

# Vortriebssystem zur Herstellung von tiefen Geothermiebohrungen im Festgestein mittels Elektroimpulsverfahren (EIV)



Fördervorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Fkz. 0327644

Bern, 23.08.2010

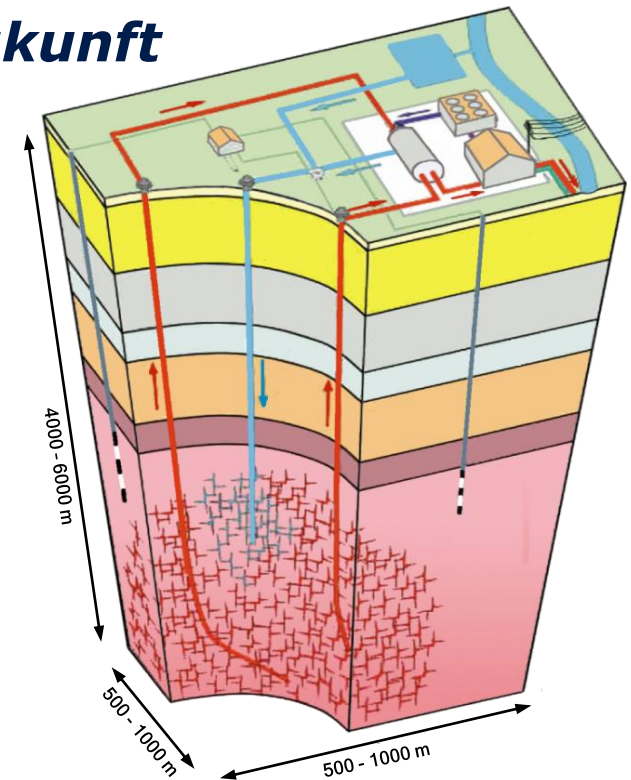
## Problemstellung und Lösungsansatz

### ***Tiefe Geothermie = Energiequelle der Zukunft***

Nutzungsprinzip: z.B. HDR, HFR, EGS

- Zwischen Nutzer und der Quelle 5 km mächtiges z. T. härtestes Gestein
- Bohrungen zur „Förderung der Wärme“
- Werkzeuge für Öl- und Gasbohrung technisch auf sehr hohem Niveau

### ***Bohrtechnologie zur Reduktion der Bohrkosten***





## Laborversuche

Untersuchungen bei  
bohrlochähnlicher  
Bedingungen

- Druck
- Temperatur
- Bohrspülung
- Gesteinstyp

Stoßspannungsquelle  
(Marx-Generator):

Stufenzahl	9
Stufenkapazität	10 nF
Ladespannung	30 kV
Impulsfrequenz	1 s <sup>-1</sup>
Stoßenergie	40,5 J

Druckbehälter:

$p_{\max}$	100 bar
$T_{\max}$	70 °C

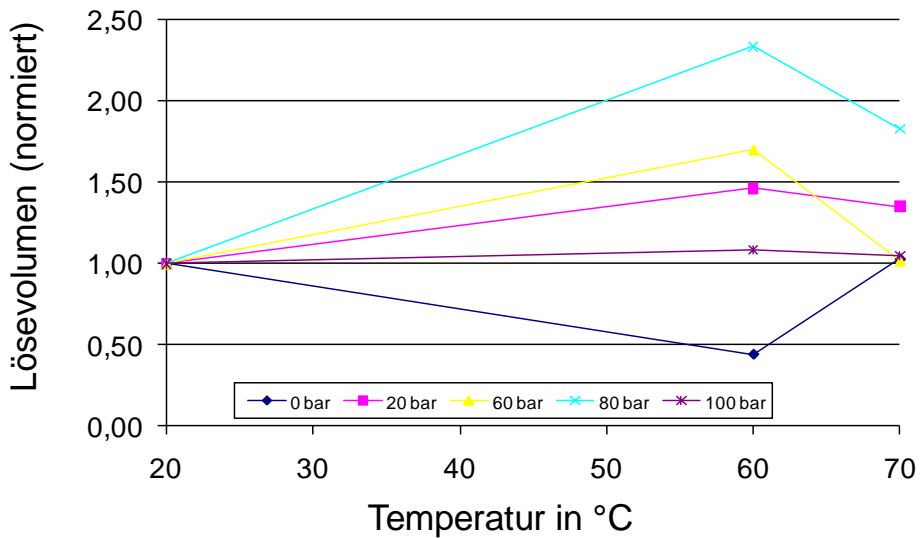
Ladespannungsanlage



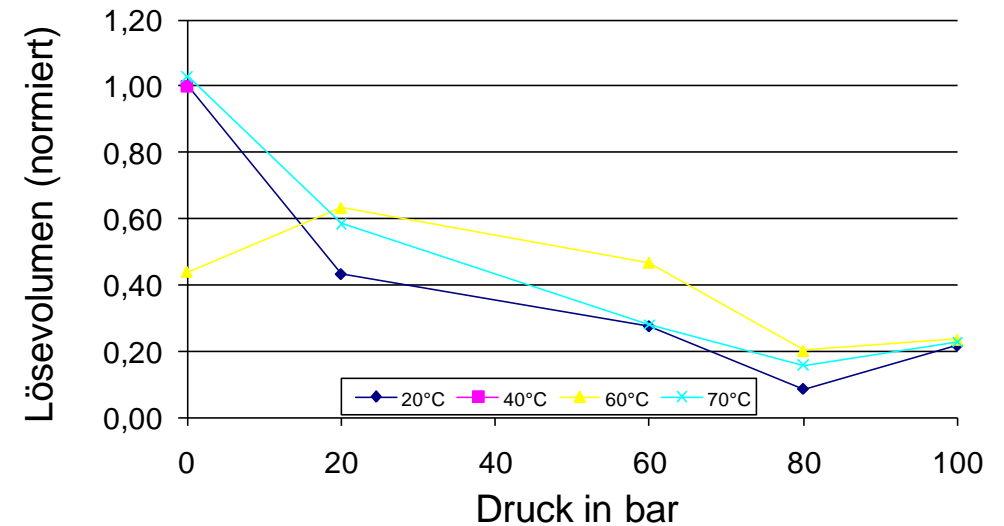
# Einfluss der EIV-Löseleistung bei Granit

- + positiver Einfluss der Umgebungstemperatur
- + asymptotisches Verhalten im Verhältnis zum Umgebungsdruck

### Temperatureinfluss bei Granit



### Druckeinfluss bei Granit



## Wassergesättigte Gesteine

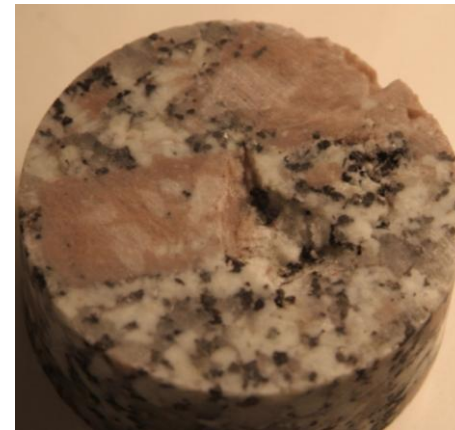
### Konditionierte Probe 1:

- Oberflächengranit
- mittlere Feldstärke von 100 kV/cm
- $T_S \geq 130$  ns
- $W_s \approx 1000$  J
  - keine ausreichende Löseleistung



### Konditionierte Probe 2:

- Bohrkern, 1800m
- mittlere Feldstärke von 100 kV/cm
- $T_S < 100$  ns
- $W_s \approx 40$  J
  - Sehr gute Löseleistung



## EIV-Konzept und Machbarkeit

### Umgebungsbedingungen in 5 km Tiefe:

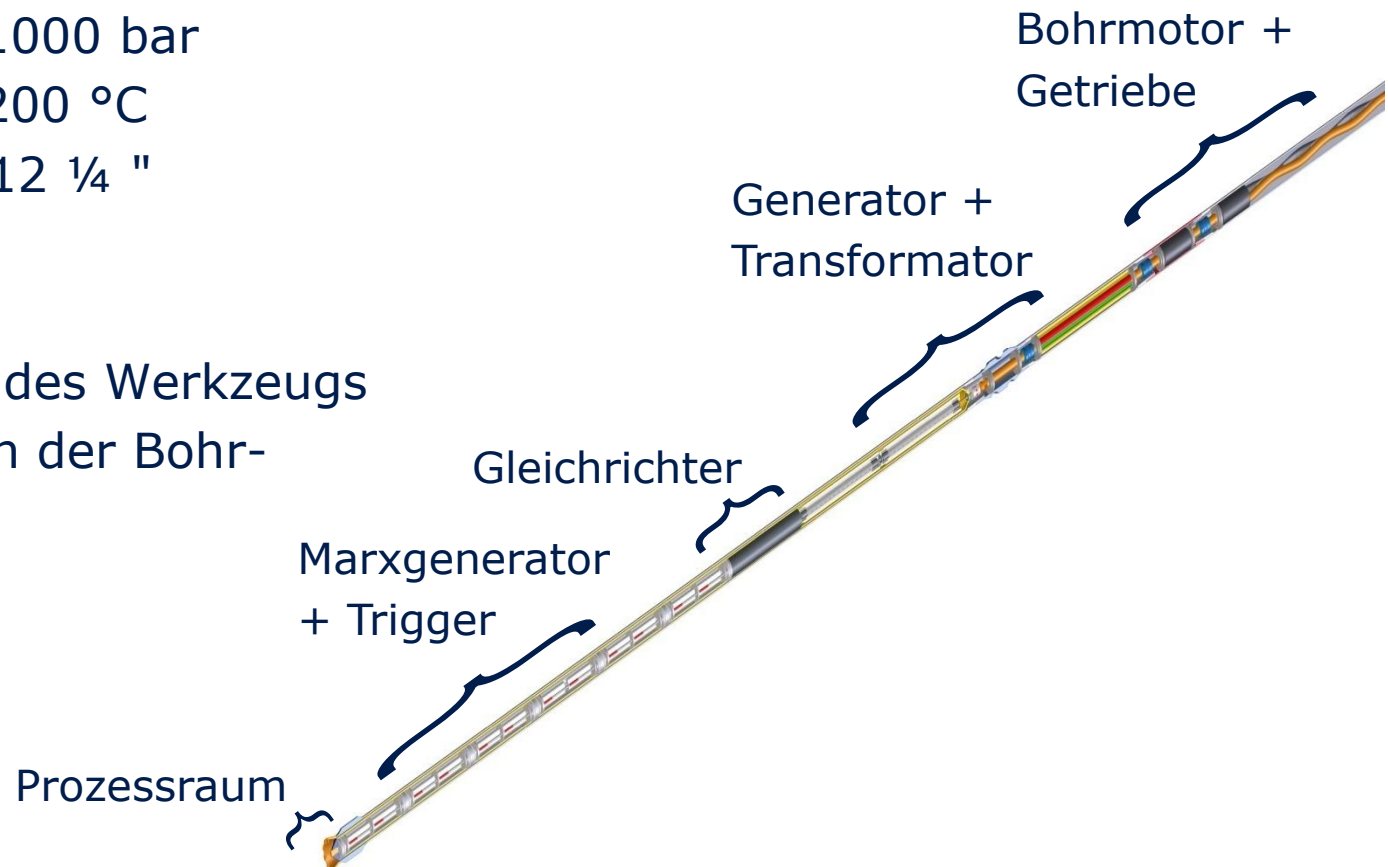
Druck:  $p = 1000 \text{ bar}$

Temperatur:  $T = 200 \text{ °C}$

Bohr - Ø:  $D = 12 \frac{1}{4} \text{ ''}$

### Down-Hole-Konzept:

- + einfacher Wechsel des Werkzeugs
- + keine Umbauten an der Bohr-  
anlage
- + Bohrservice



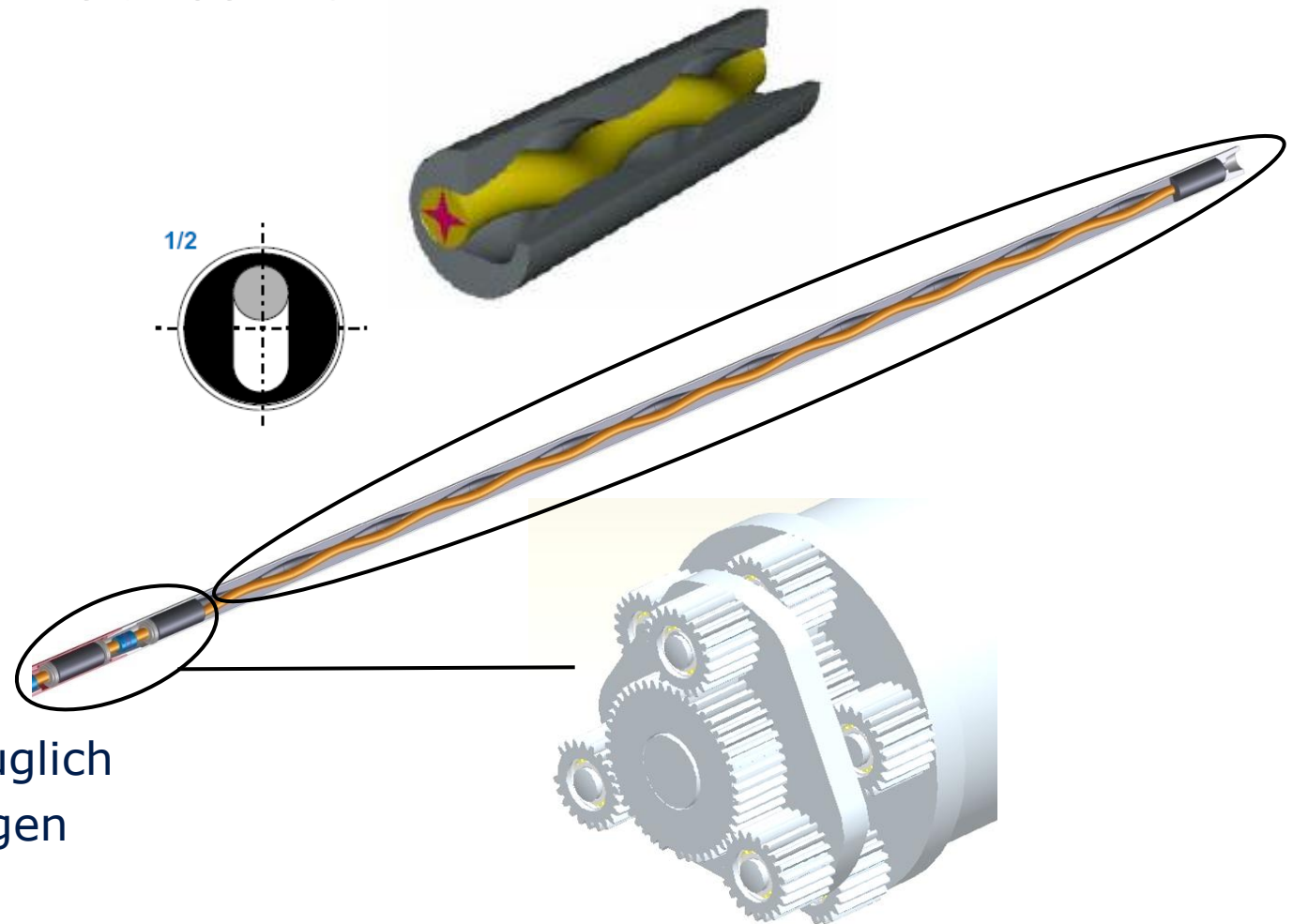
## EIV-Konzept und Machbarkeit

### Bohrmotor:

- + Moineau-Prinzip
- + bis 215 °C
- + Serienprodukt
- + hohe Lebensdauer

### Getriebe:

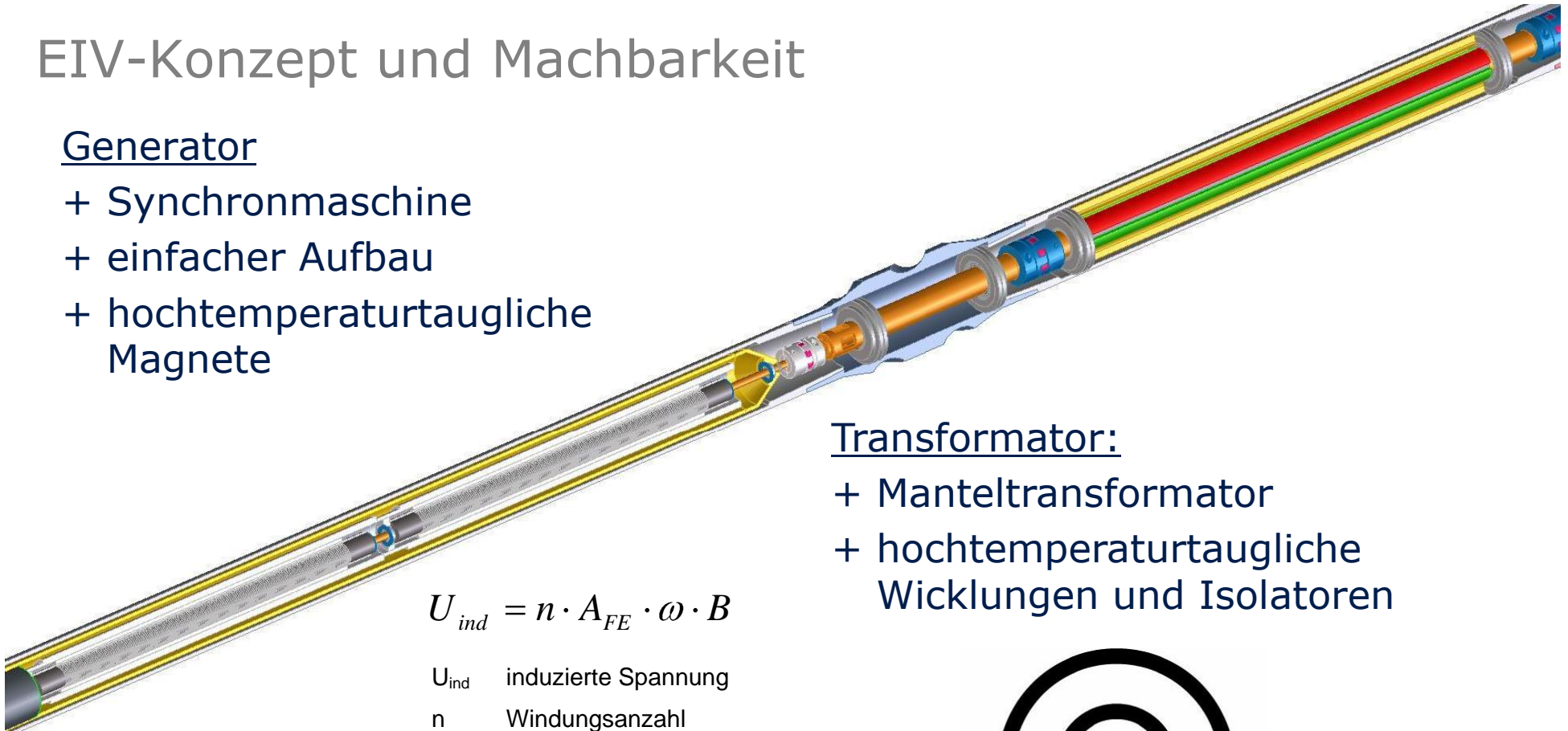
- + erprobt
- + hochtemperaturtauglich
- + Herstellererfahrungen



# EIV-Konzept und Machbarkeit

## Generator

- + Synchronmaschine
- + einfacher Aufbau
- + hochtemperaturtaugliche Magnete

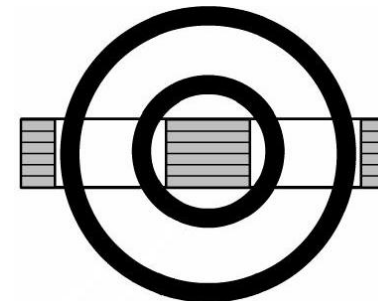


## Transformator:

- + Manteltransformator
- + hochtemperaturtaugliche Wicklungen und Isolatoren

$$U_{ind} = n \cdot A_{FE} \cdot \omega \cdot B$$

$U_{ind}$	induzierte Spannung
$n$	Windungszahl
$A_{FE}$	Eisenquerschnitt
$\omega$	Kreisfrequenz $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$
$B$	magnetische Flussdichte



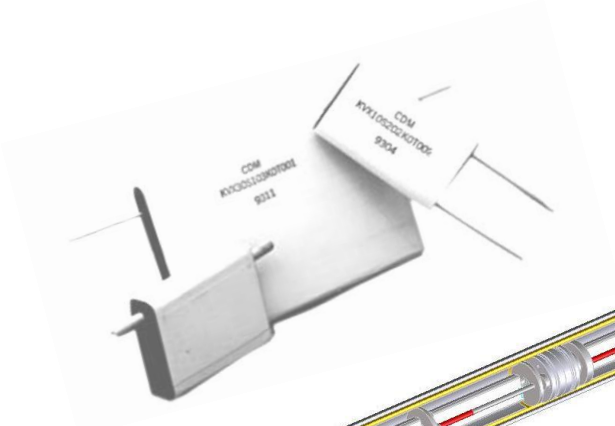
## EIV-Konzept und Machbarkeit

### Marxgenerator + Triggerung:

- + Stossspannung: < 400 kV
- + Stossenergie: > 100 J
- + Impulswiederholrate: < 25 Hz
- + Durchschlagzeit: < 120 ns

### Gleichrichter:

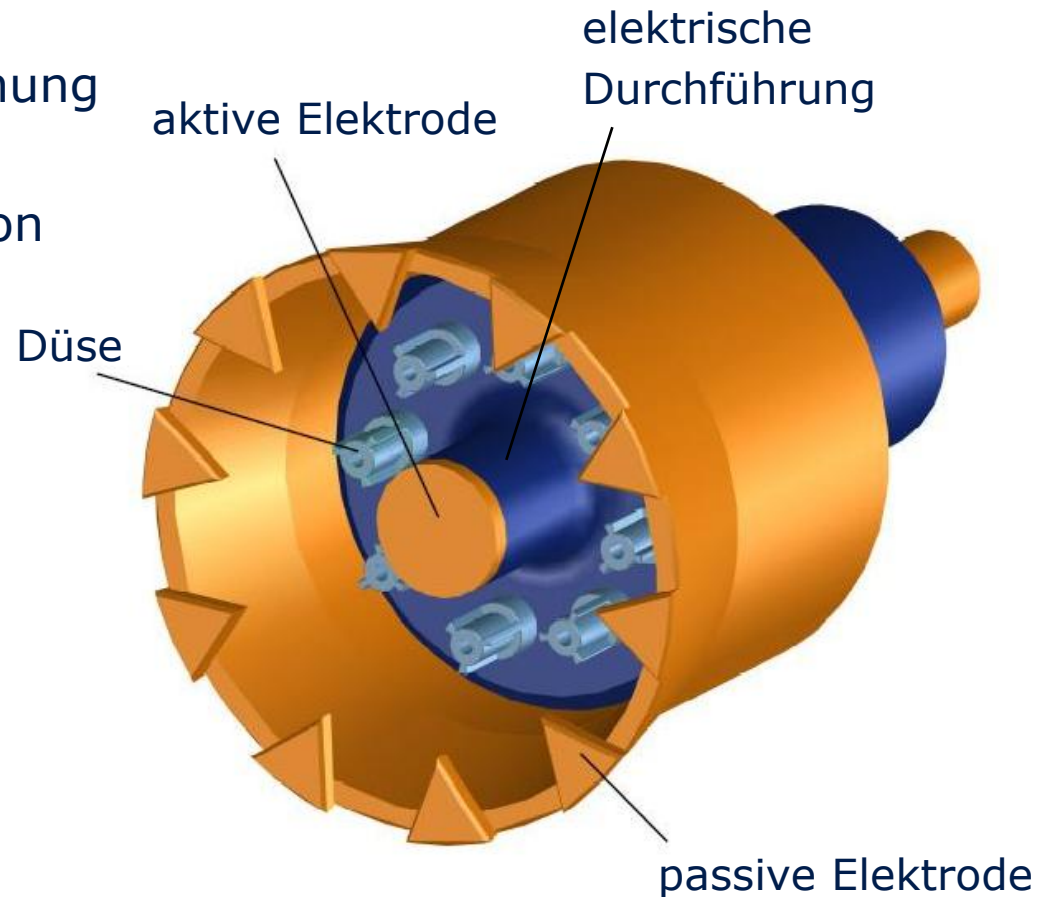
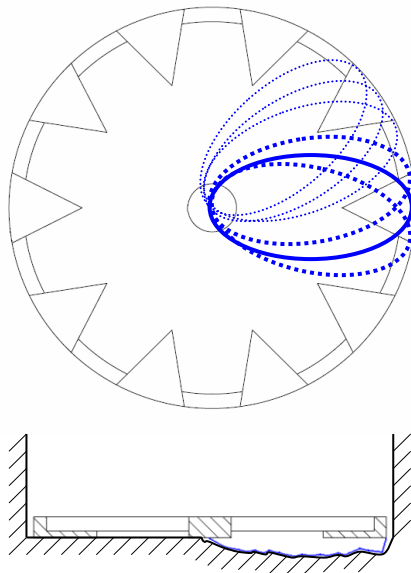
- + mechanische Ausführung
- + synchron zum Generator
- + Elektronische Variante



## EIV-Konzept und Machbarkeit

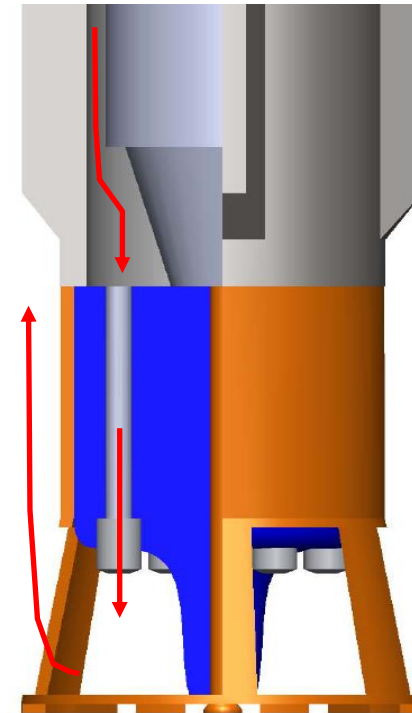
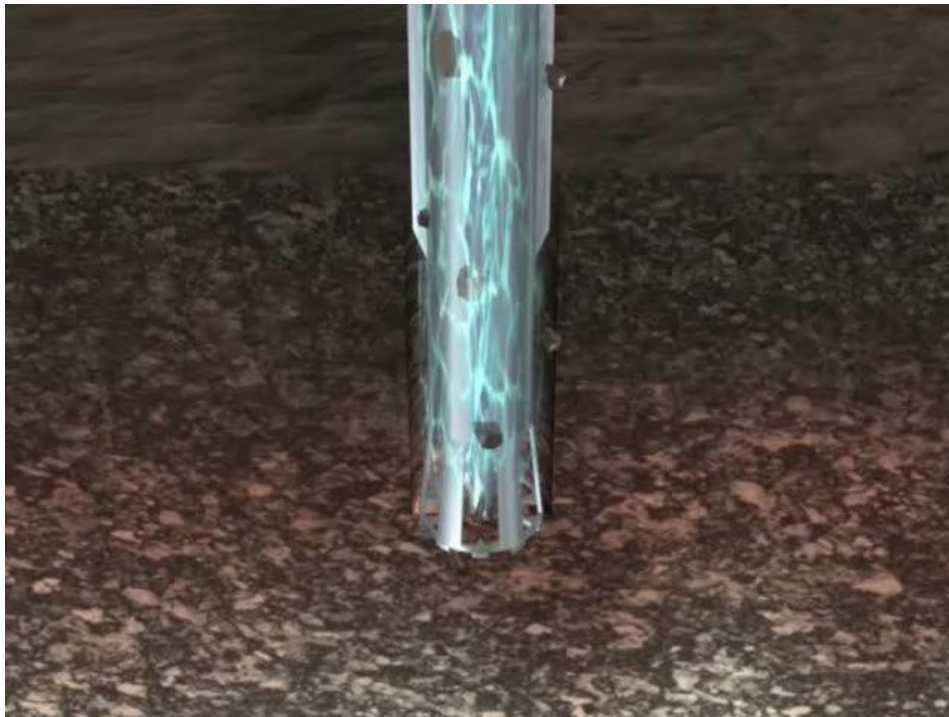
### Prozessraum:

- + konzentrische Elektrodenanordnung
- + keine Rotation
- + Druck, Temperatur und Korrosion
- + Bohrlochsohlenreinigung



# EIV-Konzept und Machbarkeit

## Spülungsführung: - Normalspülung



## EIV-Konzept und Machbarkeit

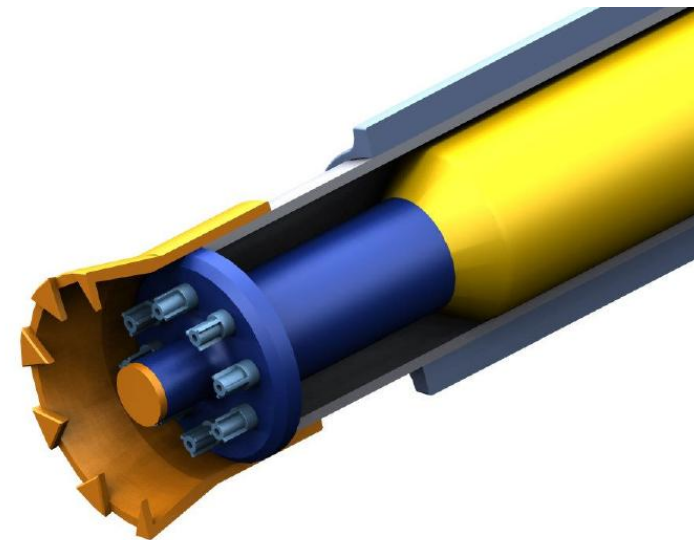
### Spülungsführung:

Spülungsrate: 3000 l/min

Spülungsgeschw.: < 15 m/s

Res. Querschnitt: 3400 mm<sup>2</sup>

Verfügbarer Querschnitt: 44500 mm<sup>2</sup>



- Druckverluste vergleichbar Rotarybohren

## EIV-Konzept und Machbarkeit

### Spülung:

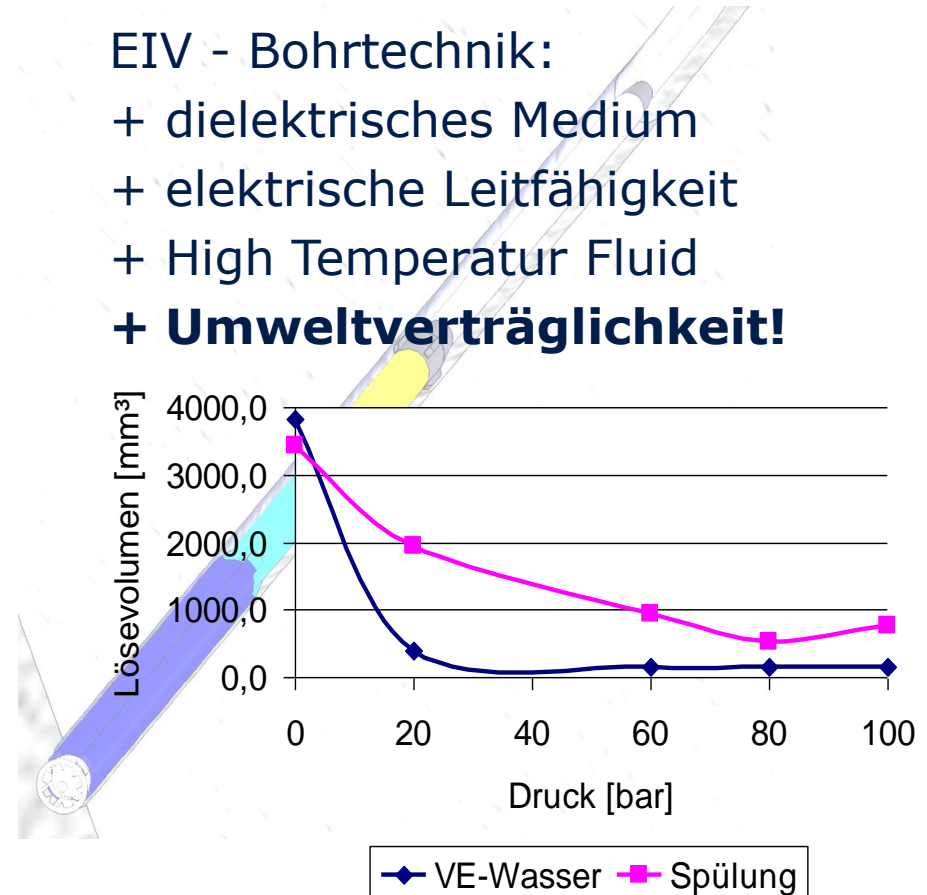
#### Rotarybohrtechnik:

- Austrag und Reinigung
- Formationsdrücke
- Bohrlochwand
- Energieübertragung
- Kühlen und Schmieren
- Vermeidung von Korrosion
- Information



#### EIV - Bohrtechnik:

- + dielektrisches Medium
- + elektrische Leitfähigkeit
- + High Temperatur Fluid
- + **Umweltverträglichkeit!**



## Zusammenfassung

Geologische Anforderungen und Anwendungspotenzial	✓
Maschinenkonzept	✓
Verfahrensgrenzen	✓
Spülungsmedium	✓

+ Umsetzung prinzipiell möglich

