

Gliederung

- 1. Was ist eigentlich "dicht"?
- Einflussfaktoren auf die Ringraumabdichtungen
- 3. Großenordnungen des Massentransportes und Durchströmungszeiten
- 4. Folgen "undichter"/"wegsamer" Ringraumabdichtungen bei Erdwärmesonden
- 5. Nachweisprobleme der Ringraumverfüllmassen
- 6. Schlussfolgerungen

1. Was ist eigentlich "dicht"?

- Dichtheit bzw. Dichtigkeit ist eine Eigenschaft von Materialstrukturen gegenüber einem Stoff, wie z.B. Wasser
- Dichtheit ist ein relativer Begriff. Es gibt keine absolute Dichtheit von Material bzw. Materialverbünden
- Eine Dichtheitsdefinition ist immer verbunden mit einer gegebenen Rahmenbedingung: z.B. ist eine Rohrleitung dicht gegenüber unkontrollierten Wasseraustritten bei einem zulässigen Innendruck und einer damit verbundenen Leckrate
- Der Dichtheitsbegriff ist daher immer bezogen auf eine Gesamtkonstruktion ("System") und der Qualitätseigenschaften des konstruktiven und materiellen Aufbaus.
- Die Dichtigkeitsprüfung umfasst daher sowohl den Nachweis des Materials in situ, der Materialstruktur sowie deren Verbindungen zum abzudichtenden Gesamtsystem



Nachweis der Dichtigkeit? Folgen?



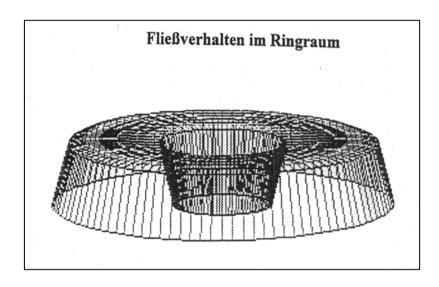


2. Einflussfaktoren auf Ringraumabdichtungen:

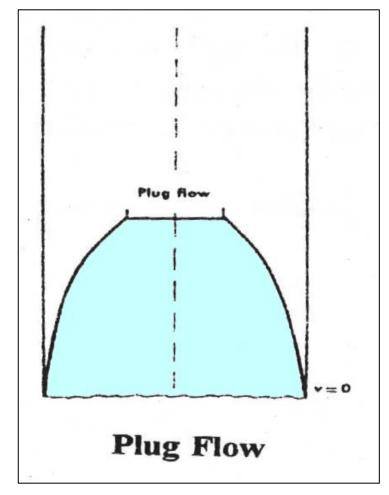
Einflüsse auf die Systemdurchlässigkeit von Verfüllmassen

- Materialeigenschaft über und unter dem Grundwasserraum (Tonpellets vs. Verpressmassen)
- Aufschluss- und Mischungsprozeduren auf der Baustelle (Geräte und Materialien bei Verpressmassen)
- Wasser-/Feststoffverhältnis (Verpressmassen)
- Verfüll-/Verpressvorgang (Reibung im Bohrloch, Gerätetechnik)
- Konzentration und Beladung der Bohrsuspension mit Polymeren (z.B. CMC; Spülungsaustausch wird in der Praxis bei EWS nicht durchgeführt...)
- Langzeiteigenschaften der Verfüllung

Modellvorstellung zum Einfluss der Viskosität der Suspension auf die Systemdurchlässigkeit



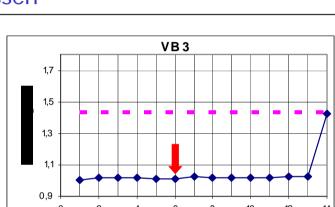
Die Reibung hochviskoser Suspensionen an der Bohrlochund Rohrwandung lässt die Mischfront im zentralen Querschnitt des Ringrams schneller aufsteigen



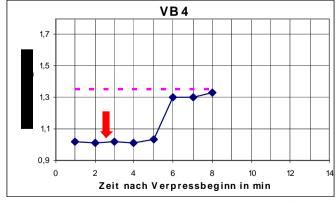
Entwicklung der Suspensionsdichten der Versuchsbrunnen 1 bis 5:

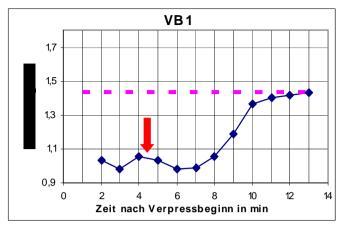
- •gestrichelte Linie: Ausgangsdichte im Mischer;
- •durchgezogene Linie: Dichte im Rücklauf;
- •Pfeil: erkennbarer Farbumschlag beim

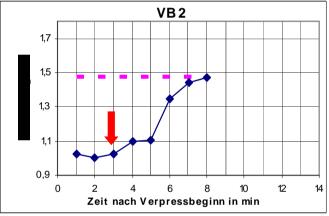
Verpressen

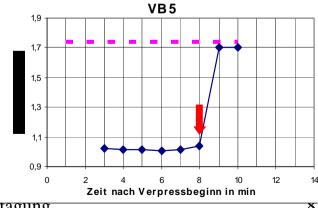


Zeit nach Verpressbeginn in min



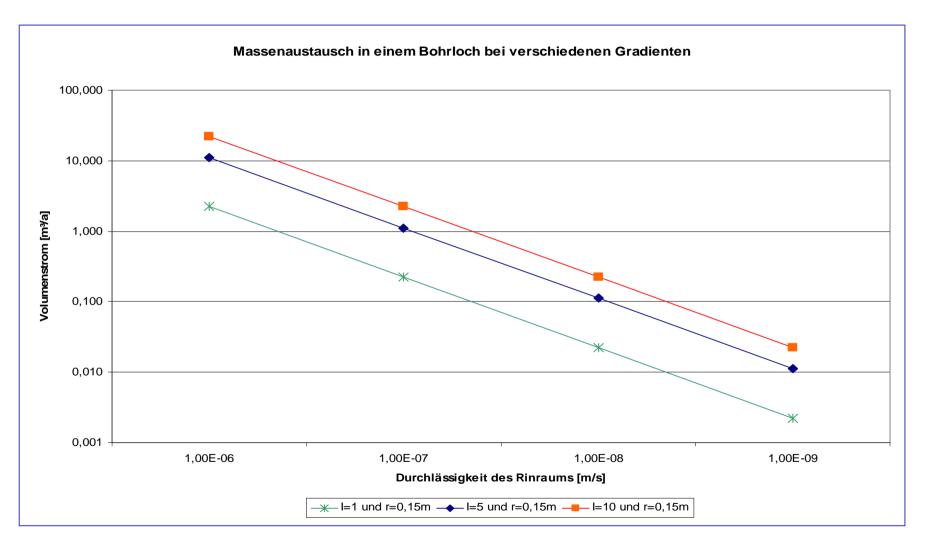




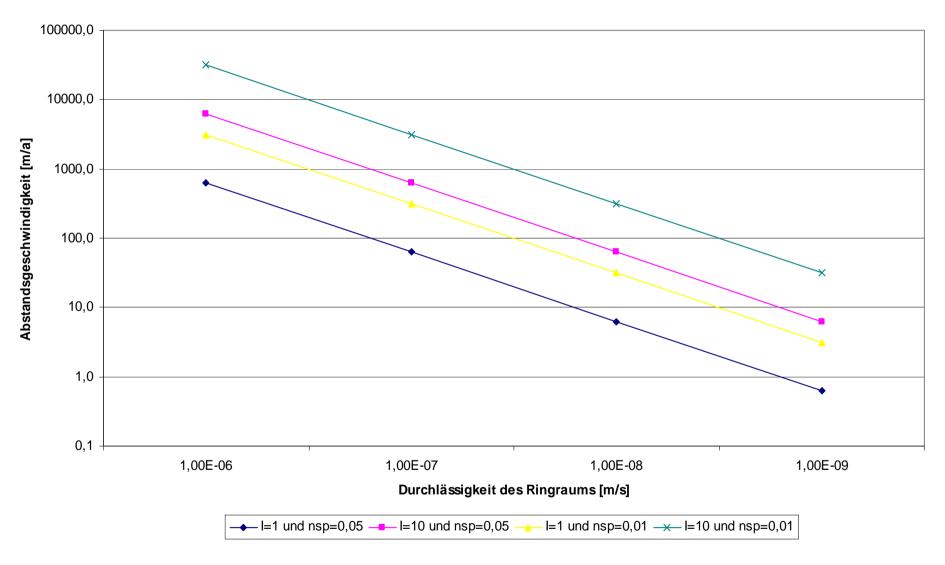


7. Norddeutsche Geothermietagung

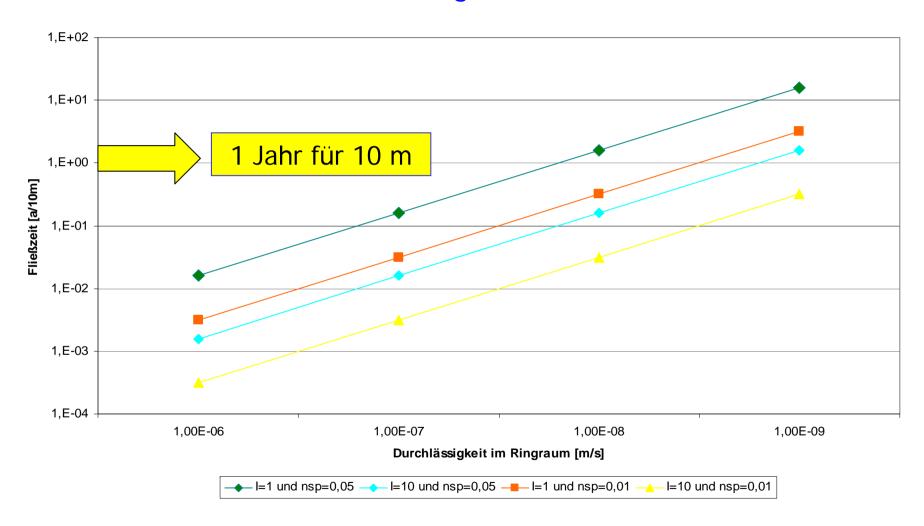
3. Großenordnungen des Massentransportes und Durchströmungszeiten



Fließgeschwindigkeit im Ringraum



Fließzeiten im Ringraum bei L=10 m



4. Folgen instabiler Abdichtungssuspensionen



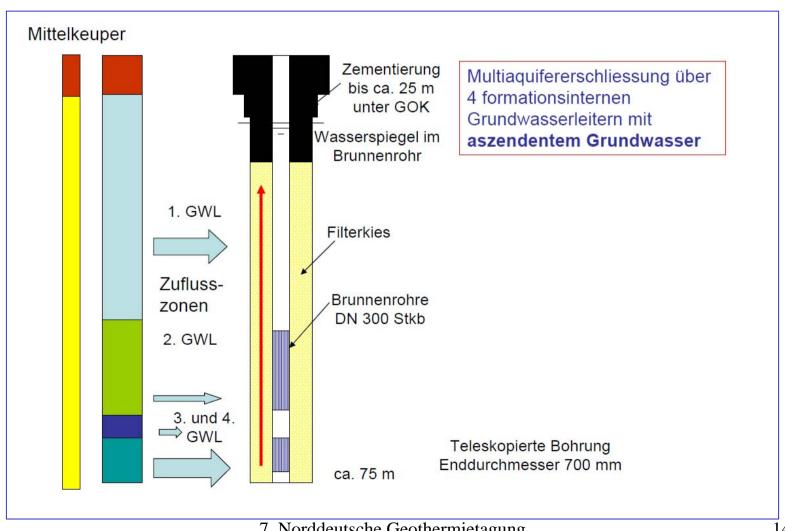
Quelle: Peter Mielenz, GWE

Abgrenzung der möglichen Wirkbereiche

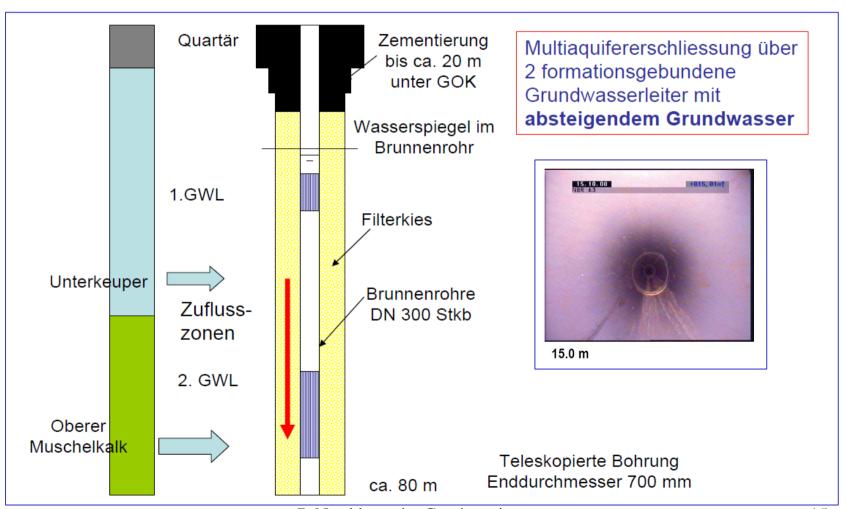
- Wassergesättigter Grundwasserraum des Aquifers mit Kurzschlüssen und Leckagen zwischen den Teilstockwerken
- Natürliches Leakage zum Liegenden oder zum Hangenden gerichtet

- Oberflächennahe Bodenzone, ungesättigte Zone mit Sickerwassertransport entlang präferenzieller Fließwege entlang gestörter Bodenbereiche
- Sickerwege in Funktion der Matrixpotenziale

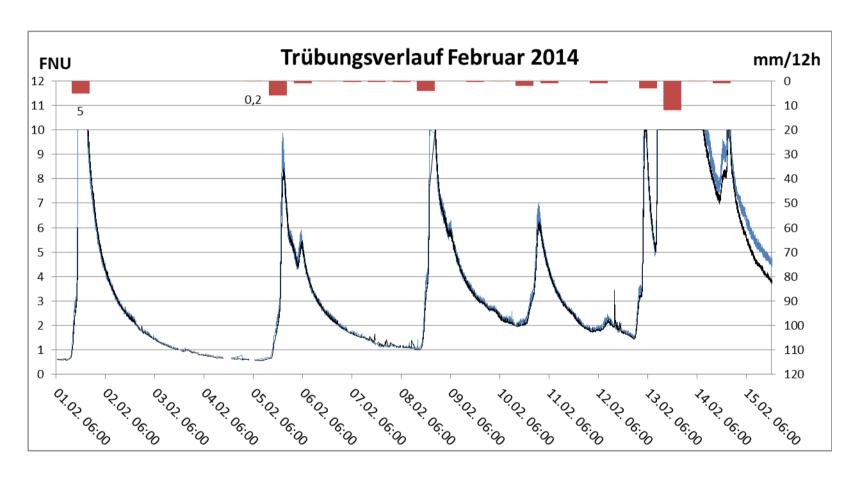
Kurzschlussströmung im Brunnen: aufsteigendes Grundwasser



Kurzschlussströmung im Brunnen: absteigendes Grundwasser



Warum kommt es zu der raschen Verlagerung von Keimen aus der ungesättigten Zone in die gesättigten Zone?



Mögliche Ursachen für eine Verzögerung bzw. eine Beschleunigung der Verlagerung von Störstoffen aus der ungesättigten Zone...

- Die Fließgeschwindigkeit des Sickerwassers variiert von Schicht zu Schicht (Mikro- und Makroporenraum).
- Die gelösten und suspendierten Stoffe und Partikel (z.B. auch Mikroorganismen) müssen die Körner umfließen; in den Poren wirken zusätzliche Kräfte auf das Wasser und halten es je nach Porengröße zurück.
- Auf dem Weg vom Boden über die ungesättigte Zone entsteht im Grundwasserraum ein Mischsystem mit "alten" und "jungen" Stoffeinträgen.
- Das Grundwasser speichert alle Signale, die nur durch das Verhältnis zwischen Zu- und Abfluß in ihrer Stärke verändert werden.
- Eine natürliche Bodendeckschicht retardiert in den meisten Fällen den Transport von Störstoffen, vor allem von partikulären Substanzen wie Mikroorganismen
- Bei Bodenstörung liegen im Untergrund aber sehr heterogene Verhältnisse vor, die den Transport fördern oder verzögern können

Relevanz der "Undichtigkeiten" in der ungesättigten Zone

WASSER BERLIN INTERNATIONAL

Tracergasdetektionsmethode der Ville de Luxembourg zur Auffindung von Undichtigkeiten im

Umfeld von Quellfassungsanlagen der Trinkwasserversorgung

C. Treskatis und G. Zimmer (ewp 04/2013)





©Prof. Dr. habil, C. Treskatis

7. Norddeutsche Geothermietagung 2014

Eingabe in einem Brunnen



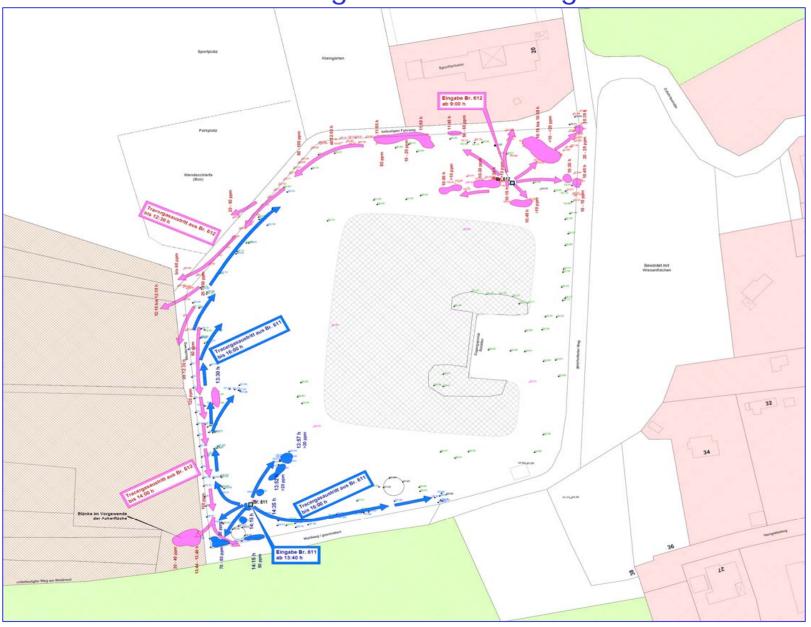


Tracergasnachweise in der Zone I





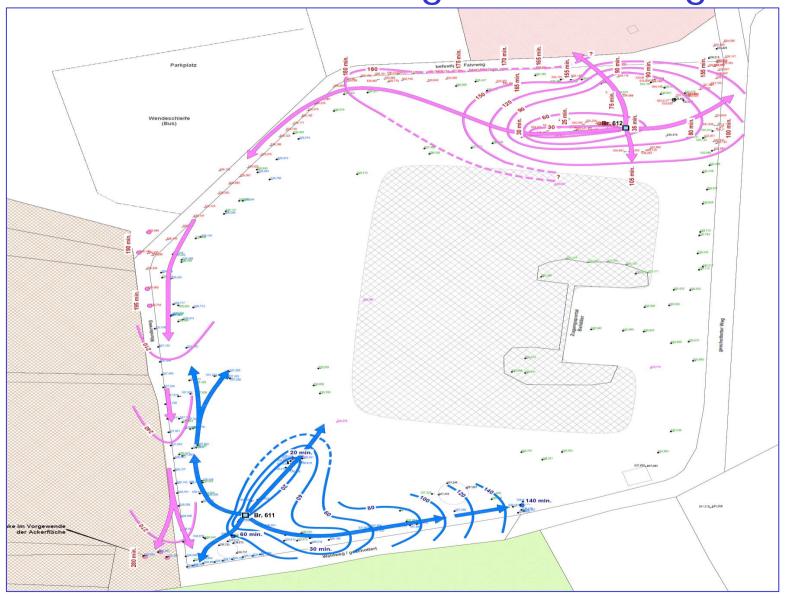
Verbreitungsmuster Tracergas



©Prof. Dr. habil. C. Treskatis

7. Norddeutsche Geothermietagung 2014

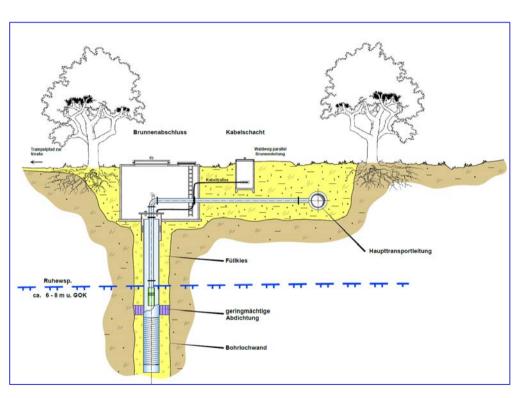
Isochronen Tracergasausbreitung



©Prof. Dr. habil. C. Treskatis

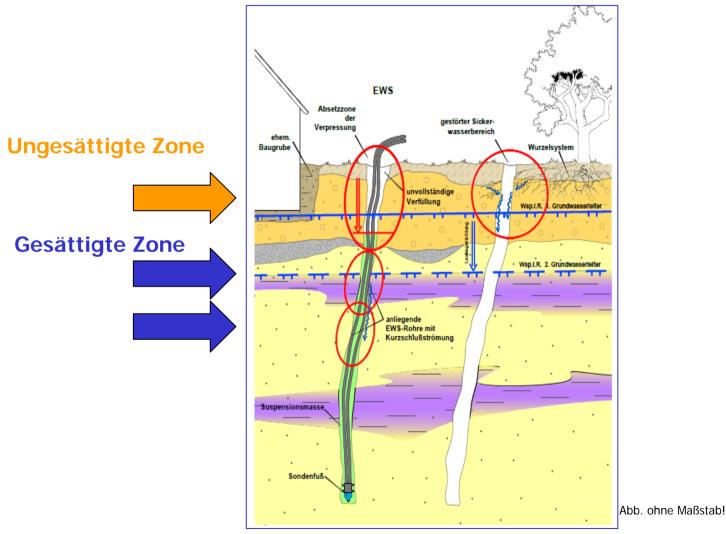
7. Norddeutsche Geothermietagung 2014

Vergleich: oberflächennahe Bodenstörungen bei Bohrbrunnen und EWS-Feldern





Schema zu den möglichen Wirkbereichen von unerwünschten Wegsamkeiten im Ringraum von EWS



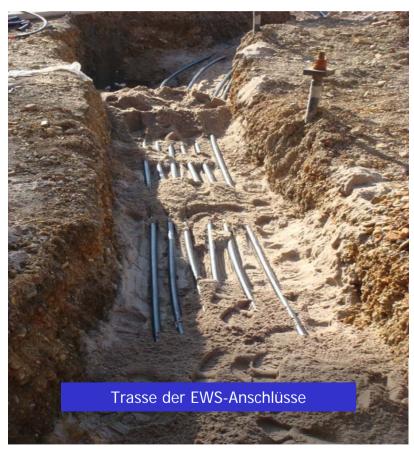
7. Norddeutsche Geothermietagung 2014

Oberflächennaher Wirkbereich von Undichtigkeiten:

Potenzielle Wegsamkeiten für Sickerwässer im Umfeld der EWS



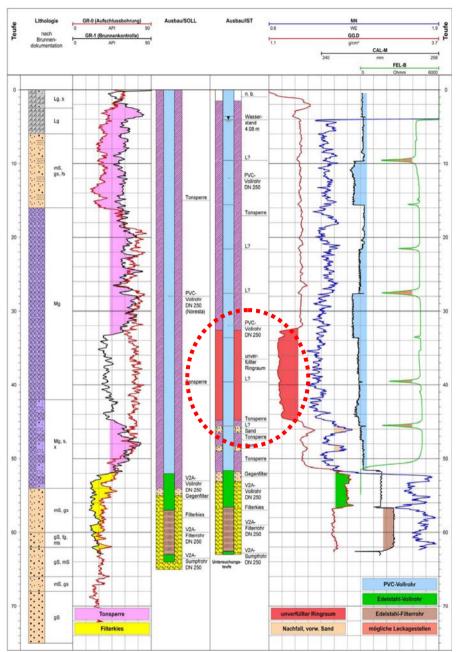
Setzungen im Bohrloch nach Verpressen bei Suspensionen mit zu hoher Wasserabgabe







7. Norddeutsche Geothermietagung 2014

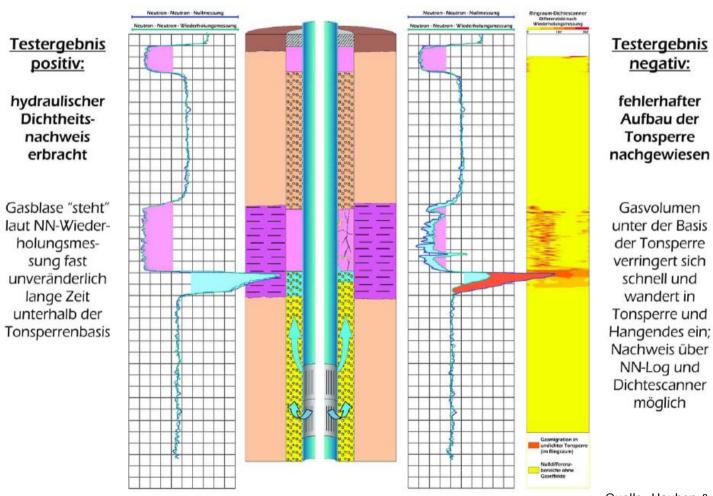


5. Nachweisprobleme bei Ringraumverfüllmassen in der **gesättigten Zone**

Quelle: Houben & Treskatis (2012)

Nachweismöglichkeit bei Brunnen und Grundwassermessstellen:

Geophysikalische Bohrlochmessungen (Gasmigrationtests)



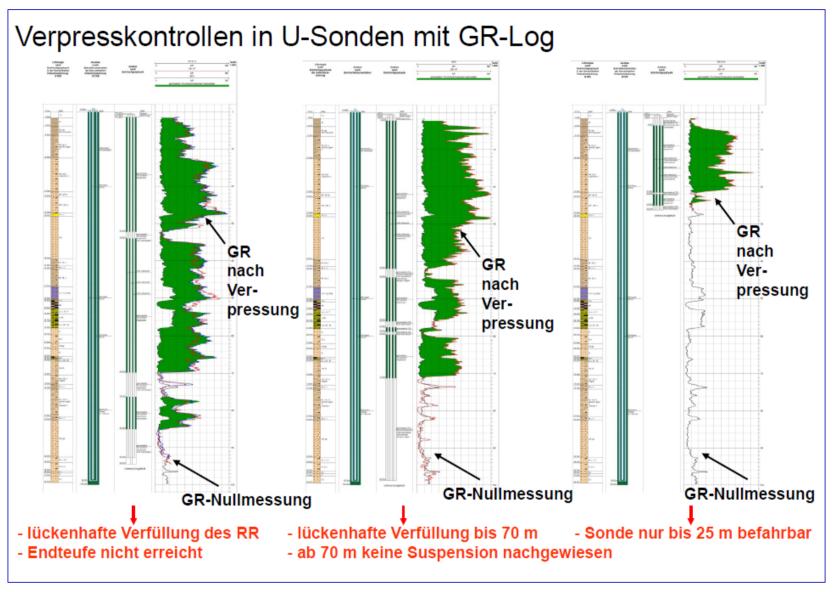
Quelle: Houben & Treskatis (2012)

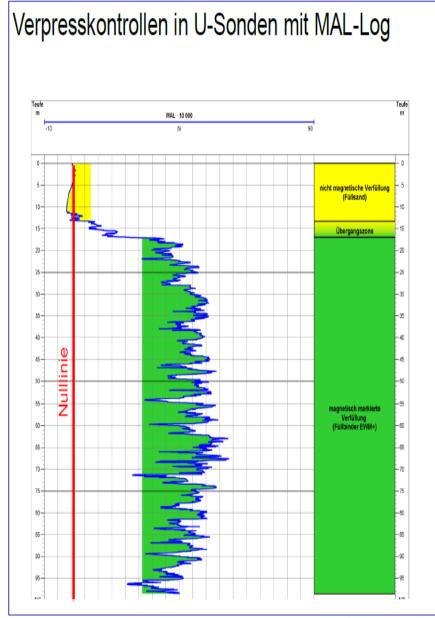
Kontrolle von EWS und deren Ringraumverfüllung war bisher problematisch...

Gründe:

- zu geringer Innendurchmesser (22 mm)
- meist nicht verwindungsfrei eingebaut











Quelle: blm Storkow

Messmethoden zur Erfassung/Überprüfung von Ringraumabdichtungen (Kein Anspruch auf Vollständigkeit!)

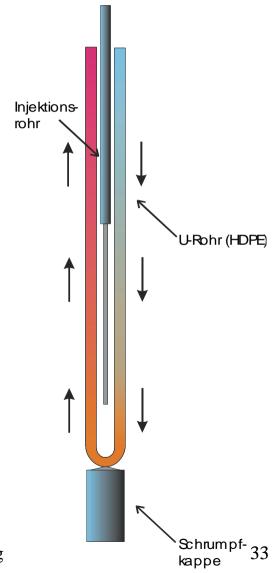
Methode	Bemerkungen
natürliche Gammastrahlung GR)	 erfordert gammaaktiv markierte Hinterfüllmaterialien bei bekannter (geeigneter) Geologie eindeutige Messergebnisse
Magnetische Suszeptibilität (MAL oder SUS)	 erfordert magnetisch markierte Hinterfüllmaterialien bei bekannter (geeigneter) Geologie eindeutige Messergebnisse
Gamma-Gamma- Dichte-Log (GG.D)	 materialunabhängige Informationen zur Lagerungsdichte keine eindeutige Materialansprache möglich radioaktiver Prüfstrahler erforderlich
Neutron-Neutron-Log (NN)	 reagiert auf Wasserstoffgehalt (Wassergehalt) bei bekannter Lagerungsdichte gute Unterscheidung zwischen bindiger und rolliger Verfüllung sowie Bohrspülung/Wasser oder verdünnter Suspension radioaktiver Prüfstrahler erforderlich z. Zt. nur für Durchmesser ab 35 mm verfügbar

Quelle: blm Storkow

6. Schlussfolgerungen: Anforderungen an die Verfüllung

Es ist eine sachgemäße Verfüllung zu gewährleisten, weil

- •eine sichere Anbindung an das
 Umgebungsgestein erfolgen muss, um den
 Wärmetransport vom Gestein an das
 Wärmeträgermedium zu sichern und
 umgekehrt bei Wärmeeinspeisung in den
 Untergrund
- der Eintrag von Schadstoffen aus der ungesättigten und gesättigten Zone verhindert werden muss
- •durchbohrte Grundwasserleiter oder unterirdische Zone mit unterschiedlichem hydraulischem Potenzial gegeneinander abgedichtet werden müssen, um einen Kurzschluss zu vermeiden



Hinweise zu Materialanforderungen bei der Abdichtung von Ringräumen mit Verfüllmassen

- Keine Wechselwirkungen mit dem Gestein (Geophysikalischen Messungen sind keine Absolutmessungen... Ausnahme: Magnetiklog bei Zugabe von magnetischen Markern in die Verpressmasse!)
- Zweifelsfreie Nachweisbarkeit im Ringraum (Existenz, Dichtigkeit gegenüber Fremdströmungen und Kurzschlüssen in der ungesättigten und gesättigten Zone...)
- Ausreichende Festigkeit im Bohrloch
- Geringst mögliche Wasserabgabe und Schrumpfung (in der ungesättigten Zone: Austrocknung, Schrumpfung nicht nur bei Tonpellets...; in der gesättigten Zone keine Schrumpfung zu erwarten... Schwindverhalten bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsgraden muss beachtet werden; Spaltbildung zum EWS-Rohr...)
- Druckprüfung: Lösung des Dilemmas: Erstarrung der Suspension nach 24h (standfest) und Festigkeit erreicht erst nach > 28d

