

Anforderungen an die hydraulische Systemdurchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

Inhalt

- Einleitung, Begriffe
- Abdichtung von EWS-Bohrungen
- Systemdurchlässigkeiten von EWS-Bohrungen (Beispiele)
- Anforderungen an die Systemdurchlässigkeiten von EWS

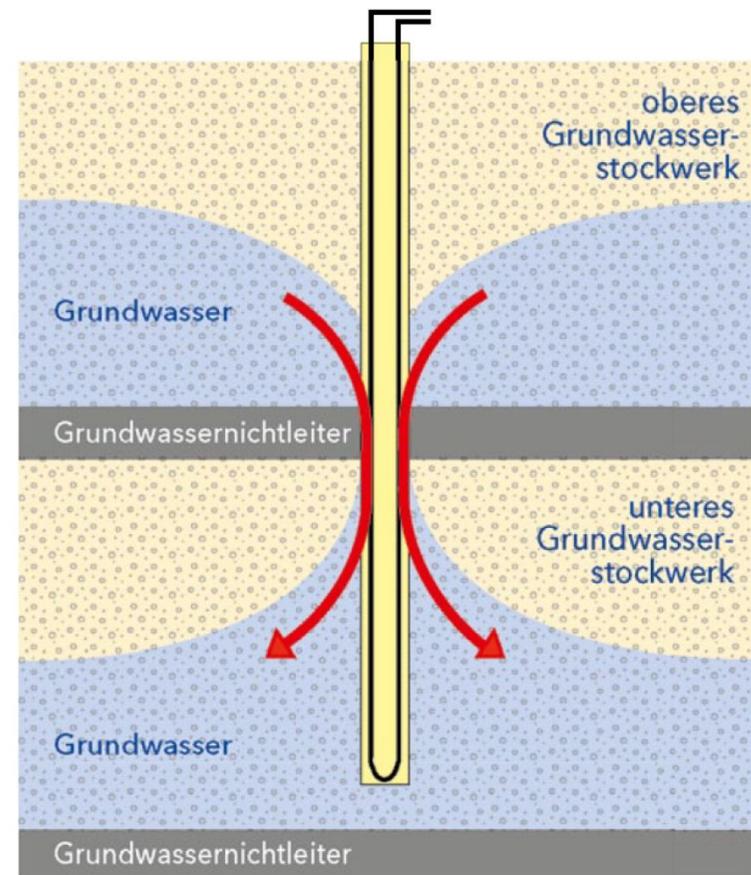
Abdichtung von EWS-Bohrungen

Beispiel:

Leitfaden Erdwärmenutzung Hessen

20. Die Bohrlöcher für die Erdwärmesonden sind ... vollständig zu verpressen. Sie müssen dauerhaft dicht sein. Ein Austausch von Wässern verschiedener wasserführender Schichten muss ausgeschlossen sein.

23. Für den ausgehärteten Verfüllbaustoff muss der Nachweis erfolgen, dass ... die Abdichtungsfunktion des ausgehärteten Verfüllbaustoffs (k_f -Wert $< 10^{-8}$ m/s) dauerhaft erhalten bleibt.



Wie dicht ist dicht?

- Begriffsdefinitionen für den Bereich Geotechnik nach Kluckert (2007) -

Wasserdicht heißt, in einem Bauteil oder einem Baustoff begrenzter Dicke darf an der benetzten Oberfläche weder Wasser eindringen noch an der dem Wasser abgewandten Oberfläche austreten. Diese Eigenschaften besitzen z. B. Glas, Stahl oder Kunststoff.

Wasserundurchlässig heißt, in einen Bauteil oder einen Baustoff begrenzter Dicke darf an der benetzten Oberfläche zwar Wasser bis in eine begrenzte Tiefe eindringen, jedoch nicht an der dem Wasser abgewandten Oberfläche austreten. Diese Eigenschaften besitzen z. B. Beton, Naturstein oder Dichtbaustoffe.

Wasserdurchlässig sind alle Bauteile, Baustoffe und Böden in die an der benetzten Oberfläche eine bestimmte Menge Wasser eindringt, und diese an der dem Wasser abgewandten Oberfläche wieder austritt.

> In der Geotechnik beschreibt der Begriff „dicht“ immer nur eine relative Dichtigkeit mit einer zwangsläufig dazugehörigen Durchlässigkeit!

Wie dicht ist dicht?

- Begriffsdefinitionen nach Adam et al. (2001) -

Abdichtung

Technischer Einbau oder Vorhandensein von Material, dass die Durchsickerung bzw. Durchströmung von Fluiden verhindert.

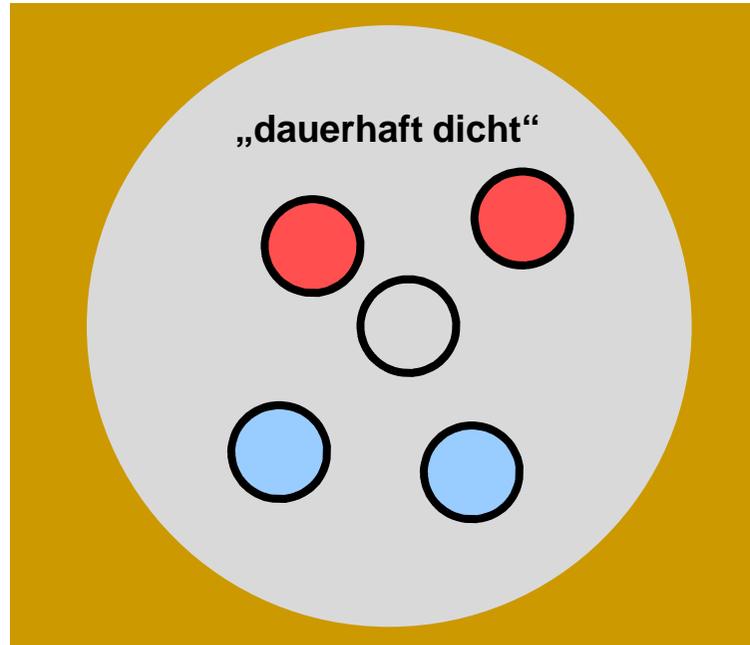
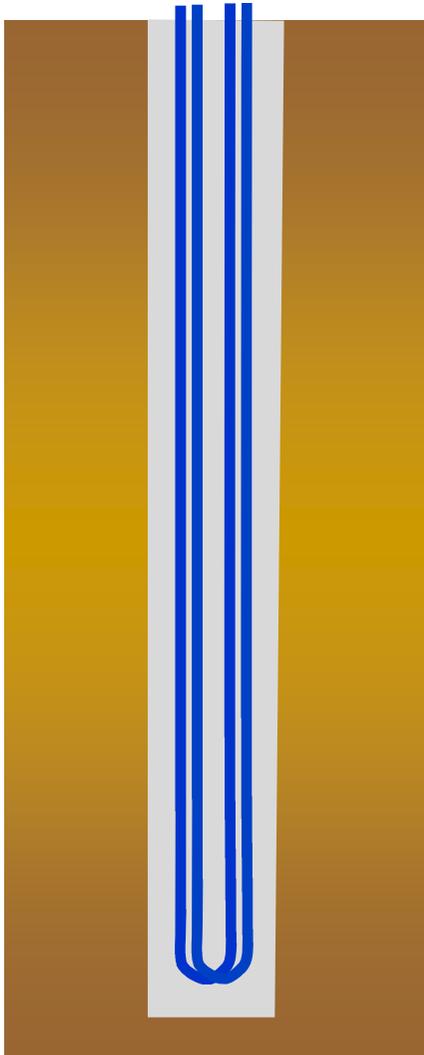
Abdichtungsmaterial

Undurchlässiges oder sehr schlecht durchlässiges Bodenmaterial, Gestein und / oder Kunststoff für eine technische Abdichtung (z. B. Sohlen von Deponien oder wasserwirtschaftlichen Bauwerken).

> Die im Zusammenhang mit der Errichtung von Erdwärmesondenbohrungen verwendeten Begriffe „Abdichtung“ oder „abdichten“ sind nicht mit einer „flüssigkeitsundurchlässigen“ Barriere oder deren Herstellung gleichzusetzen!

Durchlässigkeit von Erdwärmesondenbohrungen

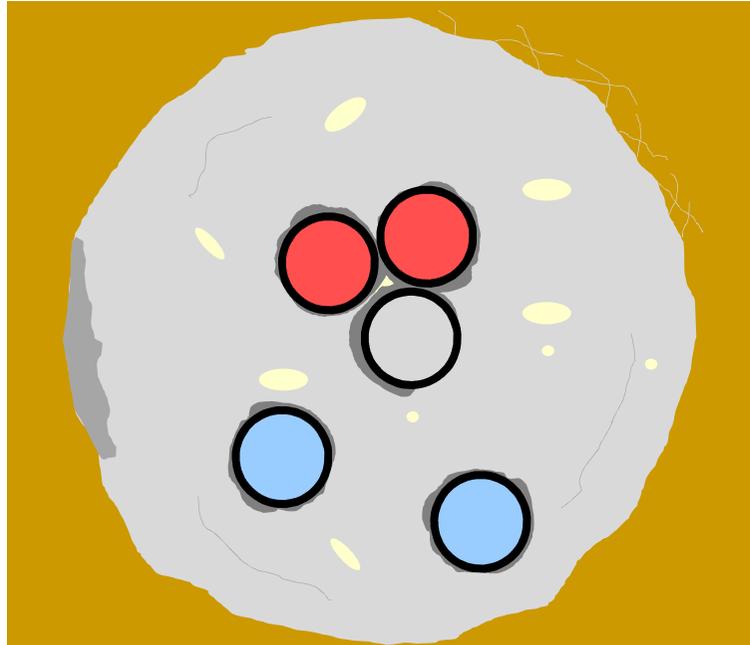
- Idealvorstellung und Realität -



- vollständige wasserundurchlässige Verfüllung des Bohrlochs zur Trennung von Grundwasserstockwerken
- vollständige wasserundurchlässige Umhüllung der Sondenrohre
- dauerhaft beständige Materialien

Durchlässigkeit von Erdwärmesondenbohrungen

- Idealvorstellung und Realität -



- Bohrlochwand z. T. aufgelockert
- Spülungsreste an Bohrlochwand
- Einschlüsse, Fehlstellen
- Risse
- Kontaktflächen

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

Das Maß für die Abdichtung einer EWS-Bohrung ist somit nicht allein die Materialdurchlässigkeit des ausgehärteten Verfüllbaustoffs, sondern die Durchlässigkeit des **Systems Erdwärmesonde**, bestehend aus

- Bohrlochwand mit angrenzendem, teils aufgelockertem Gebirge
- sämtlichen im Bohrloch eingebrachten Einbauten, z. B.
EWS und verbleibende Verfüllrohre, Abstandshalter und Zentrierhilfen, Klebeband, Gewichte aus Metall, Beton oder Kunststoff, Eisenstangen zur Begradigung der EWS am Sondenfuß, Spülungsreste, Messkabel (TRT), Geothermiepacker / -strümpfe
- Verfüllbaustoff (ausgehärtete Suspension, Ton, ggfs. mit Einschlüssen und Fehlstellen)
- **sämtliche Kontaktflächen der vorgenannten Elemente untereinander**

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

- Personenkreis Systemdurchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen -

Bund-/Länderausschuss
Bodenforschung (BLA-Geo)

Direktorenkreis der
Staatlichen Geologischen Dienste

Bodeninformationssysteme
(BIS-Steuerungsgruppe)

Ad-hoc-AG Boden

Ad-hoc-AG Hydrogeologie

Ad-hoc-AG Geologie

Ad-hoc-AG Rohstoffe



PK Systemdurchlässigkeit

Auftrag:
Empfehlungen für die Anforderungen an die
hydraulischen Systemdurchlässigkeiten von
Erdwärmesondenbohrungen

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

Ursachen für Durchlässigkeiten:

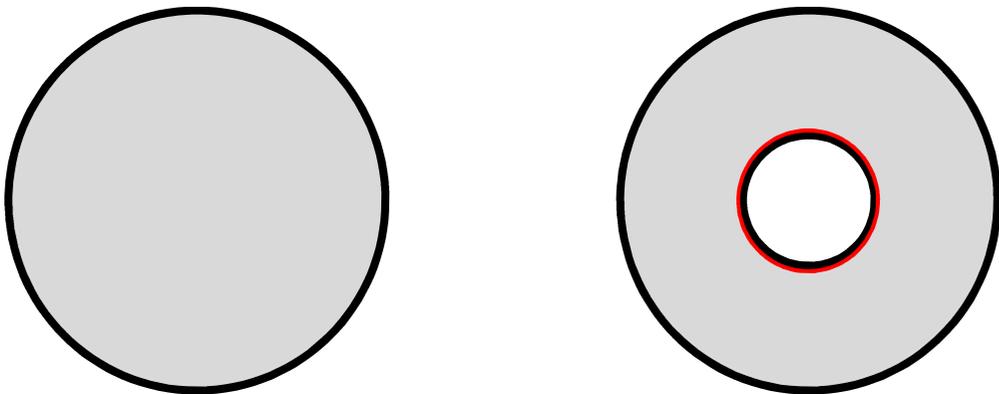
- „Ringspalte“ insbesondere an den Kontaktflächen Verfüllbaustoff – Einbauten
(Temperaturschwankungen führen zu Dehnungsbewegungen der PE-Rohre)
- Fehlstellen im Bereich der Bohrlochwand (Spülungsreste)
- Fehlstellen und Risse im Verfüllbaustoff
- Risse aufgrund von Temperaturschwankungen (Frost-Tau-Wechsel)
- Versagen Verfüllbaustoff infolge eines chemischen Angriffs
- nicht fachgerechte Mischtechnik und Einbringung von Verfüllbaustoffen
-
- . . .

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

- Kontaktflächen / „Ringspalte“ -

Ab etwa 1997 haben verschiedene Autoren die Durchlässigkeit des Systems Erdwärmesonde im Labor- und Realmaßstab untersucht.

Von allen Autoren wurde festgestellt, dass die Durchlässigkeit des Verfüllbaustoff-Probekörpers durch Einbau einer Modell-Erdwärmesonde (i.d.R. simuliert durch ein einzelnes Rohr) zu einem Anstieg der Systemdurchlässigkeit um den Faktor 100 – 1.000 führt.



Anstieg Systemdurchlässigkeit um Faktor 100 – 1.000



Probe: Anbergen, TU Darmstadt
Foto: Rumohr

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

- Frost-Tauwechsel-Beanspruchungen -



Quelle: Dittrich & Schäfer (2014); Foto: Anbergen

Untersuchungen von Anbergen (2011) und Reuß (2013) zeigen, dass nicht alle Verfüllbaustoffe einen ausreichenden Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel haben.

Frost-Tau-Wechsel führen hierbei zu einer Erhöhung der Durchlässigkeit des Verfüllbaustoffs.

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

- Fehlstellen -



„Lunker“ in einer Bohrlochverfüllung

(Probe aus einer überbohrten EWS-Forschungsbohrung
des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie)



Durchlässigkeit von Erdwärmesondenbohrungen

- Nicht fachgerechte Mischtechnik / Abweichen von Rezepturen -

Durchlässigkeiten von Erdwärmesondenbohrungen

Empfehlungen des Personenkreises (derzeit in der Diskussion):

- Die Durchlässigkeit des **Systems „Sonde - Verfüllbaustoff - angrenzendes Gebirge“** darf zu keinem Zeitpunkt und in keiner Tiefenlage der Bohrung größer sein, als die Durchlässigkeit des umgebenden natürlichen Untergrundes vor Durchführung und Ausbau der Bohrung.

- Einsatz geeigneter Mischtechniken zur Herstellung des Verfüllbaustoffs
- Überwachung der Verfüllarbeiten
- Entwicklung / Einsatz geophysikalischer Verfahren zum Nachweis der Verfüllung
- Inbetriebnahme der Erdwärmesonde frühestens 28 Tage nach Einbau der Verfüllung
- Minimale Temperatur in der Erdwärmesonde (Ausgang Wärmepumpe) = -3 °C
-
- . . .

Vielen Dank!