

Eignung von Gewebestrümpfen als Abdichtungssystem bei Erdwärmesondenbohrungen zum Schutz des Grundwassers

Eine Vorstudie zum Status Quo

Auftraggeber:

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)
Stampfenbachstrasse 14
8090 Zürich

Vertreten durch:
Oliver Genoni



Hauptautorin:

Dr. Eva Sutter

Co-Autorinnen:

Aylin Polat
Neda Ristanic
Jacqueline Staudenmann

Aadorf, 08.08.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
2	Vorgehensweise.....	4
2.1	Befragungen Bohrbranche	4
2.2	Befragungen geologische Fachpersonen	4
2.3	Befragungen Ämter	5
3	Datengrundlage und Auswertung	5
3.1	Begriffe und Definitionen	5
3.2	Auflagentext Kanton Zürich	6
3.3	Gewebestrumpf Materialien.....	7
3.4	Datengrundlage Befragungen	9
4	Auswertung der Befragungen.....	9
4.1	Kantonale Amtsstellen.....	9
4.2	Geologische Fachpersonen.....	11
4.2.1	Erfahrung und Betreuung von EWS-Bohrungen.....	11
4.2.2	Empfehlungen zu Einbautiefen und Längen des Gewebestrumpfes.....	11
4.2.3	Empfehlungen zu Einbautiefen und Längen des Gewebestrumpfes.....	12
4.2.4	Weitere empfohlene Verwendungsarten des Gewebestrumpfes	14
4.2.5	Alternative Massnahmen zum Schutz des Grundwassers	15
4.2.6	Vertrauen in die Wirksamkeit des Gewebestrumpfes	16
4.3	Bohrunternehmen	19
4.3.1	Umsetzung auf der Bohrstelle	21
4.3.2	Die Rolle der Hinterfüllung	24
4.3.3	Umsetzbarkeit Gewebestrumpf und Tiefen aus Sicht der Bohrfirmen.....	26
4.3.4	Alternativen zum Gewebestrumpf	27
4.3.5	Stimmungsbild aus der Industrie	29
5	Alternativen zum Gewebestrumpf für den Grundwasserschutz.....	32
6	Fazit	34
7	Aussicht	37
	Referenzen.....	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Antworten der Kantonsvertreter darauf ob ein Gewebestrumpf explizit vorgeschrieben wird	9
Abbildung 2:	Zusammenhänge Erfahrung – Anzahl EWS-Projekte pro Woche	12
Abbildung 3:	Zusammenhänge Erfahrung – Anzahl Strumpfeinbauten pro Jahr.....	13
Abbildung 4:	Zusammenhänge Erfahrung - maximale, empfohlene Gewebestrumpflänge... ..	14
Abbildung 5:	Zusammenhänge Erfahrung - maximale, empfohlene Einbautiefe.....	15
Abbildung 6:	Überzeugung der geologischen Fachpersonen zur Zweckerfüllung des Gewebestrumpfes	16
Abbildung 7:	Stimmungsbild der geologischen Fachpersonen	18
Abbildung 8:	Berufserfahrung der befragten Teilnehmer aus den Bohrunternehmen	19
Abbildung 9:	Anzahl Meter an Gewebestrumpf pro Jahr welche von den Bohrfirmen verbaut werden	20
Abbildung 10:	Gewebestrumpftypen welche in der Industrie verwendet werden	20
Abbildung 11:	Angaben dazu mit welchen Materialien der Gewebestrumpf an der Sonde befestigt wird	23
Abbildung 12:	Angaben dazu wo der Gewebestrumpf im Bohrloch eingebaut wird	23
Abbildung 13:	Strategien Hinterfüllung im Zusammenhang mit dem Gewebestrumpf.....	25
Abbildung 14:	Anpassung des Hinterfüllungsmaterials beim Einbau eines Gewebestrumpfes	25
Abbildung 15:	Umsetzbarkeit gemäss Bauführer und Bohrmeister.....	27
Abbildung 16:	Den Bohrmeistern und Bauführern bekannte Alternativen zum Gewebestrumpf	28
Abbildung 17:	Bevorzugung von alternativen Schutzmethoden für das Grundwasser	29
Abbildung 18:	Antworten auf die Frage wie gerne der Gewebestrumpf von den Bohrmeistern eingebaut wird	30
Abbildung 19:	Stimmungsbild der Bohrmeister gegenüber dem Gewebestrumpf.....	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die Begriffe zum Thema Gewebestrumpf in der Erdwärmebranche	5
Tabelle 2:	Verschiedene Gewebestrumpf-Produkte in der Übersicht	8
Tabelle 3:	Zusammenfassung der Alternativen zum Gewebestrumpf bei EWS	32

1 Ausgangslage

Im Kanton Zürich, wie in einigen anderen Kantonen in der Schweiz, werden für Bewilligungen von Erdwärmesonden in Grundwassergebieten Schutzmassnahmen im Bereich der grundwasserführenden Schichten vorgeschrieben. Diese sollen eine starke Ausschwemmung von Zement und somit die Verunreinigung des Grundwasserleiters (hydraulisch: Fliesswege können unterbunden werden; chemisch: Erhöhung des pH) verhindern. Grundsätzlich wird dabei auf den Einbau einer permanenten Verrohrung aus Stahl oder Kunststoff oder eines Gewebestrumpfes verwiesen. Teilweise wird sogar explizit der Gewebestrumpf zur Überbrückung von grundwasserführenden Schichten verlangt. In der Praxis zeigt es sich, dass auch bei der Wahl des Systems fast ausschliesslich auf den Gewebestrumpf zurückgegriffen wird. Dieser ist generell günstiger und auch einfacher handhabbar für die Bohrfirmen. Weil praktisch nie eindeutig vorgegeben, verwenden viele Bohrfirmen meist den günstigsten Gewebestrumpf, obwohl es bezüglich den Materialeigenschaften eine grosse Qualitätsbandbreite gibt.

In der bislang einzigen Studie der Schweiz, bei der unter anderem in Zusammenhang mit Abdichtungssystemen über den Gewebestrumpf an Erdwärmesonden zum Grundwasserschutz diskutiert wird, wird gefolgert, dass bei einem fachgerechten und schadlosen Einbau des Gewebestrumpfes der Schutz des Grundwassers gewährleistet ist (Hess et al., 2018). Des Weiteren wurden von der Fachhochschule Graubünden im Jahr 2022 Geotextilsäcke für Anker getestet (Glover et al., 2022). Bei der Studie standen andere Themen im Fokus, wie z.B. die Ausziehkraft von Ankern mit oder ohne Geotextilsack. In der Zement-Branche wird die Studie aber kritisiert, da die Einbauten nicht fachgerecht erfolgten. Bis heute gibt es keine grossräumig vergleichende Studie mit messbaren Daten, welche die Wirksamkeit verschiedener "Strumpf"-Produkte und Einsatzzwecke bei Erdwärmesonden untersucht hat. Ob und wie gut der Gewebestrumpf seine Schutzfunktion im Grundwasser überhaupt einnehmen kann und in Zusammenhang mit welchen Zementen dieser verbaut werden sollte, ist somit grösstenteils unbekannt. Auch gibt es unzählige verschiedene Vorgehensweisen, wie der Strumpf eingebaut wird. Es gibt Anzeichen, dass einige Vorgehensweisen dazu führen, dass die Strümpfe unten aufplatzen, ihre Solltiefen nicht erreichen oder reissen. Hier wären, neben den Vorgaben an die zu verwendenden Strumpf-Typen, klare Richtlinien für den korrekten Einbau notwendig.

Immer wieder führt diese Unsicherheit zu Diskussionen zwischen den betroffenen Akteuren in der Erdwärmesondenbranche. Das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) Zürich hat sich entschieden den Status Quo in der Branche zum Thema Gewebestrumpf bei Erdwärmesonden in Erfahrung zu bringen und ist interessiert schrittweise eine Verbesserung der Situation herbeizuführen. Dafür waren erste Datenerhebungen nötig, für welche mit dieser Vorstudie die Grundlagen geschaffen wurden. Das Ziel dieser ersten Vorstudie zum Thema Gewebestrümpfe bei Erdwärmesondenbohrungen war es eine Übersicht über den Stand der Technik und die allgemeine Stimmung zu diesem Thema in der Branche zu schaffen. Zentral für die Studie waren die Fragen: Was wird momentan gemacht? Was wird momentan empfohlen? Und: Was sind die Erwartungen an die Industrie?

Dies führte unweigerlich zu einer Evaluation der Vor- und Nachteile des gegenwärtig meist genutzten Systems zur Abdichtung und dem Schutz von Grundwasservorkommen bei Erdwärmesondenbohrungen in der Schweiz.

2 Vorgehensweise

Um die grundsätzlichen Fragen dieser Studie beantworten zu können, gab es zu Beginn eine Reihe von Fragestellungen. Diese waren:

- Welche Gewebestrümpfe werden verbaut?
- Was sind die bekannten Merkmale der verschiedenen Strümpfe?
- Welche Messdaten bestehen von Seiten der Hersteller zu Durchlässigkeit, Festigkeit usw.?
- Wie empfehlen die Hersteller der Strümpfe einen Einbau?
- Wie werden die Strümpfe tatsächlich verbaut?
- Was für Probleme bestehen beim Einbau?
- Welche Zemente werden damit verwendet?
- Gibt es Alternativen zum Gewebestrumpf (z.B. eine permanente Schutzverrohrung, schnellabbindender Zement, Kies- oder Compactonitfüllung) und wie sehr eignen sich diese in Bezug auf Einbau und Kosten?

Zudem stand zur Diskussion was die Erwartungen seitens Ämter an die Bohrfirmen sind, sowie was von den begleitenden geologischen Fachpersonen vor Ort empfohlen wird. In diesem Zusammenhang war die zentrale Frage danach wie diese verschiedenen Sichtweisen und Ansprüche mit dem was tatsächlich auf den Baustellen passiert, respektive möglich ist, vereinbar sind.

Um diese Fragen beantworten zu können, wurden verschiedene Fragenkataloge (siehe Anhänge) erstellt und Umfragen bei den beteiligten Akteuren der Branche durchgeführt. Die Befragungen fanden hauptsächlich zwischen November und Dezember 2024 statt. Nachfolgend werden kurz die Details zu den einzelnen Befragungen erläutert. Alle Antworten wurden in einer Tabelle gesammelt. Diese wurde mit diesem Bericht abgegeben.

Zusätzlich zu den Befragungen in der Erdwärmesondenbranche wurden Daten zu den verschiedenen Gewebestrümpfen und deren Alternativen recherchiert und gesammelt. Diese Daten wurden in Zusammenarbeit mit den Herstellern, Recherchen im Internet und Gesprächen mit Branchenvertretern erhoben. Auch sie werden im nachfolgenden Kapitel 3 erläutert.

2.1 Befragungen Bohrbranche

Der grösste Fokus wurde auf die ausführende Seite in der Branche gelegt – die Bohrfirmen. Damit eine gute Umsetzung zum Grundwasserschutz gewährleistet werden kann, ist es wichtig zu verstehen was momentan auf den Baustellen gemacht wird und was die damit verbundenen Probleme sind. Dazu wurden bei verschiedenen in der Schweiz tätigen Bohrfirmen diverse Bohrmeister sowie auch Bauführer oder Firmeninhaber zum Thema befragt.

Die Befragungen wurden zum Teil direkt vor Ort auf den Baustellen, telefonisch oder mittels eines online Fragebogens durchgeführt. Das Interesse an dieser Studie teilzunehmen war in der Bohrbranche generell sehr hoch.

2.2 Befragungen geologische Fachpersonen

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Einbau eines Gewebestrumpfes für Erdwärmesonden sind die Empfehlungen, welche von den geologischen Fachpersonen gemacht werden.

Schlussendlich gibt diese Empfehlung vor, was auf den Baustellen umgesetzt werden soll, respektive umgesetzt werden muss. Interessant war hier herauszufinden ob die Empfehlungen grundsätzlich von der Bohrbranche als machbar bewertet werden oder ob es hier Diskrepanzen gibt, über was theoretisch notwendig ist und was technisch machbar ist.

Die Befragungen der geologischen Fachpersonen fand mittels online Fragebogen statt. Dieser wurde zwar an mehrere geologischen Büros und Fachpersonen versandt, jedoch war der Rücklauf der ausgefüllten Fragebogen eher gering.

2.3 Befragungen Ämter

Die Auflagen zum Grundwasserschutz mittels geeigneter Barriere werden von den kantonalen Ämtern verfügt. Daher war es wichtig hier nach den Zielen und Erfahrungen der Amtsstellen mit dem Gewebestrumpf bei Erdwärmesonden zu fragen. Die Befragungen wurden etwa je zur Hälfte telefonisch und schriftlich geführt.

3 Datengrundlage und Auswertung

Im Folgenden werden Begriffe erläutert und verschiedene Definitionen gegeben. Weiter werden die verschiedenen Gewebestrumpf-Produkte auf dem Markt zusammengefasst. Zudem diskutiert dieses Kapitel Aspekte zur Auswertung der Datengrundlage aus den Befragungen.

3.1 Begriffe und Definitionen

In der Bohrbranche bestehen verschiedene Definitionen und Begriffe um das Thema Gewebestrumpf und Zementation. Diese wurden in Tabelle 1 gesammelt und zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht über die Begriffe zum Thema Gewebestrumpf in der Erdwärmebranche

Begriff	Definition	Quelle
Gewebestrumpf / Strumpf / Gewebeschlauch	Eine vom Sondenfuss oder einer Dichtmanschette bis auf eine bestimmte Höhe eingeführte Vorrichtung, die das Weglaufen der Suspension in Klüfte und durchlässige Schichten verhindert.	SIA 384/6:2021
	Eine wasserundurchlässige, dehnbare und strapazierfähige Folie, welche zusammen mit der Erdwärmesonde in das Bohrloch eingebracht wird. Die Folie kommt zwischen Erdwärmesonde und Bohrlochwand zu liegen. Die Hinterfüllung der Erdwärmesonde erfolgt innerhalb des Strumpfes. So wird durch den Verfüllvorgang die Folie an die Bohrlochwand gepresst. Der EWS-Strumpf verhindert dadurch, dass die Verfüllsuspension in durchlässige Gesteinsschichten oder in Klüfte eindringen bzw. wegfliessen kann.	Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS)
	Der Erdwärmesonden-Strumpf ist ein wasser- und zementundurchlässiges Material in Form einer Folie, bzw. eines Geotextils, welches dehnbar ist und leicht über die Erdwärmesonde gestülpt werden kann. Durch den Strumpf wird ein Wegfliessen der Verfüllsuspension verhindert und die Sonde inkl. Hinterfüllung gegenüber dem Umgebungsgestein und dem Grundwasser abgedichtet. Die Erdwärmesonde kann dabei normal genutzt werden.	Hess et. al (2018)

Begriff	Definition	Quelle
Gewebepacker / Erdwärmesonden-packer	Eine um eine Erdwärmesonde befestigte, mechanische oder hydraulische Abdichtung gegen artesisch aufstossendes Wasser oder Gas.	SIA 384/6:2021
	Beim Erdwärmesonden-Gewebepacker handelt es sich um einen Filtergewebes Schlauch (o.ä.), welcher an einer bestimmten Bohrtiefe (bzw. an einer bestimmten Position der Erdwärmesonde) angebracht wird. Die bei Erdwärmesonden-bohrungen eingesetzten Bohrloch-Packer werden häufig auch mit „Schlauchpacker“ oder umgangssprachlich mit „Ballon“ bezeichnet.	Hess et al. (2018)
Bohrlochpacker	Eine in das Bohrloch eingeführte, mechanische oder hydraulische Abdichtung gegen artesisch aufstossendes Wasser oder Gas. Verbleibt der Bohrlochpacker im Bohrloch, kann über die abgesperrte Strecke keine Erdwärmesonde mehr eingebaut werden.	SIA 384/6:2021
Ankerstrumpf / Geotextilsack	Längsgenähter Schlauch aus Geotextil oder rundgewebter bzw. gestrickter Strumpf (Trikotschlauch)	Lifa et al. (2024)
Permanente Verrohrung	Eine wesentlich vereinfachte Form der Permanenten Verrohrung ist zum Schutz von oberflächennahen durchlässigen Schichten im Gewässerschutzbereich AU (z.B. in Randgebieten von AU) denkbar: Hier kann ein Vollrohr (PE oder PVC) bis in den Grundwasserstauer eingebaut werden, welches verhindern soll, dass sich die Hinterfüllsuspension in der durchlässigen Zone ausbreiten kann.	Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS)
	Die Permanente Verrohrung beinhaltet zusätzlich eingebaute Vollrohre zur Abdichtung der Erdwärmesonde und der Hinterfüllung gegenüber dem Umgebungsgestein. Die Erdwärmesonde kann dabei normal genutzt werden. Für das Rohr kommen verschiedene Materialtypen in Frage. Dies sind im Wesentlichen Stahl (z.B. zusätzlich eingebaute Stahlrohre oder auch im Boden belassene Mantelverrohrung) oder Kunststoff (PVC, PE) bei Einbau nach der Bohrung. Um die Zirkulation von Wasser komplett zu unterbinden (auch in vertikaler Richtung) ist eine Druckzementation des Ringraums zwischen Rohr und Bohrlochwand sowie eine Fusszementation am unteren Ende des Rohres erforderlich.	Hess et al. (2018)
Stufenweise Zementation / Stufenzementation	Stufenzementation ist eine Methode zur Hinterfüllung von Erdwärmesonden, bei der zusätzliche kürzere Schläuche neben dem Hauptzementationsschlauch eingebracht werden.	Schädle (2018)
Druckzementation	Durch die Steigrohre bzw. Gestänge wird eine Zementschlämme [...] unter hohem Druck in die wasserführende Schicht eingepresst.	Prickel (1959)

3.2 Auflagentext Kanton Zürich

Das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) im Kanton Zürich verfügt vorwiegend bei Erdwärmesondenbohrungen in Gebieten mit Schotter-Grundwasservorkommen, ungeeignet für Trinkwassergewinnung Auflagen zum Schutz des Grundwassers. Der Auflagentext liest sich wie folgt:

«Im Bereich der wasserführenden Schichten bzw. des Grundwasserleiters ist eine Schutzvorrichtung (permanente Verrohrung aus verschraubtem Kunststoff- bzw. Stahlrohr oder Strumpf) einzubauen, die in den darunter liegenden Grundwasserstauer einzubinden ist. Die

genaue Lage der Schutzmassnahme ist aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse durch die hydrogeologische Fachperson festzulegen.»

Weiter verfügt das AWEL ZH seit 2023 in diesen Gebieten, dass eine digitale Hinterfüllmessung erfolgt. Dies soll eine zusätzliche Kontrolle über mögliche Zementabflüsse im Untergrund ermöglichen. Eine detaillierte Auswertung von Hinterfüllmessungen wurde 2025 durch die Geo Explorers AG in Zusammenarbeit mit dem AWEL ZH durchgeführt (Sutter et al., 2025). Die Studie kam unter anderem zum Schluss, dass in Gebieten mit Schutzvorrichtungen in Form eines Gewebestrumpfes Zementabflüsse beobachtbar sind.

Auch wenn im Kanton Zürich nicht explizit der Gewebestrumpf als Schutzmassnahme verlangt ist (Auswahl von drei verschiedenen Systemen), wird in der Realität der Gewebestrumpf mit Abstand am meisten verbaut. Daher ist es sinnvoll die Schutzmassnahme «Gewebestrumpf» und deren Tauglichkeit genauer zu untersuchen.

3.3 Gewebestrumpf Materialien

Im Zuge dieser Studie wurden alle die uns bekannten Hersteller und Vertreiber der Gewebestrumpf-Produkte angeschrieben und um Informationen zu Ihren Produkten gebeten. Weiter wurde eine Internet-Recherche über die verschiedenen Produkte geführt. Für wenige Hersteller, respektive Vertreiber fanden sich keine online Informationen und es kam auch keine Antwort. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die am meisten verwendeten Produkte in der Erdwärmesondenbranche.

Über die Produkte von Bospi, Comdrill, HDG und BTD ergab die Recherche leider keine Informationen. Der Haka Gerodur AG GEOTight Packer ist das einzige Produkt, für das sich eine konkrete Einbauanleitung seitens Hersteller fand:

- 1) Gewebeschlauch über Standrohr stülpen oder über Sondenfuss stülpen und am Drehkopf oder Mast/Abfangvorrichtung befestigen
- 2) Unteres Packer Dichtelement auf die gewünschte Position/Tiefe bringen
- 3) Gewebeschlauch mit Rohrbride fixieren
- 4) eine zweite Rohrbride anbringen
- 5) Oberes Packer Dichtelement auf die gewünschte Position/Tiefe bringen
- 6) Gewebeschlauch mit Rohrbride fixieren
- 7) zweite Rohrbride anbringen
- 8) abteufen
- 9) Packer mit Injektionsrohr mit Zement füllen und unter Druck halten bis der Zement abgebunden ist

Obiges Vorgehen bedingt: zweiten Injektionsschlauch im Packer einbringen (oberes und unteres Dichtelement sind mit unterschiedlicher Anzahl Löcher ausgerüstet), sowie einen dritten Injektionsschlauch oberhalb des Packers (ausser Strumpf geht bis zur Oberfläche hin). Zudem müssen die Sondenrohre vor dem Aufblasen des Packers mit Wasser befüllt sein und oben druckdicht verschlossen werden.

Tabelle 2: Verschiedene Gewebestrumpf-Produkte in der Übersicht

Produktname	Hersteller / Vertreiber	Eignung gemäss Hersteller	Material	Rollen- länge [m]	Durchmesser [mm] für max. Bohrdurchmesser [mm]	Eigenschaften	Herstellervorgaben zum Einbau
KÜSOX white Ankerstrumpf	Kühler Technik AG	Anker	Polyester	50	80-230 / 200 190-430 / 400	Dehnbar	ideal mit Kümix o. KIM500
KÜSOX black Ankerstrumpf	Kühler Technik AG	Anker	PP & PE	25	68-300 / 53-285	Widerstandsfest	unbekannt
Fischer / Geo Textilschlauch PA 400-10	Fischer Spezialbaustoffe GmbH / Geser Erdwärme GmbH & Co. KG	EWS-Bohrungen	Polyester	50, 100 oder auf Nachfrage	Unbekannt	Wasserdurchlässig, hohe mechanische Festigkeit, gute Umweltverträglichkeit	unbekannt
GEOtight Gewebe- schlauch	Haka Gerodur AG	Gewebepacker / Gewebe- schlauch EWS- Bohrungen	Unbekannt	3-100 (nur im Packer- Kit mit Dichtungen)	150/127-140 175/140-165	Filtergewebe (indiziert Durchlässigkeit für Wasser)	*1 detaillierte Vorgehensweise im Text beschrieben
Schoellkopf Gewebe- schlauch	Schoellkopf AG	Kleinbohrpfähle und Anker im Spezialtiefbau, Geotextilien allgemein	PE Filtergewebe HaTe C 50.002 25 oder andere auf Anfrage	Auf Anfrage	68/125/140/180, auch bis 1000 möglich	Öffnungsweite Maschen von 0.2mm für hohe Ableitkapazität und Entwässerungen. Dehnung von längs 20%, quer 18%. Zugfestigkeit von längs 45 kN/m, quer 55 kN/m. Beständigkeit 100 Jahre	Unbekannt
Ankerstrumpf	DESOI GmbH	Ankerstrumpf für Natursteinmauer- werk	Polyester & Baumwolle	Unbekannt	25-190 (Ausdehnung von ca. 30%)	Teilweise durchlässig zur Verbindung Anker-Mauerwerk, dehnbar	mit Ankermörtel (DESOI AnchorNox Trockenmörtel) über die zum System gehörenden Verfüllrohre / Verschlussstücke

3.4 Datengrundlage Befragungen

Bei den Befragungen in der Bohrbranche haben 39 Bohrmeister und sieben Bauführer / Firmeninhaber teilgenommen. Diese sind in 15 verschiedenen Bohrfirmen tätig. Bis auf wenige, nicht verständliche Einträge, waren alle Antworten auswertbar. Teilweise mussten die Antworten der Bohrmeister leicht interpretiert werden, da zum Teil die Kommunikation nicht auf einer gemeinsamen Sprache basierte. Bei den geologischen Fachpersonen gaben 15 Personen Auskunft. Zudem wurden die Vertreter von zehn Kantonen befragt. Das Interesse, und entsprechend der Rücklauf der Antworten, war bei den Bohrfirmen sehr gross, bei den kantonalen Amtsstellen gut und bei den geologischen Fachpersonen eher gering.

Die erhobenen und recherchierten Daten wurden in tabellarischer Form gesammelt. Für die Auswertung wurden die Daten teilweise in Grafiken dargestellt um einen Überblick zu schaffen, respektive Zusammenhänge erkennen zu können. Wo Antworten sehr individuell waren, werden diese im Bericht in schriftlicher Form diskutiert.

4 Auswertung der Befragungen

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die Antworten aus den Befragungen dreier involvierter Parteien zum Thema Gewebestrumpf bei Erdwärmesonden; kantonale Amtsstellen, geologische Fachpersonen und Bohrunternehmen.

4.1 Kantonale Amtsstellen

Es wurden die Rückmeldungen von insgesamt zehn Kantonen (Zürich ausgenommen) betrachtet und ausgewertet. Von den befragten Kantonen wird in acht eine Massnahme zum Grundwasserschutz bei Erdwärmesondenbohrungen verfügt. In einem Kanton wird dies nicht mehr gemacht und den Bohrfirmen die Entscheidung überlassen, und in einem Kanton werden Bohrungen in kritischen Gebieten durch einen Kantonsgeologen begleitet, welcher dann situationsgerecht über den Einbau einer Schutzmassnahme entscheidet. Die Ansprechpartner der Kantone wurden zudem gefragt, ob in den Bewilligungen spezifisch über den Einbau des Gewebestrumpfes verfügt wird (Abbildung 1).

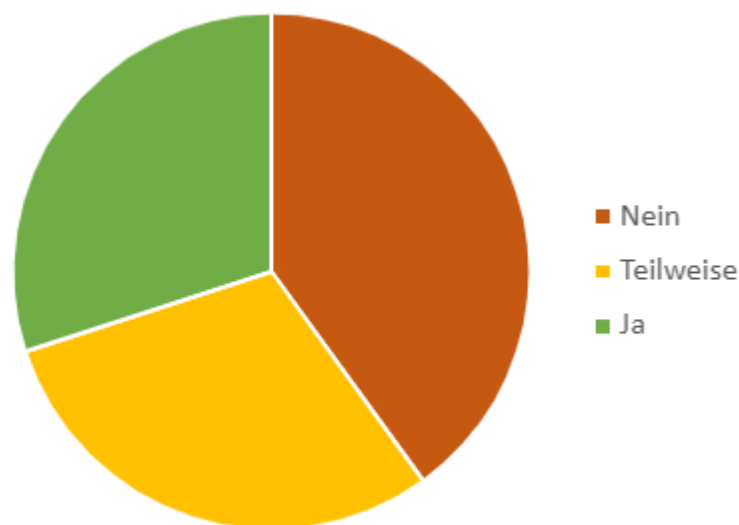


Abbildung 1: Antworten der Kantonsvertreter darauf ob ein Gewebestrumpf explizit vorgeschrieben wird

Die meisten der befragten Kantone (40 %) verfügt über den Einbau eines permanenten Abdichtungssystems, wobei dieses nicht weiter spezifiziert wird (z. B. permanente Verrohrung, Gewebestrumpf, angepasste Hinterfüllung). 30 % der befragten Kantone verfügen teilweise explizit über den Einbau eines Gewebestrumpfs und weitere 30 % verfügen spezifisch über dessen Einbau. Als Grund für den Einbau einer Schutzmassnahme wird von allen Kantonen der Grundwasser- / Gewässerschutz genannt. Genauer lauten die Gründe weiterhin:

- **Grundwasser vor Auswaschung von Zementsuspension schützen**
- **Vollständige Hinterfüllung gewährleisten**, sodass die Wärmeleitfähigkeit durch gute Anbindung an den Felsen gewährleistet wird
- **Gleichmässige Verteilung des Zements**, sodass dieser keinen Pfropfen und damit eine Barriere für das Grundwasser darstellt
- **Minimale pH-Fahne im Grundwasser**, durch die geringere Auswaschung des Zements
- **Vermindert starke Wasserzutritte im Lockergestein**
- **Verhindert Ausfliessen in Klüfte** und schützt diese davor geschlossen zu werden, resp. den Abfluss von grossen Zementmengen in diese

Zusammengefasst soll das Grundwasser geschützt werden und eine Durchmischung von Grundwasserstockwerken verhindert werden. Ein Kanton gab zudem die Rückmeldung, dass Bohrungen in Gebieten mit nachgewiesenen Grundwasserleitern grundsätzlich untersagt seien.

Die Erfahrungen mit dem Gewebestrumpf sind aus Sicht der kantonalen Verwaltungen insgesamt gering. Zwar wird über den Einbau des Gewebestrumpfes bzw. einer permanenten Abdichtung verfügt, jedoch wird der vollendete Einbau nicht zwangsläufig kontrolliert. Eine Rückmeldung zum erfolgreichen Einbau geht teilweise über hydrogeologische Berichte bei den kantonalen Verwaltungen ein. Bei Problemen während der Bohrarbeiten oder dem Einbau der Abdichtungssysteme werden die kantonalen Verwaltungen zum Teil hinzugezogen, was eine weitere Möglichkeit für die Kantone für Rückmeldungen darstellt. Ein Kanton meldete zurück, dass sich der Einbau bewährt, ein anderer, dass der Vergleich zweier Bohrungen desselben Grundstücks, eine mit und eine ohne Gewebestrumpf, sich nicht unterschieden hätten.

Aus den bisherigen Erfahrungen mit dem Einbau des Gewebestrumpfes wurden zwar Probleme aus Sicht der Ämter erkannt. Zunächst fehlt es aber an genügend Informationen und Rückmeldungen zum Einbau der Abdichtungssysteme respektive der Gewebestrumpfe. Berichte zu den Einbauten würden fehlen und anderweitige Rückmeldungen gehen nur ein, sobald Probleme auftreten (z.B. Arteser). Der erfolgte Einbau des Gewebestrumpfes wird aus schriftlichen Protokollen nicht immer ersichtlich. Die Abdicht-Wirkung sei schwierig zu belegen, Schwierigkeiten im Einbau und die wohl oft fehlerhafte Technik des Einbaus und der Hinterfüllung wurden von einigen Kantonen als bestehende Probleme in der Praxis erkannt.

Weitere Anmerkungen seitens Vertreter der Kantonalen Verwaltung wurden frei geäussert:

- Es müssen Grundlagen geschaffen werden: für die Vorbereitung und Nachbetreuung / Kontrolle der Einbauten und um Probleme zu erkennen
- In der Vergangenheit wurden redundante Gutachten eingereicht, welche durch Auflagen zu den Abdichtungssystemen abgelöst wurden
- Generell darf nur in Randgebieten der Grundwasserleiter durchbohrt werden
- Das Ziel sollte sein, Naturmaterialien oder thixotrope Zementgemische ohne Zusatzstoffe zu verwenden

- Idee einer spezifischen Schulung des Bohrpersonals zum Umgang mit dem Gewebestrumpf-Einbau

Diese könnten als Anregung für weitere Verbesserungen der Praxis und in weiterführenden Studien einfließen.

4.2 Geologische Fachpersonen

Im Kapitel *Geologische Fachpersonen* werden zentrale Fragestellungen im Zusammenhang mit der Betreuung von EWS-Bohrungen, der Einschätzung von Alternativen zum Gewebestrumpf, möglichen Schutzmassnahmen für das Grundwasser sowie der Wirksamkeit des Strumpfeinbaus behandelt. Die Grundlage der Analyse bildet eine Befragung von 15 geologischen Fachpersonen aus verschiedenen Fachfirmen in der Schweiz. Ziel der Untersuchung war es, fundierte Einblicke in aktuelle, fachliche Praktiken und Bewertungen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Gewebestrümpfen bei EWS-Bohrungen zu gewinnen. Die Erhebung erfolgte anhand eines standardisierten Fragebogens, welcher sowohl quantitative als auch qualitative Angaben der Teilnehmenden erfasste.

4.2.1 Erfahrung und Betreuung von EWS-Bohrungen

In Abbildung 2 wird der Zusammenhang zwischen der Berufserfahrung der geologischen Fachpersonen und der Anzahl der pro Woche betreuten EWS-Bohrungen dargestellt. Damit soll eine Übersicht über den Erfahrungsschatz der befragten geologischen Fachpersonen geschaffen werden. Es zeigt sich, dass von den befragten Personen nur gerade 42 % mehr als einmal pro Woche überhaupt mit EWS-Bohrungen zu tun haben. Die meisten der befragten geologischen Fachpersonen (36 %) gaben zudem an, weniger als drei Jahre Berufserfahrung mit EWS-Bohrungen zu haben. Personen, welche mit mehr als fünf EWS-Bohrungen pro Woche in Kontakt sind (14 % der Befragten), bringen ausschliesslich mehr als fünf Jahre Berufserfahrung in diesem Bereich mit. Da die Menge an befragten Personen statistisch gesehen zu gering ist, wird dieses Bild, bedingt durch den hohen Anteil an Befragten aus einer auf EWS spezialisierten Firma (9 von 15 Befragten), wahrscheinlich verzerrt zur Realität dargestellt.

Weiter wurde die Frage gestellt, wie oft pro Jahr die geologische Fachperson mit Gewebestrümpfen bei EWS betreut ist. Dies ist wieder im Zusammenhang mit der Anzahl Jahre an Berufserfahrung in dieser Branche in Abbildung 3 veranschaulicht. Es wird deutlich, dass Fachpersonen mit längerer Berufserfahrung mit EWS-Bohrungen auch öfter pro Jahr mit Strumpfeinbauten involviert sind.

Die Menge der befragten geologischen Fachpersonen ist, wie bereits erwähnt, zu gering um eine statistisch relevante Aussage über Zusammenhänge von Berufserfahrung und Anzahl betreuter EWS-Bohrungen, resp. Strumpfeinbauten machen zu können. Die Grafiken geben aber einen Überblick darüber, welche Erfahrung die geologischen Fachpersonen, welche in dieser Studie teilnahmen, haben. Dies ist sehr wohl relevant für die nachfolgenden Antworten.

4.2.2 Empfehlungen zu Einbautiefen und Längen des Gewebestrumpfes

Die geologischen Fachpersonen wurden nach ihren Empfehlungen bezüglich der Einbautiefe und der maximalen Strumpflänge befragt. Ersteres besagt auf welche Tiefe an der EWS noch ein Gewebestrumpfeinbau empfohlen wird, während die zweite Frage darauf abzielte zu

erfahren wie lange die empfohlenen Gewebestrumpfstrecken sind. Zum Beispiel, könnte der Gewebestrumpf mit einer maximalen Länge von 50 m in einer maximalen Einbautiefe von 100 m empfohlen werden, also von 50-100 m Tiefe reichend. Die Resultate der Befragung zu diesen Themen sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellt.

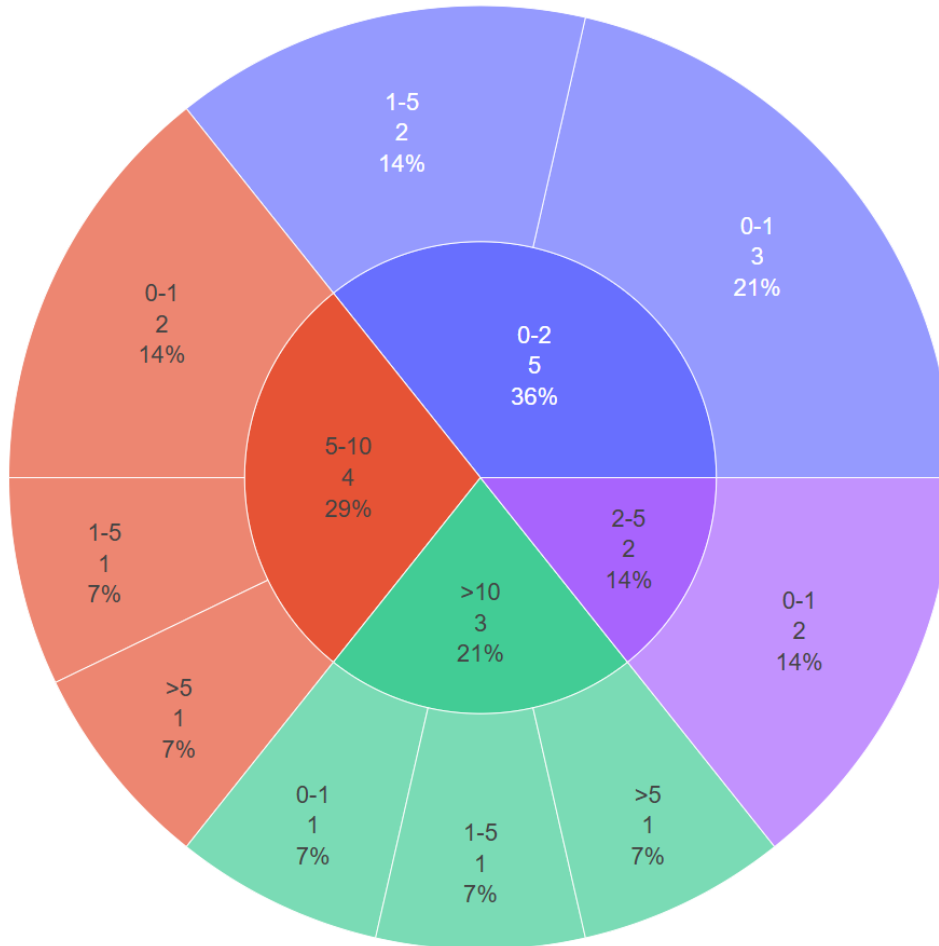


Abbildung 2: Zusammenhänge Erfahrung – Anzahl EWS-Projekte pro Woche

Der innere Kreis zeigt die Berufserfahrung der befragten geologischen Fachpersonen mit EWS Bohrungen, der äussere Ring die Anzahl EWS Bohrungen welche pro Woche ca. betreut werden. Die Zahlen von oben nach unten korrespondieren zu: Anzahl Jahre, resp. EWS, Anzahl Antworten, Prozent Antworten.

4.2.3 Empfehlungen zu Einbautiefen und Längen des Gewebestrumpfes

Die geologischen Fachpersonen wurden nach ihren Empfehlungen bezüglich der Einbautiefe und der maximalen Strumpflänge befragt. Ersteres besagt auf welche Tiefe an der EWS noch ein Gewebestrumpf einbau empfohlen wird, während die zweite Frage darauf abzielte zu erfahren wie lange die empfohlenen Gewebestrumpfstrecken sind. Zum Beispiel, könnte der Gewebestrumpf mit einer maximalen Länge von 50 m in einer maximalen Einbautiefe von 100 m empfohlen werden, also von 50-100 m Tiefe reichend. Die Resultate der Befragung zu diesen Themen sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellt.

Bei der empfohlenen, maximalen Gewebestrumpflänge zeichnet sich deutlich eine Präferenz von 40-50 m ab (53 %). Wenige gaben an bis 100 m lange Gewebestrümpfe zu empfehlen und

ca. 20 % der Befragten sehen keine Grenze für die Länge des empfohlenen Gewebestrumpfes, würden also auch mehr als 100 m Länge empfehlen. Es gab eine Enthaltung. Etwas anders ist dies bei der noch empfohlenen, maximalen Einbautiefe. Hier gibt die Mehrheit der Befragten (47 %) an keine Grenze zu setzen, also in allen Tiefen noch den Einbau eines Gewebestrumpfes zu empfehlen. Allerdings setzen auch 40 % der Befragten ebenfalls eine deutliche Grenze von 40-50 m für die maximal empfohlene Einbautiefe. Eine Person definierte die maximal empfohlene Einbautiefe bis 100 m.

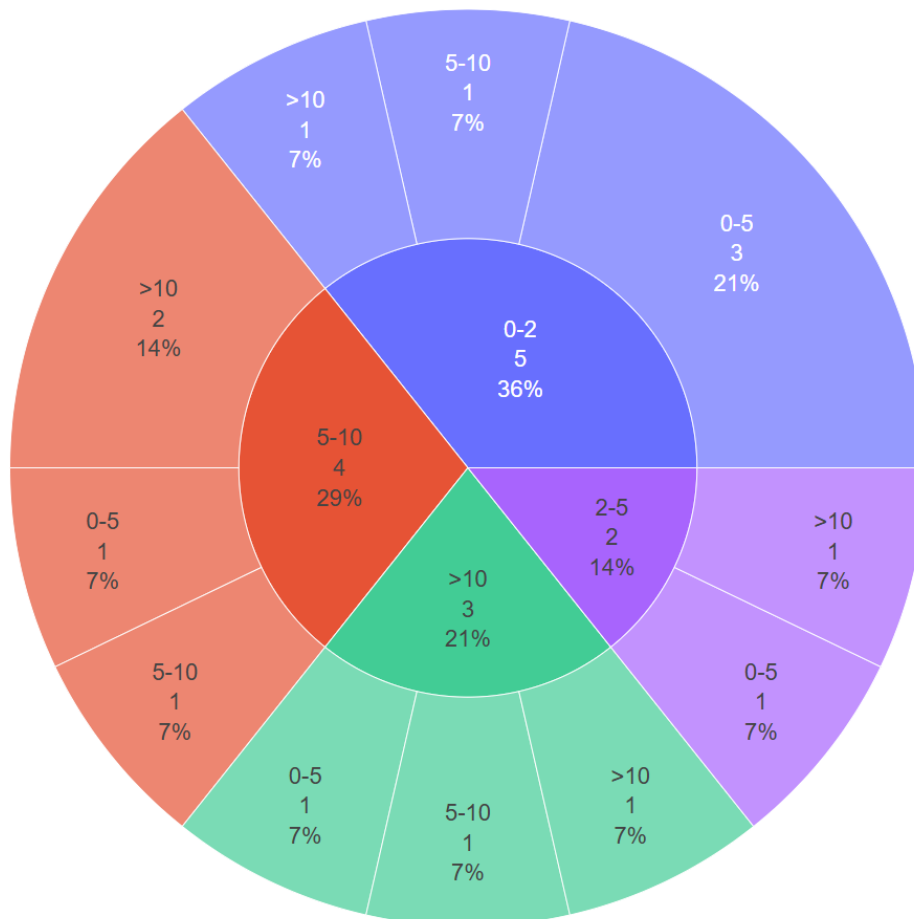


Abbildung 3: Zusammenhänge Erfahrung – Anzahl Strumpfeinbauten pro Jahr

Der innere Kreis zeigt die Berufserfahrung der befragten geologischen Fachpersonen mit EWS Bohrungen, der äussere Ring die Anzahl EWS Bohrungen mit einem Strumpfeinbau, welche ca. pro Jahr betreut werden. Die Zahlen von oben nach unten korrespondieren zu: Anzahl Jahre, resp. Strumpfeinbauten, Anzahl Antworten, Prozent Antworten.

Die empfohlenen Strumpflängen von maximal 50 m sind in allen Erfahrungsstufen vertreten, während die grösseren, respektive unbegrenzten, Strumpflängen tendenziell eher von Personen mit längerer Berufserfahrung genannt wurden. Bei der maximal noch empfohlenen Einbautiefe für Gewebestrümpfe ist kein klarer Zusammenhang mit der Berufserfahrung ersichtlich. Wobei aber tendenziell bei Berufsanfängern eher auf ein Maximum von 50 m Tiefe gesetzt wird und bei erfahreneren Personen eher keine Grenze gesetzt wird.

Zwei der befragten geologischen Fachpersonen gaben an, dass ihre Empfehlung zum Einbau des Gewebestrumpfes von Faktoren wie der Höhe des Grundwasserspiegels oder der

technischen Machbarkeit abhängt. Eine Fachperson gab an grundsätzlich den Einbau des Gewebestrumpfes unabhängig der Tiefe immer zwei Meter in den Fels zu empfehlen.

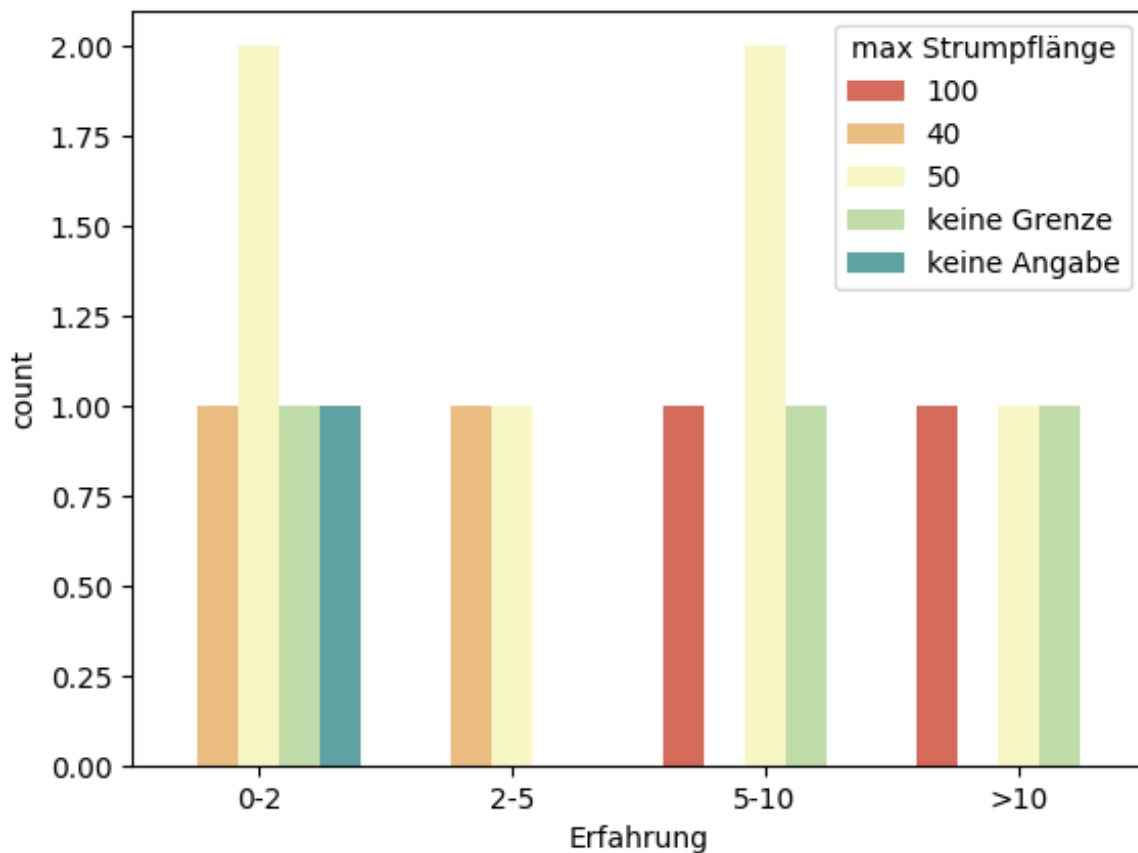


Abbildung 4: Zusammenhänge Erfahrung - maximale, empfohlene Gewebestrumpflänge

4.2.4 Weitere empfohlene Verwendungsarten des Gewebestrumpfes

Von den befragten geologischen Fachpersonen wurden mehrere Situationen genannt, in denen der Strumpf neben dem Grundwasserschutz sinnvoll sein kann, respektive durch sie empfohlen wird. Dazu gehört insbesondere der Fall, wenn die Hinterfüllung nicht vollständig aufsteigt oder generell bei Zementsuspensions-Verlusten im Untergrund. Gründe für Zementabflüsse werden als klüftiges oder durchlässiges Gestein angegeben. Der Zweck ist gemeinhin das Verhindern des Abflusses der Zementsuspension.

Weitere genannte Anwendungen sind:

- Bei Artesern
- Zur Stockwerktrennung zwischen Grundwasserleitern.
- In Gipskeuper-Formationen als möglicher zusätzlicher Schutz gegen Auflösen des Zementes (zusätzlich zu Sulfat beständigem Zement).
- Bei Bohrungen im Grundwasser (z.B. Anker), wenn kein Zement ins Grundwasser gelangen darf.

Zwei geologische Fachpersonen gaben an, dass sie den Gewebestrumpf nicht für andere Anwendungen empfehlen. Es gab drei Enthaltungen.

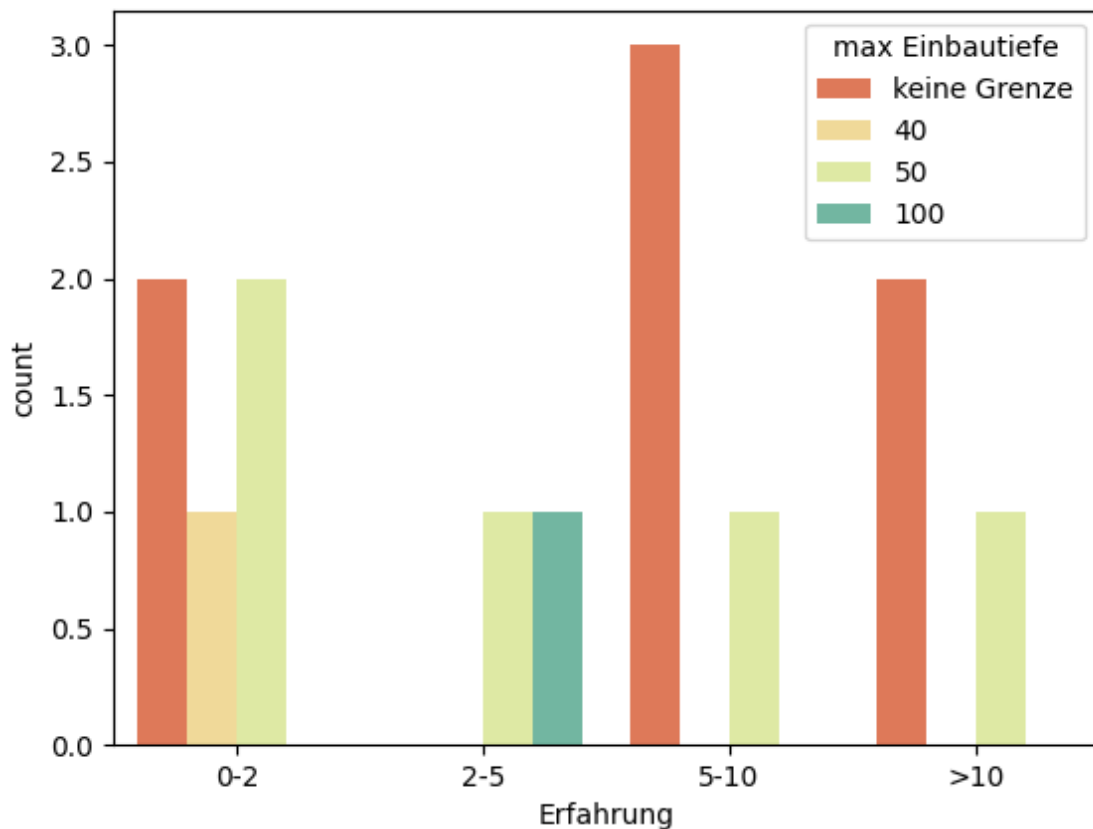


Abbildung 5: Zusammenhänge Erfahrung - maximale, empfohlene Einbautiefe

4.2.5 Alternative Massnahmen zum Schutz des Grundwassers

Die befragten geologischen Fachpersonen wurden danach gefragt, ob sie auch Alternativen zum Gewebestrumpf bei Erdwärmesonden in Grundwassergebieten empfehlen würden. Es wurden von den befragten Fachpersonen verschiedene Alternativen zum Strumpf, die je nach geologischen und hydrogeologischen Bedingungen angewendet werden können, genannt. Dazu gehören:

- **Permanente Verrohrung** (PE oder PVC) bei nahegelegenen Grundwasserfassungen oder wenn der Einbau eines Strumpfes nicht möglich ist, wobei dies oft technisch anspruchsvoll ist (grössere Bohrdurchmesser gefordert).
- **Schwererer Zement mit besserer Qualität** (verbesserte Hinterfüllung) oder schnellabbindender Zement mit speziellen Zusatzstoffen.
- **Einkiesen / Einsanden** oder **Aufkiesen** als natürliche Filter- und Stützmassnahmen.
- **Packer** zur Trennung zweier Aquifere, allerdings selten genutzt.
- **Spülbohrung** in bestimmten Situationen.
- **Keine Hinterfüllung**

Drei Fachpersonen gaben an nie Alternativen zum Gewebestrumpf zu empfehlen. Die Mehrheit der Befragten gab aber an, dass trotz genannter Alternativen der Gewebestrumpf stets die bevorzugte Wahl bei der Empfehlung sei. Nur eine Person gab an öfter eine Alternative als den Einbau eines Gewebestrumpfes zu empfehlen. Dies liegt teilweise auch daran, dass der

Gewebestrumpf von den Bohrfirmen als günstige und schnelle Methode bevorzugt wird. Zumeist steht dieser auch jederzeit bereit. Teilweise werden die Abdichtsysteme, gemäss Angaben von einigen befragten geologischen Fachpersonen, auch bereits in den Ausschreibungsunterlagen vorgegeben. Es besteht also ein gewisser Druck seitens Auftraggeber bei der Wahl des Abdichtungssystems.

4.2.6 Vertrauen in die Wirksamkeit des Gewebestrumpfes

In der Umfrage wurde angesprochen, ob die befragte Fachperson aus eigener Erfahrung daran glaubt, dass der Gewebestrumpf seinen Zweck generell erfülle und weshalb. Abbildung 6 gibt eine Übersicht darüber, wie überzeugt die geologischen Fachpersonen in Bezug auf die Zweckmässigkeit eines Gewebestrumpfes bei Erdwärmesonden sind. Es ist ersichtlich, dass 60 % der Befragten grössere Zweifel an der Eignung des Gewebestrumpfes in Bezug auf den Grundwasserschutz äussern. Sie glauben, dass der Gewebestrumpf seinen Zweck nur manchmal erfüllt. Weitere 27 % der befragten geologischen Fachpersonen gaben an, dass Sie denken, der Gewebestrumpf erfüllte zumindest zur Hälfte der Zeit seinen Zweck zum Grundwasserschutz. Nur zwei Personen (13 %) sind davon überzeugt, dass der Gewebestrumpf ein geeignetes Mittel für den Grundwasserschutz bei Erdwärmesonden ist.

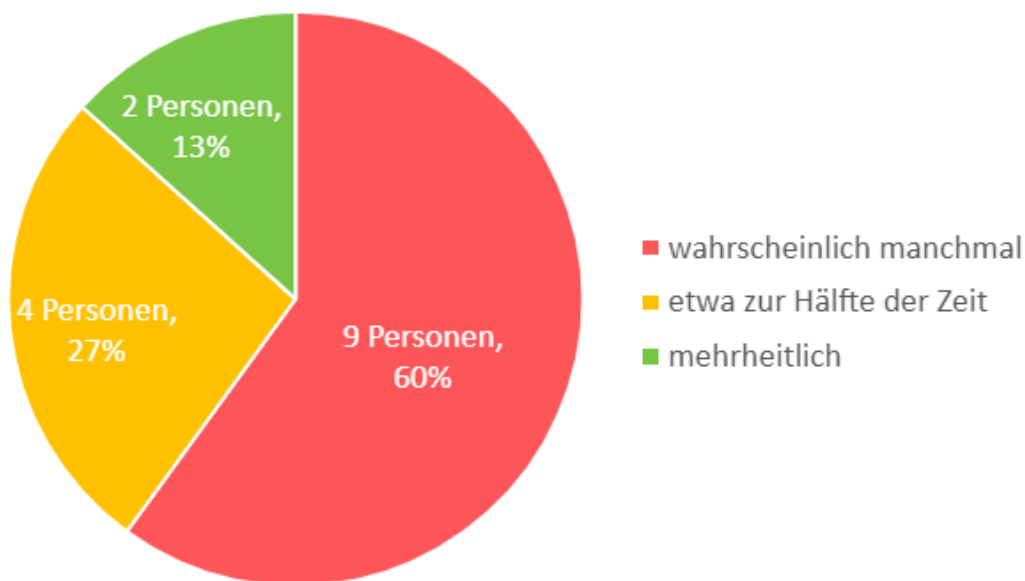


Abbildung 6: Überzeugung der geologischen Fachpersonen zur Zweckerfüllung des Gewebestrumpfes

Dabei wurde auch nach den Begründungen für die Antworten in Abbildung 6 gefragt. Da es Mehrfachnennungen gab, konnten diese zum Teil zusammengefasst werden. Abbildung 7 gibt eine Übersicht darüber, wie das Stimmungsbild der geologischen Fachpersonen in Bezug auf die Zweckmässigkeit des Gewebestrumpfes für den Grundwasserschutz ist. Eine Person konnte keine Angabe machen (weisser Spickel), da sie keine Rückmeldungen von der Baustelle erhalte.

Bei den restlichen 14 Befragten zeichnet sich ein eher negatives Bild ab. Aus allen Antworten wurde 18-mal Zweifel an der korrekten Hinterfüllung, der korrekten Anwendung, respektive der erforderlichen Erfahrung des Bohrtrupps, oder an der Qualität des Materials geäussert (rote

Bereiche in Abbildung 7). Eine Person gab an, dass sie an die Wirkung glaube, sofern eine korrekte Installation mit hochwertigem Material erfolge. Zwei Personen hatten bisher gute Erfahrungen mit dem Einbau des Gewebestrumpfes gemacht.

Interessant ist, dass zwar viele der geologischen Fachpersonen grössere Einbautiefen und Gewebestrumpflängen empfehlen, selber aber nicht wirklich an den erfolgreichen Einbau dessen glauben. Dennoch werden Alternativen aber zum Teil gar nicht und wenn, dann nur selten empfohlen. Weiter wurden von den befragten geologischen Fachpersonen in der Praxis zahlreiche Probleme festgestellt, welche frei geäußert wurden (Anmerkung: dies sind die Meinungen und Beobachtungen einzelner Individuen und repräsentieren nicht zwingend die gesamte Branche). Die nachfolgende Aufzählung fasst diese grob zusammen:

- **Fehlende fachgerechte Installation:** Häufig wird der Strumpf nur mit Klebeband befestigt, was dem Gewicht der Zementinjektion nicht standhalten kann. Eine Befestigung mit Briden wäre stabiler, wird jedoch selten beobachtet in der Praxis.
- **Materialprobleme:** Das Gewebematerial ist oft zu durchlässig oder nicht reissfest genug, sodass es während des Einbaus beschädigt wird.
- **Fehlende Abdichtmanschetten:** Der Zement kann dadurch entlang der Sondenstränge nach unten entweichen und in die Formation gelangen.
- **Falsches Hinterfüllungsverfahren:** Oft wird erst von unten nach oben hinterfüllt, bis die Suspension oben sichtbar wird, wodurch beim Ziehen der temporären Verrohrung Verluste von Zement in die Formation auftreten können. Wird aber nur bis unterhalb des Strumpfes injiziert, kann eine komplette Hinterfüllung nicht garantiert werden.
- **Falsche Berechnung des Injektionsvolumens im Gewebestrumpf:** In digitalen Hinterfüllungsmessungen wird oft festgestellt, dass deutlich mehr Volumen injiziert wird, als im Bereich des Gewebestrumpfes überhaupt Platz hat. Die Folge ist, dass zusammen mit dem Injektionsdruck der Gewebestrumpf irgendwo reißt und Suspension in die Formation gelangt.
- **Unsicherheiten bei der Umsetzung:** Bohrmeister stehen unter Zeitdruck und es fehlt oft an Material und Schulung für eine fachgerechte Installation. Einige Bohrmeister haben eingeräumt, dass sie Injektionsschläuche nicht bis an die Gewebestrumpfssole anbringen, was eine komplette Injektion nicht garantieren kann.
- **Mangelnde Rückmeldungen und Nachweise:** Es gibt kaum systematische Volumenmessungen oder direkte Vergleiche mit anderen Methoden, sodass der tatsächliche Erfolg schwer zu bewerten ist.

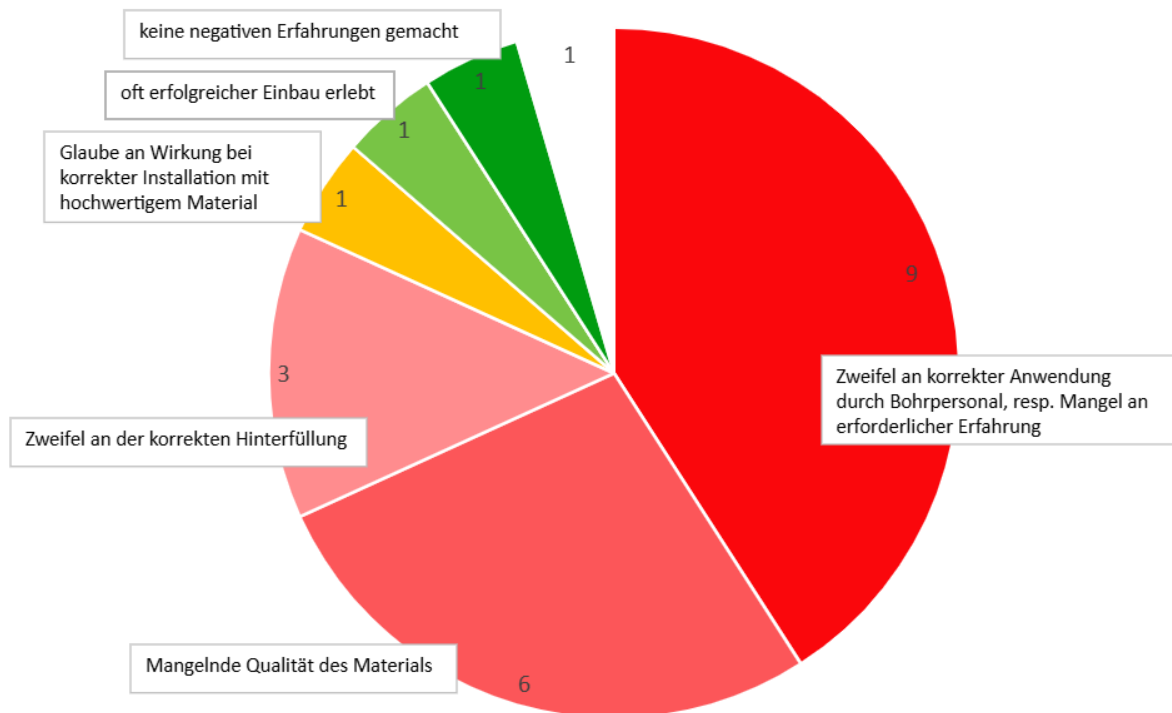


Abbildung 7: Stimmungsbild der geologischen Fachpersonen

Abbild der Stimmung zur Frage weshalb oder weshalb nicht an eine Zweckerfüllung des Gewebestrumpfes beim Einbau zum Grundwasserschutz geglaubt wird.

Es wurden von einigen geologischen Fachpersonen weitere Anmerkungen zum Thema Gewebestrumpf bei Erdwärmesondenbohrungen gemacht. Diese umfassten:

- **Wirksamkeit in unterschiedlichen Tiefen:** In den obersten 20–30 Metern kann der Strumpf bei korrektem Einbau durchaus einen Beitrag zum Grundwasserschutz leisten, in grösseren Tiefen bestehen jedoch Zweifel an seiner Effektivität (Abrasion des Materials an der Bohrlochwand oder der temporären Verrohrung).
- **Fehlende Standardisierung:** Ein klar definiertes und einheitliches Vorgehen für den Einbau des Strumpfs wäre sinnvoll, um Fehler zu minimieren und eine bessere Wirksamkeit sicherzustellen.
- **Regionale Unterschiede in den Bewilligungen:** Verschiedene Kantone verfügen über verschiedene Auflagen. Auch hier fehlt ein standardisiertes Vorgehen. Die meisten Bohrfirmen sind aber inter-kantonal tätig.
- **Definition des Materials in der Bewilligung:** Es wurde angeregt, nicht nur die Verwendung des Strumpfs in den Bewilligungen festzulegen, sondern auch die Materialqualität genauer zu definieren, um dessen Funktionalität zu gewährleisten.
- **Kostendruck als entscheidender Faktor:** Eine permanente Schutzverrohrung wäre oft die technisch bessere Lösung, wird aber aus Kostengründen in der Praxis kaum umgesetzt.

Einige geologische Fachpersonen betonten, dass sie nur gelegentlich mit EWS-Bohrungen zu tun haben und daher nicht über tiefgehendes Fachwissen in diesem Bereich verfügen, was wiederum ein Problem in der Umsetzung eines erfolgreichen Grundwasserschutzsystems

darstellt. Es zeichnet sich aber ein klares Bedürfnis an besseren Vorgaben und Qualitätsstandards, um die gewünschten Schutzziele effektiv auch erreichen zu können, ab. Das Bedürfnis das Grundwasser zu schützen ist bei den geologischen Fachpersonen hoch und der jetzige Umgang betreffend den Qualitätsstandards ist aus ihrer Sicht eher unbefriedigend.

4.3 Bohrunternehmen

Durch die Befragung der Bohrunternehmen, respektive Geräteführer soll die praktische Arbeit mit dem Gewebestrumpf beleuchtet werden. Sie spielen in der Frage, ob der Gewebestrumpf als Abdichtung zum Grundwasserschutz funktionieren kann, eine zentrale Rolle. Können die Bohrunternehmen die gesetzlich vorgeschriebenen und von den geologischen Fachpersonen empfohlenen Massnahmen nicht fachgerecht umsetzen, ist das Vorhaben bereits von Anfang an zum Scheitern verurteilt. Ihre Perspektive ist daher ein wichtiges Instrument auf dem Weg zu einer Verbesserung der momentanen Situation.

Es wurden Antworten von insgesamt 16 Bohrunternehmen mit Sitz in der Schweiz und gültigem FWS-Siegel ausgewertet. Befragt wurden Inhaber, Bauführer und Bohrmeister in den Bohrunternehmen. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Berufserfahrung in der Erdwärmesonden-Branche der Teilnehmer der Umfrage. Von neun Bohrmeistern fehlte diese Angabe allerdings. Die Berufserfahrung ist relativ gleichmässig verteilt, so dass es aus fast allen Kategorien etwa gleich viele Teilnehmer hatte.

Die Bauführer und Inhaber von sieben Bohrfirmen wurden danach gefragt, wie viele Meter Gewebestrumpf sie im Jahr ca. verbauen. Die Antworten sind in Abbildung 9 graphisch dargestellt. Über 70 % der Firmen die Auskunft gaben, gaben an zwischen 500 bis 5000 m Gewebestrumpf pro Jahr zu verbauen. Eine Firma konnte dazu keine Angaben machen (fehlende Statistik) und eine weitere Firma verbaut pro Jahr ca. 6000 m des Gewebestrumpfes bei Erdwärmesondenbohrungen (nicht nur dort wo er verlangt ist, sondern auch wenn die Injektion z. B. nicht an die Oberfläche kommt).

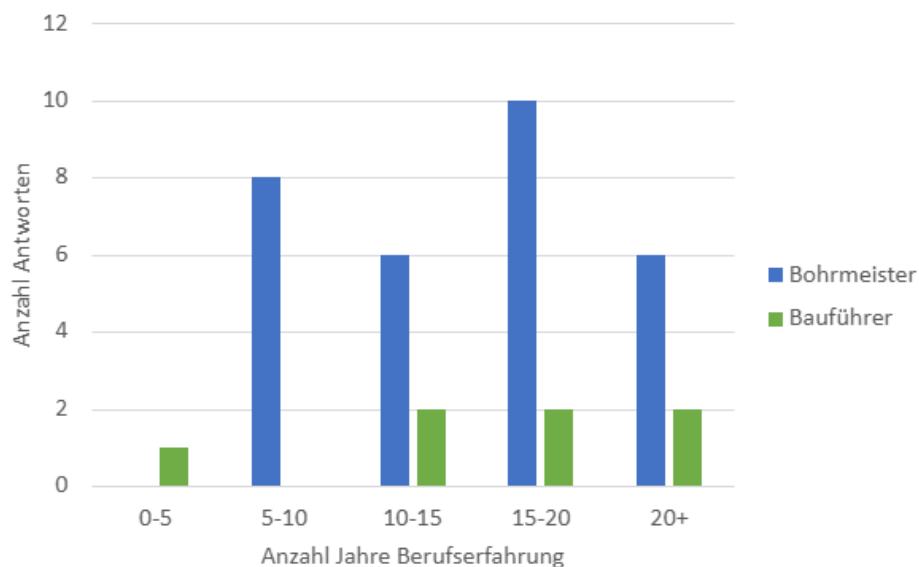


Abbildung 8: Berufserfahrung der befragten Teilnehmer aus den Bohrunternehmen

Die verwendeten Produkte werden von den Bohrunternehmen von unterschiedlichen Quellen bezogen. Dazu gehören Geser, Haka Gerodur, Jansen, Küchler, Reprex, BTB und HDG Umwelttechnik. Dies verdeutlicht nochmals, dass es eine Vielzahl an Vertreibern mit unterschiedlichen Produkten in der Erdwärmesondenindustrie gibt (vergleiche Tabelle 2).

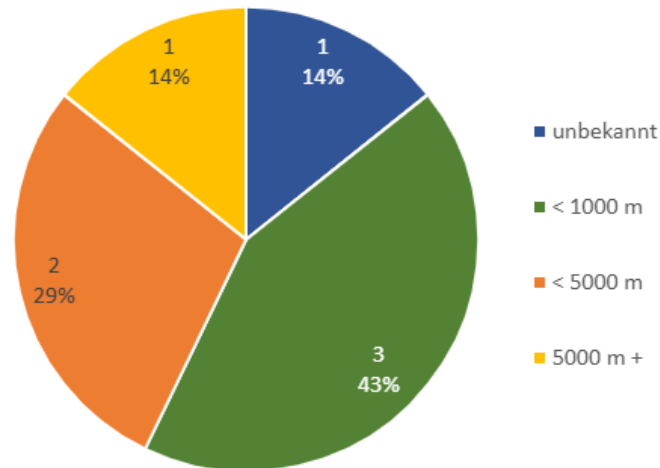


Abbildung 9: Anzahl Meter an Gewebestrumpf pro Jahr welche von den Bohrfirmen verbaut werden

Der Typ des verwendeten Gewebestrumpfes variiert nur marginal (Abbildung 10). Aus den total 39 Antworten wurde ein weisser Ankerstrumpf aus Polyester von 87 % der Befragten genannt. Daneben wird noch ab und an ein schwarzer, robusterer Gewebestrumpf verbaut (5 % der Befragten gaben dies an). Zu einem geringen Anteil (1 %) werden auch Gewebepacker für die Abdichtung verwendet und zwei Bohrmeister gaben an, dass sie die verschiedenen Produkte situationsgerecht einsetzen.

In den nachfolgenden Kapiteln wird auf verschiedene Aspekte auf den Bohrstellen eingegangen. Dabei stehen die Antworten der Bohrmeister im Vordergrund. Sie dienen dem Verständnis darüber was heute tatsächlich auf den Bohrstellen gemacht wird, wenn ein Gewebestrumpf von Amtes wegen verlangt und von einer geologischen Fachperson empfohlen wird.

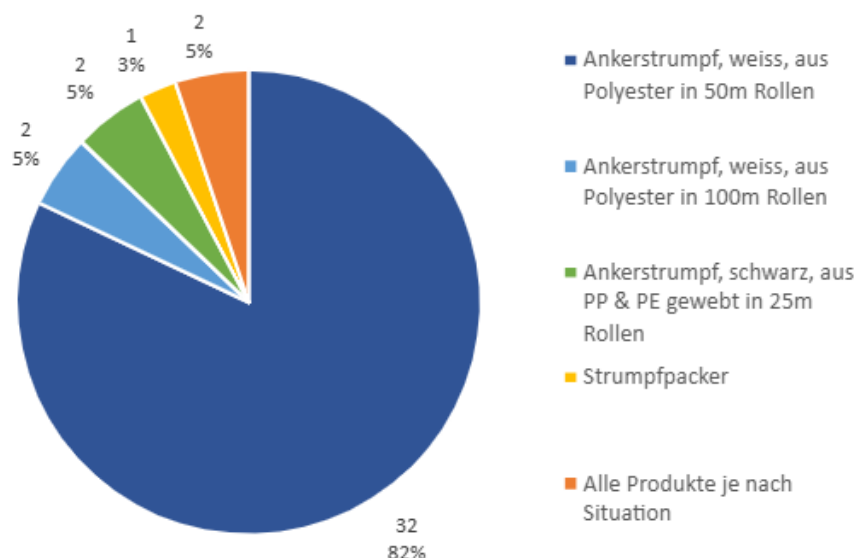


Abbildung 10: Gewebestrumpftypen welche in der Industrie verwendet werden

4.3.1 Umsetzung auf der Bohrstelle

Zum Zeitpunkt der Recherchen für diese Studie konnten nur von einem Hersteller (Haka Gerodur für den Schlauchpacker GEOTight®) Angaben zum Einbau des Produktes gefunden werden. Auch wenn der Packer nicht exakt dieselben Eigenschaften und denselben Verwendungszweck wie der Gewebestrumpf hat, ist das Prinzip doch ähnlich. Es wird ein textiles Produkt dazu verwendet, um das Grundwasser im Untergrund abzudichten, respektive Grundwasserleiter so zu isolieren, dass sie weder miteinander, noch mit der Oberfläche verbunden werden. Der Hersteller gibt für den Einbau folgende Schritte vor:

- 1) Gewebeschlauch mit korrektem Durchmesser für das Bohrloch über Standror stülpen oder über Sondenfuss stülpen und am Drehkopf oder Mast/Abfangvorrichtung befestigen.
- 2) Sonde mit am Sondenfuss befestigten Injektionsschlauch einfahren und an gewünschter Stelle bremsen.
- 3) Unteres Packer Dichtelement auf die gewünschte Position/Tiefe bringen.
- 4) Oberes Packer Dichtelement auf die gewünschte Position/Tiefe bringen und in die zusätzliche Öffnung den Packer-Injektionsschlauch führen. Dieser soll bis zum unteren Dichtelement reichen.
- 5) Gewebeschlauch über beide Dichtungsscheiben ziehen und dort je mit einem Bridenband fixieren.
- 6) Enden des Gewebeschlauchs über die Briden schlagen und mit je einem weiteren Bridenband über die Doppellage fixieren. Weiteren Injektionsschlauch oberhalb des Packers mit Klebeband an der Sonde fixieren.
- 7) Sonde vollständig einbauen und von unten her mit min. 10-20 % Volumenzuschlag für den berechneten Injektionsabschnitt bis zum Packer hinterfüllen.
- 8) Packer mit Injektionsrohr mit mindestens 2-fachem Volumen an Suspension (Dichte 1.8 kg/l, Sondenrohre mit Blindstopfen verschlossen) füllen. Wenn der Verpressdruck einige Minuten aufrechterhalten werden konnte, den Injektionsschlauch verschliessen.
- 9) Hinterfüllung der Bohrung oberhalb des Packers.

Nachfolgend wird die praktische Anwendung des Gewebestrumpfes auf den Bohrstellen wiedergegeben. Dabei werden die gängigen Methoden des Einbaus beim Einbau von Gewebestrümpfen beschrieben. Die befragten Bohrmeister konnten dabei frei angeben wie sie den Einbau des Gewebestrumpfes realisieren. Dabei wurde von einem Drittel (13 von 39) der befragten Bohrmeister keine Angabe oder eine zu wenig ausführliche, bzw. verständliche Angabe zum Vorgang des Einbaus gemacht. Rund 54 % der befragten Bohrmeister gaben den folgenden Ablauf wieder:

- 1) Gewebestrumpf wird auf ein PVC Rohr aufgestülpt, welches am Kran befestigt ist.
- 2) Die Sonde wird durch dieses Rohr gefädelt und die Sonde wird ins Bohrloch eingeführt.
- 3) Bei der gewünschten Tiefe wird die Sonde gebremst.
- 4) Der Gewebestrumpf wird über die Sonde gezogen und an der gewünschten Tiefe befestigt.
- 5) Ein zweiter Injektionsschlauch wird im Gewebestrumpf eingebracht.
- 6) Die Sonde wird bis zur Endteufe weiter eingebaut.

Ca. 13 % der befragten Bohrmeister haben dieses Vorgehen zumindest teilweise ebenfalls beschrieben. Dabei wird von den Befragten davon ausgegangen, dass der Gewebestrumpf bis

zur Oberfläche eingebaut wird (z.B. um oberflächennahe Grundwasserleiter zu schützen) und somit oben aus dem Bohrloch schaut und offenbleibt. Nur wenige Bohrmeister gaben an, dass der Gewebestrumpf oben ebenfalls wieder befestigt wird und ein drittes Injektionsrohr oberhalb angebracht wird. Ein Bohrmeister erwähnte, dass er den Gewebestrumpf oben offenlässt, damit dieser bei der Injektion nicht platzt.

Ein Bohrmeister erzählte von einer Methode, bei der der Gewebestrumpf bereits am Sondenfuss befestigt wird und das Gewebe so auf die korrekte Tiefe gezogen wird (es wird dann nach der gewünschten Strecke gebremst und der Gewebestrumpf wird oben an der Verrohrung befestigt). So soll verhindert werden, dass die Schutzvorrichtung an die falsche Stelle im Untergrund abgeteuft wird (z. B. wenn die Sonde nicht vollständig eingebaut werden kann). Allerdings bedeutet dies, dass der Gewebestrumpf gegen unten offen und nicht befestigt ist (in der Theorie reißt das Klebeband sobald das Gewebe oben an der Verrohrung festgehalten wird, die Sonde rutscht dann durch das Gewebe hindurch), was ein Rückhalten der Suspension im Gewebestrumpf verunmöglicht.

Zwei Bohrmeister erwähnten, dass der Gewebestrumpf zuerst auf die korrekte Länge zugeschnitten wird. Ein Bohrmeister erzählte, dass das Injektionsrohr am Sondenfuss ausserhalb des Gewebestrumpfes angebracht werden muss. Neun Bohrmeister meldeten, dass sie Lappen, Gummimanschetten oder Ähnliches dafür verwenden, um eine Abdichtung gegen unten zu erzielen. Ein Bohrmeister erwähnte noch, dass er bei der Befestigung das Gewebe nochmals über das Klebeband stülpt und dann nochmals erneut überklebt (ähnlich wie dies oben beim Gewebepacker beschrieben ist).

Für die Befestigung des Gewebes an der Sonde verwenden die meisten Bohrmeister Klebeband (s. Abbildung 11). Es gab sogar Angaben dazu, wie viel Klebeband verwendet wird. Hier besteht eine Bandweite von etwas Klebeband, über eine halbe Rolle Klebeband, bis zu einer ganzen Rolle Klebeband. Einige Bohrmeister meldeten, dass sie spezielles Klebeband verwenden (super starkes Klebeband, Paketklebeband, Gewebeklebeband). Neben dem Klebeband geben immerhin 20 % der befragten Bohrmeister an, dass sie für die Befestigung Briden verwendeten (wenige davon in Zusammenhang mit dem Haka Gerodur GEOTight® Packer). Zu einem geringeren Anteil (15 %) wurden andere Befestigungsvorrichtungen wie Gummischellen, Kabelbinder oder Seil genannt. Einige davon wurden auch zusätzlich zum Klebeband erwähnt. Man kann hier davon ausgehen, dass z. B. der Gewebestrumpf erst mit Kabelbindern festgemacht wird und dann mit Klebeband fixiert wird.

Aus den 45 Antworten der befragten Bohrmeister und Bauführer gaben knapp über die Hälfte (51 %, s. Abbildung 12) an, dass sie den Gewebestrumpf nur auf der verrohrten Strecke des Bohrloches einbauen. Weitere zehn Personen (22 %) gaben an, dass sie den Gewebestrumpf ins offene Bohrloch einbauen. Es wurde dabei nicht unterschieden, ob der Einbau komplett im offenen Bohrloch erfolgt, oder nur zum Teil (z.B. 2 m unter die temporäre Schutzverrohrung) auch im offenen Bohrloch eingebaut wird. Ebenso viele der Befragten gaben an, dass sie den Einbau überall im Bohrloch realisieren. Einige davon erwähnten zusätzlich, dass sie den Gewebestrumpf nach Empfehlung der geologischen Fachpersonen platzieren und es dabei keine Rolle spiele wo das sei.

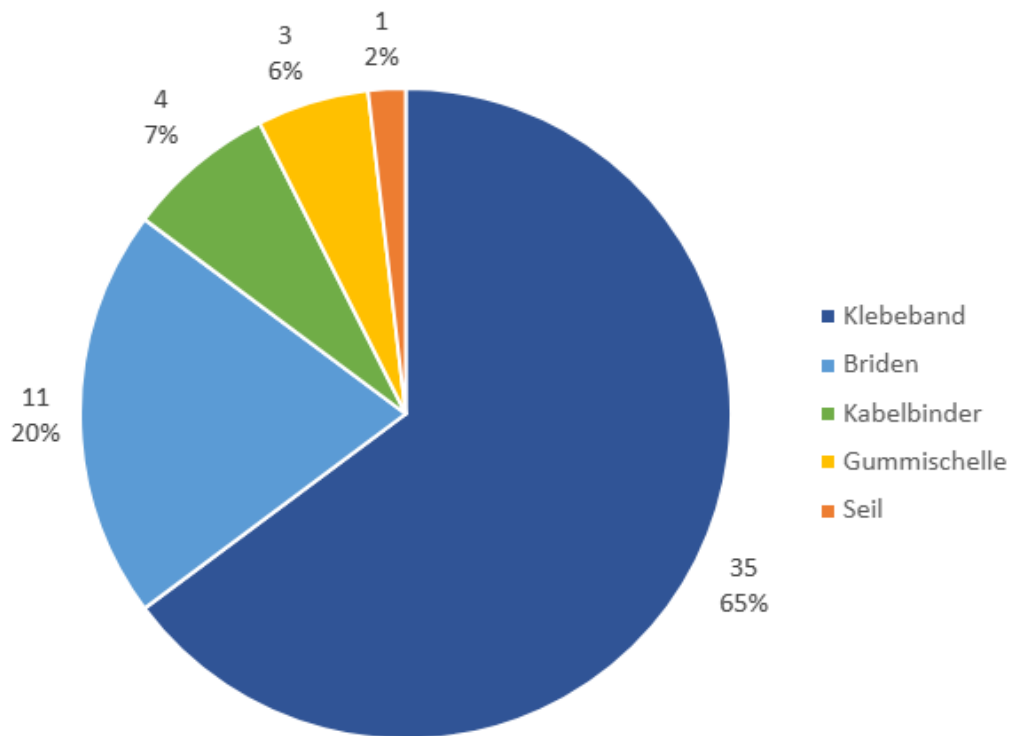


Abbildung 11: Angaben dazu mit welchen Materialien der Gewebestrumpf an der Sonde befestigt wird

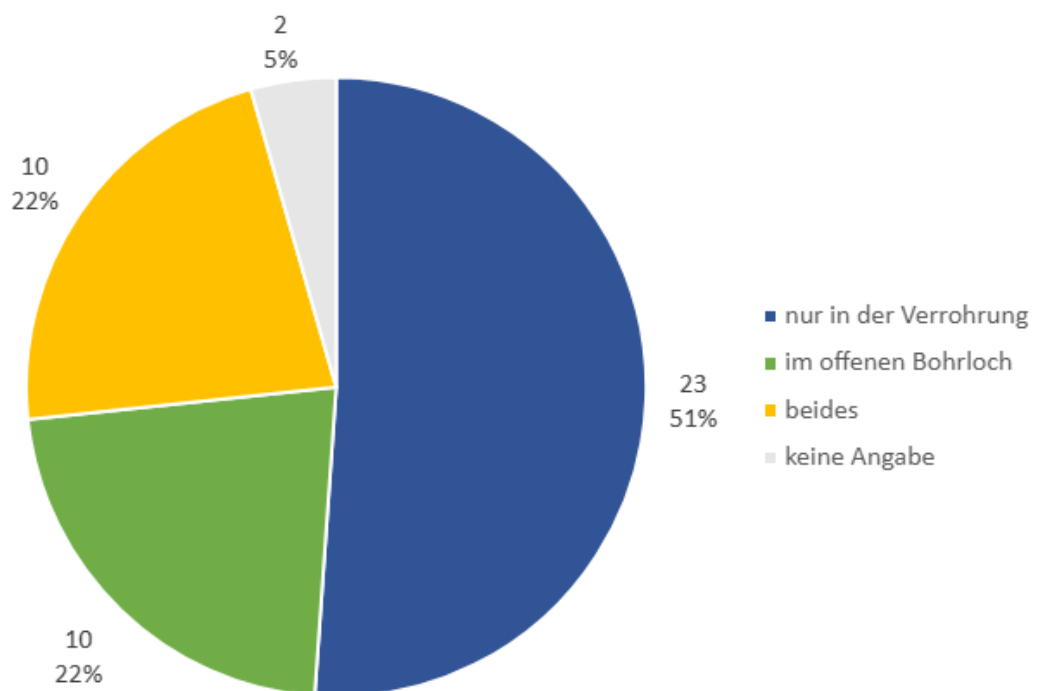


Abbildung 12: Angaben dazu wo der Gewebestrumpf im Bohrloch eingebaut wird

4.3.2 Die Rolle der Hinterfüllung

Wird ein Gewebestrumpf eingebaut hat dies auch einen Einfluss auf den Prozess der Hinterfüllung des Bohrloches. Während der Recherche zu dieser Studie konnten keine Quellen gefunden werden, welche den korrekten Ablauf der Einbringung der Hinterfüllung oder eine Empfehlung von bestimmten Zementtypen oder -eigenschaften im Zusammenhang mit einem Gewebestrumpf detailliert wiedergibt.

Im Rahmen dieser Studie wurden die Bohrmeister gefragt, ob Sie beim Einsatz eines Gewebestrumpfes eine spezielle Strategie bei der Hinterfüllung verfolgen würden. Abbildung 13 gibt eine Übersicht über die genannten Strategien. Dabei wurde von 40 % der Befragten angegeben, dass sie normal von unten her injizieren bis die Suspension oben ausläuft, dann die Schutzverrohrung gezogen würde und danach noch im Strumpf von oben her nachinjiziert wird. Weitere 10 % der Bohrmeister gaben an, eine stufenweise Injektion durchzuführen. Aus den Antworten war nicht klar ersichtlich, wie diese abläuft. Es ist gut möglich, dass mit «stufenweiser Injektion» hier ebenfalls das oben erläuterte Verfahren (zwei Injektionsschläuche, einer bis unten, einer im Gewebestrumpf) gemeint war.

Rund 17 % der befragten Bohrmeister gaben an, dass sie im Gewebestrumpf den Zement dichter anmischen, um ein Weglaufen der Suspension in den Grundwasserleiter zu vermindern, respektive zu verhindern. Noch einen Schritt weiter gehen ca. 13 % der Bohrmeister, indem sie das theoretische Volumen an Zementsuspension unterhalb des Gewebestrumpfes ausrechnen und dann nur bis zum Erreichen dieses Volumens von unten her injizieren. Danach wird im Gewebestrumpf injiziert. Die Suspension von unten tritt also nicht bis an die Oberfläche. Dies hat zum Vorteil, dass ein geringeres Risiko für einen Abfluss von grösseren Mengen an Zement im Grundwasserleiter besteht. Andererseits besteht dafür ein Risiko, dass die Sonden so nicht komplett zementiert werden (z. T. grössere Bohrlochvolumen als in der Theorie, bedingt durch Ausbrüche möglich / gegeben).

Rund ein Fünftel aller befragten Bohrmeister gab keine oder keine verwertbare Antwort. Allenfalls war die Fragestellung hier nicht klar genug verständlich. Ein Bohrmeister gab zwei Antworten (stufenweise und Zementvolumen ausrechnen).

Drei Bohrmeister erläuterten noch individuelle Beobachtungen, respektive Vorgehensweisen. So wurde z. B. darauf hingewiesen, dass bei gewissen Zementmischungen Perlit o. Ä. (vulkanisches Glas) zum Einsatz kommt. Dieses würde dann oben aufschwimmen (Perlit hat eine geringe Dichte) und sich zwischen der Verrohrung und dem Gewebestrumpf verhaken, was dazu führen könne, dass beim Ziehen der temporären Verrohrung der Gewebestrumpf (sogar samt Sonde) mitgerissen, respektive zerstört wird.

Von einem anderen Bohrmeister wurde angemerkt, dass sowohl der gebräuchliche, weisse PE-Gewebestrumpf, als auch der schwarze, robustere PP & PE-Gewebestrumpf bei Standardmischungen (Annahme Redaktion: Dichte ca. 1.2 kg/l) grundsätzlich durchlässig seien, diese also die Schutzfunktion gar nicht übernehmen könnten. Eventuell ist dies eine allgemeine Beobachtung in der Branche und es werden deshalb die Zementmischungen, welche im Strumpf injiziert werden, von 17 % der befragten Bohrmeister grundsätzlich dichter angemischt. Ein Bohrmeister gab in diesem Zusammenhang an, dass er für Gewebestrümpfe ab 230 m Tiefe einen grösseren (32 mm Durchmesser) Injektionsschlauch für die Injektion im Gewebestrumpf verwendet, damit die dichtere Mischung besser bis in die Tiefe gelangt.

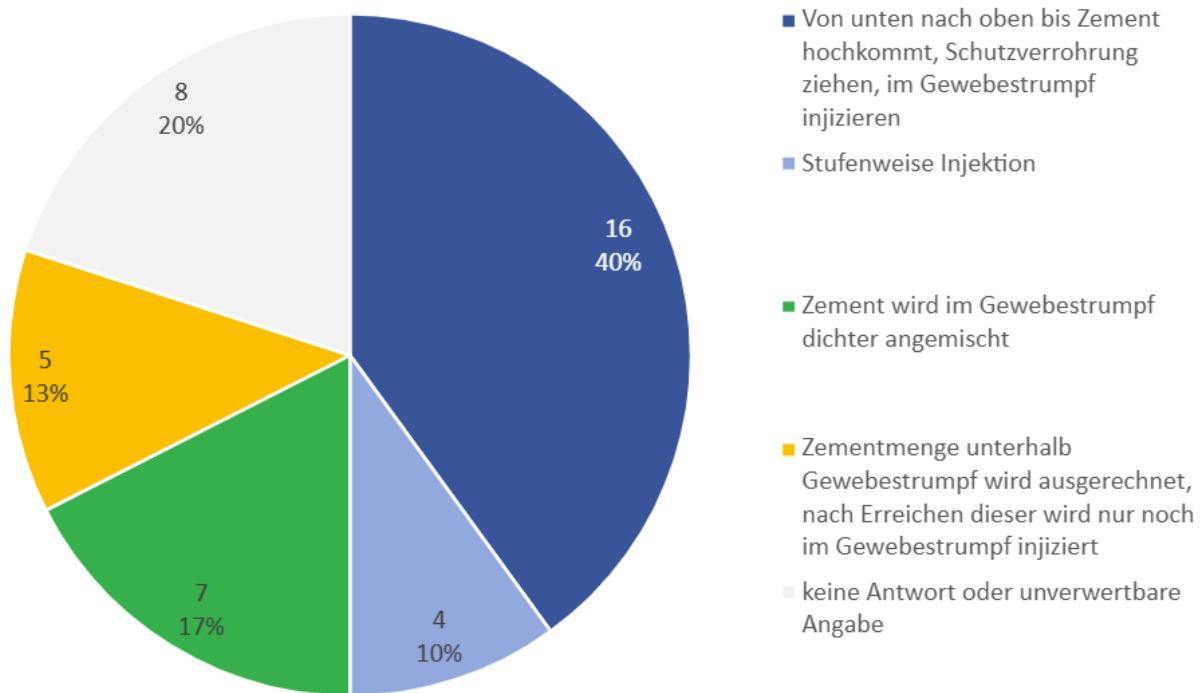


Abbildung 13: Strategien Hinterfüllung im Zusammenhang mit dem Gewebestrumpf

Zusätzlich wurde gefragt, ob für die Injektion im Gewebestrumpf ein spezieller Zement verwendet würde. Diese Frage wurde sowohl den Bohrmeistern, als auch den Bauführern gestellt. Abbildung 14 zeigt klar, dass der Einbau eines Gewebestrumpfes nicht der Treiber für die Wahl des Injektionsproduktes ist. Alle Antworten machten klar, dass der Gewebestrumpf kein Indikator bei der Wahl des Zementes ist. Zwei der Befragten gaben an, dass sie allenfalls mit Zusätzen, wie Schnellabbinder arbeiten oder dann eben die durch externe Faktoren bestimmte Zementmischung im Gewebestrumpf dichter anmischen.

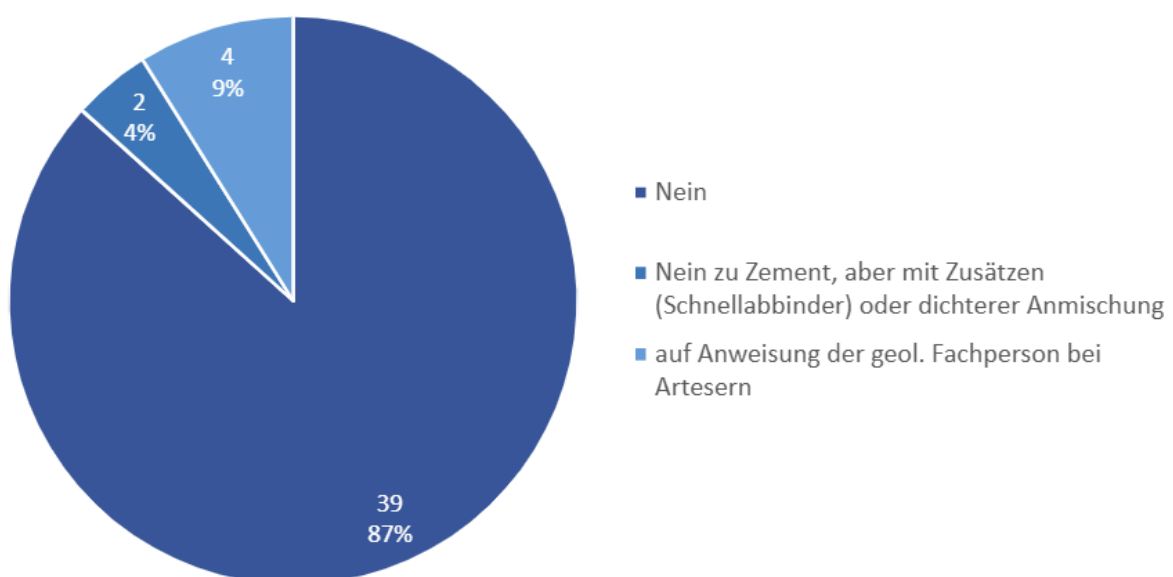


Abbildung 14: Anpassung des Hinterfüllungsmaterials beim Einbau eines Gewebestrumpfes

Es gab vier Antworten, die besagten, dass im Zusammenhang mit einem Gewebestrumpf zur Abdichtung bei Artesern ein spezieller Arteserzement verwendet würde. Die Zementwahl wäre in diesem Szenario also abhängig von der Anweisung der geologischen Fachperson. Ansonsten würde die Wahl des Injektionsproduktes aber ebenfalls von anderen Faktoren beeinflusst. Solche Faktoren sind beispielsweise die Vorgaben der Bauherrschaft / des Planers (z. B. thermisch verbesserte Injektion) oder spezielle geologische Formationen, welche Sulfatfreie Injektionsprodukte verlangen. In der Regel ist die Wahl des Zements ebenfalls bereits bei der Ausschreibung definiert, d. h. bereits lange bevor der Entscheid über einen allfälligen Einbau eines Gewebestrumpfes gefällt wird.

4.3.3 Umsetzbarkeit Gewebestrumpf und Tiefen aus Sicht der Bohrfirmen

Sowohl die Bauführer, als auch die Bohrmeister wurden danach gefragt, welche Tiefen im Zusammenhang mit dem Gewebestrumpf realisierbar seien. Dabei wurden drei Abstufungen gemacht: einfach umsetzbar, zumutbar und unrealistisch. Es wurde explizit nach der Tiefe gefragt in der Annahme, dass der Gewebestrumpf bis zur Oberfläche hin verbaut würde (meistens so umgesetzt auf der Baustelle). Abbildung 15 gibt einen Überblick über die gegebenen Antworten.

Gewebestrumpf Einbautiefen bis 30 m werden vor allem von den Bohrmeistern als «einfach umsetzbar» bewertet. Einige Bohrmeister geben aber auch an, dass diese Tiefe noch als zumutbar bewertet werden kann, wobei der Grossteil der befragten Bohrmeister die «zumutbare» Tiefe eher bis 50 m sieht. Sehr einig sind sich die Bohrmeister, dass ab Tiefen über 50 m ein erfolgreicher Gewebestrumpfeinbau als «unrealistisch» zu bewerten ist. Es gab nur vereinzelte Antworten, welche diese Grenze höher setzten (bis ca. 100 m Tiefe).

Bei den Bauführern sieht das Bild sehr ähnlich aus, wobei im Verhältnis noch eher auch grössere Tiefen (> 70 m) als einfach bis zumutbar bewertet werden. Dies ist bei den Bohrmeistern nicht der Fall, wenn es auch zwei Ausnahmen gibt.

Es gab auch einige ausführlichere Antworten, mit oder ohne Tiefenangaben. So wurde zum Beispiel gesagt, dass der Einbau eines Gewebestrumpfes grundsätzlich bei tiefen Sonden schwieriger sei (Gewicht der Sonde und bremsen dieser), oder, dass es bei Spülbohrungen grundsätzlich nicht möglich sei einen Gewebestrumpf einzubauen. Es wurde auch mehrmals explizit darauf hinwiesen, dass die Tiefe bei kurzen Gewebepackern, resp. kurzen Gewebestrumpfstrecken, keine so grosse Rolle spiele, es jedoch für lange Gewebestrumpfstrecken sehr wohl Limiten gäbe (40-60 m abhängig vom Gewebematerial). Zudem wurde mehrmals genannt, dass nur eine gewisse Länge an Gewebematerial auf dem PVC Rohr Platz fände. Allerdings variierte diese Länge von 30-50 m. Ein Bohrmeister gab zu bedenken, dass die Umsetzbarkeit stark von der Geologie abhängig ist.

Von einem Bohrmeister wurde angemerkt, dass er das Unfallrisiko bei langen Gewebestrumpfstrecken als hoch einstuft. Dies vor allem im Zusammenhang mit Situationen wo es nass oder eisig auf den Bohrplattformen ist. Zudem wünscht er sich, dass es von Herstellerseiten eine Lösung gibt, welche klar vorgibt wie das Produkt einzubauen ist und auch auf die Anwendung eine Garantie abgibt. Während den Interviews mit verschiedenen Bohrmeistern wurde ebenfalls genannt, dass man sich von Herstellerseiten eine bereits vorgefertigte Lösung wünscht. Zum Beispiel einen Gewebestrumpf, der bereits auf das PVC-

Rohr aufgezogen ist, da das Auslegen eines langen Gewebes oftmals vom zur Verfügung stehenden Platz her schwierig ist.

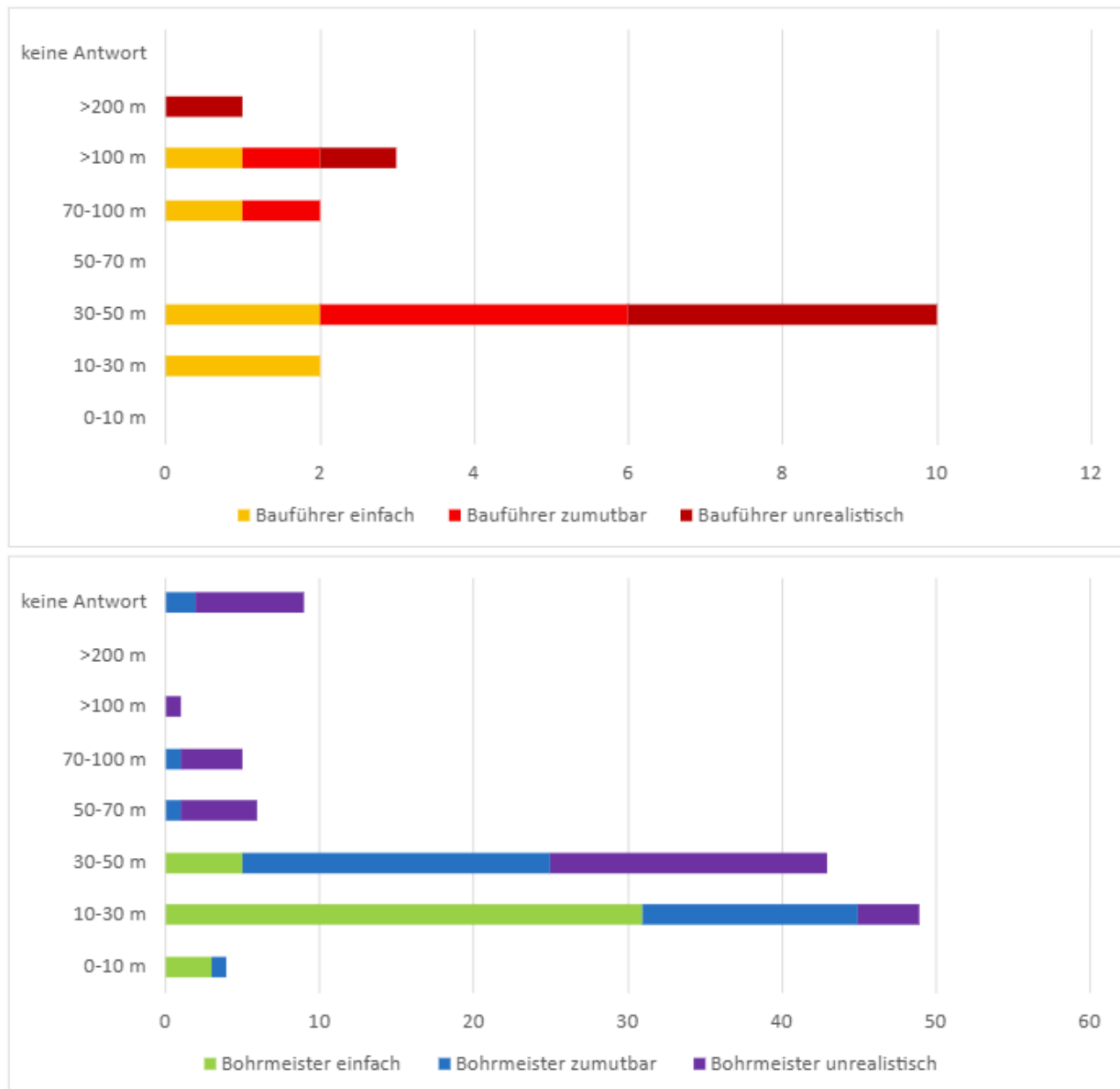


Abbildung 15: Umsetzbarkeit gemäss Bauführer und Bohrmeister

Oben: Antworten zur Umsetzbarkeit nach Tiefe gemäss Bauführer. Unten: Antworten zur Umsetzbarkeit nach Tiefe gemäss Bohrmeister.

4.3.4 Alternativen zum Gewebestrumpf

Bohrmeister und Bauführer wurden dazu befragt, ob ihnen alternative Methoden zum Einbau des Gewebestrumpfes für den Grundwasserschutz bei Erdwärmesondenbohrungen bekannt sind. In Abbildung 16 sind die gegebenen Antworten dargestellt. Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Die meisten der Befragten (25 % der Nennungen) gaben die permanente Verrohrung (PVC oder Stahl) als bekannte Alternative an. Vor allem die Bauführer, welche diese Alternative nannten, bemerkten aber, dass diese grundsätzlich zu teuer sei. Am zweit häufigsten (17 %) wurde als

Alternative die Tonsperre, respektive das Auffüllen mit Tonpellets, sowie einkiesen oder einsanden genannt. Hier wurde von mehreren Bohrmeistern angemerkt, dass dies bis Tiefen von ca. 15 m unter Terrain möglich sei und sehr effektiv wirke.

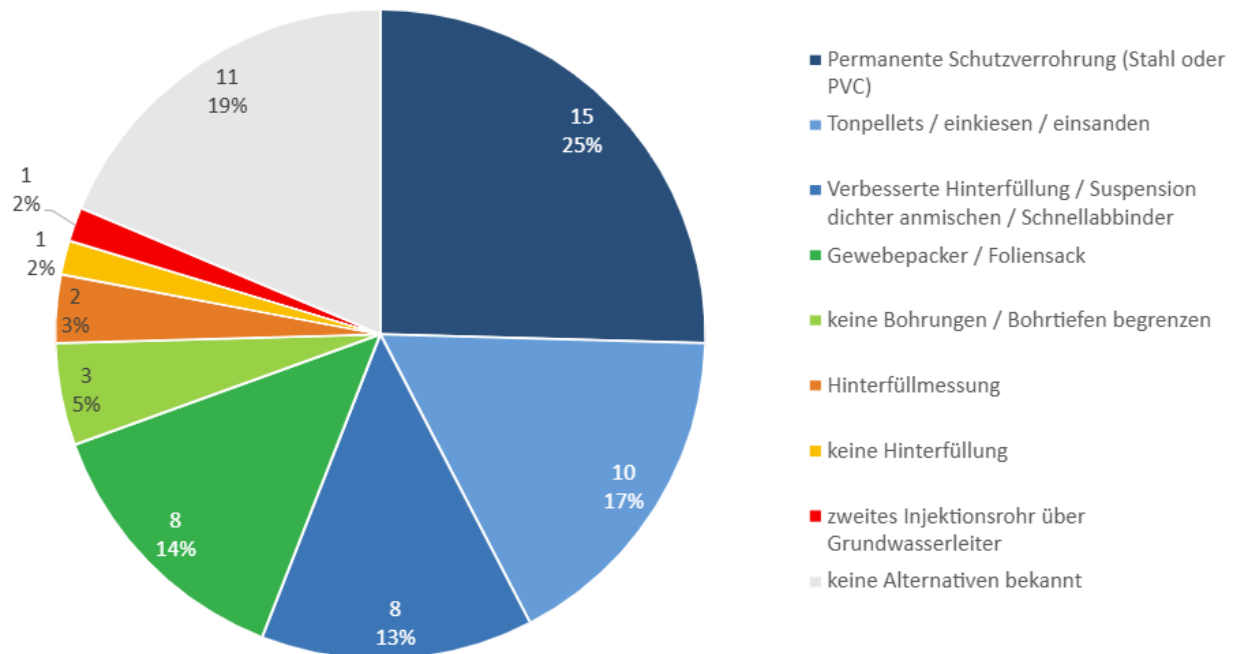


Abbildung 16: Den Bohrmeistern und Bauführern bekannte Alternativen zum Gewebestrumpf

Gleich oft wurden das Einbringen einer verbesserten, resp. dichter angemischten oder mit Zusätzen versehenen Hinterfüllung, sowie der Gewebepacker genannt (je 8 Nennungen, resp. 13.5 %). Von immerhin drei der Befragten wurde gesagt, dass man einfach keine Bohrungen in solchen Gebieten machen sollte, respektive die Bohrtiefen beschränken solle. Letzteres käme allerdings einem Verbot gleich, da sich die meisten zu schützenden Grundwasservorkommen in den obersten Zehnern Metern befinden. Vereinzelt gab es noch Nennungen wie die Hinterfüllung zu messen oder bei einem bestimmten Volumen die Hinterfüllung zu stoppen, gar keine Hinterfüllung einzubringen, oder ein zweites Injektionsrohr oberhalb des Grundwasserleiters einzubringen und im Grundwasserleiter selber nicht zu hinterfüllen. Letztere Variante dürfte allerdings in der Praxis sehr schwer umsetzbar sein.

Ganze 19 % der Befragten meldeten allerdings, dass sie keine Alternativen zum Gewebestrumpf kennen würden. Dies waren vor allem Bohrmeister, aber auch einer der befragten Bauführer. Einer der Bohrmeister kommentierte zudem, dass man einfach normal hinterfüllen sollte, da es bisher noch nie zu Grundwasserverschmutzungen gekommen sei. Woher er dies weiss, ist allerdings unbekannt.

Auf die Frage, ob eine alternative Massnahme zum Schutz des Grundwassers gegenüber dem Einbau eines Gewebestrumpfes bevorzugt wird, antwortete die grosse Mehrheit (42 %) der Befragten mit «Nein» (s. Abbildung 17). Weitere 18 % gaben keine Antwort, was allenfalls ebenfalls als «Nein» gedeutet werden könnte. Mit einem klaren «Ja» hingegen antworteten knapp weniger als ein Drittel der befragten Bohrmeister und Bauführer. Hier wurde von einem

Bohrmeister angemerkt, dass solche alternativen Massnahmen aber nicht immer von den Behörden oder den begleitenden geologischen Fachpersonen akzeptiert würden.

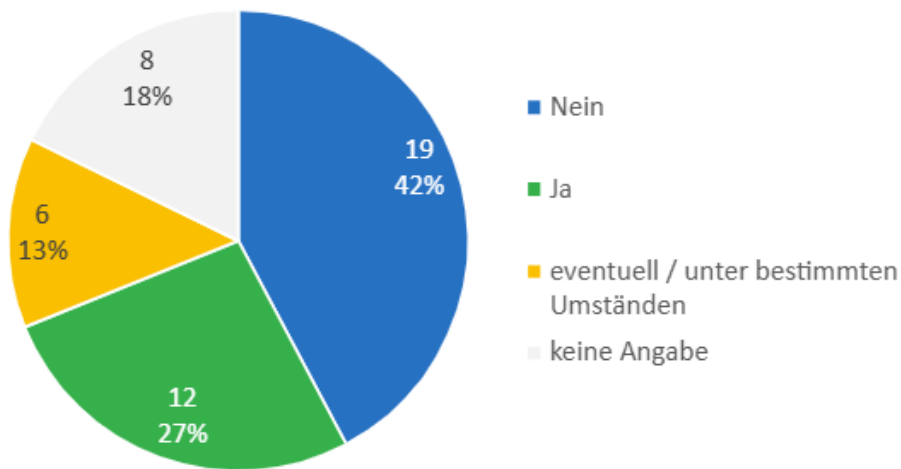


Abbildung 17: Bevorzugung von alternativen Schutzmethoden für das Grundwasser

Sechs Personen (13 %) gaben an, dass sie unter gewissen Umständen Alternativen zum Gewebestrumpf bevorzugten. Dabei wurde vor allem die Methode mit Tonpellets genannt, welche unter gewissen Voraussetzungen bevorzugt werden (z.B. in geringen Tiefen von 10-15 m), oder dass teils dichter angemischt werde. Einer der befragten Bohrmeister gab zudem an, dass die Wahl der Schutzmethode abhängig von der begleitenden geologischen Fachperson ist.

4.3.5 Stimmungsbild aus der Industrie

Die Bohrmeister konnten angeben, wie gerne sie den Gewebestrumpf einbauen würden. In Abbildung 18 ist ein Netzdiagramm der Antworten dargestellt. Man konnte seine Meinung auf einer Skala von eins (überhaupt nicht gerne) bis fünf (sehr gerne) ausdrücken. Unabhängig der Berufsjahre wird deutlich, dass der Gewebestrumpf generell eher unbeliebt ist unter den Bohrmeistern. Immerhin 26 % (10 Bohrmeister) der befragten Bohrmeister gaben an, dass sie dem Einbau eines Gewebestrumpfes gegenüber neutral sind. Lediglich drei der Befragten (8 %) gaben an, dass sie den Gewebestrumpf grundsätzlich gerne bis sehr gerne einbauen würden. Es gab eine Enthaltung.

Die Bohrmeister wurden ebenfalls nach den Gründen für ihre Wahl auf der Beliebtheitsskala gefragt. Aus den Antworten der Bohrmeister konnte ein Stimmungsbild erstellt werden (s. Abbildung 19). Der grüne Bereich stellt die positiven Aspekte des Gewebestrumpfes gemäss Bohrbranche dar und macht 11 % aus. Dazu gehören der Umweltschutz, der mit dem Gewebestrumpf einhergeht, der praktische Nutzen wie z.B. die Überbrückung schwieriger geologischer Verhältnisse oder die Abdichtung von Artesern. Darüber hinaus ist der Einbau von Gewebestrümpfen für die Bohrunternehmen, gemäss eigenen Aussagen, lukrativ.

Eine Aussage war neutral. Es wurde geäussert, dass der Gewebestrumpf Sinn macht, sofern die Anforderungen an das Material und ein korrekter Einbau erfüllt werden. Hier wünschen sich mehrere Bohrmeister und auch Bauführer klare Weisungen und Richtlinien im Zusammenhang mit dem Gewebeprodukt selber, aber auch mit dem zugehörigen Injektionsmaterial. Solche

Weisungen und Richtlinien sollen von Seiten Ämtern und geologischen Fachpersonen, sowie auch von den Produktherstellern verfasst und kommuniziert werden.

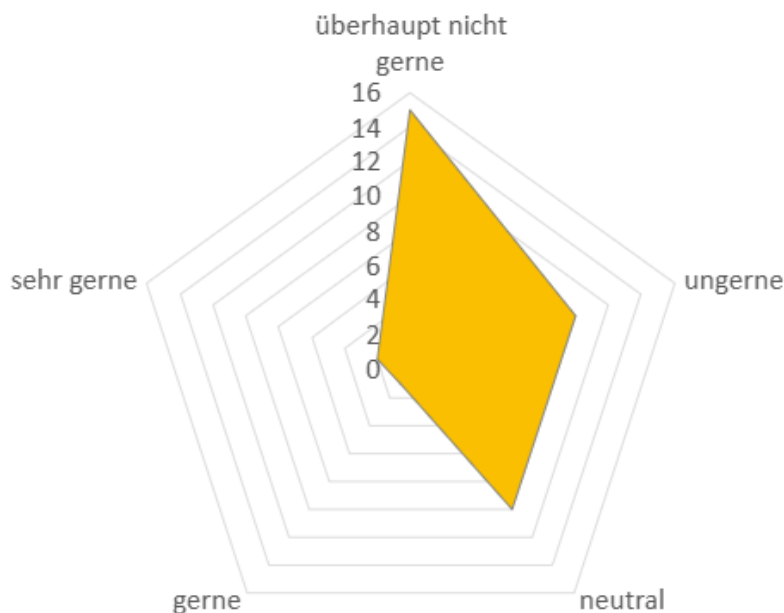


Abbildung 18: Antworten auf die Frage wie gerne der Gewebestrumpf von den Bohrmeistern eingebaut wird

Der grösste Teil der Antworten (88 %) war jedoch negativ oder eher negativ behaftet (rot gefärbte Bereiche in Abbildung 19). Als negative Gründe wurden genannt, dass die Methodik häufig zu einer mechanischen Belastung des Strumpfes und der Sonde führt, wodurch der Strumpf seine Funktion nicht erfüllen kann und die Sonde gefährdet wird. Auch wird genannt, dass häufig das Material des Strumpfes ungeeignet ist und zum Beispiel undicht für die Zement-Suspension ist oder beim Einbau sogar direkt reisst. Vor allem aber wurde genannt, dass der Gewebestrumpf seinen Zweck nicht erfülle, respektive nutzlos sei.

Von den 39 befragten Bohrmeistern nannten 31 Probleme, die sie während der verschiedenen Phasen des Strumpfeinbaus hatten. Die am häufigsten genannte Probleme sind der zeitliche Mehraufwand und die technische Komplexität, die mit dem Einbau des Gewebestrumpfs einhergeht. Ebenso häufig wurde das Reißen des Gewebestrumpfs genannt. Gewöhnlich tritt dies beim Ziehen der Verrohrung auf, aber auch wenn die Geologie den Einbau abbremst, kann der Gewebestrumpf beschädigt werden. Ebenfalls wurde auch das Auslaufen der Injektion, teils trotz dickerer Zementmischung, erwähnt. Ausserdem kommt es vor, dass die Sonde durch den Einbau des Gewebestrumpfs beeinträchtigt wird. So ist es z. B. immer wieder der Fall, dass die Sonde die Einbautiefe nicht erreicht. Die Gründe hierfür sind zum einen, dass die Sonde durch die Reibung, die der Gewebestrumpf verursacht, stecken bleiben kann, zum anderen muss der Einbau unterbrochen werden um den Gewebestrumpf zu befestigen. Letzteres kann dazu führen, dass in dieser Zeit das Bohrloch unten zusammenfällt oder sich erneut mit Wasser füllt. In allen Fällen hat dies ebenfalls einen negativen Einfluss auf den Gewässerschutz, da bei einem nicht-vollständigen Sondereinbau die Schutzvorrichtung Gewebestrumpf ebenfalls nicht an der korrekten Stelle verbaut ist.

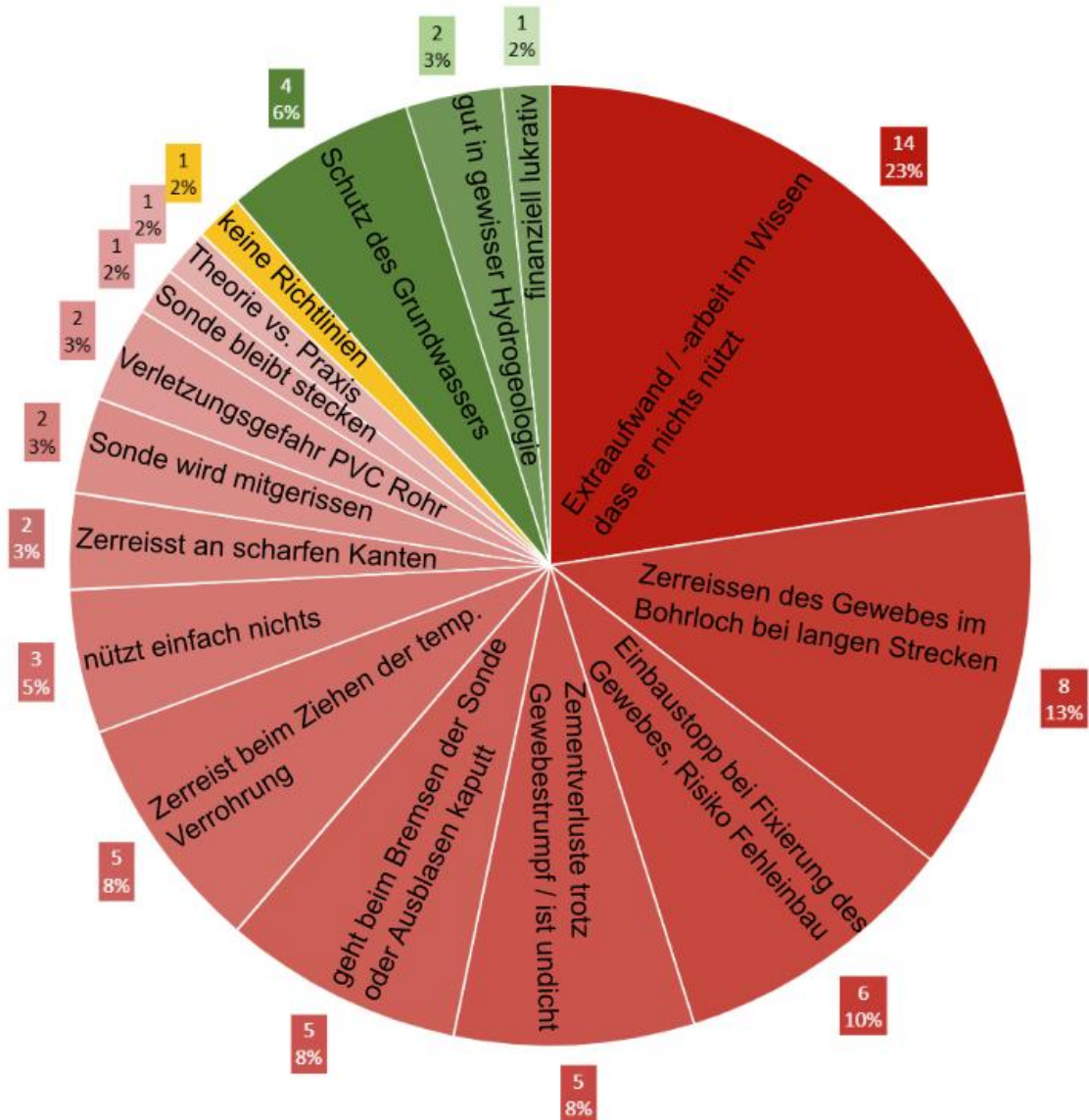


Abbildung 19: Stimmungsbild der Bohrmeister gegenüber dem Gewebestrumpf

Nur einer der Bohrmeister gab explizit an, bisher keine Probleme mit dem Strumpfteinbau gehabt zu haben. Der Grossteil der befragten Bohrmeister hingegen merkte an, dass die Komplexität des Gewebestrumpfteinbaus und die damit verbundenen Probleme vor allem von der Länge der zu schützenden Strecke abhängen. Zusätzlich konnten weitere Bemerkungen angebracht werden, was zu einem grossen Teil auch genutzt wurde. Hier kommt heraus, dass sich viele der Bohrmeister eine Lösung wünschen, welche praxisorientiert ist, erfüllt was es verspricht und dem Zweck dient. Viele sehen den Sinn und Zweck des Grundwasserschutzes mit den heute gängigen Gewebestrumpf-Produkten als nicht erfüllt. Dennoch ist dies heute die mit Abstand meistverwendete Methode für den Grundwasserschutz bei Erdwärmesondenbohrungen.

5 Alternativen zum Gewebestrumpf für den Grundwasserschutz

Im Zuge der Befragungen wurden immer wieder Alternativen zum Gewebestrumpf für den Schutz des Grundwassers bei Erdwärmesondenbohrungen benannt. Tabelle 3 bietet eine Zusammenfassung über die verschiedenen Alternativen, deren Vor- und Nachteile, sowie den assoziierten Kosten.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Alternativen zum Gewebestrumpf bei EWS

Die angegebenen Preise sind als ungefähre Richtpreise zu verstehen. Sie stammen aus verschiedenen Quellen (Internetrecherche, Anfrage Hersteller, Anfrage Bohrfirmen).

Bezeichnung	Vorteile	Nachteile	Kosten generell	Kosten pro Meter
permanente Verrohrung (Stahl)	guter und dichter Grundwasserschutz, einfache Installation, hohe Wärmeleitfähigkeit	teuer, betroffen von Korrosion, nicht geeignet für Wasserzutritte im Fels	CHF 395 / 2m bei Bospi für 159 mm Rohre. Wenn im Voraus bekannt, können günstigere Einwegstahlrohre verwendet werden	CHF 197.50
permanente Verrohrung PE / PVC Rohre	bietet bei korrekter Verbauung einen guten Grundwasserschutz, geringes Gewicht, hohe chemische Beständigkeit (praktisch korrosionsfrei)	teurer, steht nicht überall zur Verfügung auf Lager, grosse Unterschiede in der Umsetzung, Stoffe im Plastik können ins Grundwasser gelangen (PFAS, Weichmacher), benötigt Fusszementation oder Abdichtung am Fuss um ein Auslaufen von Zement in den Grundwasserleiter zu verhindern	z. B. Vollrohre Bospi Durchmesser 4.5" (125mm)	CHF 27.60
einkiesen / einsanden	günstig, verfügbar und ohne Konsequenzen für den Grundwasserschutz (natürliche Materialien) einbaubar	meist nur oberflächennah realisierbar oder müsste mit grösserem Durchmesser gebohrt werden (50-70mm Durchmesser Rohr für einsanden/kiesen nötig - d.h. es müsste bereits vor dem Bohrstart bekannt sein mit welcher Methode das GW geschützt werden soll), geringe Wärmeleitfähigkeit	CHF 40-80 / m3 (Hubschmid 2021, Kibag 2024, div. Kiesgruben CH)	CHF 1.14
Tonsperre (Tonpellets mit Wasser einspülen)	erzeugt eine Tonsperre zum Grundwasserleiter ohne Zementabflüsse	Ton schwimmt schnell oben auf, daher nur oberflächennah realisierbar, geringe Wärmeleitfähigkeit	Compactonit 1 to (1 m3) CHF 750 bei Bospi	CHF 10.72

Bezeichnung	Vorteile	Nachteile	Kosten generell	Kosten pro Meter
keine Hinterfüllung	guter Grundwasserschutz da nichts eingebracht wird (Sonden sollten dabei mit Wasser statt Glykol gefüllt werden)	keine Anbindung der Sonde ans Erdreich bis das Loch komplett eingefallen ist in diesem Bereich	gratis	CHF 0.00
verbesserte /dichtere Hinterfüllung	geringerer Abfluss in den Grundwasserleiter, resp. in die durchlässigen Schichten bedingt durch die grössere Dichte der Hinterfüllung, einfach in der Anwendung	teurer als Standard, bei tiefen Verrohrungen besteht die Gefahr der Quetschung der Sonde oder es müssten bessere, teurere Sonden verbaut werden (müsste im Voraus bereits bestimmt sein was für den GW Schutz verwendet wird), keine Garantie, dass nichts ins Grundwasser abfließt oder es nicht den pH des Grundwassers beeinflusst	1 Palette Füllbinder V (günstiges Produkt) für CHF 380 1 Palette GTM-HS für CHF 460 zu bedenken: mit verbesserter / dichter Hinterfüllung benötigt man viel mehr Material. Bsp. Füllbinder V ca. 1.3 Paletten / 300m; GTM-HS ca. 3.2 Paletten / 300m, dazu kommen personelle Mehrkosten da es länger dauert.	Min. CHF 4.90
Schnellabbindende Zusätze im Zement	Einfach, immer verfügbar	Keine Garantie dafür, dass keine Injektion abfließt, können Schadstoffe enthalten, eigentlich nur mit Portlandzement verwendbar	z.B. SIKA 4A CHF 10.00/kg Mischverhältnis 3:1 mit Zement und Anmachlösung von 1:4 mit Wasser = 30 kg / 0.5 m ³ Suspension	CHF 3.00
Gewebepacker	Trennung von Grundwasserstockwerken möglich	ist die zu schützende Strecke länger als 2 m (praktisch immer der Fall), müssten zwei Packer (einer unten und einer oben an der Strecke) eingebracht werden und auf eine Hinterfüllung im Bereich des durchlässigen Lockergesteins verzichtet werden -> aufwändig und teuer	Haka Gerodur GEOTight 2.5 m Packer für ca. CHF 650.00	CHF 260.00

Bezeichnung	Vorteile	Nachteile	Kosten generell	Kosten pro Meter
Tonspülbohrung	Tonspülung schafft eine Barriere zwischen Grundwasserleiter und Hinterfüllung, nur von Vorteil bei mächtigen Lockergesteins-lagen (z. B. in Quartären Rinnen mit Grundwasserleitern an deren Sohle)	teurer als Standard-bohrung und nicht alle Bohrfirmen bieten sie an, Spülverluste möglich im Lockergestein (v.a. wenn die Spülung nicht dicht genug angemischt wird), meist wird zumindest das obere Lockergestein auch bei Spülbohrungen verrohrt, d.h. es bringt dort auch keinen Vorteil	Mehrkosten einer Spülbohrung gegenüber einer regulären Bohrung zurzeit ca. CHF 20-50 pro Meter (abhängig von der Spülung), muss auf Gesamtbohrung gerechnet werden	CHF 20-50
Gebiet sperren	keine Bohrung = kein Risiko einer Beeinträchtigung	keine thermalen Nutzungen möglich in Gebieten mit nutzbaren Grundwasser-vorkommen	gratis	CHF 0.00

Einige dieser Alternativen sind deutlich teurer als der Gewebestrumpf (ca. CHF 10 pro Meter im Ankauf), oder sind schwieriger umsetzbar, respektive können nur in den sehr oberflächennahen Grundwasserleitern eingesetzt werden. Weiter können wenige Alternativen nur von den Behörden verfügt werden. Einzig das Einbringen einer verbesserten / dichteren Hinterfüllung im Bereich des Grundwasserleiters bietet eine einfach umsetzbare und kostengünstige Alternative. Allerdings besteht hier auch die Gefahr, dass die Zementsuspension ungehindert ins Grundwasser abfließt.

In gewissen Situationen gibt es allerdings alternative Schutzmethoden, welche sicherlich gut, respektive besser, geeignet sind. Hier wäre es also wichtig, diese Situationen zu definieren und Vorgehen und Vorgaben zu erarbeiten.

6 Fazit

Die Studie zum Thema des Einbaus eines Gewebestrumpfes bei Erdwärmesondenbohrungen zum Schutz des Grundwassers hat verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit diesem Produkt beleuchtet. Von Seiten Herstellern gibt es praktisch keine Richtlinien oder Hinweise zum korrekten Einbau oder des zu verwendenden Zementtyps. Es gibt eine Reihe an Produkten, welche ihren Ursprung hauptsächlich im Ankerbau haben und für Erdwärmesondenbohrungen adaptiert wurden. Die Praxis zeigt, dass von den verschiedenen Produkten zu über 80 % aber ein weisses, flexibles und dehnbares Polyethylen-Gewebe verwendet wird. Der damit verwendete Zementtyp wird häufig bereits lange vor der Abteufung der Bohrung durch die Bauherrschaft oder den Planer bestimmt. Der Einsatz eines Gewebestrumpfes zum Schutz des Grundwassers hat somit keinen Einfluss auf die Wahl des Injektionsmaterials.

Die kantonalen Amtsstellen haben teils sehr unterschiedliche Auflagen zum Grundwasserschutz im Zusammenhang mit Erdwärmesondenbohrungen. Die meisten Bohrfirmen sind überkantonale unterwegs, was somit eine grosse Flexibilität für die Umsetzung der Massnahmen erfordert. Da die in dieser Studie befragten kantonalen Amtsstellen, bis auf eine Ausnahme, alle über eine Schutzmassnahme verfügen, und entweder den Gewebestrumpf als Option aufführen oder

diesen sogar direkt verfügen, ist dieser für die Bohrfirmen die mit Abstand einfachste Methode die Auflagen zum Grundwasserschutz zu erfüllen. Der Gewebestrumpf kann immer mitgeführt werden (Thema Platz), ist im Verhältnis einfach handhabbar und im Einkauf günstig.

Aus Sicht der kantonalen Amtsstellen muss das Grundwasser adäquat geschützt werden. Jedoch bestehen bei den befragten zehn Kantonen keine Erfahrungswerte, da es kaum Kontrollen oder Rückmeldungen gibt. Die wenigen Rückmeldungen, welche bei den kantonalen Amtsstellen eingehen, stehen in der Regel im Zusammenhang mit Problemfällen. Die Wirkung des Gewebestrumpfes wird von den Amtsstellen zudem als schwer nachweisbar klassifiziert. So sind aus Sicht der kantonalen Amtsstellen Verbesserungen erwünscht, respektive angestrebt. Vorschläge umfassen z.B. die Schaffung von Grundlagen zur besseren Kontrolle der Schutzeinbauten, Schaffung von Auflagen und klareren Vorgaben zu den Abdichtsystemen, sowie der spezifischen Schulung des Bohrpersonals im Umgang mit dem Gewebestrumpf. Ähnliche Forderungen bestehen auch auf Seiten Bohrfirmen (Vorgaben zu Einbau, Entwicklung von Produkten, welche den Schutz auch erfüllen können und grundsätzlich der Wunsch nach praxisorientierten Lösungen und Verbesserungen) und von einzelnen geologischen Fachpersonen (Beschränkung Einbautiefen, resp. -längen, Standardisierungen Vorgehen Einbau, kantonale Vorgaben Material, resp. Typ Schutzmassnahme, sowie eine überkantonale Regelung).

Die geologischen Fachpersonen sind das Verbindungsglied zwischen den von den kantonalen Amtsstellen verfügbaren Auflagen zum Grundwasserschutz und den ausführenden Bohrfirmen. Obwohl sie in vielen Kantonen explizit für die Bestimmung der Schutzmassnahme, deren Einbautiefen, und -längen zuständig sind, sind sie oft nicht Verfügungsberechtigt, können also höchstens Empfehlungen abgeben. Es werden mehrheitlich Strumpflängen von bis zu 50 m empfohlen. Geologische Fachpersonen, welche grössere Längen empfehlen verfügen generell über mehr Erfahrung, was interessant ist, da der Grossteil (87 %) der befragten geologischen Fachpersonen nur bedingt daran glaubt, dass der Gewebestrumpf seinen Zweck auch erfüllt (vornehmlich bedingt durch, aus Sicht der geologischen Fachpersonen, falschen Einbau, falschem Hinterfüllungsverfahren und schlechten Materialeigenschaften). Die Einbautiefe scheint weniger limitiert bei der Empfehlung. Rund die Hälfte der Befragten baut Gewebestrümpfe in jeder Tiefe einer Bohrung ein. Jedoch gibt es auch bei 40 % der geologischen Fachpersonen ein Limit von ca. 50 m hier. Nur ein kleiner Prozentsatz der Befragten macht die Einbautiefe von der technischen Machbarkeit und der vorherrschenden Geologie abhängig. Eine Person lässt unabhängig der Geologie den Gewebestrumpf immer bis zwei Meter unter die temporäre Verrohrung einbauen. Letzteres Vorgehen erübrigt dann grundsätzlich den Einsatz einer geologischen Fachperson.

Den meisten geologischen Fachpersonen sind auch Alternativen zum Grundwasserschutz bekannt. Die Mehrheit der Befragten empfiehlt aber trotz dieser Kenntnisse grossmehrheitlich den Gewebestrumpf, da dieser immer verfügbar, günstig in der Anwendung und von den Bohrfirmen bevorzugt ist. Teilweise ist dessen Einsatz ebenfalls bereits vom Auftraggeber vorgegeben (in Ausschreibungen). Rund ein Fünftel der befragten Personen gab zudem an, dass sie nie eine Alternative zum Gewebestrumpf empfehlen. Die Aussagen der geologischen Fachpersonen lassen darauf schliessen, dass sie zwar von Amtes wegen verpflichtet sind eine Massnahme zu empfehlen, aber kaum einen Einfluss darauf haben welches System schlussendlich verbaut wird, respektive auf Widerstand seitens Bauherrschaften oder Bohrfirmen stossen, wenn sie eine Alternative zum Gewebestrumpf vorschlagen. Aus den

gegebenen Antworten wird aber ebenfalls ersichtlich, dass der Grossteil der befragten geologischen Fachpersonen den Willen hat die Massnahmen gut umsetzen zu können. Dies ist eine Gemeinsamkeit mit den Bohrfirmen, respektive dem Grossteil der befragten Bohrmeister.

Von den befragten Bohrfirmen werden jährlich beachtliche Mengen an Gewebestrümpfen verbaut. Im Schnitt ca. 2500 m pro Jahr und Firma, was bei einer durchschnittlichen Gewebestrumpflänge von ca. 30 m mehreren hundert Bohrungen pro Jahr und Firma entspricht. Man kann daher davon ausgehen, dass sich die Bedenken aller Akteure über den adäquaten Grundwasserschutz, welcher der Gewebestrumpf bieten kann, auf eine grössere Fläche von zu schützendem Grundwasser bezieht, respektive es bei grossen Flächen an Grundwassergebieten unklar ist, ob diese auch adäquat geschützt werden durch diese Massnahme. Auch wenn der Wille der Bohrfirmen zur gewissenhaften Umsetzung des Grundwasserschutzes aus den Antworten deutlich erkennbar ist, glaubt der Grossteil der Befragten nicht an dessen Wirkung. Dies hat damit zu tun, dass die Bohrmeister negative Erfahrungen, respektive Beobachtungen, wie Reißen des Gewebestrumpfes beim Einbau, Undichtheit des Materials oder schwere Handhabbarkeit und damit verbundene geringere Einbautiefen der Sonden, machen.

Im Grundprinzip wird der Gewebestrumpf von ca. zwei Dritteln der befragten Bohrmeister so verbaut wie die Herstellervorgaben für den Gewebepacker von Haka Gerodur lauten. Allerdings werden dabei in der Regel andere Befestigungs- und Dichtsysteme verwendet (z. B. Klebeband statt Briden, Lappen statt Dichtmanschetten). Dies weist darauf hin, dass sich die Bohrbranche vornehmlich an gängige Vorgaben halten will. Der Wille zur Einhaltung des Grundwasserschutzes zeigt sich auch darin, dass sich einige der Bohrmeister, und Bohrfirmen generell, Gedanken dazu machen, wie sie einen Abfluss der Zementsuspension aus dem undichten Gewebe verhindern oder zumindest verringern können. So wird der verwendete Zement z. B. für die Injektion im Gewebestrumpf dichter angemischt oder sogar mit schnellabbindenden Zusätzen versehen.

Gemäss einer Nachfrage bei einem Hersteller wird aber kaum geprüft, ob das Injektionsgut, respektive dessen Körnung auch zur Durchlässigkeit des Gewebestrumpfes passt. Zudem bemerken diese, dass die Durchlässigkeit stark vom Injektionsdruck abhängig ist. Allerdings fehlen auch hier bei den meisten Produkten konkrete Herstellerangaben zum korrekten Umgang in Bezug auf das Injektionsmaterial. Aus Sicht der Ämter soll der Gewebestrumpf eine Auswaschung des Injektionsgutes verhindern und so auch eine negative Beeinflussung des Grundwassers im Sinne des pH-Wertes vermeiden. Von Herstellerseite heisst es allerdings, dass ein erhöhter pH-Wert im Grundwasser auch mit dem Gewebestrumpf nicht vermeidbar ist. Daher stellt sich schon die Frage, ob überhaupt mit durchlässigen Systemen im Grundwasserbereich abgedichtet werden soll, respektive darf.

Auch wenn alternative Methoden zum Grundwasserschutz unter den Bohrfirmen weitestgehend gut bekannt sind, sind diese teils zu teuer (aus Sicht der Bauherrschaft) oder nur sehr oberflächlich einsetzbar (z. B. Tonpellets, einkiesen / einsanden). Daher wird der Gewebestrumpf auf Seiten Bohrfirmen bevorzugt, wenn auch nicht gemocht (Zusatzaufwand ohne ersichtlichen Erfolg, Risiko dass Sonde stecken bleibt, Sicherheitsbedenken bei langen Gewebestrecken). Der Gewebestrumpf stellt also aus Sicht der Bohrfirmen das kleinste Übel dar. Allerdings ist der Ruf nach Systemen, welche den Anforderungen des Grundwasserschutzes entsprechen und gleichzeitig auf den Baustellen gut handhabbar sind,

gross. Dies bietet Potential für Neuentwicklungen und / oder angepasster Hinterfüllungs-Strategien.

Als handhabbar, respektive umsetzbar sehen die Bohrfirmen zudem Einbautiefen und Gewebestrumpflängen von maximal 50 - 60 m. Bei Tonspülbohrungen ist gemäss Angaben von mehreren Bohrfirmen ein Einbau eines Gewebestrumpfes technisch nicht möglich. Zudem wird der Einbau eines Gewebestrumpfes bei tiefen Sonden und langen Strecken zunehmend schwieriger umsetzbar. Hier stellt sich die Frage, wie mit dem Grundwasserschutz in grösseren Tiefen umgegangen werden soll, respektive ob tiefere Grundwasserstockwerke auch mit Abdichtungsmassnahmen in oberflächennahen Schichten genügend geschützt werden könnten (z. B. um eine Verbindung von untieferen Grundwasserstockwerken zu verhindern). Allerdings stellt sich dann wiederum die Frage, wie auf den verschiedenen Strecken hinterfüllt werden kann. Dies fällt insbesondere ins Gewicht, wenn man bedenkt, dass die meisten Bohrungen für Erdwärmesonden heute mit Durchmessern von 135 mm abgeteuft werden und dies keinen grossen Spielraum für mehrere zusätzliche Injektionsschläuche lässt.

Zusammenfassend können aus der Studie folgende Aussagen getroffen werden:

- Alle Akteure sind an einem soliden Grundwasserschutz interessiert.
- Der Grundwasserschutz lässt sich mit dem Einbau eines Gewebestrumpfes nicht überall einfach und wirkungsvoll umsetzen. Dies kann aufgrund der Beobachtungen auf den Baustellen, respektive der zahlreichen Aussagen der Bohrfirmen festgemacht werden. Zudem bezweifeln sowohl die begleitenden geologischen Fachpersonen, als auch die kantonalen Vertreter dessen Wirksamkeit.
- Was (Abdichtungssystem, Injektionsmaterial) verbaut wird, ist vielfach bereits lange vor dem Bohrstart und vor der Bohrbewilligung festgelegt. Änderungen im Sinne des Grundwasserschutzes sind daher oft kostspieliger und werden von den Bauherrschaften eher abgelehnt. Zudem spielt hier sicher auch der Zeitdruck und die Verfügbarkeit von Alternativen eine Rolle. Dies alles verhindert massgeblich den Einsatz des tauglichsten Systems zugunsten des «einfachsten» Systems. Die ausführenden Organe der Branche (geologische Fachpersonen und Bohrmeister) versuchen das Beste aus der Situation zu machen. Es braucht klare Vorschriften und Vorgaben der kantonalen Amtsstellen über das verlangte Abdichtungssystem. Die Praxis zeigt, dass bei einer Auswahl an Systemen in fast allen Fällen der Gewebestrumpf gewählt wird, unabhängig davon, ob dieser das passendste System darstellt oder nicht.
- Es braucht zusätzlich klare Richtlinien zum korrekten Einbauverfahren des Gewebestrumpfes, dessen geeigneter Einsatzbereiche und -tiefen, respektive -längen, sowie dem passenden Injektionsmaterial. Diese müssten zwingend in Zusammenarbeit mit den Herstellern erfolgen.

7 Aussicht

Da der Gewebestrumpf grundsätzlich das meist eingesetzte Abdichtungssystem beim Grundwasserschutz im Zusammenhang mit Erdwärmesonden ist, macht es Sinn in erster Linie dieses System zu verbessern. Wir sehen für weiterführende Arbeiten daher folgende Möglichkeiten:

- Laborversuche zur Reissfestigkeit und Durchlässigkeit mit verschiedenen Gewebetypen, Injektionsmaterialien und Einpressdrücken.
- Feldversuche, messtechnisch überwacht, zur Klärung ob Injektionsmaterial verpresst in einem Gewebestrumpf einen ähnlichen oder einen anderen Radius hat, wie wenn das Injektionsmaterial ohne Gewebestrumpf verpresst wird.

Der grosse Verbrauch an Gewebestrumpfmaterial zeigt, dass signifikante Flächen im Grundwasserbereich betroffen sind. Daher besteht zum Schutze des Grundwassers dringend weiterer Handlungsbedarf. Als Ziel weiterführender Arbeiten sollte die Erstellung von Richtlinien stehen. Diese sollten einerseits den kantonalen Ämtern einen Leitfaden zur Auflagererlassung geben, andererseits den geologischen Fachpersonen, sowie den Fachplanern, einen Leitfaden zu möglichen Systemen in verschiedenen Situationen geben. Zusätzlich sollten für die Bohrfirmen Standards zu Einbau und Hinterfüllung der verschiedenen Systeme generiert werden und Schulungen angeboten werden.

Bei allen weiterführenden Arbeiten ist es wichtig, dass alle Beteiligten der Branche gehört und eingebunden werden. Wie sich nämlich zeigt, wird heute vorwiegend ein System verwendet, an dessen Wirksamkeit kaum jemand glaubt und welches zudem ungern und in einigen Fällen wohl auch falsch verwendet wird.

Referenzen

Glover, J., Braun-Badertscher, S. & Lifa, I., 2022: *Geotextilsäcke für Anker*. In: Wissensplatz, S. 14-15.

Hess, M., Rognon, F. & Nicole, C., 2018: *Gewässerschutz bei Erdwärmesondenbohrungen – Übersicht über Abdichtungssysteme zum Schutz des Grundwassers*. Schlussbericht Energie Schweiz vom 22.08.2018

Lifa, I., Glover, J., Stathas, D., Braun, S. & Störi, R., 2024: *Merkblatt zur Anwendung von Geotextilsäcken bei Ankern im Lawinen- und Steinschlagverbau*. Institut für Bauen im alpinen Raum, Fachhochschule Graubünden, 38 S.

Prikel, G., 1959: *Druckzementation (Squeeze cementing operation)*. In: Tiefbohrtechnik. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-3138-1_19

Schädle, K.-H., 2018: *Leitfaden Erdwärmesonden (EWS). Fragen – Antworten – Lösungen im Überblick*. Geothermie Schweiz, Ausgabe: 30.04.2018, 12 S.

Sutter, E., Touzin, M., Altmann, B. & Genoni, O., 2025: *Abschlussbericht Studie: Auswertung Hinterfüllmessungen der Jahre 2022-2024*. Kanton Zürich Baudirektion, AWEL, Juni 2025, 28 S.