

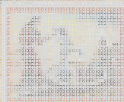
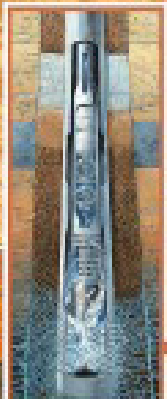
# Tonpellets für Brunnen- und Erdwärmesondenbohrungen

Auswirkungen von Spülmittelzusätzen und Ausbaumaterialien auf das Grundwasser

24.06.2014 Stadthalle Idstein

Peter Mielenz

GWE pumpenboese GmbH, Peine



## Anforderungen zum Grundwasserschutz

Beim Bohrvorgang perforierte wasserundurchlässige Gesteine (Stauer), die im natürlichen Gefüge Grundwässer unterschiedlicher Güte und Beschaffenheit voneinander trennen müssen beim Ausbau einer Bohrung wiederhergestellt werden.

### Die Ziele lauten:

- Vermeidung hydraulischer Kurzschlüsse und Wiederherstellung der natürlichen Druck- und Fließverhältnisse im durchteuften Gestein.
- Schutz tiefliegender Aquifere vor dem Zufluss anthropogen belasteter Oberflächenwässer.
- Zielgenaue, unverfälschte Probennahme einzelner Grundwasserleiter.

### Anforderungen an Dichtungsmaterialien für Ringraumabdichtungen im Brunnenbau

- Hydraulische Undurchlässigkeiten entsprechend, bzw. kleiner als die der durchteuften, grundwasserstauenden Sedimente im geologischen Profil
- Wirksamkeit im eingebauten Zustand - Systemdichtigkeit
- Zielgenaue Platzierbarkeit im Brunnenringraum
- Geophysikalische Nachweisbarkeit
- Trinkwasserhygienische Unbedenklichkeit



## Tonformlinge – Pellets

Bentonithaltige stranggepresste Formlinge mit hoher Wasseraufnahmefähigkeit



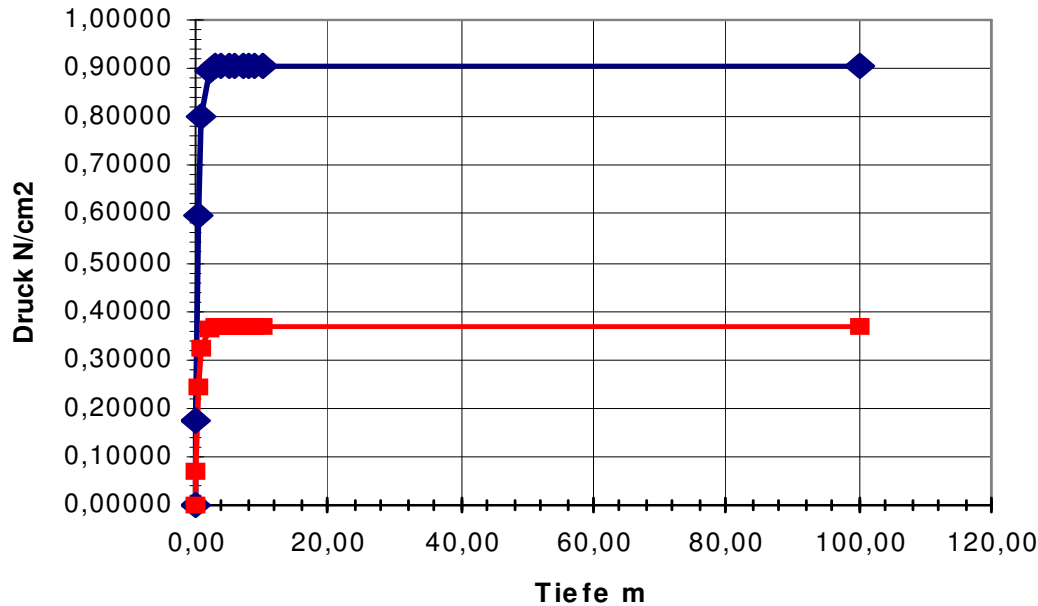
### Handelsnamen

Compactonit  
Wetronit  
Quellon  
Mikolit

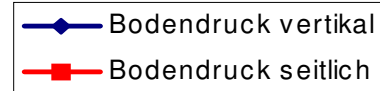
### Kompaktierende Kräfte von Schüttmaterialien im Brunnenringraum

- Die Gewichtskräfte von Schüttmaterialien im Ringraum von Brunnen und Grundwassermessstellen werden nach der Silodrucktheorie zum größten Teil auf die Bohrlochwand und Mantelfläche der Rohre abgetragen
- Insbesondere in kleinkalibrigen Bohrungen sind in den entsprechenden Ringraumquerschnitten nur kleine kompaktierende Vertikallasten auf Tonschüttungen wirksam
- Bohrloch 150 mm – Aufsatzrohr 75 mm – Bodendruck vertikal ca. **0,9 N/cm<sup>2</sup>**
- **Fazit:**
- Eine Kompaktierung von geschütteten Tonformlingen im Brunnenringraum findet praktisch nicht statt.
- **Dies ist bei den Untersuchungsbedingungen und der Interpretation gemessener Baustoffkennwerte entsprechend zu berücksichtigen**

Druckverteilung Ringraum 150/75 mm



Kompaktierende Kräfte auf geschüttete Tonformlinge im Brunnenringraum



### Ermittlung des effektiven Bodendrucks im Brunnenringraum

$$\text{Bodendruck } p_b = 1/k_1 * SG * g/\mu * AR/UR * (1 - \exp(-z * UR/AR * \mu * k_1))$$

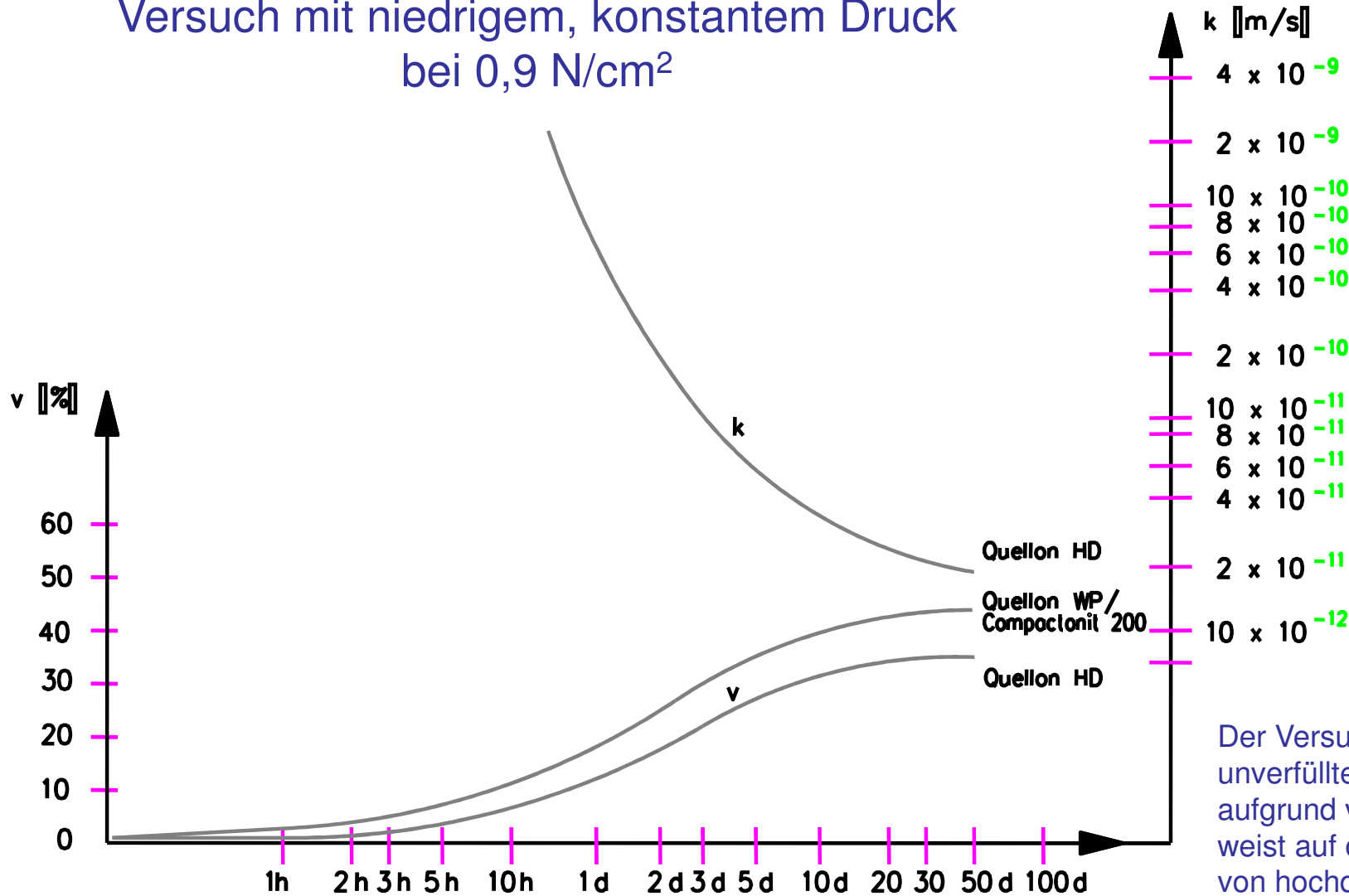
(Statik des Stahlbetonbaues n. Beyer)

$K_1 = p_s/p_b = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$   
 $\phi = 25^\circ$  Reibungswinkel Boden  
 $SG = 2000 \text{ kg/m}^3$ , Dichte Boden  
 $\mu = 0,1$  Reibungszahl Boden/Rohre  
 $AR$  = Querschnittsfläche Ringraum  
 $UR$  = Umfang Ringraum  
 $z$  = Tiefenkoordinate von GOK

# Ringraumabdichtungen

## Tonpellets für Brunnenbohrungen

Versuch mit niedrigem, konstantem Druck  
 bei 0,9 N/cm<sup>2</sup>



Quellfähige  
 Tonpellets bei einer  
 konstanten, kleinen  
 Vertikallast von 0,9  
 N/cm<sup>2</sup> im KD- Gerät

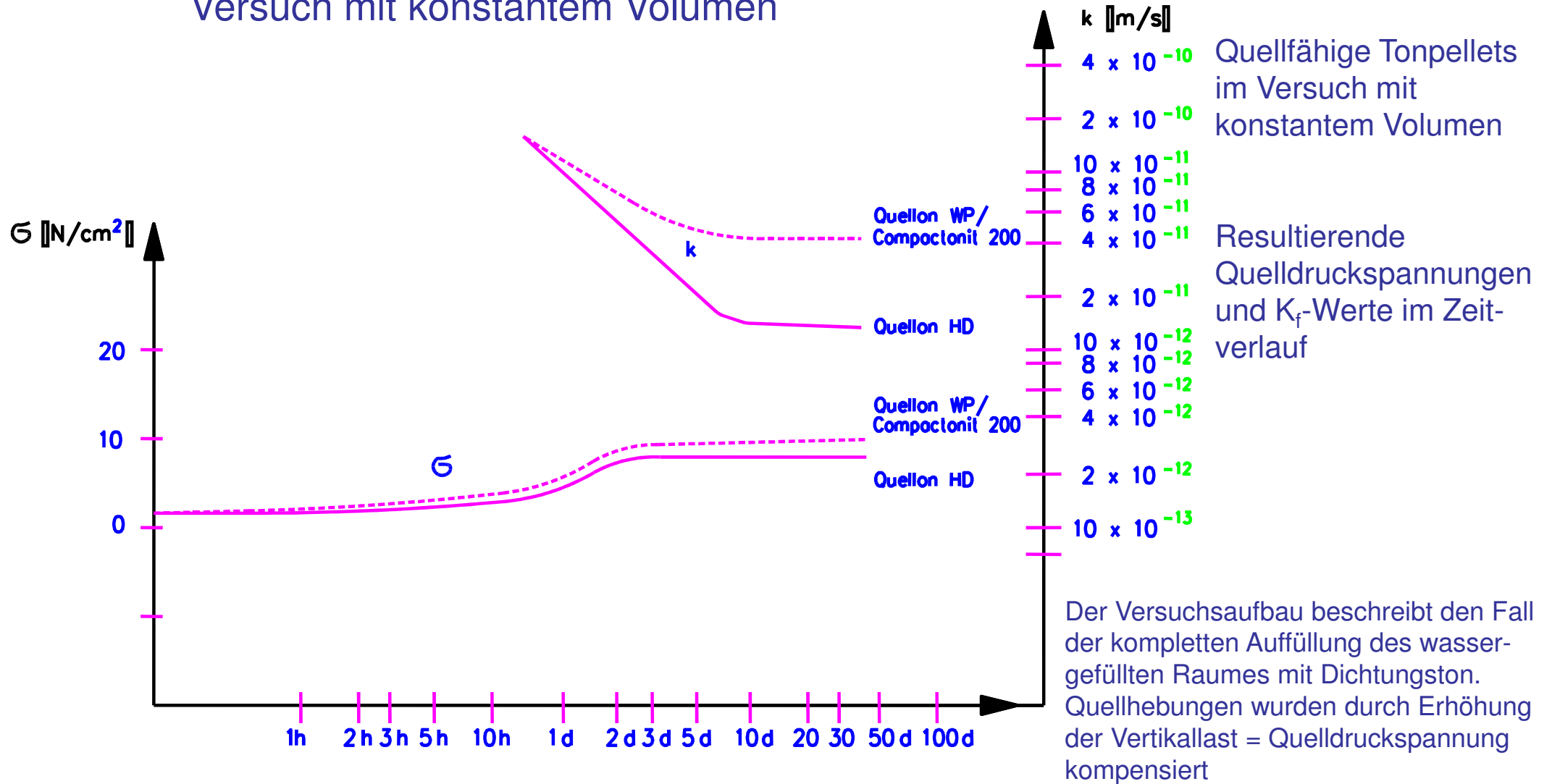
Resultierende  
 K<sub>f</sub>- Werte und  
 Volumendehnungen  
 im Zeitverlauf

Der Versuchsaufbau simuliert den Fall  
 unverfüllter Resthohlräume, z.B.  
 aufgrund von Bohrlochaufweitungen und  
 weist auf die hohe Sicherheitsreserve  
 von hochquellfähigen Tonpellets hin.

# Ringraumabdichtungen

## Tonpellets für Brunnenbohrungen

### Versuch mit konstantem Volumen





### Einbau von Tonpellets durch freies Schütten im Ringraum

- Vor dem Einbau ist die erforderliche Tonmenge zu ermitteln. Hierbei gilt:  
Quellon HD kg/m:  $(\varnothing \text{ Bohrung dm}^2 - \varnothing \text{ Rohr dm}^2) \times 11$   
Comp. 10/200 kg/m:  $(\varnothing \text{ Bohrung dm}^2 - \varnothing \text{ Rohr dm}^2) \times 7,85$
- Abschätzen der Falldauer: Quellon HD 35m/min in Wasser  
Comp. 10/200 25 m/min.
- Gleichmäßiges Schütten zur Vermeidung von Schüttbrücken
- Aufbau der Tonschüttung mittels Kieselot kontrollieren
- Beim Rückbau von Schutzrohren diese max. 1- 2 m überschütten
- Tonschüttung unmittelbar nach Setzung mit Füllkies überdecken.
- Tonabdichtung ca. 10h ruhen lassen bevor durch Pumpmaßnahmen hydraulische Gefälle erzeugt werden.

# Ringraumabdichtungen

Tonpellets für Brunnenbohrungen



## Übersicht Qualitätsmerkmale GWE Dichtungstone - Anwendungsempfehlungen

	Quellon HD	Mikolit 300 Mikolit 300 M	Quellon WP	Compactonit 10/200	Compactonit 10/80	Mikolit 00	Compactonit TT 3/8
<b>Produktmerkmale</b>	Hochquellfähig Pelletform Hohe Dichte Magnetisch	Gut Quellfähig Pelletform Magnetisch	Hochquellfähig Pelletform Gammaaktiv	Hochquellfähig Pelletform	Gut Quellfähig Pelletform	Gut Quellfähig Pelletform	Mäßig Quellfähig Granulat
<b>Systemdichtigkeit</b>	++	+	++	++	+	0	0
<b>Sinkverhalten</b>	++	+	+	+	+	+	0
<b>Meßbarkeit</b>	++	+	++	0	0	0	0
<b>Strukturstabilität</b>	++	+	++	++	++	+	0
<b>Anwendungsempfehlungen</b>	Abdichtungen > 100 m Sichere Detektion mittels Magnetiklog	Maßhaltige Bohrungen mit Schutzverrohrungen Nachweis im Magnetiklog	Abdichtungen in Spülbohrungen Sichere Detektion im Gammalog	Abdichtungen in Spülbohrungen	Maßhaltige Bohrungen mit Schutzverrohrungen	Maßhaltige Bohrungen mit großen Durchmessern	Großkalibrige Bohrungen bis Einbautiefen < 25 m

Bewertungsmerkmale:

++ sehr gut

+ gut

0 mäßig

### Fazit Baustoffkennwerte:

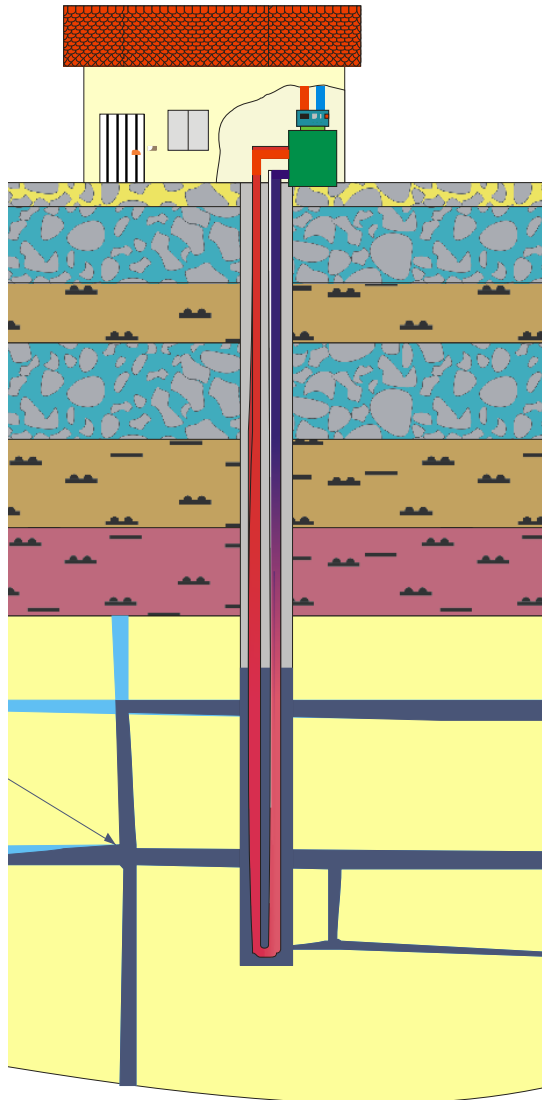
- Quellfähige Dichtungsmaterialien auf der Grundlage von Bentonit bewirken durch Quelldruckspannung eine kraftschlüssige Anbindung an Grenzflächen, aus der sehr gute Systemdichtigkeiten resultieren.

### Einsatzgrenzen für Tonformlinge:

- Einsatzgrenzen ergeben sich beim Einsatz von Tonpellets in tiefe Brunnen Grundwassermessstellen und generell Erdwärmesondenbohrungen. Da der Einbau von Pellets in der Regel über freies Einschütten in den Ringraum und Absinken in Grundwasser, bzw. Bohrspülung erfolgt nimmt die Gefahr zur Ausbildung von Schüttbrücken mit zunehmender Einbautiefe zu. Insbesondere in mit Duplex Sonden bestückten kleinkalibrigen Erdwärmebohrungen ist ein homogener Einbau von Schüttgütern aufgrund ungünstiger Ringraumquerschnitte praktisch unmöglich.

# Ringraumabdichtungen

Tonpellets für Brunnenbohrungen

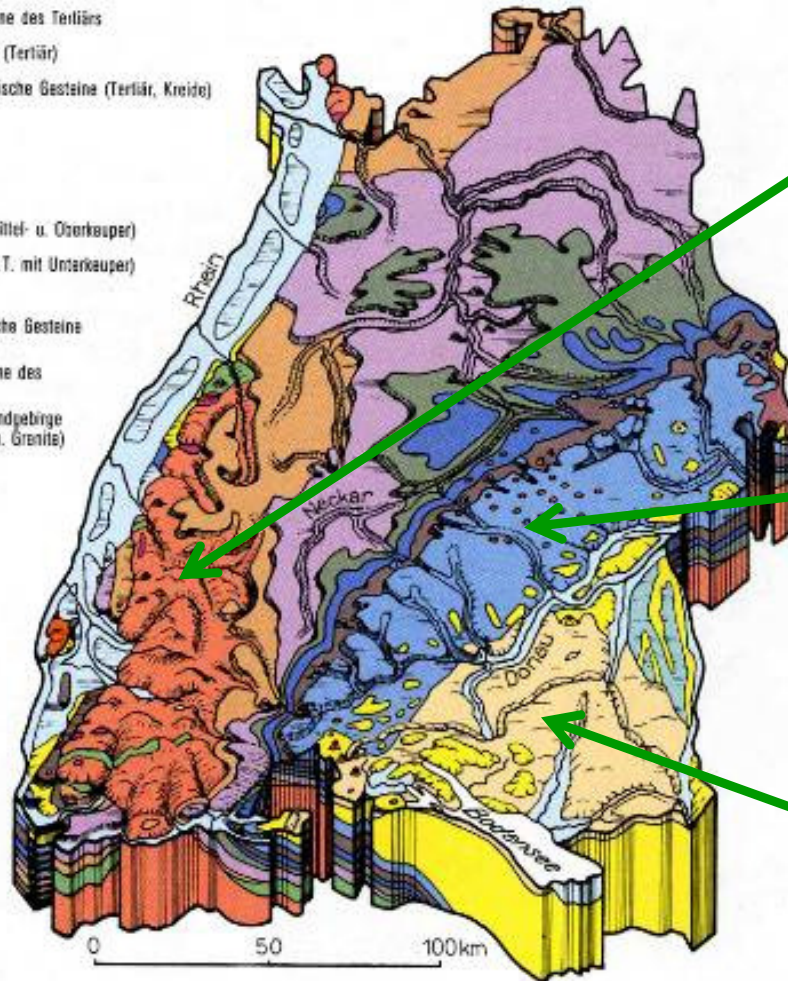




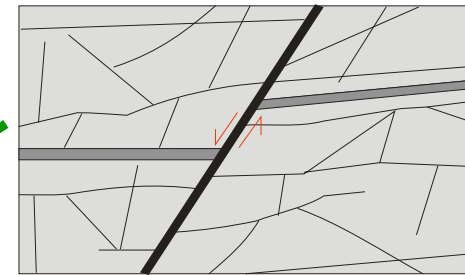
# Ringraumabdichtungen

## Tonpellets für Brunnenbohrungen

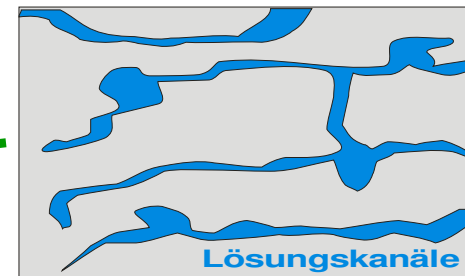
-  Schotter, z.T. überdeckt (Quartär)
-  Moränensedimente, mit Äußerer Jungendmoräne (Pleistozän)
-  Deckerschotter (Pleistozän)
-  Sedimentgesteine des Tertiärs
-  Impaktgesteine (Tertiär)
-  Jüngere vulkanische Gesteine (Tertiär, Kreide)
-  Oberjura
-  Mittejura
-  Untejura
-  Keuper (l.w. Mittel- u. Oberkeuper)
-  Muschelkalk (z.T. mit Unterkeuper)
-  Buntsandstein
-  Ältere vulkanische Gesteine (Paläozoikum)
-  Sedimentgesteine des Paläozoikums
-  Kristallines Grundgebirge (meist Gneise u. Granite)



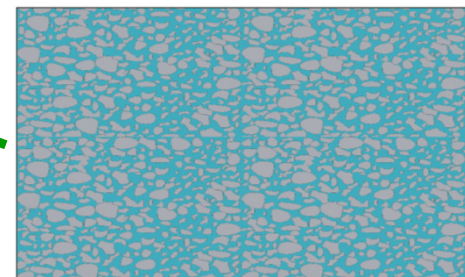
### Kluftgrundwasserleiter



### Karstgrundwasserleiter



### Porengrundwasserleiter





# Ringraumabdichtungen

Tonpellets für Brunnenbohrungen

## Quellfähige Tonpellets mit erhöhter thermischer Leitfähigkeit durch Graphit Zusatz

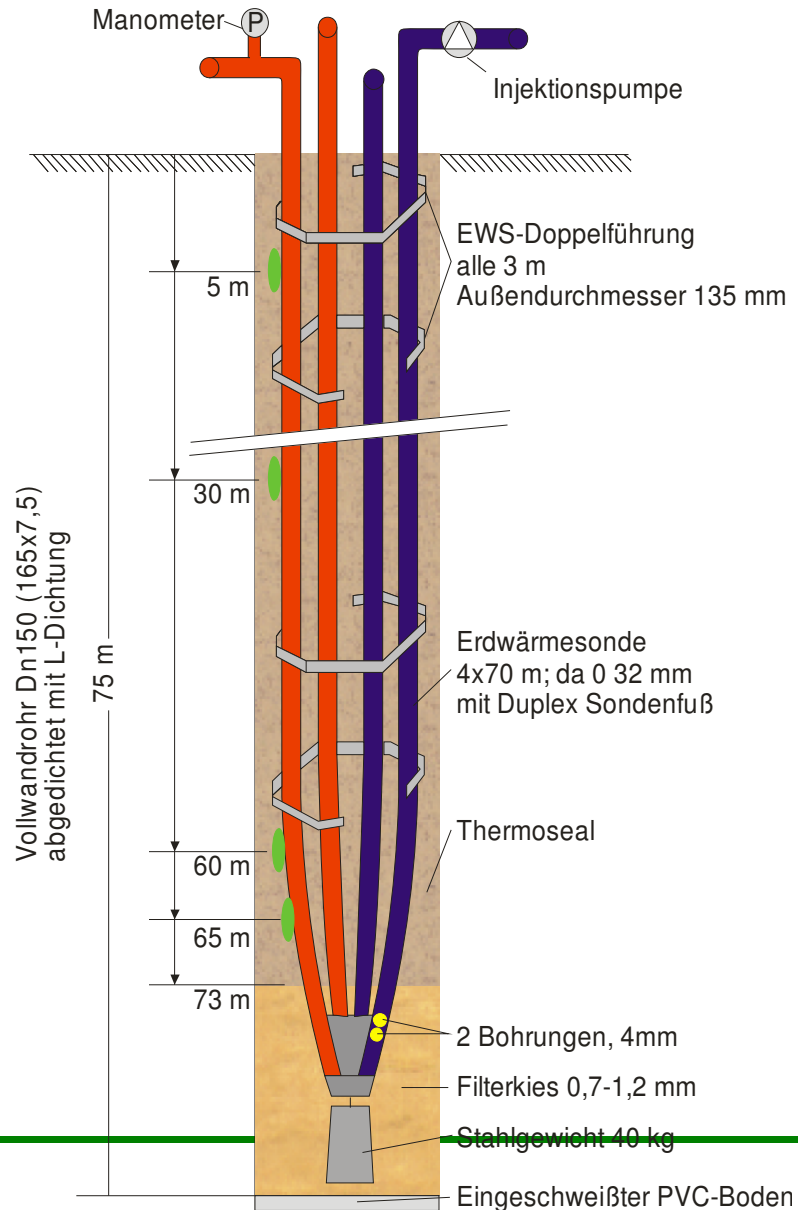


- Pelletform: Länge 2-12 mm; Durchmesser: 8 mm
- Mineralogie: Quarz, Smectit, Kaolinit, Illit, Graphit



# Ringraumabdichtungen

## Tonpellets für Brunnenbohrungen



## Technikums Versuch zum Nachweis der Systemdichtigkeit einer mit Thermoseal verfüllten Erdwärmesonde

Diplomarbeit Oliver Mielenz 2008

82 x 8 mm Bohrungen  
 am Fuß der Sonde



# Ringraumabdichtungen

Tonpellets für Brunnenbohrungen

Rückbau der kompletten „EWS“ aus Versuchsschacht



Freigelegte  
Thermoseal  
Ringraumhinter-  
füllung aus  
Technikums Versuch  
Diplomarbeit Oliver  
Mielenz 2008

→ Lückenlose Verfüllung  
an einer Engstelle



### Einbau von Tonformlingen mit Schlauchpumpentechnik

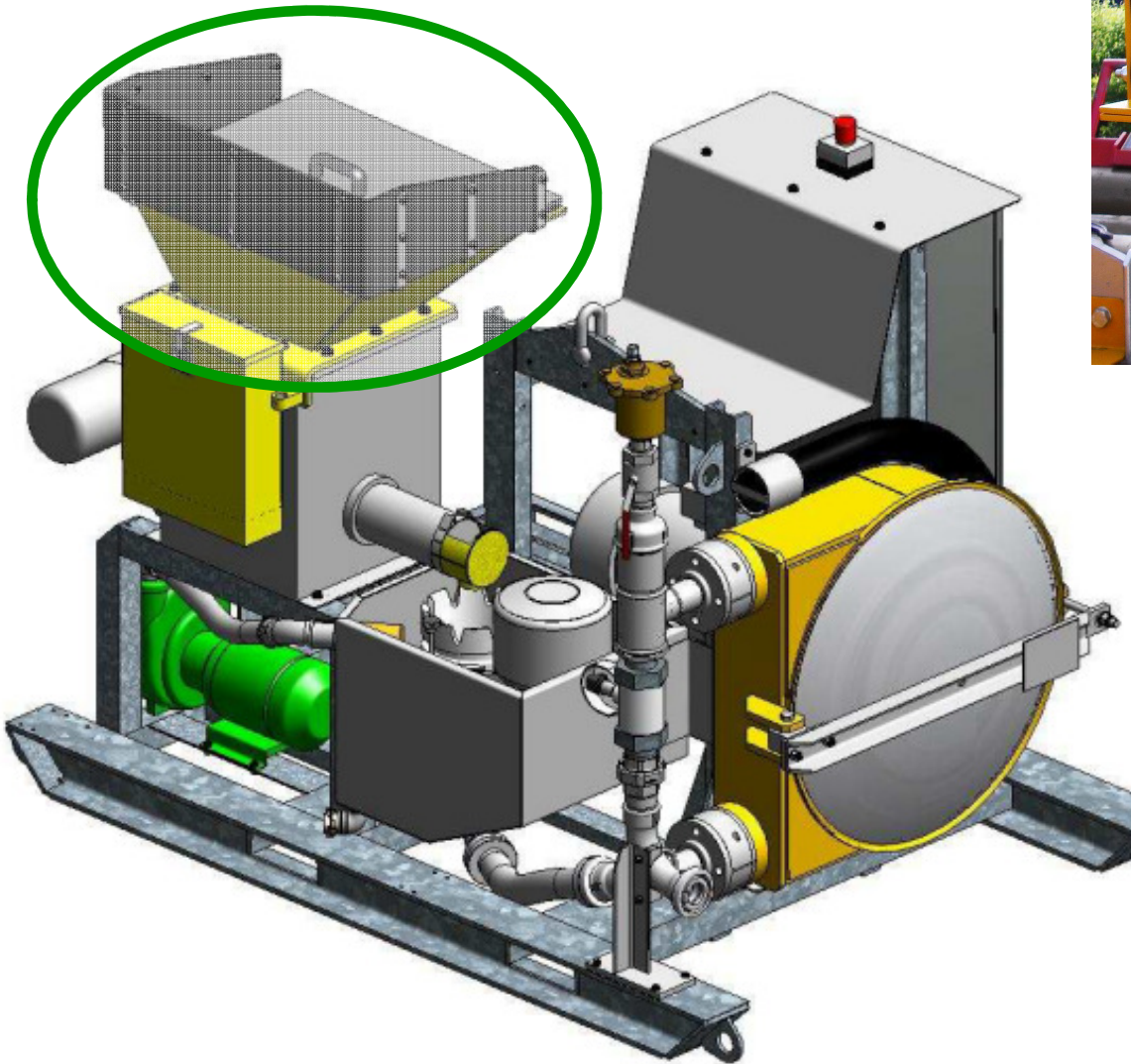
Für einen zielgenauen und kontrollierten Einbau von Dichtungston in tiefe, enge Ringräume hat sich die Verwendung einer sogenannten Tonpelletverpumpanlage bewährt. Die gemeinsam von der MAT Mischanlagentechnik, der Fa. Terratech und der GWE entwickelte Anlage wurde speziell für das Verbringen von thermisch gut leitfähigen Tonpellets in Erdwärmesonden von entwickelt. Diese Technik hat sich aber auch im Horizontal- und Vertikalbrunnenbau bewährt.

Hierbei handelt es sich um eine kompakte Verpumpanlage mit der Tonpellets zerstörungsfrei über eine Schlauchpumpe und einer HDPE Rohrleitung (da 32/da 40) direkt in den abzudichtenden Ringraumabschnitt zielgenau platziert werden.

# Ringraumabdichtungen

## Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen

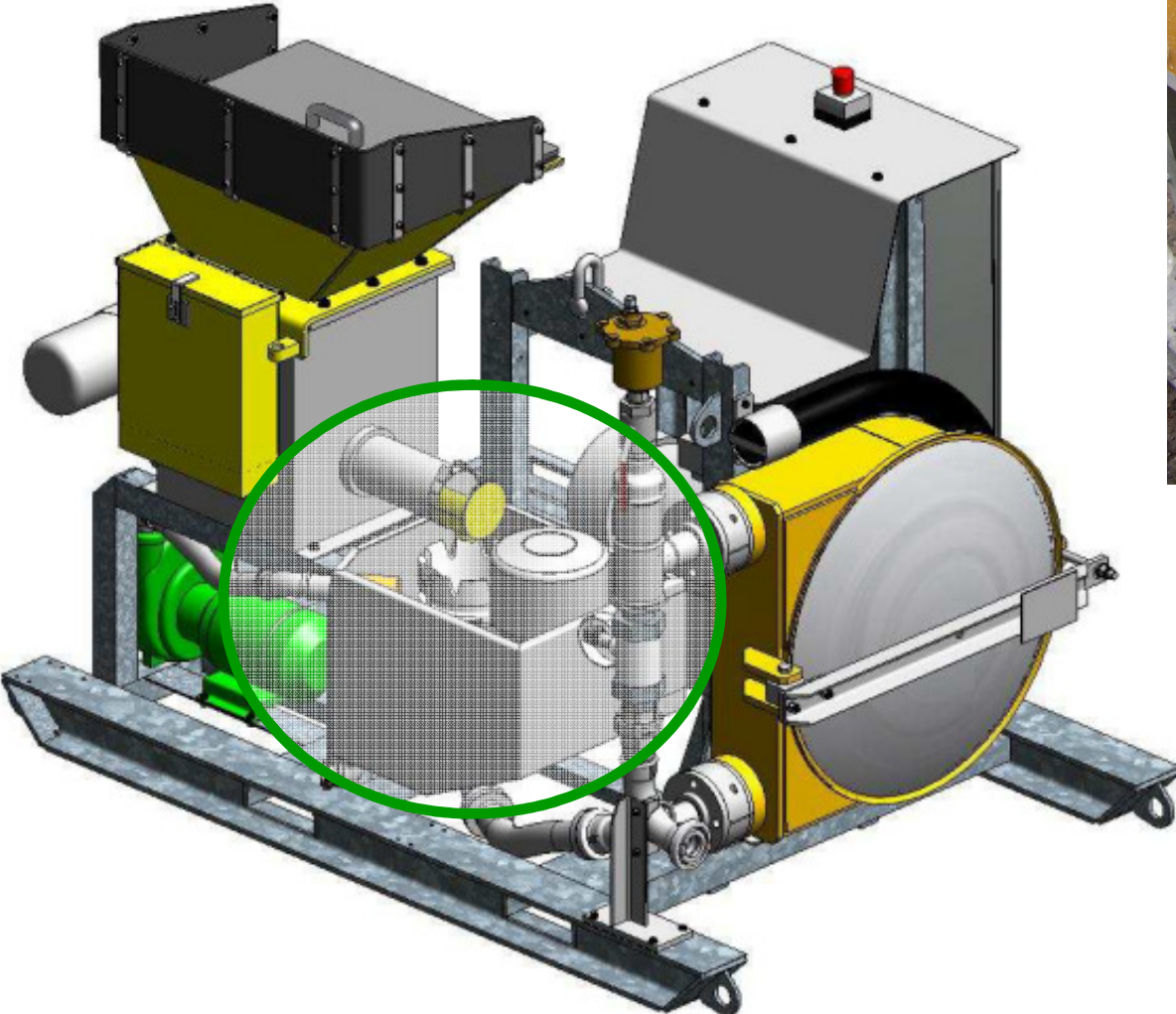
### Tonpelletverpumpanlage HPV 10E





# Ringraumabdichtungen

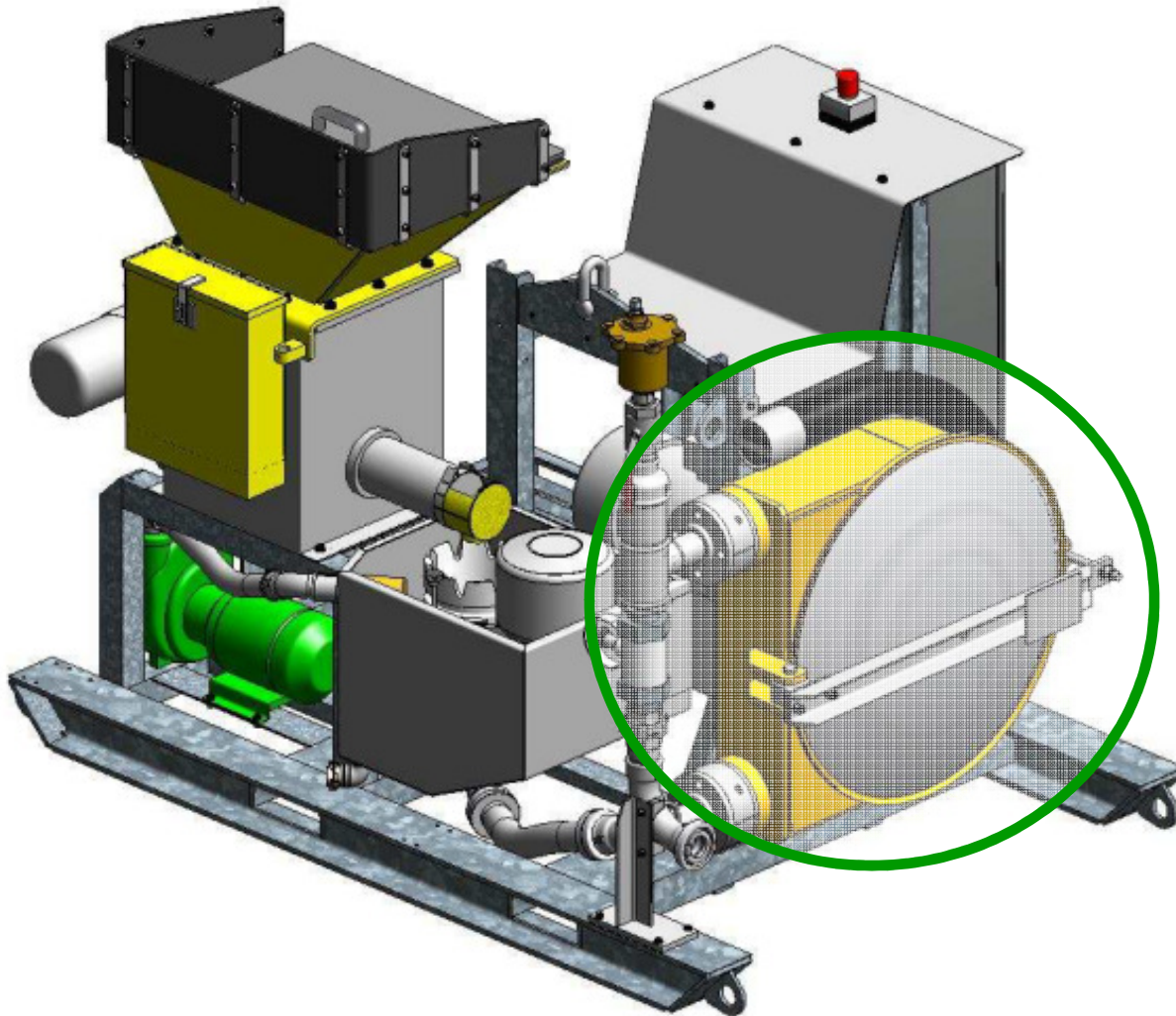
Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen





# Ringraumabdichtungen

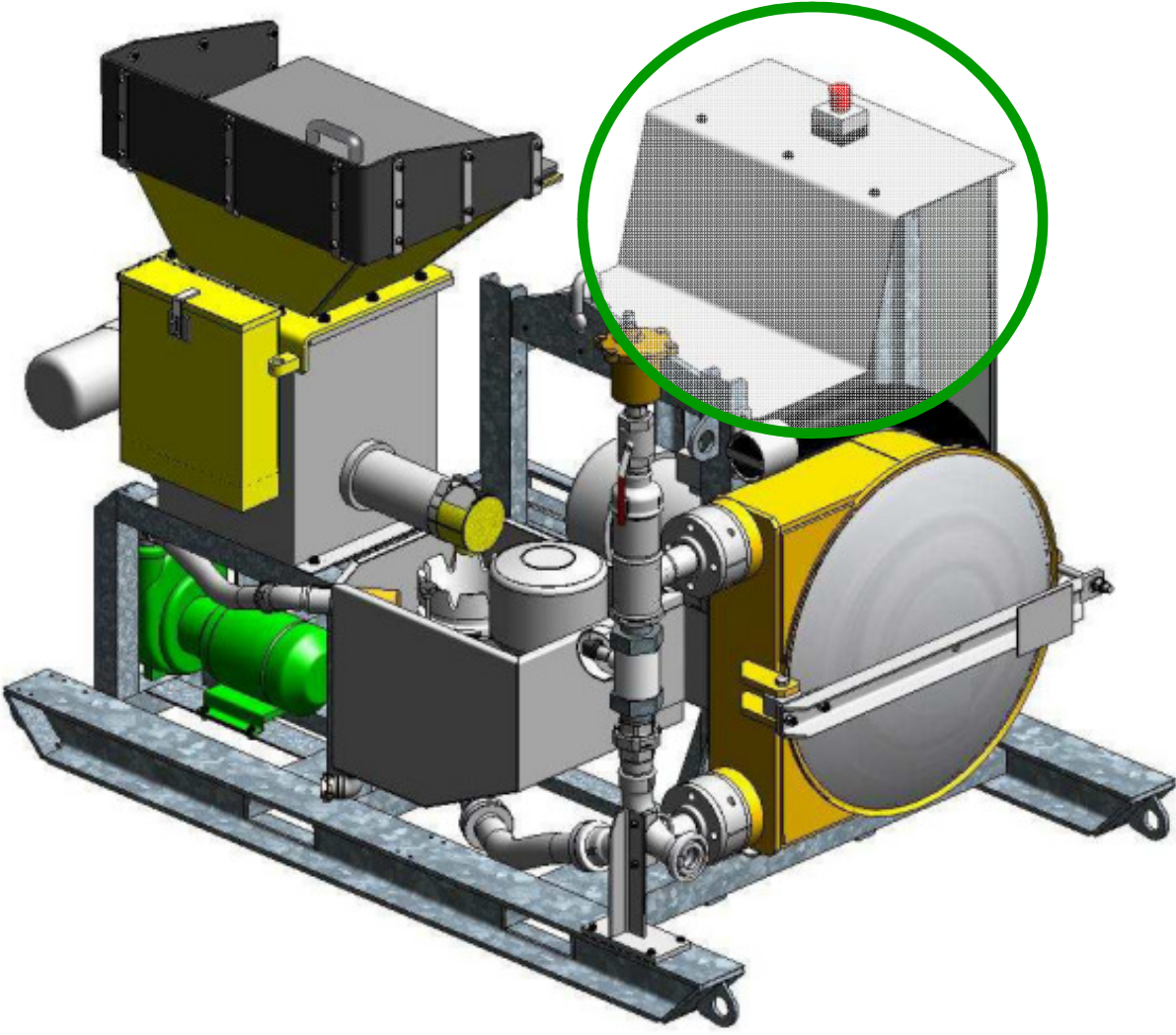
Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen





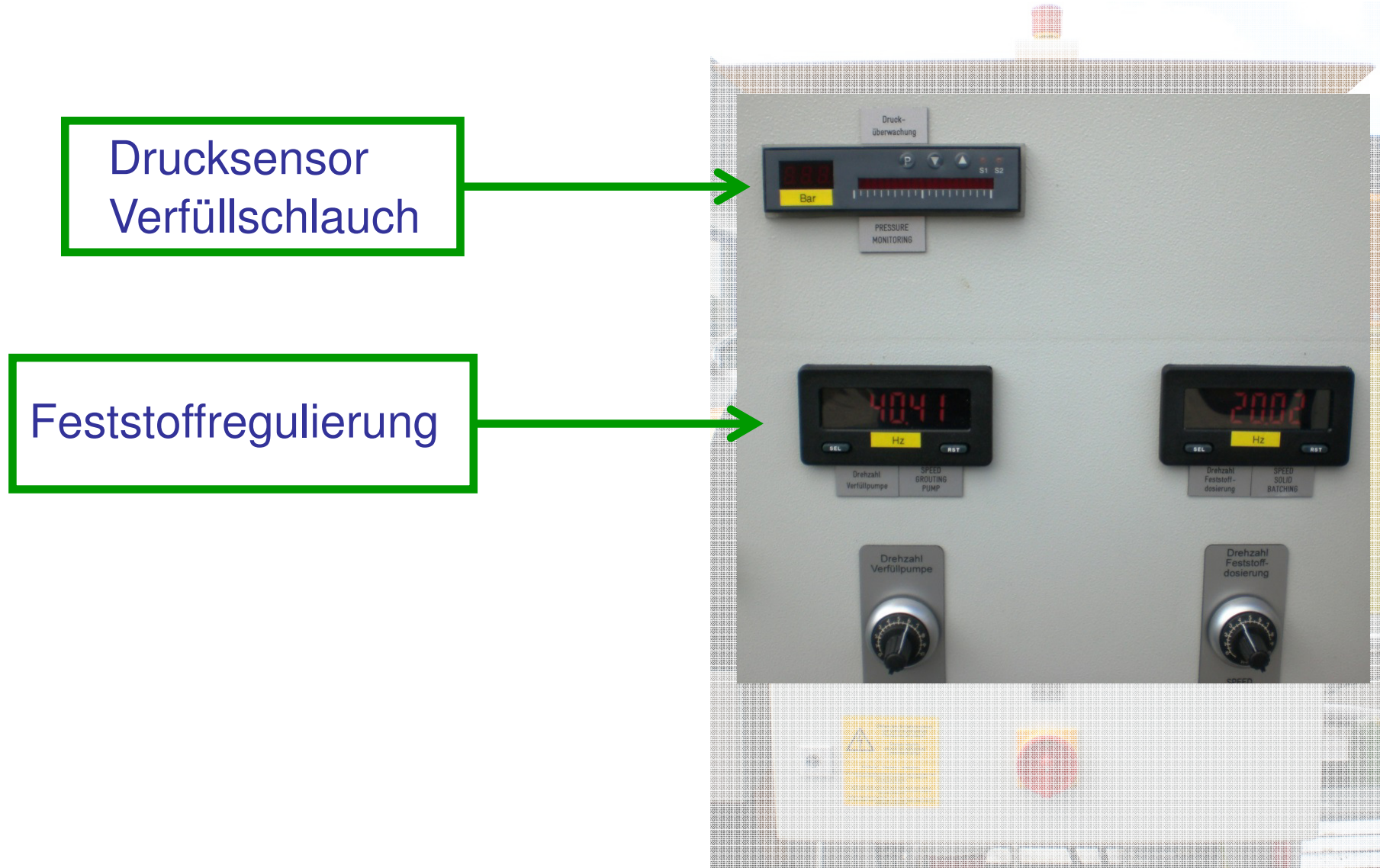
# Ringraumabdichtungen

Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen



# Ringraumabdichtungen

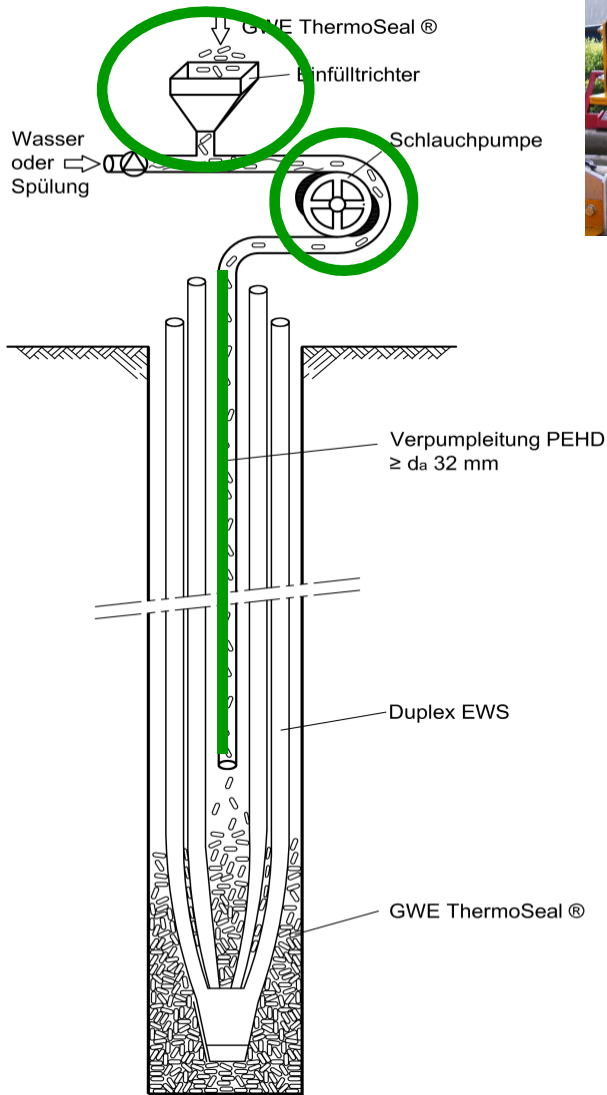
## Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen





# Ringraumabdichtungen

## Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen



# Ringraumabdichtungen

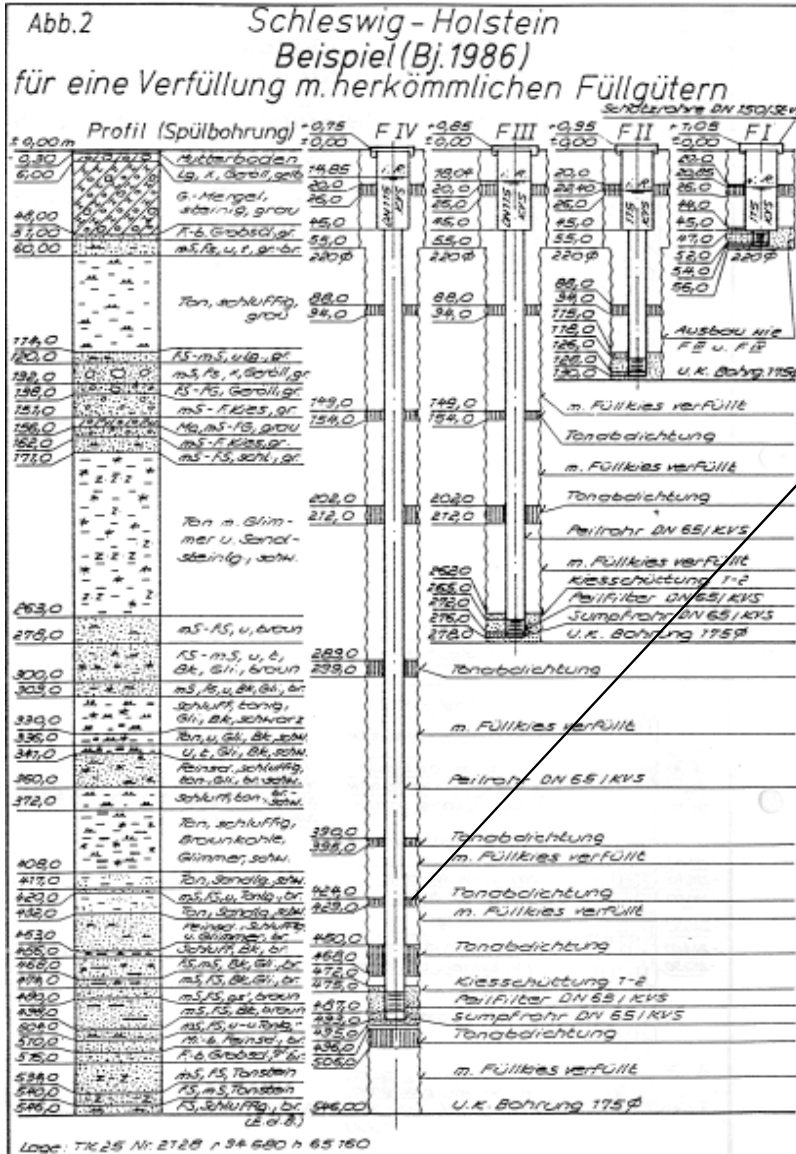
Tonpellets für Erdwärmesondenbohrungen

## Kenndaten der Tonpelletverpumpanlage HPV 10 E:

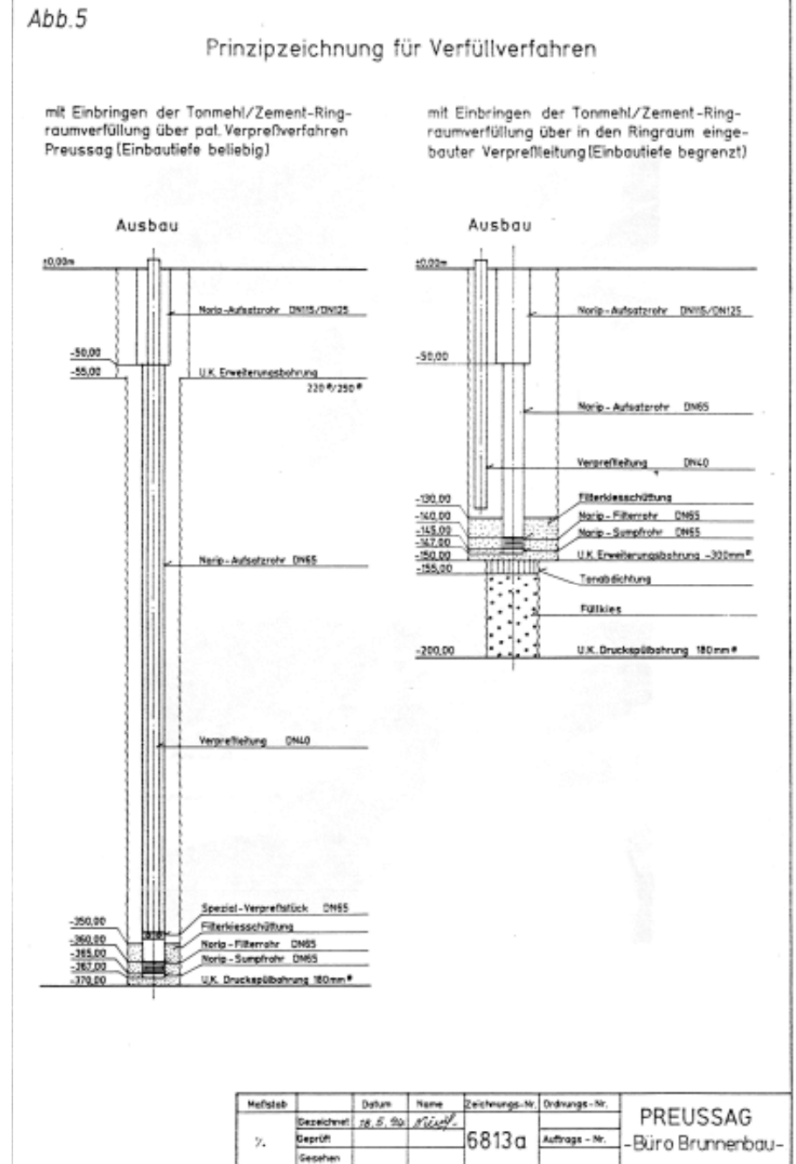
- max. Förderdruck Schlauchpumpe: 8 bar
  - Motorleistung Schlauchpumpe: 5,5 kW
  - Motorleistung Suspensionspumpe: 2,2 kW
  - Motorleistung Dosiereinrichtung: 1,1 kW
  - Anschlussspannung : 400 VAC / 50 Hz
  - Anschlussleistung gesamt: 9,5 kW
  - Einbaugeschwindigkeit: ca. 1500 kg/ThermoSeal pro Std.  
ca. 4000 kg/Wasser pro Std.
- ≈ 25 kg Tonpellets pro min  
≈ 66 kg Wasser pro min



# Ringraumabdichtungen mit Tonformlingen - Suspensionen

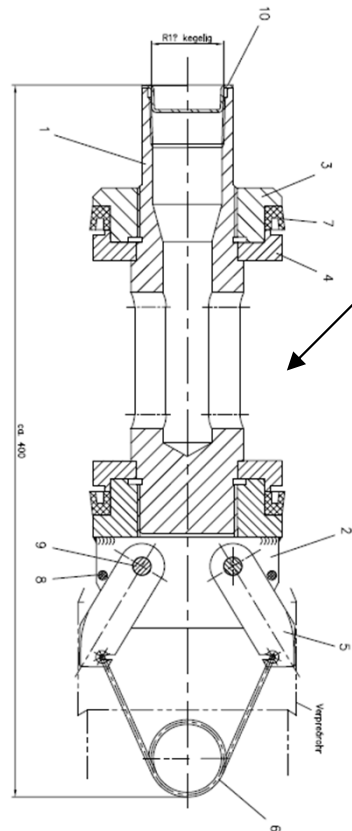


Tonsperre von 424-429 m

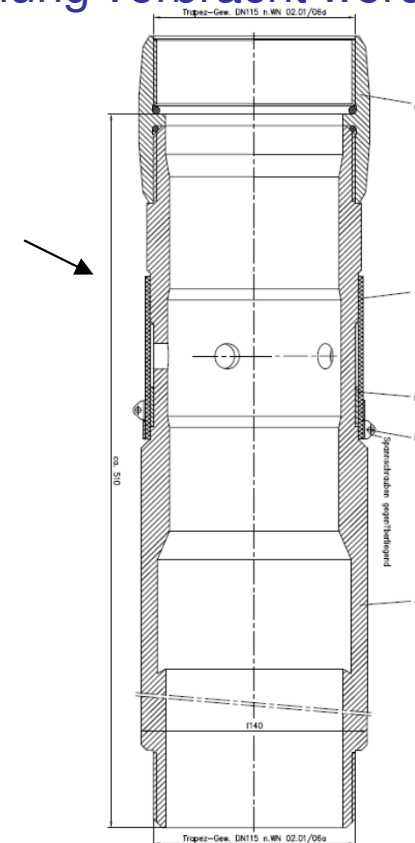


# Ringraumabdichtungen mit Tonformlingen - Suspensionen

Eine sehr gute Alternative besteht neben der Verwendung von beschwerten Tonpellets (Quellon HD) für die Herstellung von Ringraumabdichtungen bei Einbautiefen  $> 100$  m in der Verwendung von verpressfähigen Dichtungsmassen, die über Zementiergestänge, Verpresskolben und Ventilrohr aus der Aufsatzrohrstrecke heraus (Einbautiefe bis 600 m) in den abzudichtenden Ringraum als Kompletthinterfüllung verbracht werden.



Verpresskolben und Ventilrohr  
zum Verpressen von  
Dichtungsmasse aus einer PVC  
Norip Ausbauserohrung bei  
Bohrteufen  $> 100$  m – 600 m



## Qualitätsmerkmale qualitativ hochwertiger Tonformlinge

- Gute Quelfähigkeit zur Entwicklung von Quelldruckspannung und Erzielung hoher Systemdichtigkeit im eingebauten Zustand
- Definierte Formgebung als Pellet oder Kugel mit glatten Oberflächen, für gutes Absinkverhalten in Wasser oder Bohrspülung
- Hohe Strukturstabilität zum Erhalt der Formgebung während der Einbauphase
- Markierung mit geophysikalisch detektierbaren Mineralien für signifikanten Nachweis bei Ringraumkontrollmessungen
- Trinkwasserhygienisch unbedenklich

### Fazit:

- Die GWE Gruppe beschäftigt sich seit mehr als 30 Jahren mit der Entwicklung qualitativ hochwertiger Dichtungsmaterialien für die Komplettierung von Bohrungen im Brunnenbau und zur Gewinnung oberflächennaher Geothermie.
- Während dieser Zeit investierte die GWE beträchtliche Mittel für zahlreiche Technikums Versuche, anwendungstechnische Mitarbeiter, Diplomarbeiten, Baustoffuntersuchungen zur Ermittlung der Wirksamkeit/Unbedenklichkeit von Dichtungsprodukten. Nicht zuletzt hat eine intensive Kooperation mit namhaften Brunnenbauunternehmen und Bohrlochmessfirmen auch zur Entwicklung neuartiger Einbautechniken für die Platzierung von Abdichtungen insbesondere in tiefe Brunnenringräume geführt.
- Gern stellt die GWE das vorhandene Know How interessierten Mitarbeitern aus Planungsbüros, Fachbehörden, Bohrfirmen und Wasserversorgungsunternehmen zur Verfügung.
- Downloads zum Thema sind auch auf der GWE Homepage abrufbar.



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

