekämpfung – wöchentlich üben
fallweise auch unangekündigt

17) Öl- und Altölablagerung nur in
ausgewiesenen und gekennzeichneten und
als brandgefährdet zu kennzeichnenden

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

18) Betankung von Fahrzeugen nur in
festgelegten Betankungsbereichen
Zapfschlauchlänge fixieren

19) Ölbindemittel in ausreichender Menge
vorhalten

20) Die Funktionsfähigkeit der Entwässerung des inneren Bereichs muss ständig gewährleistet sein. Die Komponenten des Abscheidesystems sind in kurzen, regelmäßigen Abständen zu kontrollieren. Das Ergebnis der Kontrolle ist jeweils im Betriebsbuch zu dokumentieren.

Befürchtete Umwelteinwirkungen durch:

- **Baumaßnahmen zum Bohrplatzbau; Rammarbeiten des Standrohres**
- **Schwerlastverkehr zu und von der Baustelle während des Auf- oder Abbaus einer Bohranlage**
- **Transport und Ladevorgänge während des Bohrbetriebes**
- **Anzahl Lasten, Häufigkeit – Frequenz**
- **Tag- und Nachtbetrieb**
- **Belastung von Zufahrtsstraßen**
- **Flächenbedarf – Verbrauch**
- **Reststoffbehandlung / Entsorgung und Umweltschutz**
- **Vermutete Beeinträchtigungen nach dem Immissionsschutzgesetz**
- **Lärm, Geräusche, 24-Stunden-Betrieb**
- **Erschütterungen**
- **Gerüche**
- **Lichteinwirkungen**
- **Staubentwicklung**
- **Gefahrstoffe, Einsatz von Chemikalien**
- **Naturschutz – FFH bzw. forstwirtschaftliche Belange**
- **Ertüchtigungsmaßnahmen im Reservoir – Stimulationen**
- **Fracarbeiten**

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

21) Die Aufkantung zum inneren Bereich darf
nicht durch Fahrzeugverkehr beschädigt oder
zerstört werden.

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan

22) Die hydraulische Trennung zwischen
äußerem asphaltierten und äußerem
geschotterten Bereich muss wirksam
hergestellt sein
(betrifft insbesondere die A- und D-Seite)

23) Cuttings sind ausschließlich über zugelassene Entsorgungsfachbetriebe in hierfür zugelassenen Deponien zu verbringen. Eine Zwischenlagerung ist mit dem Bergamt abzustimmen. Der beauftragte Entsorgungsfachbetrieb ist dem Bergamt verbindlich zu benennen.

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

24) Die ordnungsgemäße Abfallentsorgung ist mit Hilfe des Begleitscheinverfahrens sicherzustellen; dies gilt insbesondere für die Entsorgung von Spülung, verunreinigtem Oberflächenwasser, Waschwasser, Fäkalien, Cuttings, verölten Gegenständen oder Altöl.

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

25) Durch Öle, Kondensate, Kraftstoffe, Glykole oder ähnliche Stoffe verunreinigte Flüssigkeiten (auch Spülung oder Oberflächenwasser) sind in dafür geeigneten, zugelassenen Deponien zu entsorgen. Kontaminierte Flüssigkeiten aus dem inneren Bereich des Bohrplatzes dürfen nicht zur Herstellung von Bohrspülungen eingesetzt werden.

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan

16.4 Spülungsprogramm

- Abschnitt 2
- Abschnitt 4

16.5 Verrohrung mit Premium Connection (Seite 10/17)

Hauptbetriebsplan A – Bohrplatz B – Bohrbetriebsplan



Traunreut

17.6 Lagerung von Dieselkraftstoffen

17.7 Lagerung sonstiger wassergefährdender
Stoffe (S. 11/17)

19 Wasserversorgung (Seite 12/17)

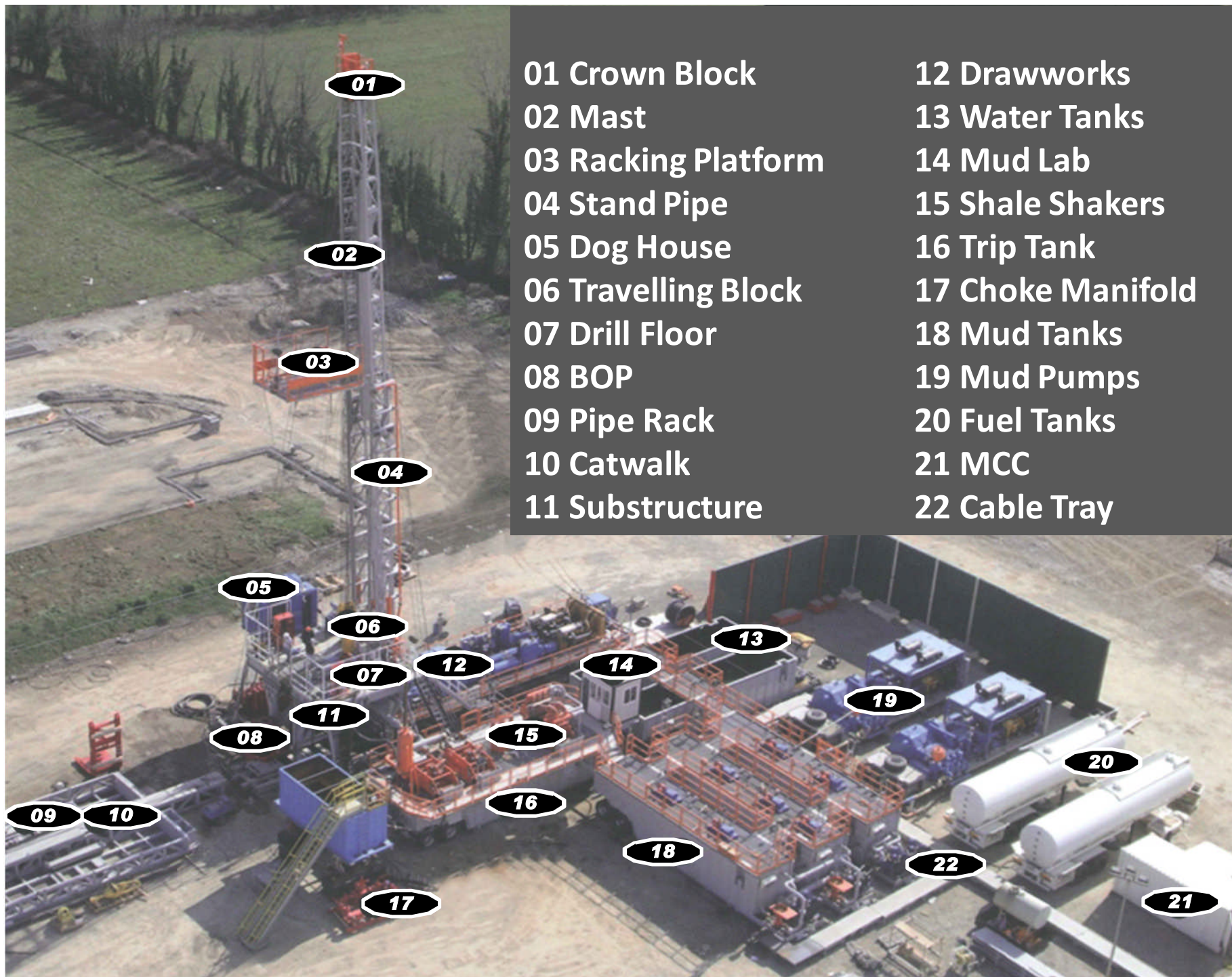
20 Energieversorgung – elektrisch

keine Kontaminationsgefahr durch Diesel

29 Entsorgung



5. Norddeutsche Geothermietagung
Hannover, 18.10.2012 – (Geothermische) Bohrungen und Umweltschutz



01 Crown Block

02 Mast

03 Racking Platform

04 Stand Pipe

05 Dog House

06 Travelling Block

07 Drill Floor

08 BOP

09 Pipe Rack

10 Catwalk

11 Substructure

12 Drawworks

13 Water Tanks

14 Mud Lab

15 Shale Shakers

16 Trip Tank

17 Choke Manifold

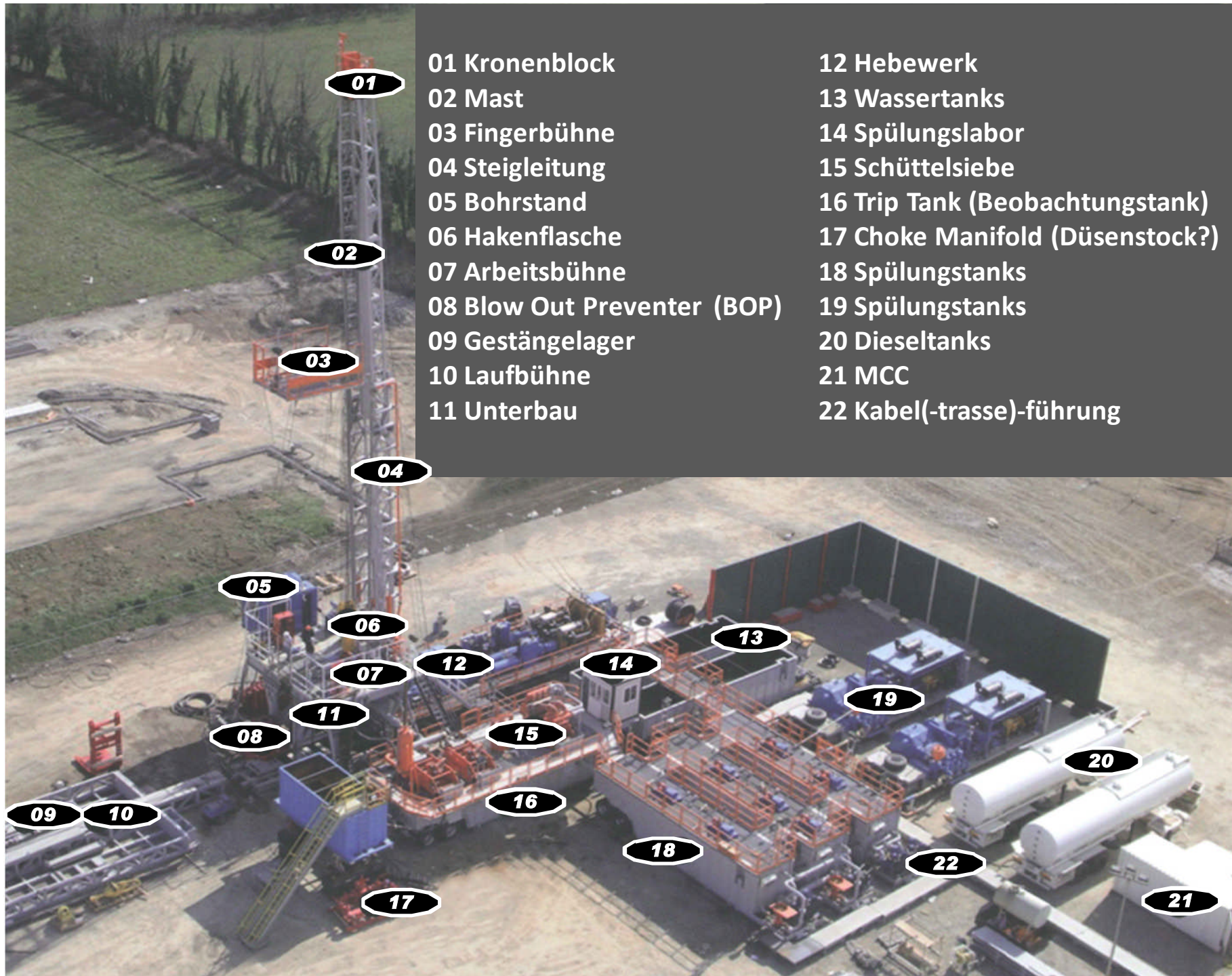
18 Mud Tanks

19 Mud Pumps

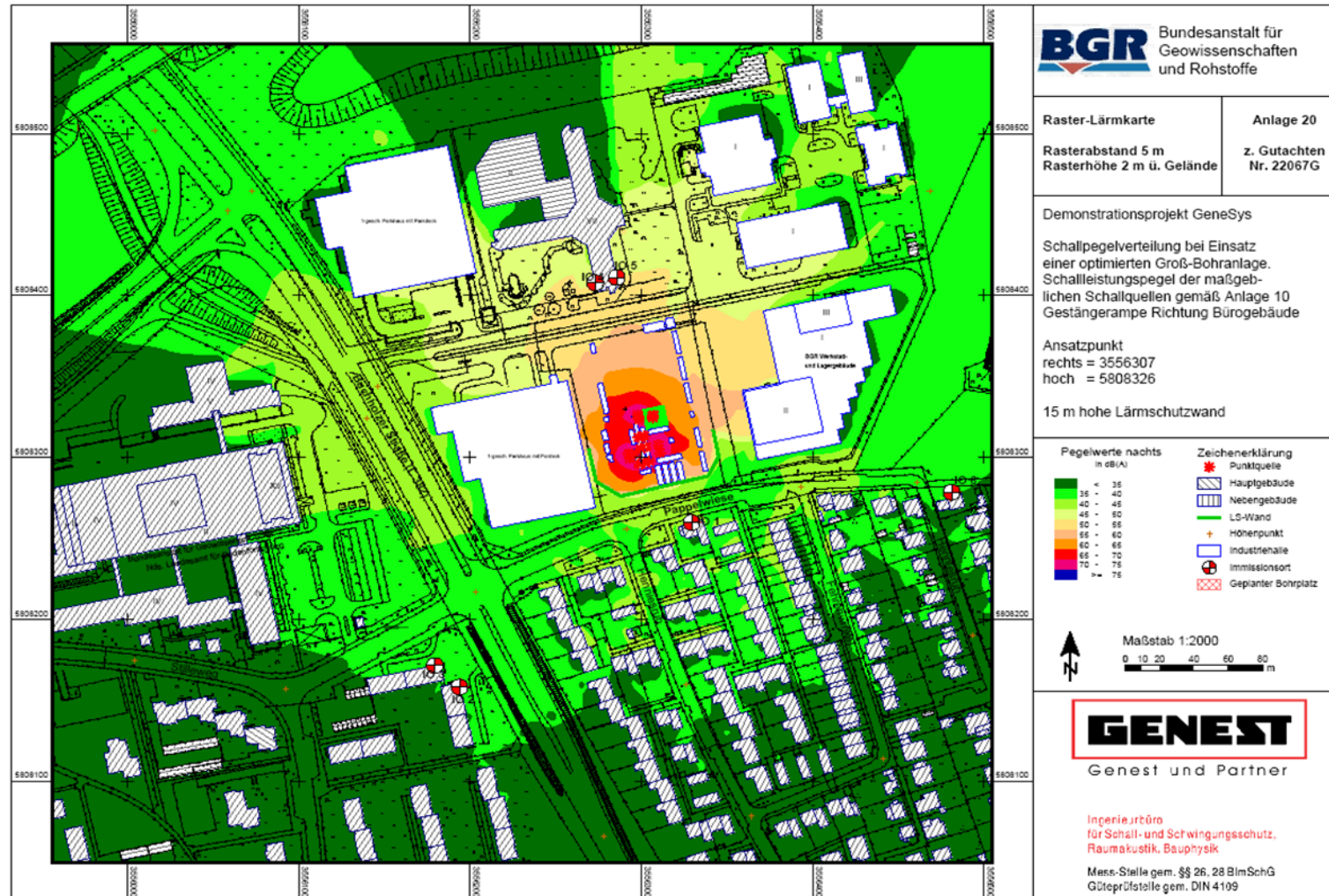
20 Fuel Tanks

21 MCC

22 Cable Tray



Rasterlärmkarte Schalloptimierte Bohranlage und 15 m Lärmschutzwand



Lärmschutzwand

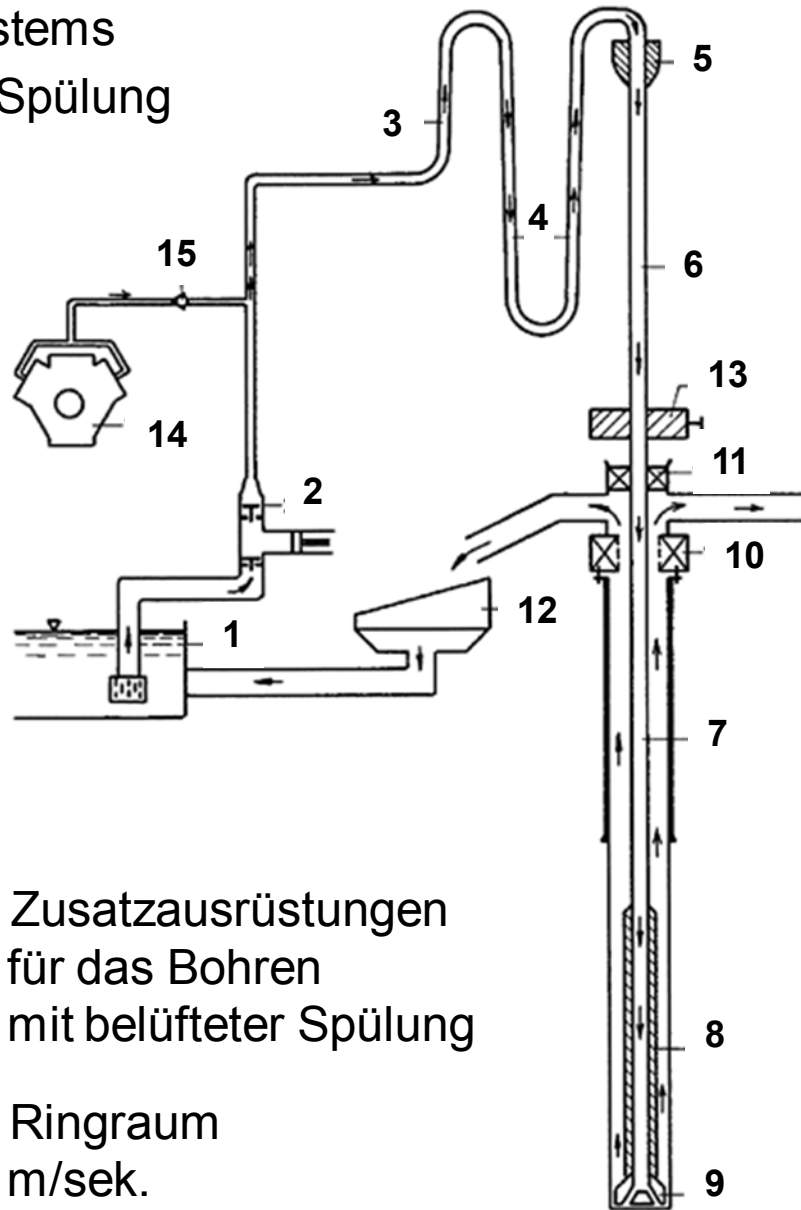




Schema des Rotary-Bohrsystems Ausrüstungen - Bohren mit Spülung

- 1 Saugtank
- 2 Rotary-Spülpumpe
- 3 Steigleitung
- 4 Spülschlauch
- 5 Spülkopf
- 6 Kelly
- 7 Bohrgestänge
- 8 Schwerstangen
- 9 Bohrwerkzeug
- 10 Preventer
- 11 Drehpreventer +)
- 12 Schüttelsieb
- 13 Drehtisch
- 14 Kompressor +)
- 15 Rückschlagventil +)

+) Zusatzausrüstungen
für das Bohren
mit belüfteter Spülung



Aufstiegsgeschwindigkeit im Ringraum
beim Spülbohren 0,6 bis 0,9 m/sek.







Eingesetzte Bohrwerkzeuge



Wo unter sich das Loch trocken ist,
So gießet man Wasser der Nothdurfft nach hinein,
So bohret es sich um so viel schleuniger

Aufgaben der Bohrspülung

Standfestigkeit und Kalibergerechttheit der Bohrlochwände



Austrag des Bohrgutes



Verzögerung des Absinkens des Bohrguts bei Unterbrechung des Spülvorgangs



Senkung des Spülwasserbedarfs



Kühlung und Schmierung der Bohrwerkzeuge



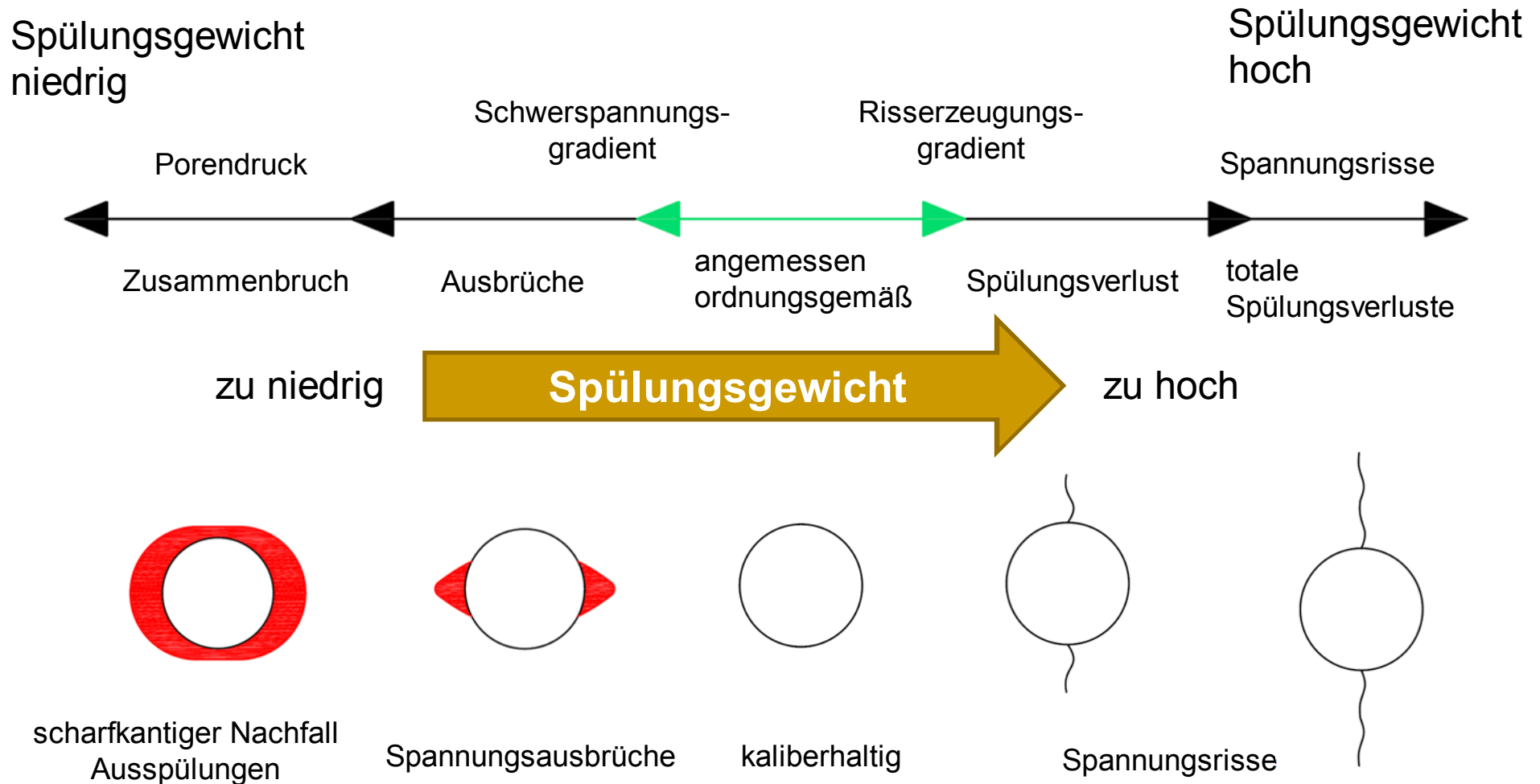
Gewinnung ansprechbarer Proben



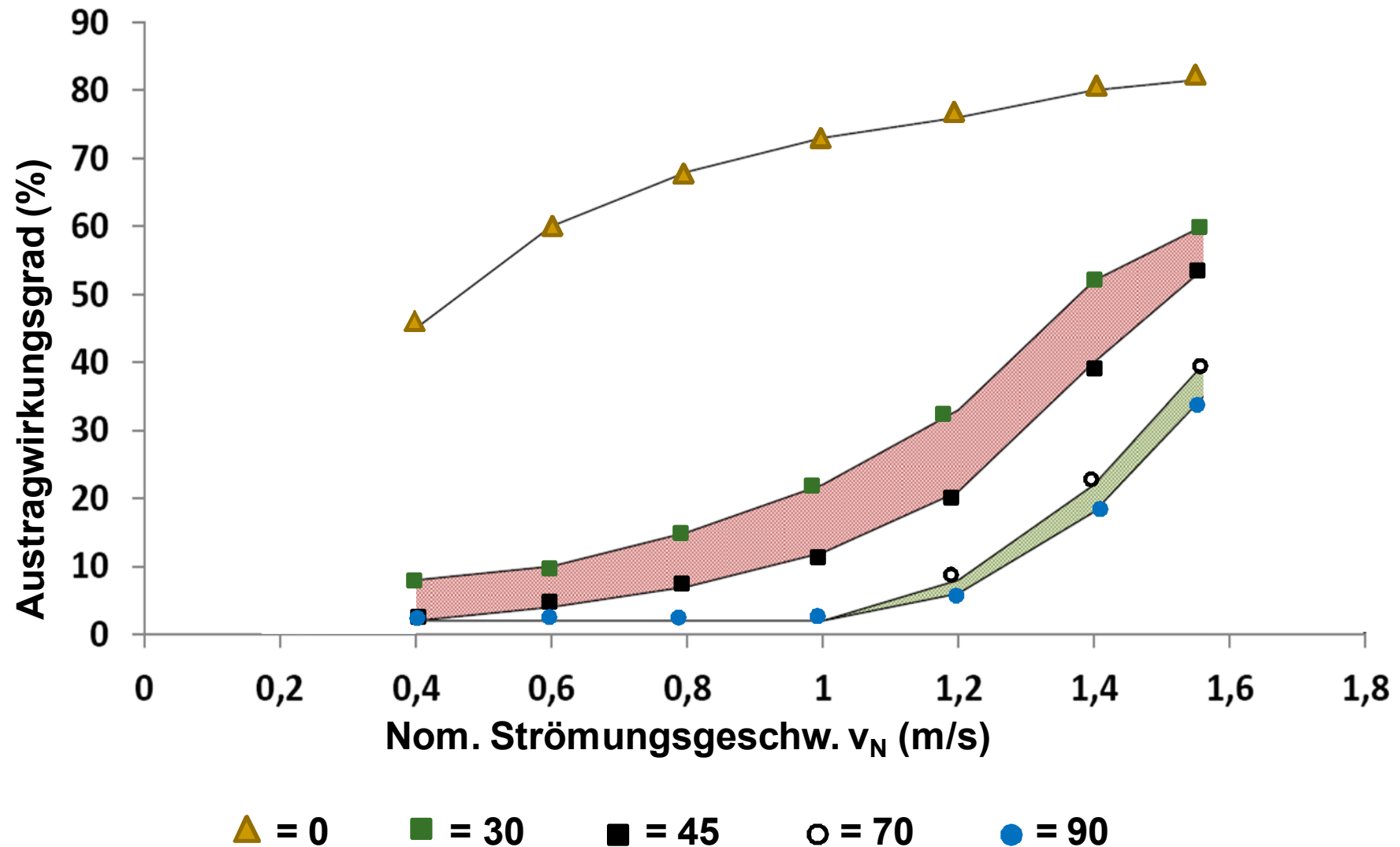
Schutz des Grundwasserleiters und des Grundwassers durch vorübergehendes Abdichten der Bohrlochwände

Zusammenhang zwischen Spülgewicht und Bohrlochunzulänglichkeiten

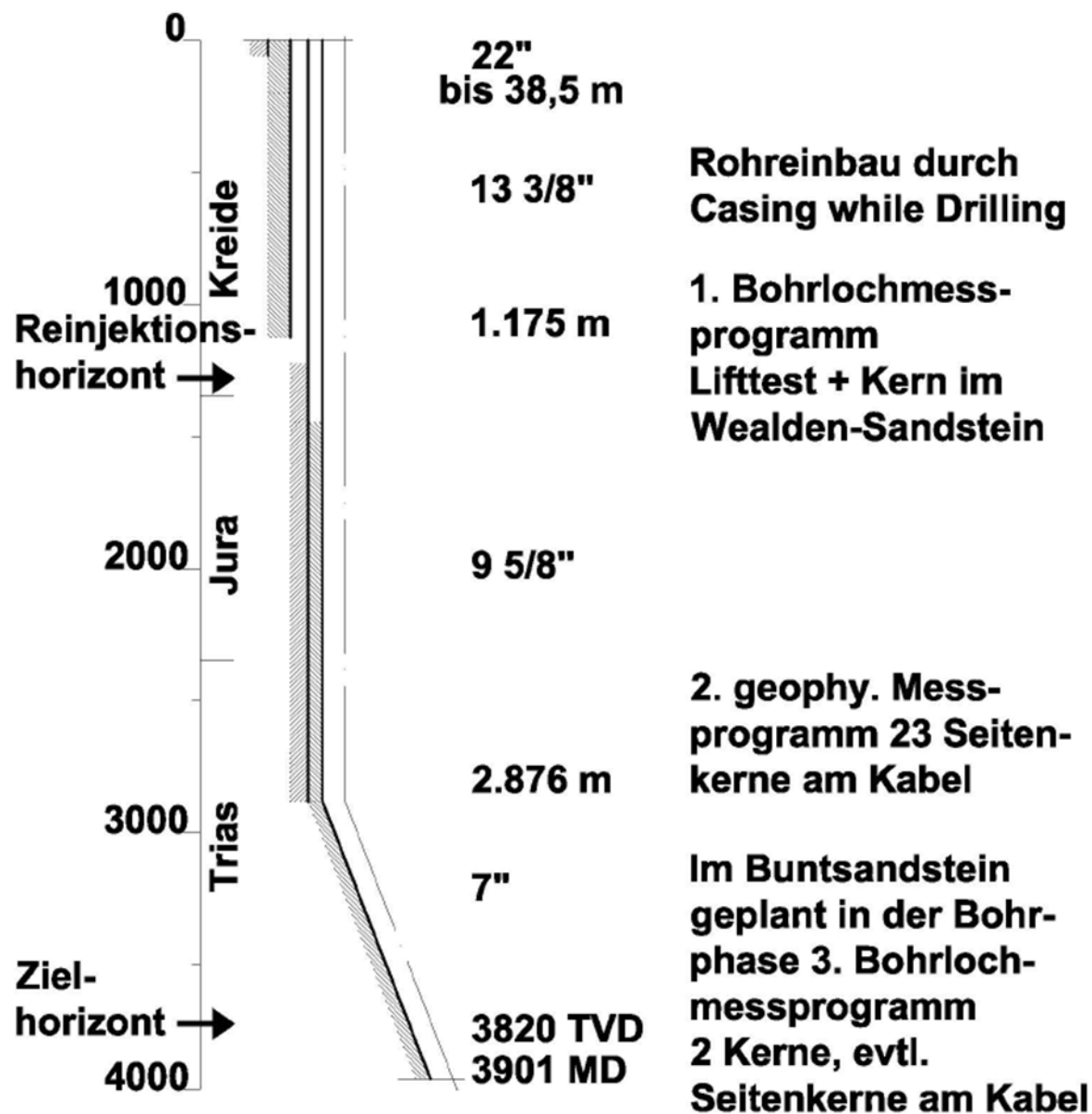
Quelle: JPT-2.012



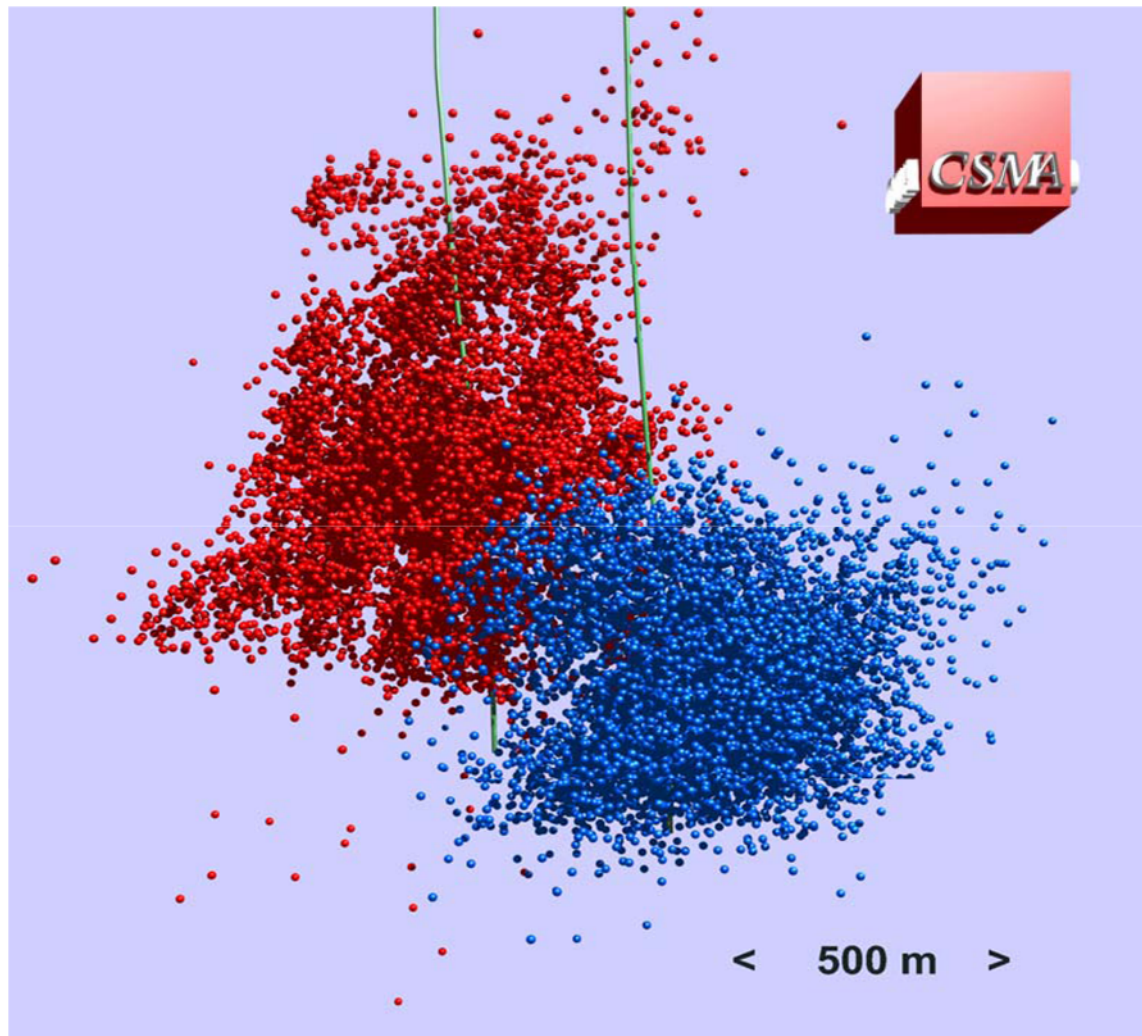
Einfluss des Neigungswinkels







Hot-Dry-Rock - Technik



- ● Herde von Mikroben, erzeugt bei Wasserfrac-Tests im HDR-Projekt Soultz (F)

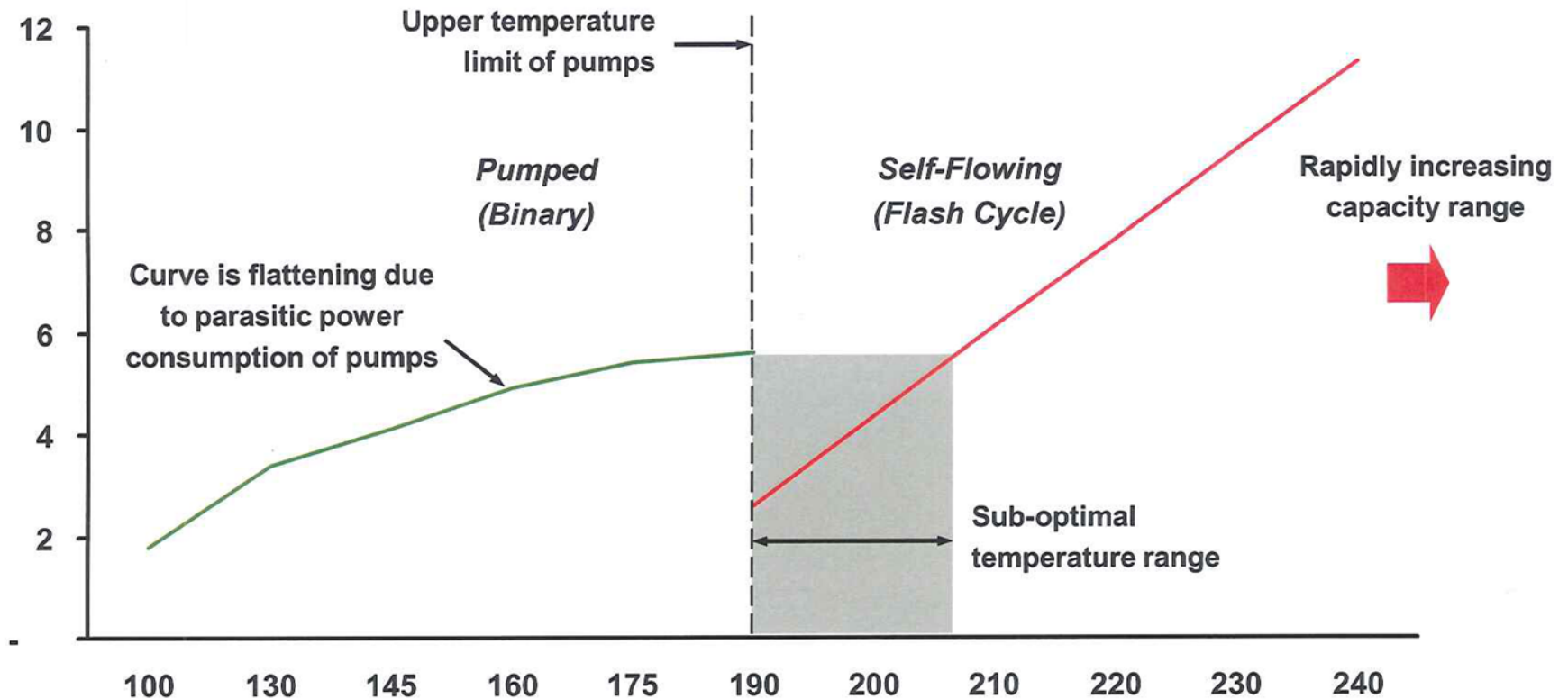
Jones (1998)

le: GGA Institut

Above a temperature of 210 °C
net MW capacity is increasing rapidly

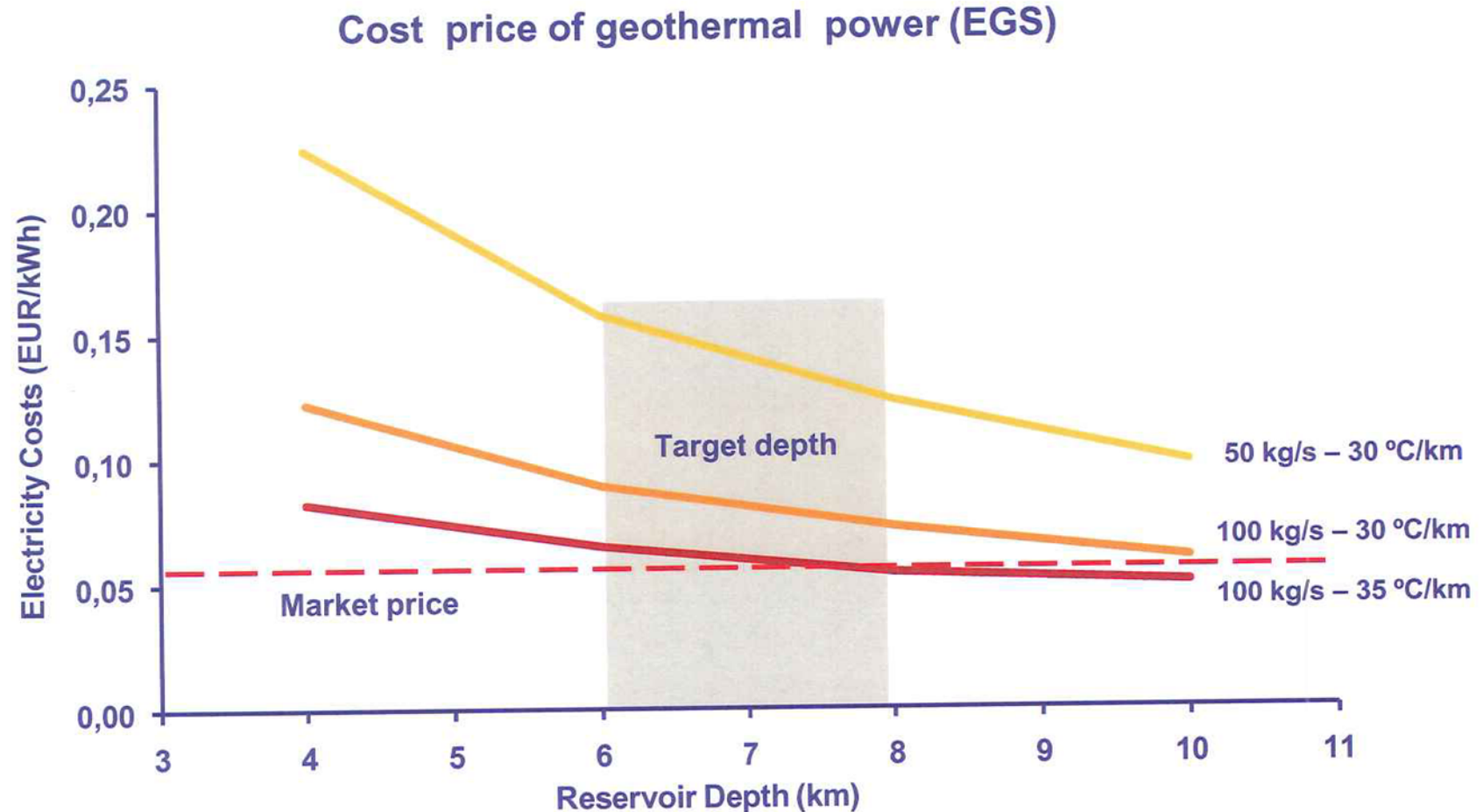
Productivity Index (PI)
= 10 l/s/bar

Net MW capacity vs. temperature



Source: 'Net power capacity of geothermal wells versus reservoir temperature – a practical perspective' by Subir K.Sanyal, James W. Morrow and Steven J. Butler. Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University

Ultra deep geothermal power can compete with fossil fired power

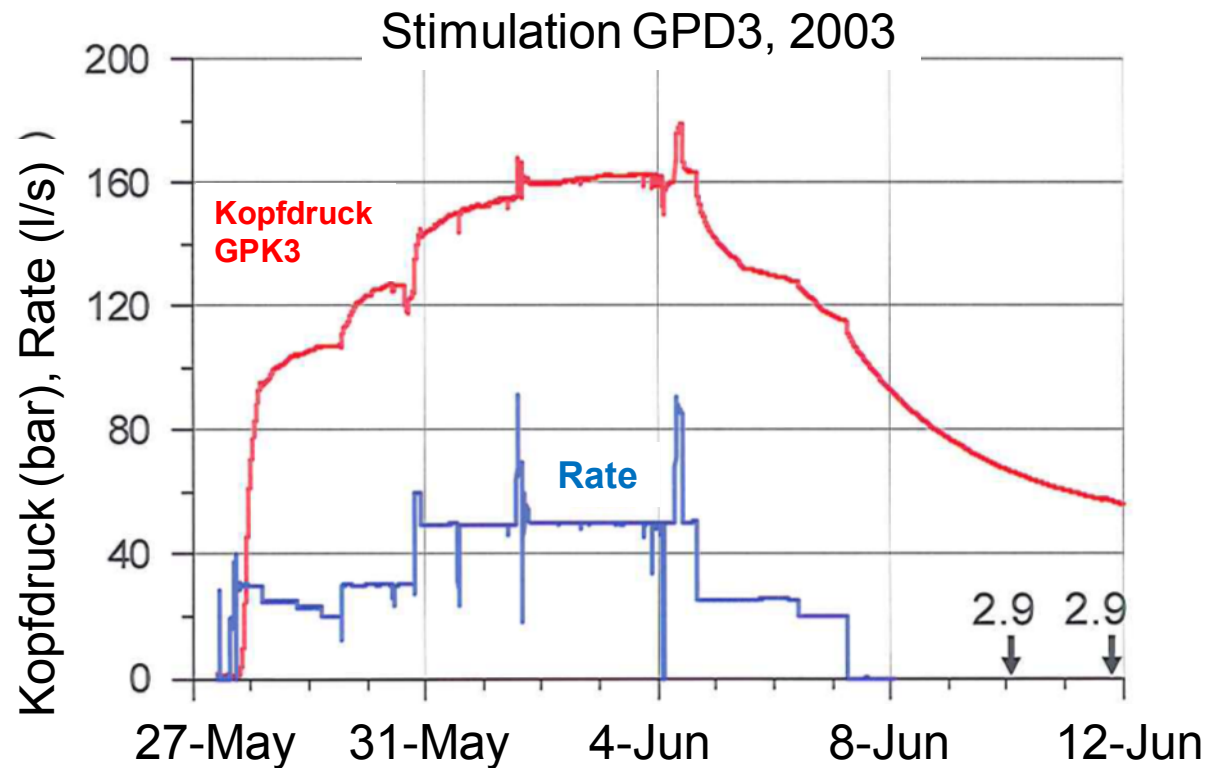


Quelle: TNO – based on data from „The future of geothermal energy“ Tester et al. (MIT) 2006

... und die Seismizität?

Quelle: T. Tischner, BGR

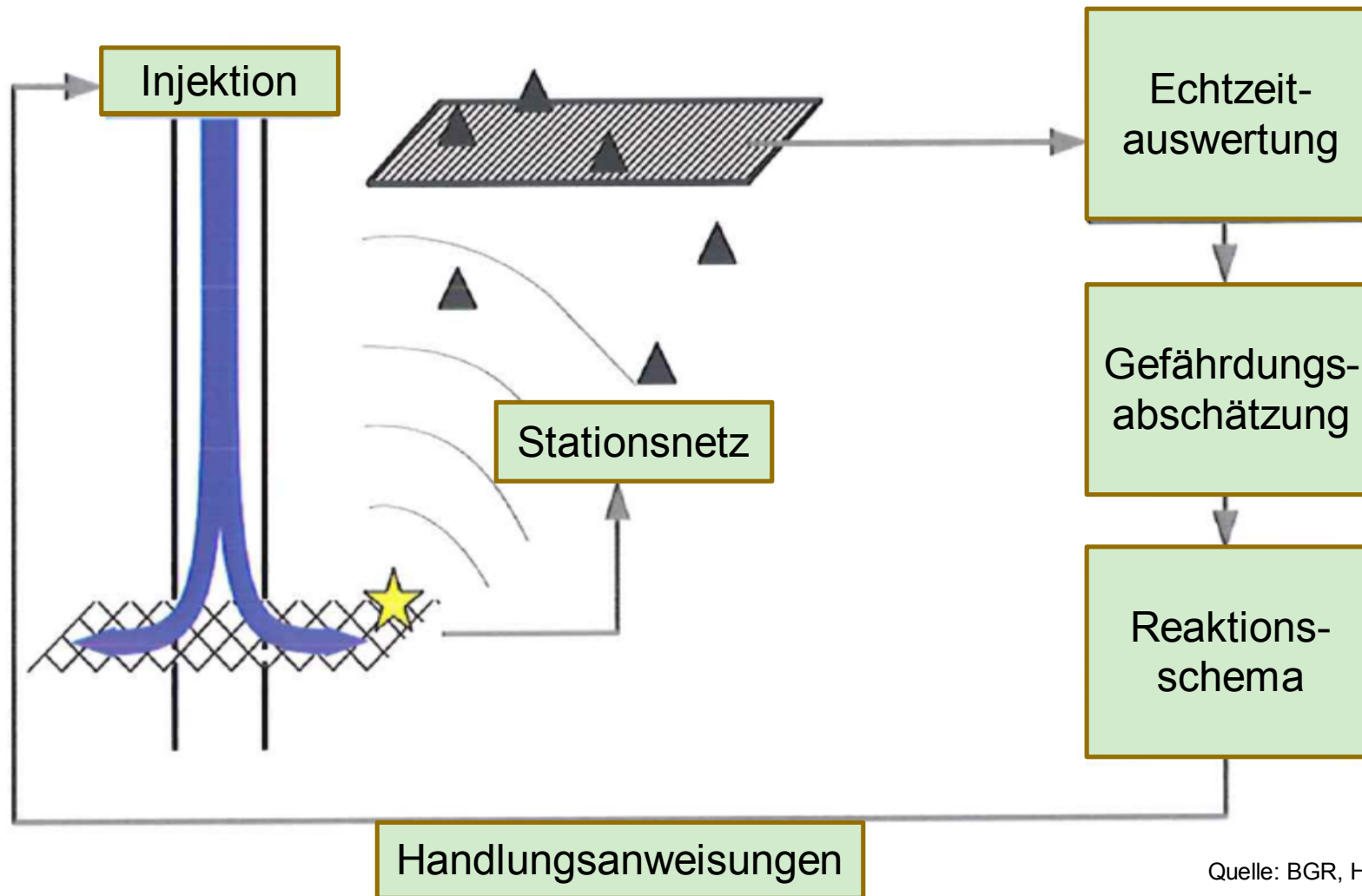
- Keine spürbaren seismischen Ereignisse in 3.500 m Tiefe (oberes Reservoir, Magnituden < 2)
- Bei Stimulationen spürbare aber „unkritische“ Ereignisse in 5.000 m Tiefe (Magnitude ≤ 2.9)
- Stärke der seismischen Ereignisse steigt mit dem injizierten Volumen/Zeit
- Im Betrieb bisher keine spürbaren Ereignisse



Dauer: 11 d

Volumen: 34.000 m³

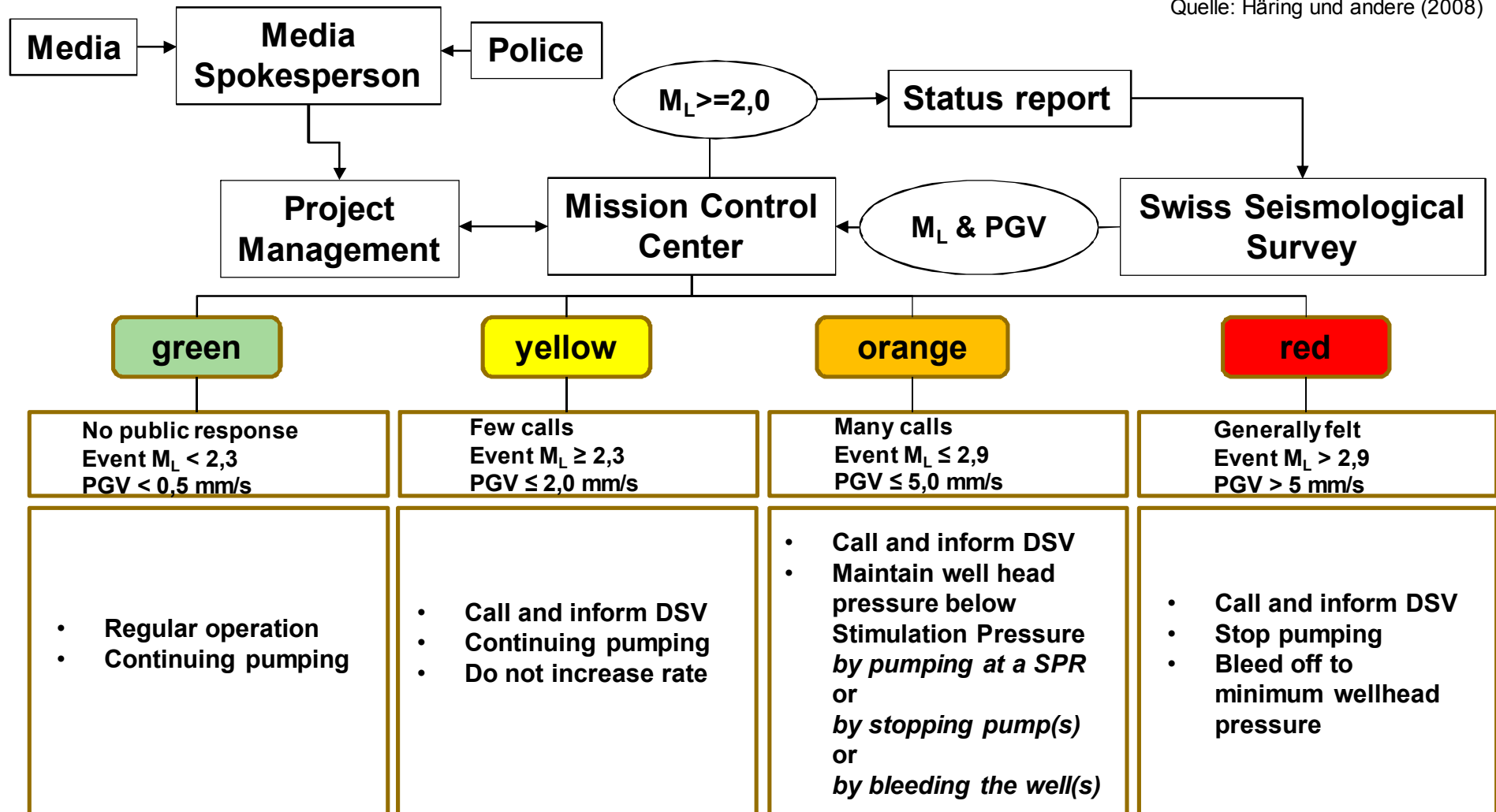
Maßnahmen zur Begrenzung der Seismizität: Reaktionsschema



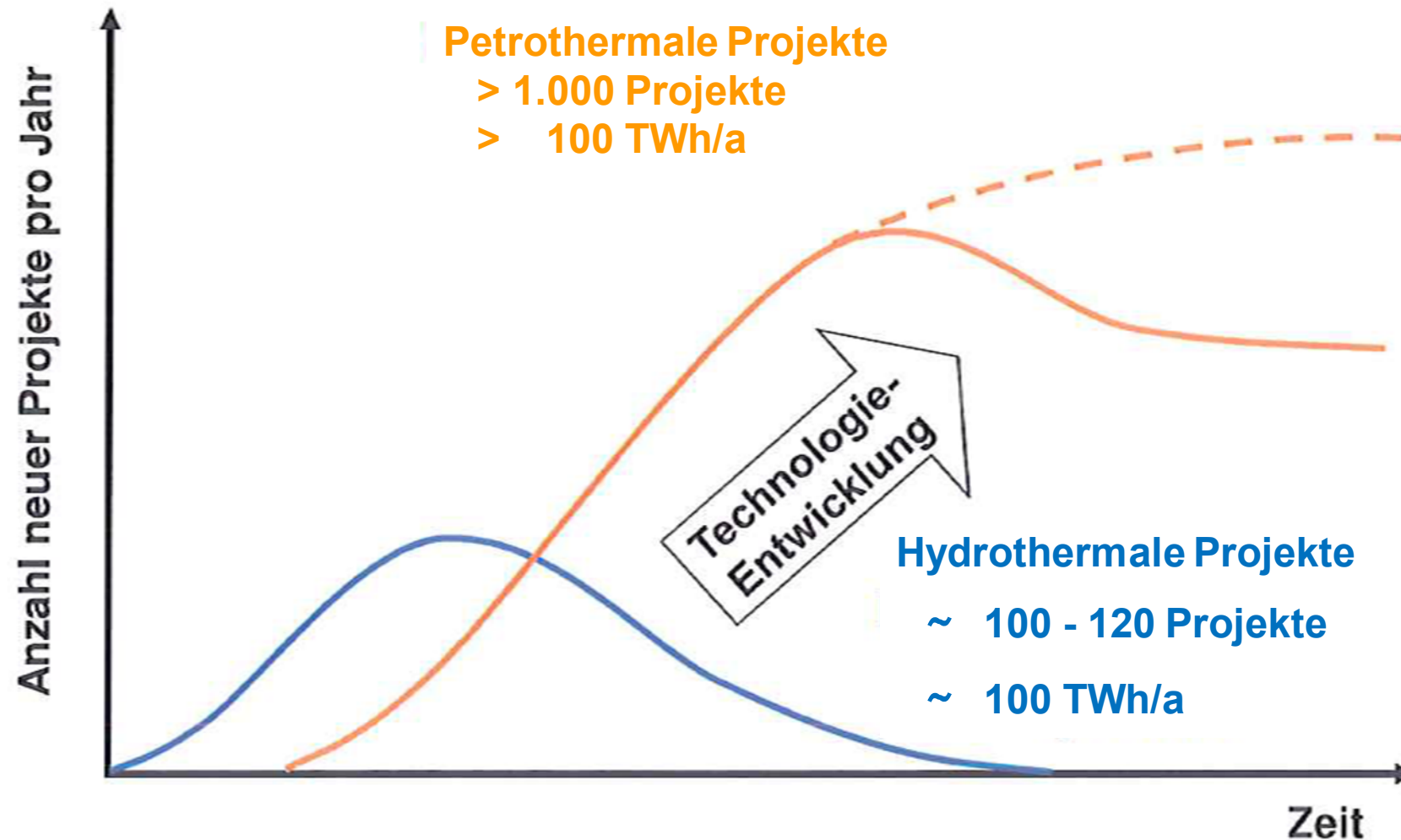
Quelle: BGR, Hannover

Maßnahmen zur Begrenzung der Seismizität: Reaktionsschema für Basel

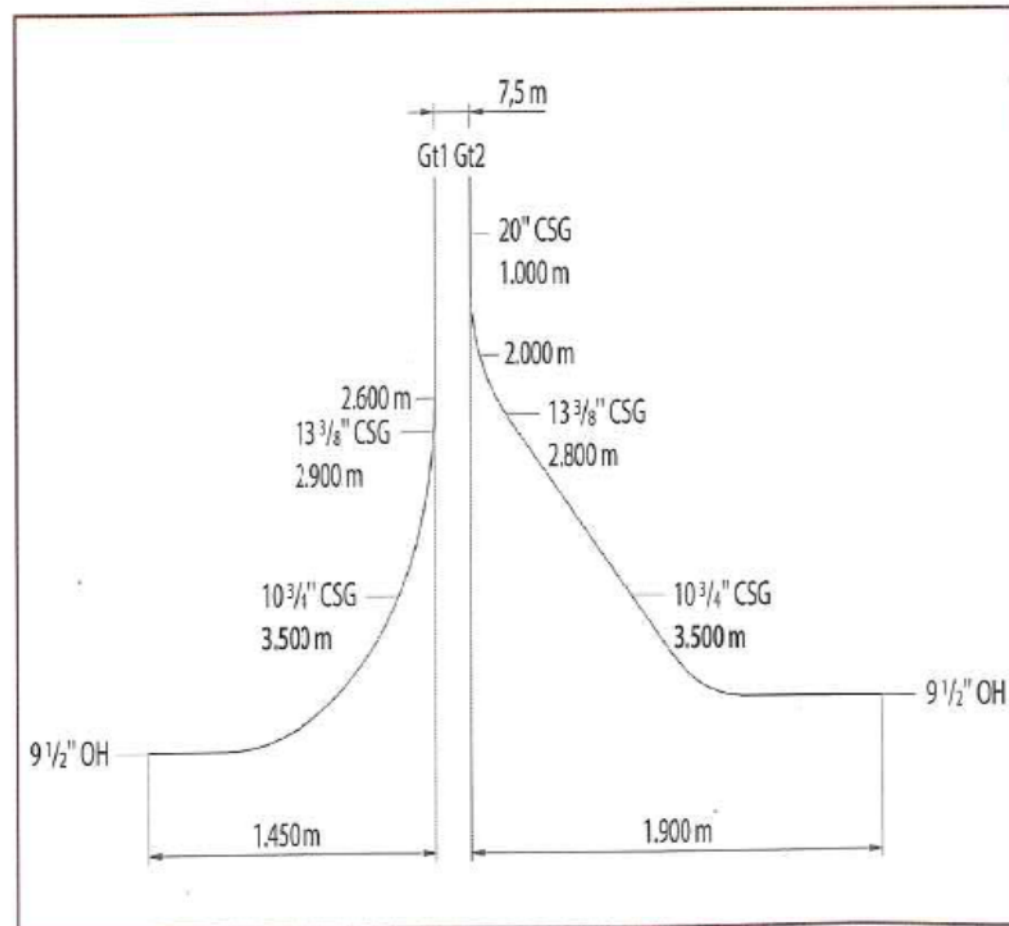
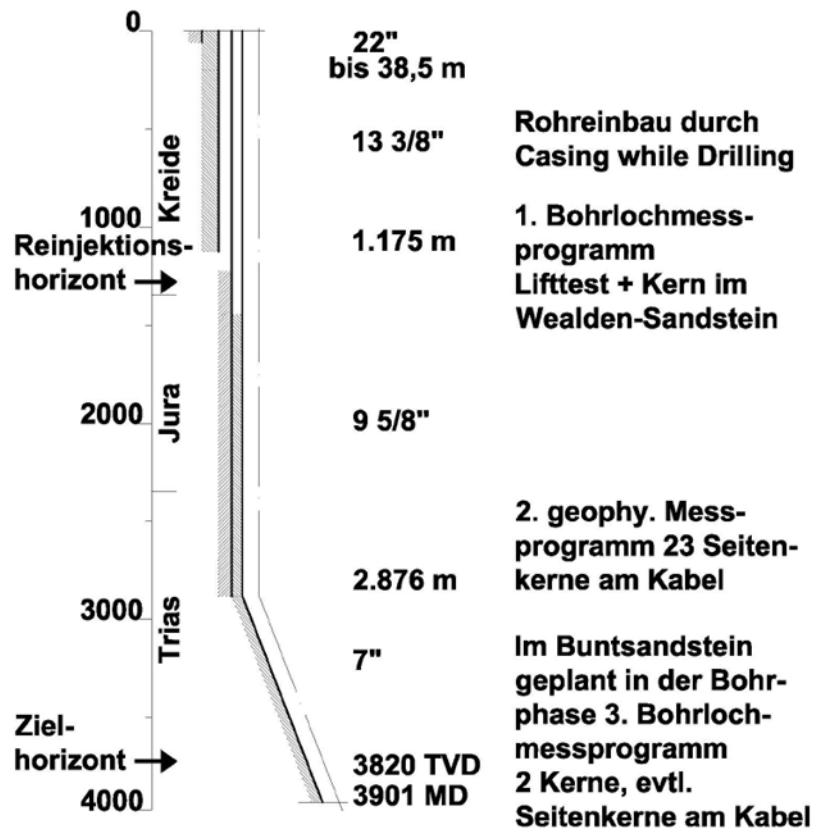
Quelle: Häring und andere (2008)



Entwicklung der Geothermie – Neue Projekte



Systembild Kirchweidach









Welt-Energiekongress

„Energie entscheidet über Krieg und Frieden

Schicksalsfrage Energie

Die Alternative zur Kernenergie ist der Hungertod für Millionen

Energie wird noch viel mehr kosten als Rüstung

Die Kohle allein wird es nicht schaffen

Reserven reichen für viele Jahrhunderte

Erschließung heiß das Problem

Geordneter Rückzug aus dem Öl

Frankreich baut auf Kernenergie, die Deutschen bauen ab

Die Zeit ist knapp, nicht unsere Energiequellen

Geothermische Energie als Alternative zum Öl

Zu wenig Energie für die Energie

Eine Energiestrategie für die Welt

Rückzug aus dem Öl erfordert Eilmarsch der Industrieländer

Die Suche nach Uran verstärken

Energienachfrage der Dritten Welt verzehnfacht

Energieversorgung ist die große Frage des Überlebens

Kein Einstein in Sicht

Gemeinsame Aufgabe“.

**München,
1980**

Zusammenstellung von Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln

WHG •Wasserhaushaltsgesetz	BBodSchG •Bundesbodenschutzgesetz	BImSchG •Bundes-Immissionsgesetz	BNatSchG •Bundesnaturschutzgesetz
GGVS •Gefahrgutverordnung Straße	GGAV •Gefahrgut-arbeitsverordnung	GbV •Gefahrgut-beauftragtenverordnung	ADR •(Abk. aus der französischen Originalbezeichnung) Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
UmweltHG •Umwelthaftungsgesetz	ProdHaftG •Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte	StGB •Strafgesetzbuch	ArbStättV •Arbeitsstätten-Verordnung
ArbZRG •Arbeitszeitrechtsgesetz	BetrSichVO •Betriebssicherheitsverordnung	KrW-/AbfG •Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	REACH •Chemikalienverordnung

Ziel Geothermische Energieerzeugungsanlage

Haupt- komponenten

Bohranlage

Tankanlage

Spülpumpen

Bohrwerkzeuge

Verrohrungssystem

Methoden

Bohrverfahren

Rotary - Direkt

Luftheben – Indirekt

Spülung

Aufgaben der Spülung

Einige Fachbegriffe

- ❖ **Auftrag**
- ❖ **(Allgemeine Gesetze)**
- ❖ **Betriebsplan**
- ❖ **(Arbeitsschutz)**
- ❖ **(Gesundheitsschutz)**
- ❖ **Umweltschutz**
 - **Trinkwasserschutz**
 - **Grundwasserschutz**
 - **Umwelt – Natur**
 - **Immissionsschutz**
 - **Boden**

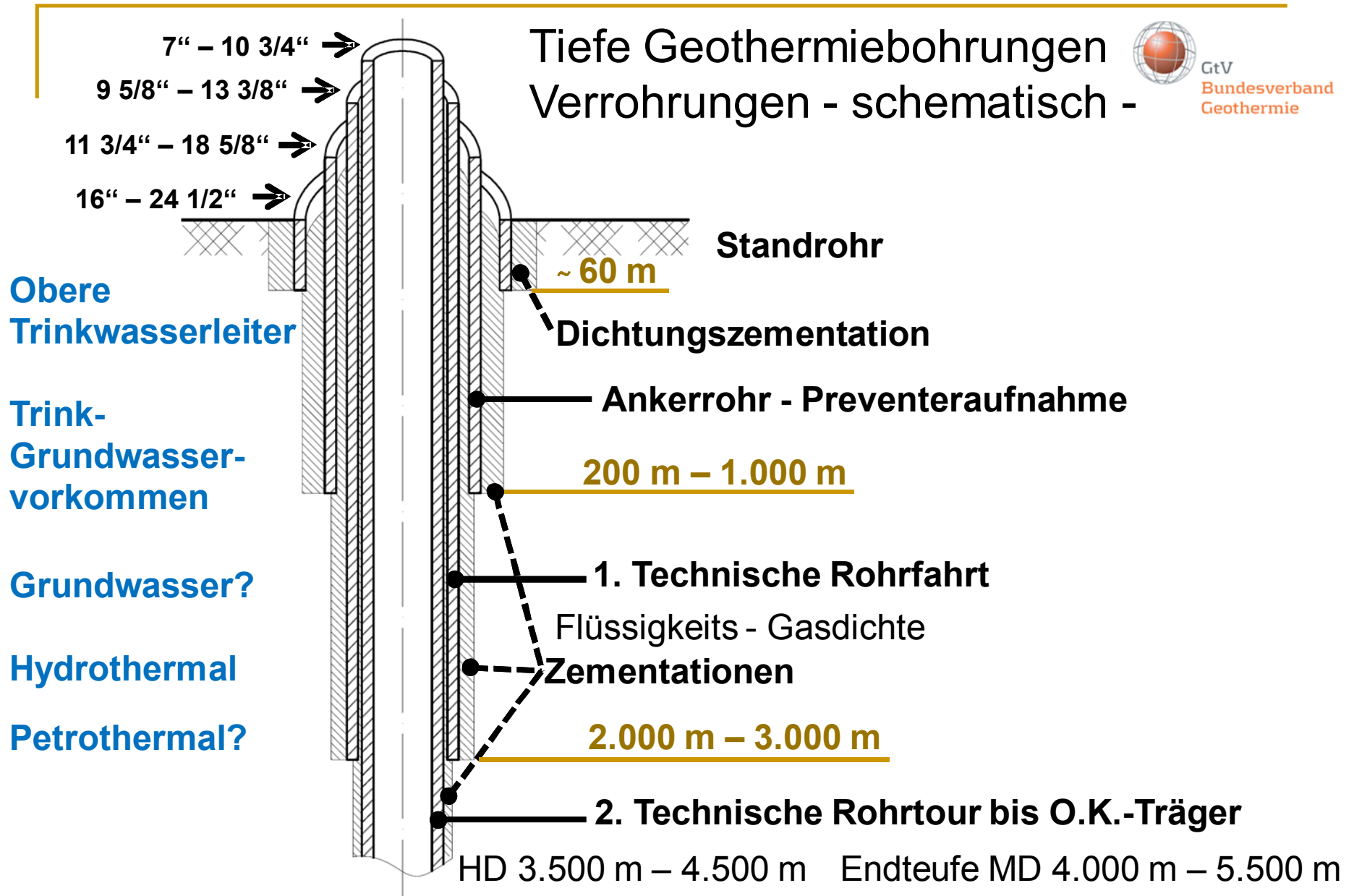
**Nutzbares Grundwasser
kommt bis in Tiefen von
< 1000 m unter Gelände
vor.**

**Wasser ist ein gutes
Lösungsmittel**

**Voraussetzung:
Es liegen trotz des hohen
Überlagerungsdrucks
noch offene und vernetzte
Hohlraumsysteme vor**

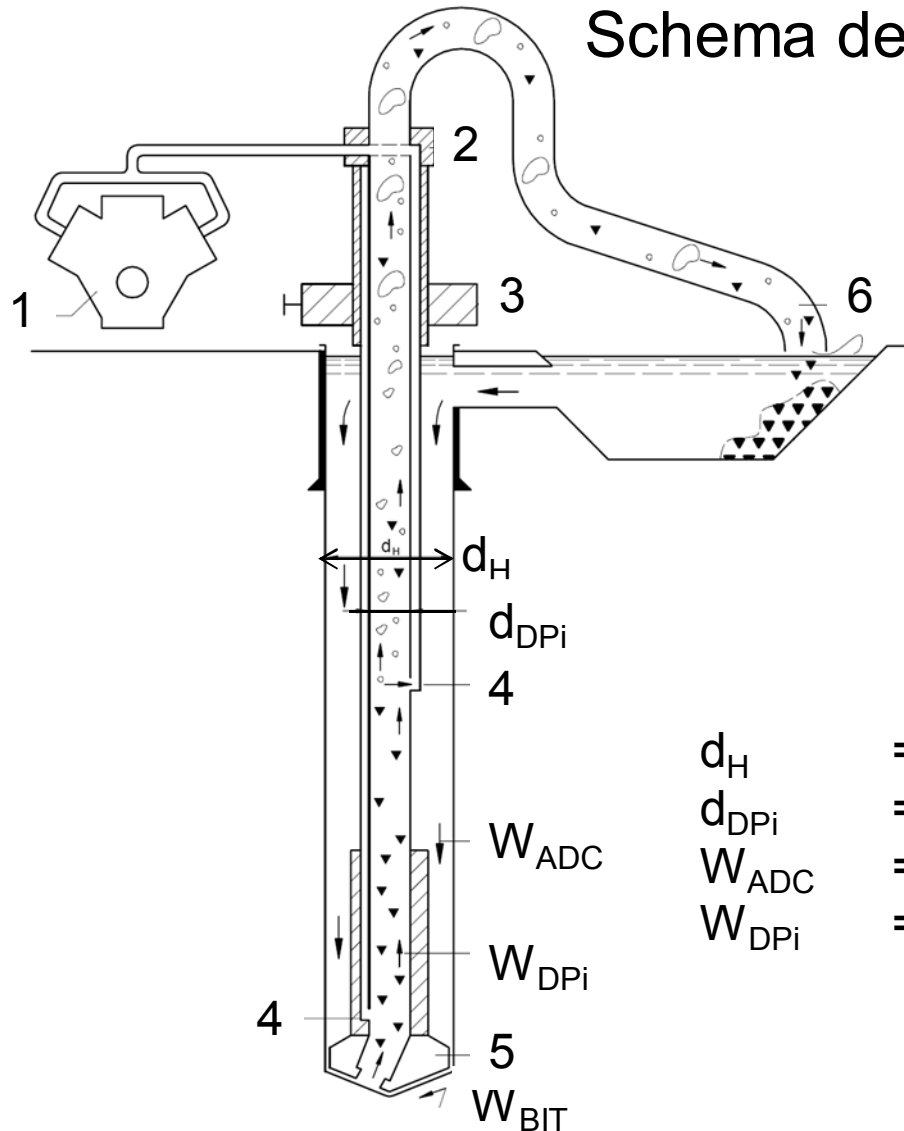
**Ohne diese
Hohlraumsysteme ist
keine Wasserbewegung
im Untergrund möglich**

Quelle: Prof. Dr. C. Treskatis
Grundlagen der Wasserwirtschaft



Indirekte Spülbohrverfahren

Schema des Lufthebe-Bohrsystems



Quelle: WIRTH