

Darf es auch etwas kleiner sein? Kenntnisse und Erfahrungen zum Bohrdurchmesser für Erdwärmesonden

M. Sc. Kathrin Singer

Beratende Geowissenschaftler
und Sachverständige für
Geothermie und Umweltschutz

Niederlassung Starzach
Am Haag 12
72181 Starzach-Felldorf
Tel.: +49 7483 26908-0
Web: www.tewag.de
E-Mail: info@tewag.de



- ❖ Hintergründe und Einführung eines Mindestdurchmessers einer Erdwärmesondenbohrung
- ❖ Anforderungen an den Bohrdurchmesser Leitfaden Erdwärmennutzung in Bayern; LANUV Arbeitsblatt 39/NRW;
- ❖ Anforderungen an den Bohrdurchmesser LQS Baden-Württemberg
- ❖ Bohrdurchmesser im Zusammenhang mit der Ringraumhinterfüllung
- ❖ Flächenanteile (40er Doppel-U-Sonde) bei 152 mm Enddurchmesser
- ❖ Vorstellung der Neuauflage „Arbeitshilfen Geothermie“, Kapitel 5: Bohrungen für Erdwärmesonden Stichwort Bohrdurchmesser; Michael Tholen, Nikolaus Tougianidis, Simone Walker-Hertkorn

Hintergründe zum Thema Bohrdurchmesser - Erdwärmesondenanlage

Woher kommen die Anforderungen zum Mindestdurchmesser einer Erdwärmesondenbohrung?

Erster „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme“ – UM Baden-Württemberg, 2001
 → zum Mindestbohrdurchmesser wurden keine Angaben gemacht



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
2. Was sind Erdwärmesonden?	2
2.1 Abgrenzung zu anderen Verfahren zur Erdwärmenutzung	2
2.2 Funktionsweise von Erdwärmesonden	2
3. Wasserrechtliche Beurteilung von Erdwärmesonden	3
4. Rahmenbedingungen für Erdwärmesonden	3
5. Anzeige der Bohrung und Verfahrensablauf	5
5.1 Bohrungen, die weniger als 100 m in den Boden eindringen	5
5.2 Bohrungen, die mehr als 100 m in den Boden eindringen	5
6. Hinweise zur Bauausführung	7
7. Hinweise für den Betrieb	8

Anlage 1: Übersichtskarte "Hydrogeologische Rahmenbedingungen für die Anlage von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg" 10

Herausgeber: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
 Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

1. Auflage: Stuttgart, September 1998
 2. Auflage: Stuttgart, November 1998
 3. überarbeitete Auflage: Stuttgart, Juli 2001

Herstellung: E. Kurz & Co, Stuttgart

Bildnachweis: Fa. Burkhardt

2.2 Funktionsweise von Erdwärmesonden

Erdwärmesonden werden in vertikalen Bohrungen von wenigen Metern bis über 100 m Tiefe installiert. Im Sondenkreislauf wird eine Wärmeträgerflüssigkeit durch den Boden und meistens durch das Grundwasser geleitet, um die darin gespeicherte Wärme aufzunehmen. In einem Wärmetauscher wird die Flüssigkeit dann wieder abgekühlt. Die gewonnene Energie wird in der Regel zu Heizzwecken weiterverwendet. Vom Bauprinzip her unterscheidet man U-Rohr-Sonden und Koaxialrohr-Sonden (Abb. 2).

Erdwärmesonden mit dichter Ringraumverfüllung sind über die gesamte Länge im Ringraum des Bohrlochs von einer erstarrungsfähigen, abdichtend wirkenden Suspension umgeben. Im Gegensatz dazu wird das Bohrloch bei **Erdwärmesonden mit durchlässiger Ringraumverfüllung** mit porösen Materialien (Kies, Kies-Sand) verfüllt, um den direkten Kontakt des fließenden Grundwassers mit der Sonde zu ermöglichen und damit die Wärmezuführung zu optimieren.

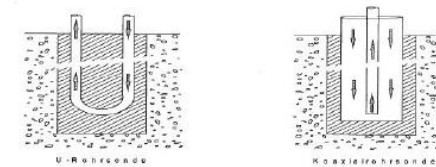


Abbildung 2: Bauarten von Erdwärmesonden

Woher kommen die Anforderungen zum Minstdurchmesser einer Erdwärmesondenbohrung?

Erster „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme“ – UM Baden-Württemberg, 2001

→ zum Mindestbohrdurchmesser wurden keine Angaben gemacht



Leitfaden Erdwärmesonden Standardleistungen

Anlage 2

Standardleistungen für Ausführung, Dokumentation und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen

Die nachfolgend aufgeführten Hinweise zu Ausführung, Dokumentation und Betrieb von Bohrungen und Erdwärmesonden gehören zum Stand der Technik und müssen von den Fachfirmen bei jeder Bohrung standardmäßig ausgeführt werden. Sie stellen in kurzer Form die rechtlich und wasserswirtschaftlich relevanten Aussagen der VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“, insbesondere der Blätter 1 u. 2, dar.

Ausführung der Sonden

- Durch die Bohrungen besteht die Gefahr, dass verschiedene Grundwasserstockwerke kurzgeschlossen werden und ein stockwerksübergreifender Grundwasseraustausch ermöglicht wird. Dies kann zu qualitativen und quantitativen Veränderungen der Grundwasservorkommen in den einzelnen Stockwerken führen. Deshalb sollen Erdwärmesonden grundsätzlich die Basis des obersten Grundwasserleiters nicht durchstoßen.
- In der Regel ist das Bohrlloch bzw. der Bohrlöcherringraum vollständig mit einer Suspension von unten nach oben zu verpressen, um einen Zutritt von Oberflächenwasser in das Grundwasser sowie ggf. eine Verbindung unterschiedlicher wasserführender Horizonte zu verhindern. Die Verpressung der Sonden darf nur mit im Brunnenbau üblichen, schadstofffreien, nicht wassergefährdenden Suspensionen erfolgen (z. B. Zement-Bentonit-Sand-Suspension). Das Einbringen der Suspension erfolgt im Kontraktor-Verfahren von unten nach oben. Der Verpressvorgang wird dabei solange durchgeführt bis die Suspension nach oben hin austritt (s. a. VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2, Ziff. 5.2.3). Die Suspension muss nach Erhärtung dauerhaft dicht und beständig sein. Um die sichere Abdichtung bautechnisch durchführen zu können, ist der Bohrdurchmesser ausreichend groß zu wählen (Bohrdurchmesser \geq Sondendurchmesser + 60 mm) und die Sonde zentrisch einzubringen. Die Verwendung von geeigneten Zentriereinrichtungen wird empfohlen.
- Die Menge der Suspension ist zu erfassen. Übersteigt das Verpressvolumen das Zweifache des Bohrvolumens, ist der Verpressvorgang zu unterbrechen und unverzüglich die Kreisverwaltungsbehörde zu informieren. Dies ist erforderlich.

Allgemeines

- Die Bohrung ist der Kreisverwaltungsbehörde in einer Bohr- und Nutzungsanzeige gemäß Anlage des Leitfadens für die Erstellung von Erdwärmesonden anzuzeigen.
- Der Bohrbeginn ist der Kreisverwaltungsbehörde sowie ggf. dem Bergamt (bei Sonden tiefer als 100 Meter) mindestens eine Woche im voraus bekanntzugeben, um den zuständigen Behörden im Einzelfall zu ermöglichen, bei der Bohrung vor Ort zu sein.
- Der Bohrunternehmer beachtet den aktuellen Stand der Technik, insbesondere die VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“. Er hat größte Sorgfalt bei der Einrichtung der Baustelle und während des Bohr- und Verpressvorganges wachen zu lassen, um unnötige Beeinträchtigungen des Untergrundes zu vermeiden. Dies gilt insbesondere auch für den Grundwasserschutz und die dafür zu treffenden Vorkehrungen. Am Ende der Arbeiten ist die Baustelle sauber zu verlassen, Restmaterialien oder Verpackungen jeglicher Art sind ordnungsgemäß zu entsorgen.

von unten nach oben zu verpressen, um einen Zutritt von Oberflächenwasser in das Grundwasser sowie ggf. eine Verbindung unterschiedlicher wasserführender Horizonte zu verhindern. Die Verpressung der Sonden darf nur mit im Brunnenbau üblichen, schadstofffreien, nicht wassergefährdenden Suspensionen erfolgen (z. B. Zement-Bentonit-Sand-Suspension). Das Einbringen der Suspension erfolgt im Kontraktor-Verfahren von unten nach oben. Der Verpressvorgang wird dabei solange durchgeführt bis die Suspension nach oben hin austritt (s. a. VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2, Ziff. 5.2.3). Die Suspension muss nach Erhärtung dauerhaft dicht und beständig sein. Um die sichere Abdichtung bautechnisch durchführen zu können, ist der Bohrdurchmesser ausreichend groß zu wählen (Bohrdurchmesser \geq Sondendurchmesser + 60 mm) und die Sonde zentrisch einzubringen. Die Verwendung von geeigneten Zentriereinrichtungen wird empfohlen.

„Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern“, 2003 → Erste Angaben zum Mindestbohrdurchmesser Bohrdurchmesser \geq Sondendurchmesser + 60mm

Woher kommen die Anforderungen zum Mindestdurchmesser einer Erdwärmesondenbohrung?

Erster „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme“ – UM Baden-Württemberg, 2001

→ zum Mindestbohrdurchmesser wurden keine Angaben gemacht



Leitfaden Erdwärmesonden Standardleistungen

Anlage 2

Standardleistungen für Ausführung, Dokumentation und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen

Die nachfolgend aufgeführten Hinweise zu Ausführung, Dokumentation und Betrieb von Bohrungen und Erdwärmesonden gehören zum Stand der Technik und müssen von den Fachfirmen bei jeder Bohrung standardmäßig ausgeführt werden. Sie stellen in kurzer Form die wesentlichen Anforderungen an die Ausführung, Dokumentation und Betrieb von Bohrungen und Erdwärmesonden dar.

Allgemeines

- Die Bohrung ist der Kreisverlauf in einer Bohr- und Nutzungsanlage des Leitfadens für die Erdwärmesonden anzugeben.
- Der Bohrbeginn ist der Kreisverlauf in einer Bohr- und Nutzungsanlage des Leitfadens für die Erdwärmesonden anzugeben.
- Der Bohrertraher beachtet den aktuellen Stand der Technik, insbesondere die VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“. Er hat größte Sorgfalt bei der Einrichtung der Baustelle und während des Bohr- und Verpressvorganges zu wachen, um unnötige Beeinträchtigungen des Untergrundes zu vermeiden. Dies gilt insbesondere auch für den Grundwasserschutz und die dafür zu treffenden Vorkehrungen. Am Ende der Arbeiten ist die Baustelle sauber zu verlassen, Restmaterialien oder Verpackungen jeglicher Art sind ordnungsgemäß zu entsorgen.

Ausführung der Sonden

- Durch die Bohrungen besteht die Gefahr, dass verschiedene Grundwasserstockwerke kurzgeschlossen werden und ein stockwerksübergreifender Grundwasseraustausch ermöglicht wird.

bringen der Suspension erfolgt im Kontraktor-Verfahren von unten nach oben. Der Verpressvorgang wird dabei solange durchgeführt bis die Suspension nach oben hin austritt (s. a. VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2, Ziff. 5.2.3). Die Suspension muss nach Erhärtung dauerhaft dicht und beständig sein. Um die sichere Abdichtung bautechnisch durchführen zu können, ist der Bohrdurchmesser ausreichend groß zu wählen (Bohrdurchmesser \geq Sondendurchmesser + 60 mm) und die Sonde zentrisch einzubringen. Die Verwendung von geeigneten Zentriereinrichtungen wird empfohlen.

- Die Menge der Suspension ist zu erfassen. Übersteigt das Verpressvolumen das Zweifache des Bohrvolumens, ist der Verpressvorgang zu unterbrechen und unverzüglich die Kreisverwaltungsbehörde zu informieren. Dies ist erforderlich.

„Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern“, 2003 → Erste Angaben zum Mindestbohrdurchmesser Bohrdurchmesser \geq Sondendurchmesser + 60mm

von unten nach oben zu verpressen, um einen Wasser in das Grund- rbindung unterschiedli- orizonte zu verhindern. inden darf nur mit im schadstofffreien, nicht ensionen erfolgen (z. B. uspension). Das Ein- erfolgt im Kontraktor- h oben. Der Verpress- ge durchgeführt bis die Suspension nach oben hin austritt (s. a. VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2, Ziff. 5.2.3). Die Suspension muss nach Erhärtung dauerhaft dicht und beständig sein. Um die sichere Abdichtung bautechnisch durchführen zu können, ist der Bohrdurchmesser ausreichend groß zu wählen (Bohrdurchmesser \geq Sondendurchmesser + 60 mm) und die Sonde zentrisch einzubringen. Die Verwendung von geeigneten Zentriereinrichtungen wird empfohlen.

• Die Menge der Suspension ist zu erfassen.

Thema Bohrdurchmesser – Exkurs Brunnenbau

Tabelle 1 – Mindestbohrdurchmesser bei Trocken- und Spülbohrungen entsprechend dem DVGW-Merkblatt W 121 im Zusammenhang mit dem Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen



DN des Ausbaus	Bohrverfahren	50	65	80	100	115	125
Mindestbohrdurchmesser bei Suspensionen	Spülbohren	187,3	193,7	222,3	244,5	244,5	279,4
		7 3/8"	7 3/8"	8 3/4"	9 3/8"	9 3/8"	11"
Mindestbohrdurchmesser bei Tonformlingen	Trockenbohren	219	273	273	324	324	324
	Spülbohren	222,3	244,5	244,5	304,8	304,8	304,8
		8 3/4"	9 3/8"	9 3/8"	12"	12"	12"

Quelle: DVGW W121 „Grundwassermessstellen“ 07/2003, Tabelle 1 ist ein Auszug aus dem bbr-Artikel „Bohrdurchmesser einer Erdwärmesondenbohrung im Kontext der Ringraumverfüllung“, Januar 2023

→ Bohrdurchmesser in Abhängigkeit vom Ausbaudurchmesser und Abdichtungsmaterial nach DVGW W121 „Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen aus 07/2003.

In der Praxis haben sich im **Brunnenbau** folgende Abhängigkeiten bewährt:

Bei sehr kleinem Ausbaudurchmesser \leq DN80

- Bohr \varnothing = Ausbau \varnothing + 2 x 60mm

Bei kleinem Ausbaudurchmesser \leq DN200

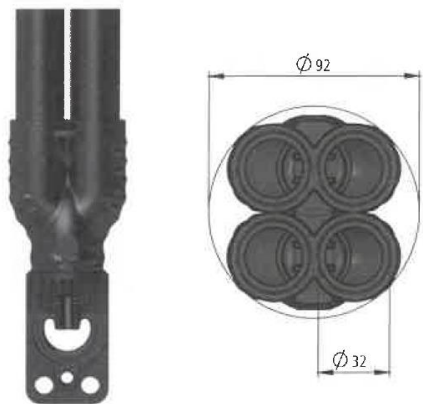
- Bohr \varnothing = Ausbau \varnothing + 2 x 80mm

Bei großem Ausbaudurchmesser \geq DN200

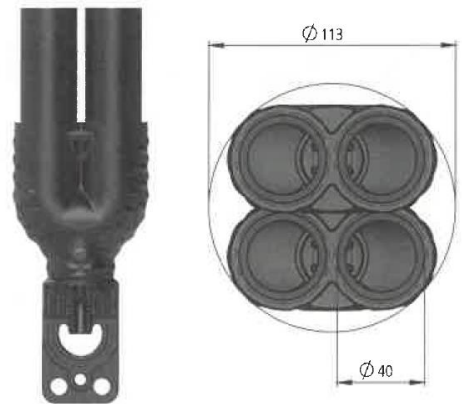
- Bohr \varnothing = Ausbau \varnothing + 2 x 100mm

Bohrdurchmesser am Beispiel LANUV Arbeitsblatt 39/ NRW

Der Sondenfuß einer 32er Doppel-U-Sonde inkl. Verfüllrohr weist einen **Querschnitt von etwa 92 mm** auf, das Verfüllrohr wird dabei mittig an den Sondenfuß fixiert, wodurch der Ringraum im Bereich des Sondenfußes bei einem Bohrdurchmesser von 152 mm **theoretisch etwa 31 mm beträgt**. Die Empfehlungen z.B. im LANUV-Arbeitsblatt 39, Seite 50/89, im Kapitel 5.1.1.2 Bohrarbeiten geben in Bezug auf das Bauwerk Erdwärmesondenanlage an, dass *„Der Bohrlochdurchmesser ist in Abhängigkeit des anstehenden Gesteins so zu wählen, dass um das Sondenbündel ... ein freier allseitiger Ringraum von ca. 30 mm verbleibt“*. Weiter heißt es, „Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass das Sondenbündel mit dem erforderlichen Abdichtungs- und Überwachungsequipment problemlos bis an die Bohrlochsohle eingebracht und der verbleibende Ringraum vollständig abgedichtet werden kann“.



32er Doppel-U-Sonde



40er Doppel-U-Sonde

Bayern, Hessen & NRW, verfolgen einen gleichen Ansatz *„allseitigen Ringraum“*, von ca. 30 mm!

Quelle: Haka Gerodur

Im LANUV-Arbeitsblatt 39 (NRW), im Kapitel 5.1.1.2 Bohrarbeiten, heißt es allerdings auch:

Alternativ kann eine, „*Geringere Ringraummächtigkeiten* ... nur dann genehmigt werden, wenn dies zu einer erhöhten Sicherheit beiträgt und nachgewiesen bzw. durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt wird, dass:

- *die Sonden beim Einbau nicht beschädigt werden*
- *eine vollständige und dauerhafte Abdichtung des Bohrlochs und*
- *eine dichte Anbindung der Sonde an das Umgebungsgestein erfolgt;*
- *das Umgebungsgestein gegenüber den Temperaturen im Kontaktbereich stabil ist.*

An Standorten mit potenziell vorhandenen Bohrrisiken (bspw. Artesern) sind (sofern die Bohrung genehmigungsfähig ist) entsprechende gerätetechnische Vorkehrungen zu treffen“.

→ Das ist auch unser Résumé.

Bedenken bezüglich einer unzureichenden Abdichtung der Erdwärmesondenbohrung bei „kleinen Bohrdurchmessern“ sind unbegründet. Bzw. anders formuliert, der Bohrdurchmesser hat keinen Einfluss auf die Qualität der Ringraumabdichtung einer Erdwärmesondenbohrung.

Ein allseitiger Ringraum für die Abdichtung ist bei einem Brunnenbauwerk schlüssig, da bei einem Brunnenbauwerk die Abdichtung des Ringraumes von oben mit Kies oder Tonpellets geschüttet wird und nicht wie bei einer Erdwärmesondenbohrung, ein pumpbarer Baustoff von unten nach oben eingebracht wird. Bedenken bezüglich einer unzureichenden Abdichtung der Erdwärmesondenbohrung sind unbegründet.

Bei Erdwärmesondenanlagen werden heute hochwertige Abdichtungsmaterialien und Verfülltechniken eingesetzt, die bei ordnungsgemäßer Verarbeitung auch kleinste Zwickel zwischen den Sondenrohren abdichten. Hier ist eher festzustellen, je schlanker die Bohrung, und wenn keine Einbauten wie Zentrierungen oder Abstandshalter eingebaut sind, umso homogener ist die Verfüllsäule.

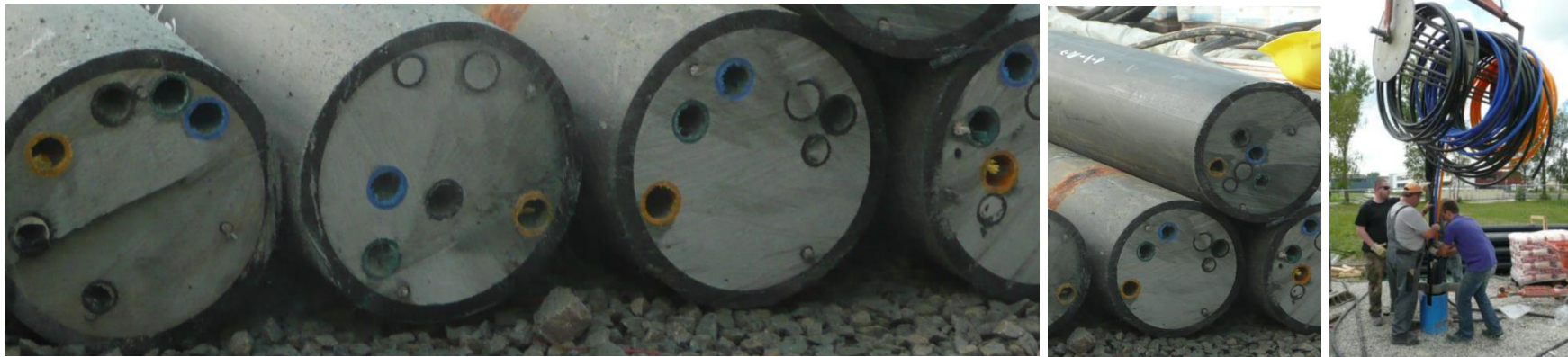


Hinweis: Im Zusammenhang der Ringraumverfüllung einer Erdwärmesondenanlage, sind die Ausführungen in den LQS Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmennutzung in Baden-Württemberg als bundesweit führend und richtungsweisend anzusehen. Verfülltechnik und Verfüllbaustoff spielen dabei eine wichtige Rolle, der Bohrdurchmesser allerdings nicht!

Auch der Brunnenausbau ist nicht mit dem einer Erdwärmesondenanlage vergleichbar. Ein Brunnenbauwerk wird meist nicht so tief errichtet, ist mehr oder weniger lotrecht, da vertikale Steigleitungen eingebaut werden. Auch werden in den Steig- und Injektionsleitungen Zentrierungen eingebunden, damit eine Unterwassermotorpumpe senkrecht im Bohrloch positioniert werden kann und auch der Filterausbau zentrisch im Bohrloch eingebunden ist.

Bei einem Erdwärmesonden-Bauwerk wird ein Rohrbündel in die Tiefe gelassen, das als Endlos-Rohr extrudiert wird und im Zuge des Herstellprozesses auf einer Rolle aufgewickelt wird. Das bedeutet beim Abwickeln der Sondenrohre ins Bohrloch werden die Rohre spiralförmig ins Bohrloch eingebaut, somit liegen die Rohrstränge chaotisch und nicht vertikal ausgerichtet im Bohrloch.

Bohrloch mit 195 mm



Lage von EWS-Rohren in einem Bohrloch / Realmaßstabexperimente FuE Vorhaben EWS-Plus des UM-BaWü (2011). Unabhängig vom Bohrdurchmesser ist keine zentrische Lage der EWS im Bohrloch möglich.

Einbauten in sehr kurzen Abständen von rund 1 m erreicht werden. Neben den gewünschten Effekten führen in sehr kurzen Abständen eingebaute Zentrierhilfen auch zu sehr geringen Abständen der Sondenrohre untereinander und damit zu einer durch den thermischen Kurzschluss verschlechterten thermischen Effizienz (vgl. Abschnitte 8.2.6 und 8.2.7). Bei Abstandshaltern kann auch durch den Einsatz in sehr kurzen Abständen keine Beabstandung der Sondenrohre zur Bohrlochwand sichergestellt werden. Wie Abbildung 5-8 zeigt, können auch große Bohrdurchmesser von knapp 200 mm in Verbindung mit dem Einsatz von Abstandshaltern in Abständen von maximal 5 m eine Beabstandung der Sondenrohre von der Bohrlochwand nicht sicherstellen.



Quelle: Abschlussbericht zu dem Forschungsvorhaben EWSPPlus Untersuchungen zur Qualitätssicherung von Erdwärmesonden, solites 2012

Auf Basis der Auswertungen in Tabelle 6-1 bis Tabelle 6-5 kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die Verfüllqualität in der Mehrzahl der erstellten Erdwärmesonden auf Grund des Vorliegens von in der Regel wassergefüllten Fehlstellen unbefriedigend ist. Wegen der zahlreichen Einflussfaktoren ist es nicht möglich, die in den Erdwärmesonden festgestellte Verfüllqualität abschließend mit den Einflussfaktoren zu korrelieren. Es lassen sich jedoch die nachfolgend aufgelisteten Tendenzen ableiten:

- Die Verfüllqualität hängt vor allem von der Art des verwendeten Verfüllbaustoffs ab.
- Es konnte keine Abhängigkeit der Verfüllqualität vom Bohrdurchmesser festgestellt werden.
- Es tritt teilweise eine Häufung der Fehlstellen an den Gewindeverbindungen der Innenrohre auf (s. Folgeabsatz).
- Der Einsatz von Einbauten wie Abstandshalter und Zentrierhilfen begünstigt (insbesondere kleine) Fehlstellen, verursacht diese aber nicht zwangsläufig.
- Die von den Verfüllmaterialherstellern angegebenen Wasser-/Feststoffwerte bzw. Suspensionsdichten lassen keine Rückschlüsse auf die erzielbare Verfüllqualität zu.



Abbildung 5-1: Querschnittsbilder der EWS 1-3 mit Abstandshaltern (links und Mitte) und Querschnittsbild der EWS 2-3 mit Zentrierhilfen (rechts) in einem Tiefenbereich, in dem die Abstandshalter bzw. Zentrierhilfen im Abstand von 1 m eingebaut waren

Quelle: Abschlussbericht zu dem Forschungsvorhaben EWSPPlus Untersuchungen zur Qualitätssicherung von Erdwärmesonden, solites 2012

Es konnte keine Abhängigkeit der Verfüllqualität vom Bohrlochdurchmesser festgestellt werden.

2.2 Bohrlochdurchmesser

Der Mindestbohrdurchmesser wird einerseits durch den Durchmesser des eingebrachten Sondenbündels (einschließlich Verpressschlauch), andererseits durch weitere geologische und hydrogeologische Erfordernisse vorgegeben. Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass das Sondenbündel mit dem erforderlichen Abdichtungs- und Überwachungsequipment problemlos bis an die Bohrlochsohle eingebracht und der verbleibende Ringraum vollständig abgedichtet werden kann.

Je nach der geologischen und hydrogeologischen Situation kann ein größerer Bohrdurchmesser als ein Standardmaß (üblich sind 125 mm Bohrdurchmesser bei Doppel U Sonden mit einem 32-mm-Sondenrohr und 135 mm Bohrdurchmesser bei Doppel U Sonden mit einem 40-mm-Sondenrohr) erforderlich sein. Dies trifft zu, wenn

- der Einbau von zusätzlichem Equipment (zum Beispiel mehrere Verpressschläuche bei hydrogeologischem Stockwerksbau) notwendig ist,
- eine einzementierte Sperrverrohrung erforderlich ist,
- mit dem Anbohren eines Artesers zu rechnen ist,
- mit größeren Hohlräumen im Untergrund zu rechnen ist.

Zur Abdichtung mehrerer Grundwasserstockwerke untereinander oder in Gebieten mit schwierigen geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnissen (beispielsweise Karsthohlräume oder größere Spalten) kann es notwendig sein, mehrere Verpressschläuche mitzuführen. Alternativ können Verpressgestänge oder Verpresslanzen eingesetzt werden. In

Quelle: Auszug aus den „Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden“, Seite 6, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stand Dezember 2018



Üblich sind im Ländle (außer in Stuttgart) Verrohrungsdurchmesser mit 152 mm und dann einem **Enddurchmesser mit 125 mm (32er Doppel-U)**.

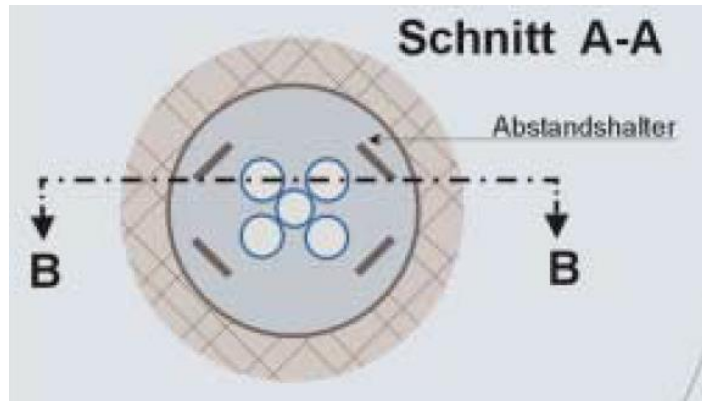
Bohrdurchmesser am Beispiel Stuttgart

In Stuttgart wird im Vergleich zu allen anderen Landkreisen in Baden-Württemberg, sowie bundesweit für eine Doppel-U-32er Sonde ein ungewöhnlich großer Bohrdurchmesser mit **190 mm** gefordert. Warum ist dies so?

Signal seitens AfU, man hat gute Erfahrungen damit gemacht.

Es gibt keinen Anlass dies zu ändern.

Für einen Enddurchmesser mit 190 mm ist ein Verrohrungsdurchmesser (HV) mit etwa 220 mm erforderlich.



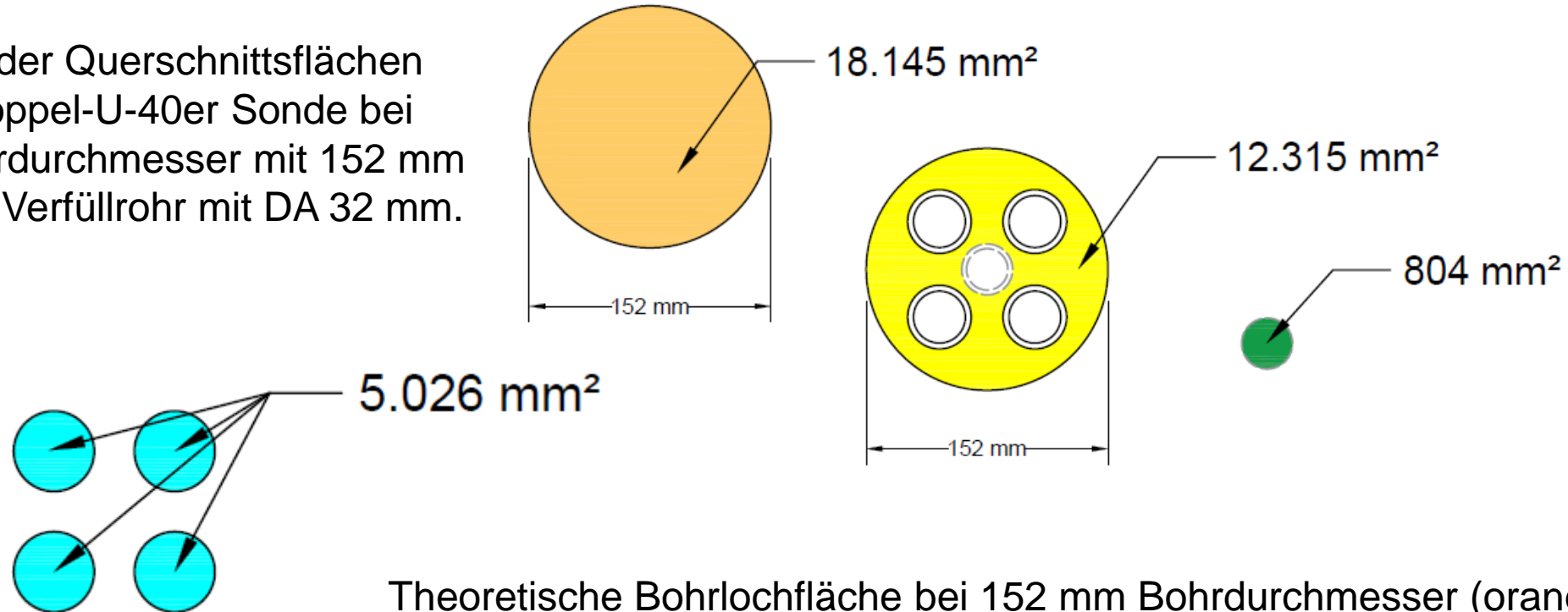
Theoretische Betrachtungsweise,
Stand im Jahr 2005!

Quelle: Auszüge aus „Nutzung der Geothermie in Stuttgart“, 2005

Zur Unterbindung von künstlichen Wegsamkeiten für das Grundwasser muss der Ringraum der Bohr- löcher nach Einbau der Sondenstränge selbst beim Einsatz unbedenklicher Trägermedien wirkungsvoll abgedichtet werden. Um dies zu erreichen, dürfen die unterirdischen Wärmetauscher nicht an der Bohrlochwand anliegen. Gleichzeitig müssen die Lei- tungen in den **hydrogeologisch weniger günstigen Bereichen** (z.B. Karst, Grundwasserstockwer- ke, Heilquellenschutzgebiet) über eine ausreichend dicke Ummantelung mit Dichtungsmaterial (z.B. Zement-Bentonit) verfügen. Dies ist der Fall, wenn die Bohrdurchmesser so gewählt sind, dass der Rin- graum um die Leitungsbündel (Abstand Leitung – Bohrlochwand) überall $\geq 5 \text{ cm}$ beträgt und in Abständen $< 5 \text{ m}$ eine Zentrierung der Leitungen mittels Abstandshalter erfolgt. Da die Stuttgarter Grundwasser oft sulfathaltig und damit aggressiv sind, werden üblicherweise sulfatbeständige Abdich- tungsmaterialien (z.B. sulfatbeständige Zement-Ben- tonit-Suspension) verlangt. Das Abdichtungsmaterial wird hierbei im Contractorverfahren, erforderlichen- falls in mehreren Schritten, eingebracht. Weil die Drücke der Zementpumpe z.T. nicht ausreichen, um

Flächenanteile (40er Doppel-U-Sonde) bei 152 mm Enddurchmesser

Skizzen der Querschnittsflächen einer Doppel-U-40er Sonde bei einem Bohrdurchmesser mit 152 mm und einem Verfüllrohr mit DA 32 mm.



Theoretische Bohrlochfläche bei 152 mm Bohrdurchmesser (orange) mit 18.145 mm², dem **Ringraum (gelb) mit 12.315 mm²**, den Sondenrohren (weiß bzw. blau) mit 5.026 mm², dem Verfüllrohr (grün) mit 804 mm².

Résumé:

Der Flächenanteil des Ringraumes (gelbe Fläche) beträgt 68 % bei einer 40er Doppel-U-Sonde in einer Bohrung mit einem Bohrendurchmesser von 152 mm. Dies ist zum Sondeneinbau mehr als ausreichend! (Empfohlen werden in Länderleitfäden i.d.R. ein allseitiger Ringraum mit 30 mm. Dies ist bei der Umsetzung von tieferen Bohrungen mit 40er Doppel-U-Sonden und Tiefen >140 m nicht zielführend.)

Bohrdurchmesser bei tieferen EWS Anlagen mit 40er Doppel-U-Sonde

Die Flächen-Verhältnisse zeigen, dass die Erdwärmesonde inkl. Verfüllrohr etwa 32% der Fläche im Bohrloch belegen und der Ringraum etwa 68 % der Fläche beträgt. In Bereichen mit 2 Verfüllrohren ist das Verhältnis der freien Ringraumfläche etwa 60 %. Für einen sicheren Sondeneinbau ist aus bohrtechnischer Sicht somit genügend Raum für eine 40er Doppel-U-Sonde auch in einem z.B. 250 m tiefen Bohrloch mit 152 mm Enddurchmesser vorhanden.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass 152 mm dem Werkzeugdurchmesser / Meißeldurchmesser entspricht. Da das Bohrloch mehrfach befahren wird, und der Bohrstrang rotiert, ist das Bohrloch ohnehin größer als der Meißeldurchmesser. Daher werden bei den Verfüllarbeiten standardmäßig bei den Erdwärmesondenvorhaben +20 % mehr an Verfüllmaterial einkalkuliert als rein über die theoretischen Verfüllvolumina errechnet (Erfahrungswerte).

Ein allseitiger Ringraum für die Abdichtung ist bei einem Brunnenbauwerk schlüssig, da bei einem Brunnenbauwerk die Abdichtung des Ringraumes von oben mit Kies oder Tonpellets geschüttet wird und nicht wie bei einer Erdwärmesondenbohrung ein pumpbarer Baustoff von unten nach oben eingebracht wird. Bedenken bezüglich einer unzureichenden Abdichtung der Erdwärmesondenbohrung sind unbegründet.

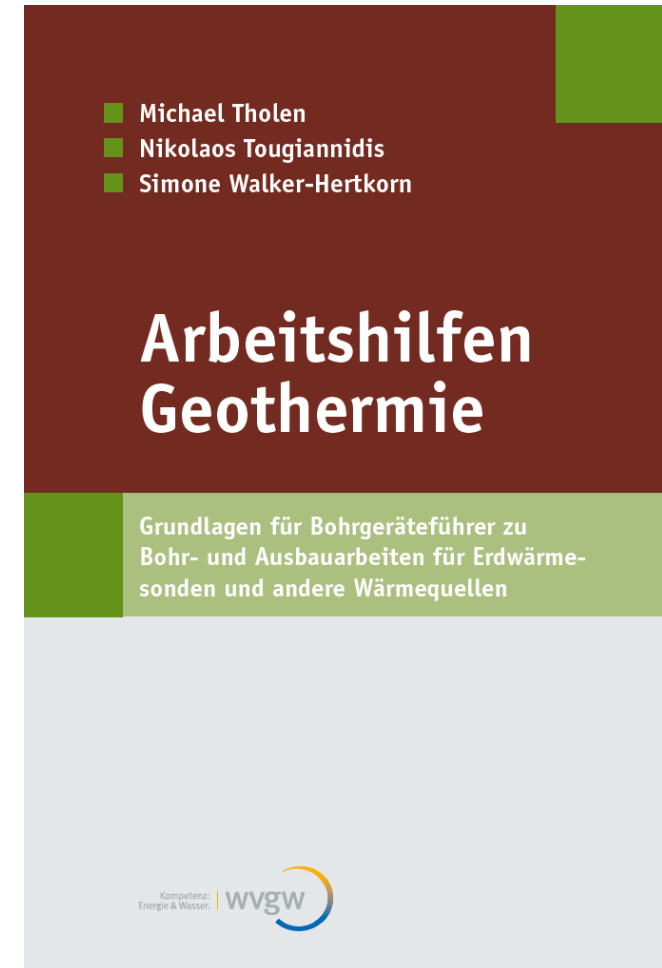
Bei den heute eingesetzten hochwertigen Abdichtungsmaterialien und Verfülltechniken werden bei ordnungsgemäßer Verarbeitung auch kleinste Zwickel zwischen den Sondenrohren abgedichtet. Hier ist eher festzustellen, je schlanker die Bohrung, und wenn keine Einbauten wie Zentrierungen oder Abstandshalter eingebaut sind, umso homogener ist die Verfüllsäule.

Vor- und Nachteile kleinerer Bohrdurchmesser

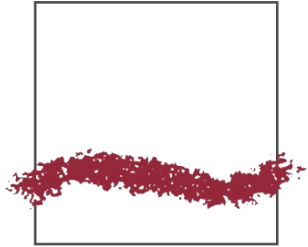
Auch aus bohrtechnischer und geothermischer Sicht sprechen viele Gründe für einen kleinen Bohrdurchmesser, einige wenige Argumente sprechen dagegen:

- + weniger Bohrgutanfall
- + weniger Verfüllvolumen
- + geringere Kosten
- + geringere Wasserandrang beim stockwerksübergreifenden Ausbau
- + schnellere Bohrgeschwindigkeit (wichtig beim Bohren ohne Verrohrung)
- + ein verbesserter Bohrlochwiderstand
- evtl. Schwierigkeiten beim Bohren in grobkörnigen steinigen Böden
- evtl. bei Kaliberverlust, Schwierigkeiten beim Einbau der Erdwärmesonde
- evtl. Gefahr einer Beschädigung der Sondenrohre, speziell im Kalkstein

Kapitel 5 „Bohrungen für Erdwärmesonden“



- [1] bbr-Artikel „Bohrdurchmesser einer Erdwärmesondenbohrung im Kontext der Ringraumverfüllung“, Januar 2023
- [2] Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Juli 2001
- [3] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg (2018): Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS)
- [4] Schriftenreihe des Amt für Umweltschutzes (01/2005) „Nutzung der Geothermie in Stuttgart“
- [5] Verein Deutscher Ingenieure (2010): Thermische Nutzung des Untergrundes – Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte, VDI 4640, Blatt 1
- [6] Verein Deutscher Ingenieure (2019): Thermische Nutzung des Untergrundes – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen, VDI 4640, Blatt 2



tewag

tewag GmbH

Technologie – Erdwärmeanlagen – Umweltschutz

Niederlassung Starzach

Am Haag 12

72181 Starzach-Felldorf

E-Mail: info@tewag.de

Tel.: +49 7483 26908-0