

1. Beispiel : **Arbeitsanweisung „Ansprache Grundwasserverhältnisse bei Bohrungen im Lockergestein“**

Bohrungen für Erdwärmesonden können in den verschiedensten Bohrverfahren niedergebracht werden. Die Wahl des Bohrverfahrens ist jedoch entscheidend für die Ansprache von Grundwasserverhältnissen. Dies bedeutet, dass bei Bohrungen, bei welchen die Trennschichten zweier Grundwasserleiter durchbohrt werden, unbedingt darauf zu achten ist, dass die Verhältnisse erkannt werden.

Im Folgenden werden die verschiedenen Bohrverfahren im Hinblick auf die Grundwasseransprache bewertet.

1. Bohren mit Hohlbohrschnecken

Beim Bohren mit Hohlbohrschnecken werden hohle Rohre mit aufgeschweißten Wendeln in den Boden gedreht. Das Bohrgut wird durch die Wendeln nach oben über Tage gefördert und zum Teil verdrängt. Das innere Rohr ist durch eine verlorene oder wiedergewinnbare Spitze verschlossen. Hat die Bohrung die gewünschte Endtiefe erreicht, wird die Erdwärmesonde durch dieses „Seelenrohr“ eingebaut und dann die Schnecken wieder gezogen. Eine Ansprache von Grundwasserverhältnissen ist nicht genau möglich. Da die Bohrtiefe systembedingt bei max. 50m liegt, werden selten Stockwerksübergreifende Bohrungen durchgeführt. Aus diesem Grund wird der Einsatz dieses Systems auf den ersten Grundwasserleiter beschränkt.

2. Direkte Spülbohrungen Fluidspülungen (Wasser mit Spülmittelzusätzen)

Beim direkten Spülbohren mit Fluidspülungen wird eine auf Wasser basierende Spülung über eine Pumpe angesaugt und durch das Gestänge zur Bohrlochsohle geleitet. An der Bohrlochsohle tritt die Spülung aus, nimmt das von Werkzeug gelöste Bohrklein auf und trägt dieses im Ringraum nach oben über Tage und wird dort in ein Absetzbecken geleitet. Bei diesem Verfahren ist das Bohrloch immer vollständig mit Spülung gefüllt und ein Erkennen von Grundwasserleitern kaum möglich. Durch das thixotrope Verhalten der Spülmittelzusätze werden die Wasserleiter im Lockergestein jedoch „verschlossen“ und ein Potentialunterschied zwischen zwei Leitern führt trotzdem nicht zu Strömungen in den Bohrungen. Dies bedeutet, dass Bohrungen auch Stockwerksübergreifend möglich sind. Es muss durch eine geeignete Gerätetechnik jedoch gewährleistet werden, dass im Fall von Problemen eine Verrohrung bis in den Grundwasserstauer mitgenommen werden kann. Dies kann nur simultan erfolgen und erfordert Doppelkopf, Doppelrotorkopf oder vergleichbare Systeme.

3. **Direkte Spülbohrungen mit Luftspülung**

Direkte Spülbohrungen mit Druckluft als Spülmedium funktionieren ähnlich wie Bohrungen mit Fluidspülung. Die Druckluft wird jedoch von einem Kompressor erzeugt und wird durch das Gestänge zum Bohrwerkzeug geleitet. Bohrungen im Lockergestein mit Luftspülung sind nur bei simultaner Mitführung der Hilfsverrohrung möglich.

Die gelösten „Cuttings“ werden durch die Luft im Ringraum zwischen Gestänge und Verrohrung ausgetragen. Dieses Verfahren ermöglicht sowohl eine sehr teufengerechte Zuordnung der Gesteinsproben als auch ein sofortiges erkennen von Wasserzutritten. Wichtig ist dass die Bohrgutableitung über einen Preventer direkt in eine Auffangwanne erfolgt. Der Preventer ist eine Dichtung, welche den Ringraum zwischen der drehenden Verrohrung und dem drehenden Gestänge abdichtet und somit eine saubere und kontrollierte Ableitung ermöglicht. Durch dies können dann teufengerechte Proben entnommen, und ein Wasserzutritt sofort detektiert werden.

Durch die hohen Reibungskräfte zwischen Verrohrung und anstehendem Boden, werden hier sehr große Geräte benötigt und die verrohrte Bohrtiefe ist je nach Untergrund aus ca. 100 – 150m beschränkt

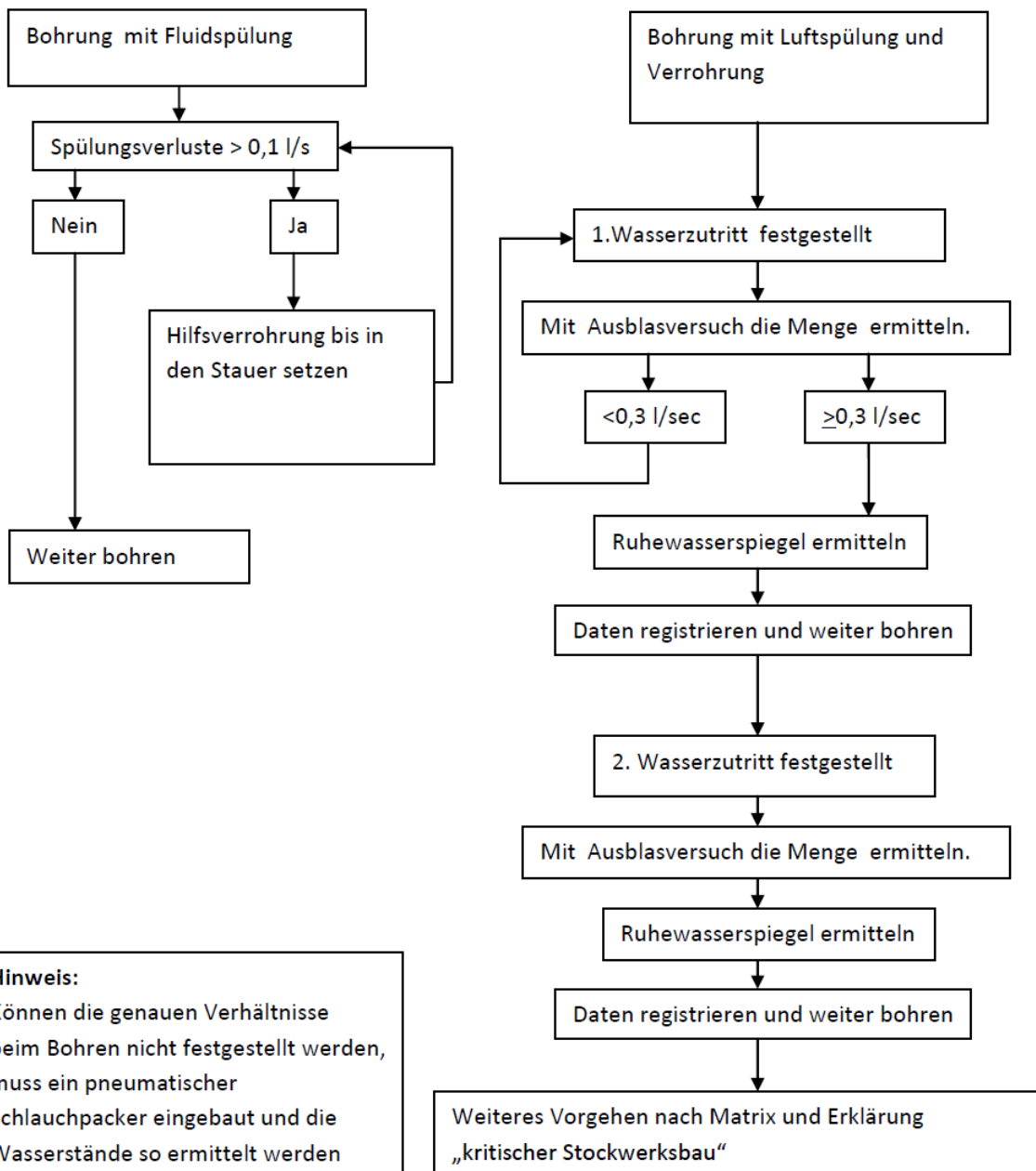
Andere, hier nicht aufgeführte oder neu entwickelte Verfahren müssten bezüglich der Kriterien Probenqualität und Grundwasseransprache bewertet, und dann im Einzelfall entschieden werden.

Die Arbeitsanweisung „Erkennen von Wasserzutritten bei direkten Spülbohrungen im Lockergestein“ ist zu beachten.

„Erkennen von Wasserzutritten bei direkten Spülbohrungen im Lockergestein“

Folgende Randbedingungen sind einzuhalten:

- Verrohrung muss bis in den Grundwasserstauer mitgenommen werden können
- Es sind Grundsätzlich Doppelkopf, Doppelrotorkopf oder vergleichbare Systeme zu Verwenden



Hinweis:
 Können die genauen Verhältnisse beim Bohren nicht festgestellt werden, muss ein pneumatischer Schlauchpacker eingebaut und die Wasserstände so ermittelt werden

2. Beispiel : Arbeitsanweisung „Ansprache Grundwasserverhältnisse bei Bohrungen im Festgestein“

Bohrungen für Erdwärmesonden können in den verschiedensten Bohrverfahren niedergebracht werden. Die Wahl des Bohrverfahrens ist jedoch entscheidend für die Ansprache von Grundwasserverhältnissen. Das bedeutet, dass bei Bohrungen, bei welchen die Trennschichten zweier Grundwasserleiter durchbohrt werden, unbedingt darauf zu achten ist, dass die Verhältnisse erkannt werden.

Im Folgenden werden die verschiedenen Bohrverfahren im Hinblick auf die Grundwasseransprache bewertet.

1. Bohren mit Hohlbohrschnecken

Dieses Bohrverfahren findet im Festgestein keine Anwendung

2. Direkte Spülbohrungen Fluidspülungen (Wasser mit Spülmittelzusätzen)

Beim direkten Spülbohren mit Fluidspülungen wird eine auf Wasser basierende Spülung über eine Pumpe angesaugt und durch das Gestänge zur Bohrlochsohle geleitet. An der Bohrlochsohle tritt die Spülung aus, nimmt das von Werkzeug gelöste Bohrklein auf und trägt dieses im Ringraum nach oben und wird dort in ein Absetzbecken geleitet. Bei diesem Verfahren ist das Bohrloch immer vollständig mit Spülung gefüllt und ein Erkennen von Grundwasserleitern ist nicht in der geforderten Form möglich. Ein Einsatz dieses Verfahrens im Festgestein gilt bis auf wenige Ausnahmen (artesisch Gespanntes Grundwasser, Gasführung) als nicht zielführend für die Ansprache von Wasserzutritten und ist daher nicht anzuwenden.

3. Direkte Spülbohrungen mit Luftspülung

Direkte Spülbohrungen mit Druckluft als Spülmedium funktionieren ähnlich wie Bohrungen mit Fluidspülung. Die Druckluft wird jedoch von einem Kompressor erzeugt und treibt in der Regel auch noch einen, unten am Bohrgestänge angebauten, Imlochhammer an.

Dieser zertrümmert das Gestein und die gelösten „Cuttings“ werden durch die Luft im Ringraum ausgetragen. Hier wird mit sehr großen Luftmengen gearbeitet, was dann auch zu sehr schnellen Aufstiegs geschwindigkeiten führt. Dieses Verfahren ermöglicht sowohl eine sehr tiefengerechte Zuordnung der Gesteinsproben als auch ein sofortiges Erkennen von Wasserzutritten. Wichtig hierfür ist, dass die nicht standfesten Bereiche mit einer Hilfsverrohrung gestützt werden und die Bohrgutabfuhr über einen Preventer direkt in einen Behälter erfolgt.

Der Preventer ist eine Dichtung, welche den Ringraum zwischen der Verrohrung und dem drehenden Gestänge abdichtet und somit eine saubere und kontrollierte Ableitung ermöglicht. Durch dies können dann teufengerechte Proben entnommen, und ein Wasserzutritt sofort detektiert werden.

Aufgrund dieser Vorteile ist dieses Verfahren das am sinnvollsten einsetzbare Bohrverfahren und muss bei Bohrungen welche stockwerksübergreifend abgeteuft werden sollen angewendet werden.

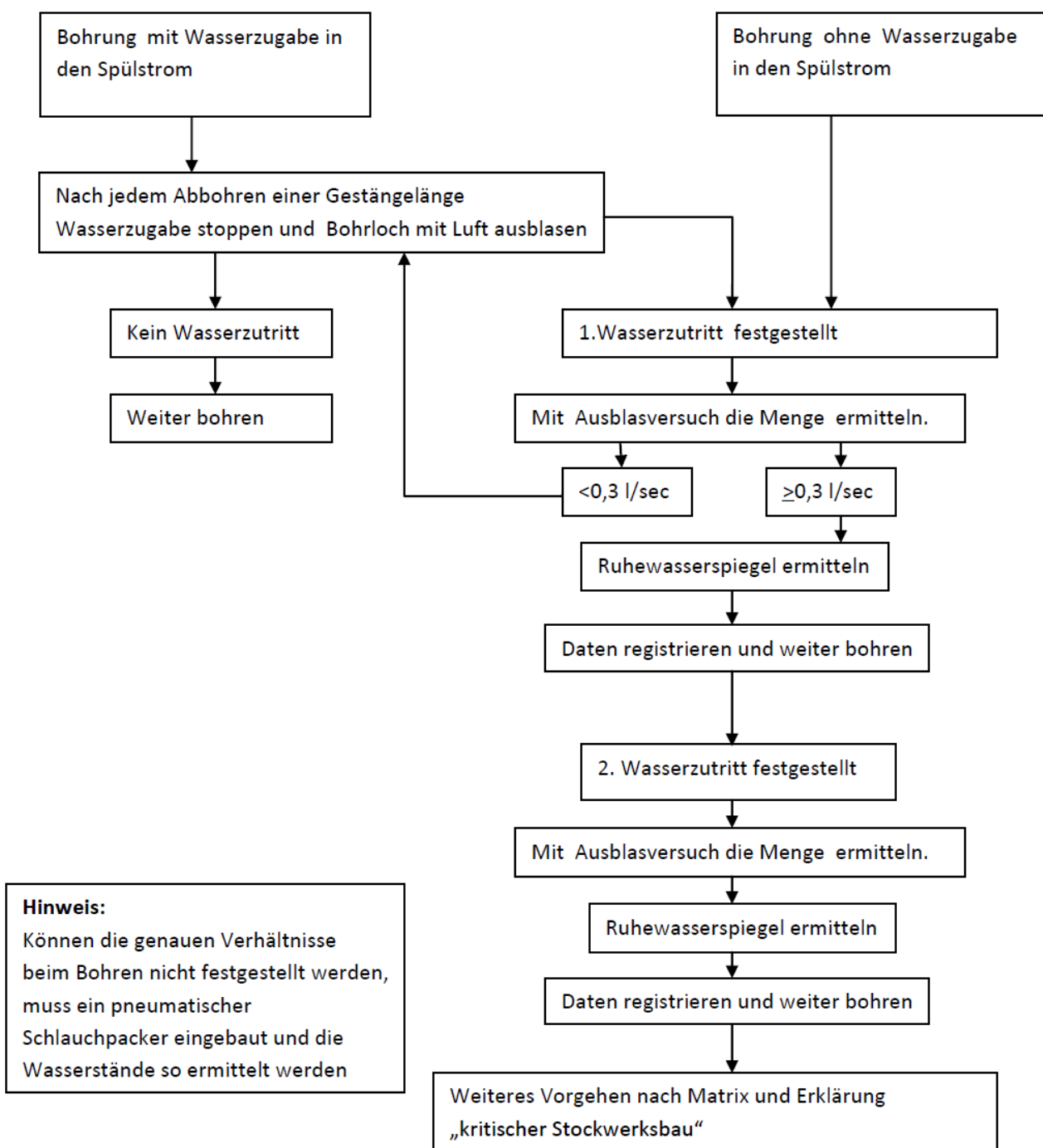
Andere, hier nicht aufgeführte oder neu entwickelte Verfahren müssten bezüglich der Kriterien Probenqualität und Grundwasseransprache bewertet, und dann im Einzelfall entschieden werden.

Die Arbeitsanweisung „Erkennen von Wasserzutritten bei direkten Spülbohrungen mit Luftspülung“ ist zu beachten.

„Erkennen von Wasserzutritten bei direkten Spülbohrungen mit Luftspülung“

Folgende Randbedingungen sind einzuhalten:

- Bohrung immer mit Luftspülung
- In nicht standfesten Bereichen ist die Bohrung durch eine Verrohrung zu sichern
- Die Ableitung des Bohrgutes muss über geeignete Preventer erfolgen
- Um Staubbildung oder das Verkleben der Bohrung zu verhindern muss eine Zugabe von Wasser sowohl in die Luft als auch am Preventer möglich sein



3. Beispiel **Arbeitsanweisung „Arteser“**

Grundsätzlich sollte beim Umgang mit Artesern folgendes beachtet werden:

Beim Auftreten eines Artesers ist das wichtigste, dass die Druckverhältnisse ermittelt werden. Ohne dies kann eine ordnungsgemäße Abdichtung nicht durchgeführt werden. Es sollte entweder ein Schlauchpacker in den darüber liegenden **Stauer** eingebaut werden oder, bei dichter Verrohrung, diese abgesperrt werden. Das Gestänge mit dem Bohrwerkzeug bildet bei nicht standfesten Böden den einzigen Zugang in den durchbohrten Stauer und muss im Bohrloch verbleiben bis das genaue Vorgehen abgeklärt ist.

Auf darüber liegende Grundwasserstockwerke ist zu achten und diese sind bei der Abdichtung zu berücksichtigen. Die Abdichtung muss in dem über dem artesisch gespannten Leiter liegenden Stauer erfolgen.

Der nachträgliche Einbau von schweren Spülungen oder Suspensionen ist bei fließenden Artesern in der Regel nur bis zu einer Schüttung von 0,5 l/s möglich. Hierbei müssen jedoch Einflussfaktoren wie, erforderliche Dichte, Ringraumquerschnitt/ mögliche Einbringgeschwindigkeit und Dichte der Medien beachtet werden.

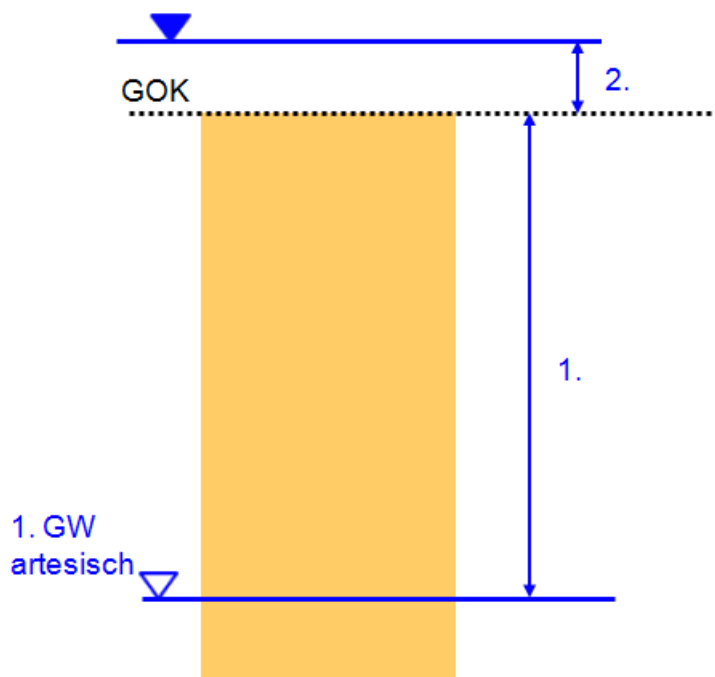
Erklärung Druckverhältnisse Arteser

1. Artesischer Grundwasserleiter

Die hauptsächlichen Einflussfaktoren auf die Beherrschbarkeit eines Artesers sind die Anbohrtiefe unter Gelände und die Druckhöhe des Wasserspiegels über Gelände. Die Schüttung/ also die austretende Wassermenge ist eher als zweitrangig zu betrachten und spielt bei der Abdichtung eine eher untergeordnete Rolle.

Mit der folgenden Formel lässt sich sehr schnell eine Aussage über die Beherrschbarkeit eines Artesers treffen.

$$\frac{1. \text{ Anbohrtiefe artesischer Leiter [m unter GOK]}}{2. \text{ Stauhöhe [m über GOK]}} \geq 1$$

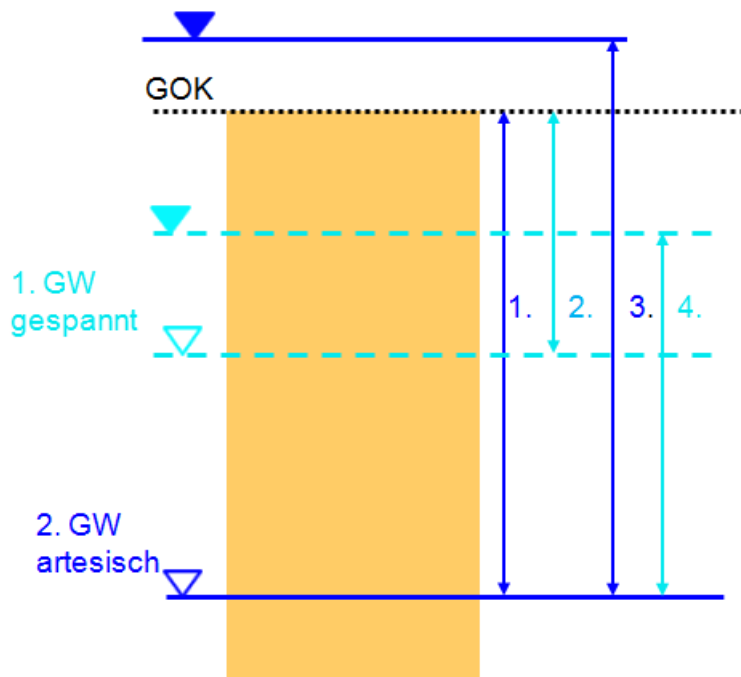


2. Artesischer und gespannter Grundwasserleiter

Ist über dem artesischen Leiter ein weiterer Grundwasserleiter so ist eine Betrachtung und Auswertung mit der oben stehenden Formel nicht möglich. Für diesen Fall müssen die Verhältnisse wie folgt berechnet werden:

$$\frac{1. \text{ Anbohrtiefe artesischer Leiter} - 2. \text{ Anbohrtiefe darüberliegender GW - Leiter}}{3. \text{ Potential Arteser} - 4. \text{ Potential darüberliegender GW - Leiter von Arteser aus}} \geq 1$$

$\frac{[m \text{ unter GOK}]}{[m \text{ unter GOK}]} \geq 1$
 $\frac{[m \text{ WS}]}{[m \text{ WS}]} \geq 1$



3. Beispiele:

Annahme: Ein Arteser wird 70 m unter GOK angebohrt und hat eine Stauhöhe von 15 m über Gelände- Oberkante. Mit der Formel:

$$\frac{1. \text{Anbohrtiefe artesischer Leiter [m unter GOK]}}{2. \text{Stauhöhe [m über GOK]}} \geq 1$$

lässt sich nun folgendes berechnen: $\frac{70}{15} = 4,66 > 1$.

Diese Verhältnisse sind leicht zu beherrschen.

Eine Spülungs- oder Suspensionsdichte von $\frac{85}{70} = 1,214$ kg/l ist ausreichend um diesen Arteser zu stoppen.

Würde sich über diesem artesischen Leiter ein zusätzlicher Leiter befinden, müsste die Auswertung anderweitig erfolgen.

Annahme: Der 1. Grundwasserleiter wird bei 20 m unter GOK angebohrt und ist auf 15 m gespannt. Der Arteser wird wieder bei 70 m angebohrt und hat eine Stauhöhe von 15 m über GOK. Nun muss mit folgender Formel zur Berechnung der Potentialunterschiede ausgewertet werden:

$$\frac{1. \text{Anbohrtiefe artesischer Leiter} - 2. \text{Anbohrtiefe darüberliegender GW - Leiter}}{3. \text{Potential Arteser}} - \frac{4. \text{Potential darüberliegender GW - Leiter}}{\text{von Arteser aus [mWS]}} = \frac{70 - 20}{85 - 55} = 1,66 \geq 1$$

also kann auch in diesem Fall ohne große Hilfsmittel nur durch das Suspensionsgewicht abgedichtet werden. Das Potential des Artesers muss jedoch im Stauer zwischen 20 m und 70 m durch die Dichte der Suspension gestoppt werden. Da dieses Potential um 30 m höher als das des oberen Leiters ist und nur 50 m zu Abdichtung zur Verfügung stehen. Die erforderliche Suspensionsdichte wird wie folgt

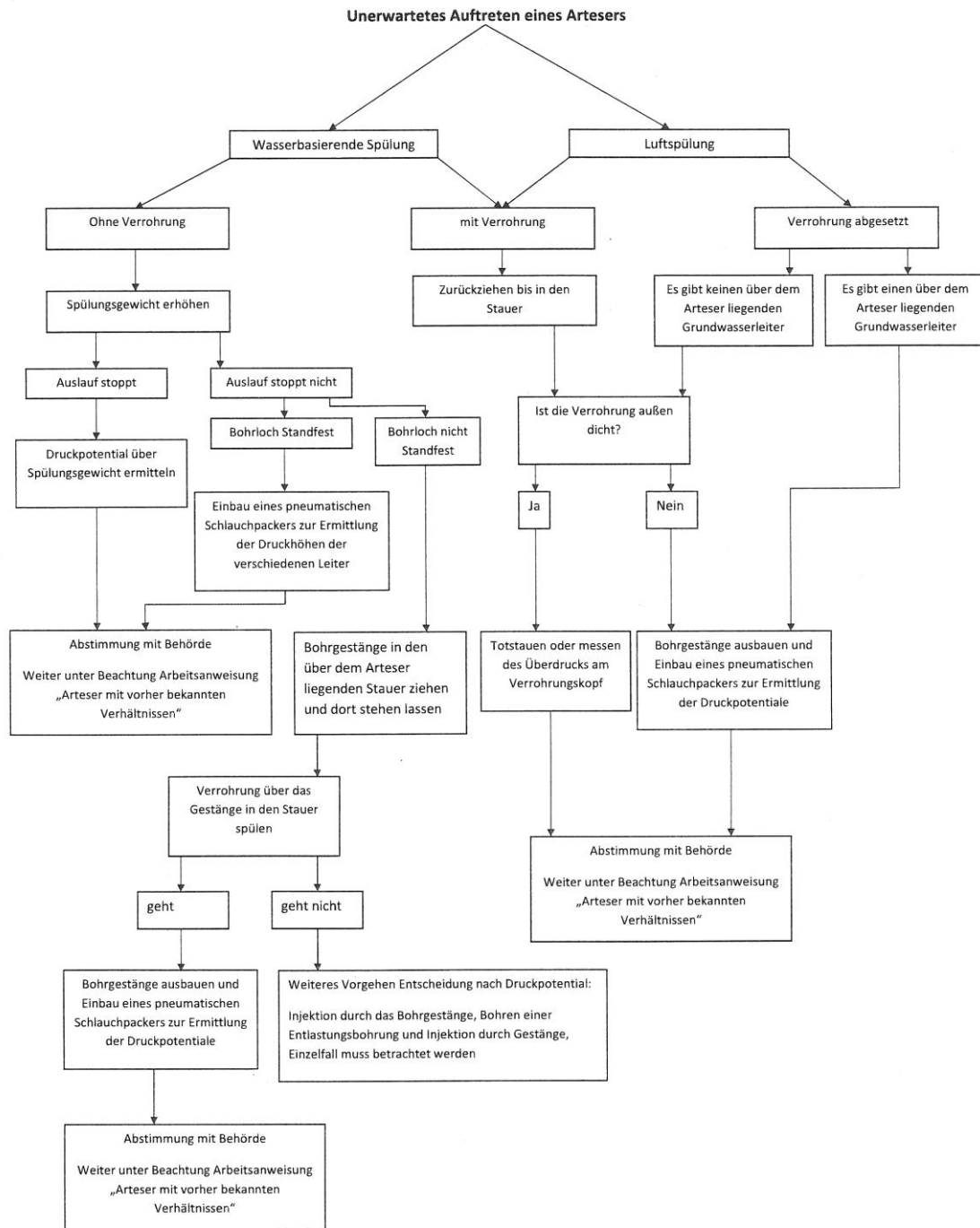
berechnet: $\frac{85}{50} = 1,70$ kg/l

Eine Spülungs- oder Suspensionsdichte von 1,70 kg/l ist ausreichend, um diesen Arteser zu stoppen. Nimmt man das gespannte Potential des oberen Leiters noch

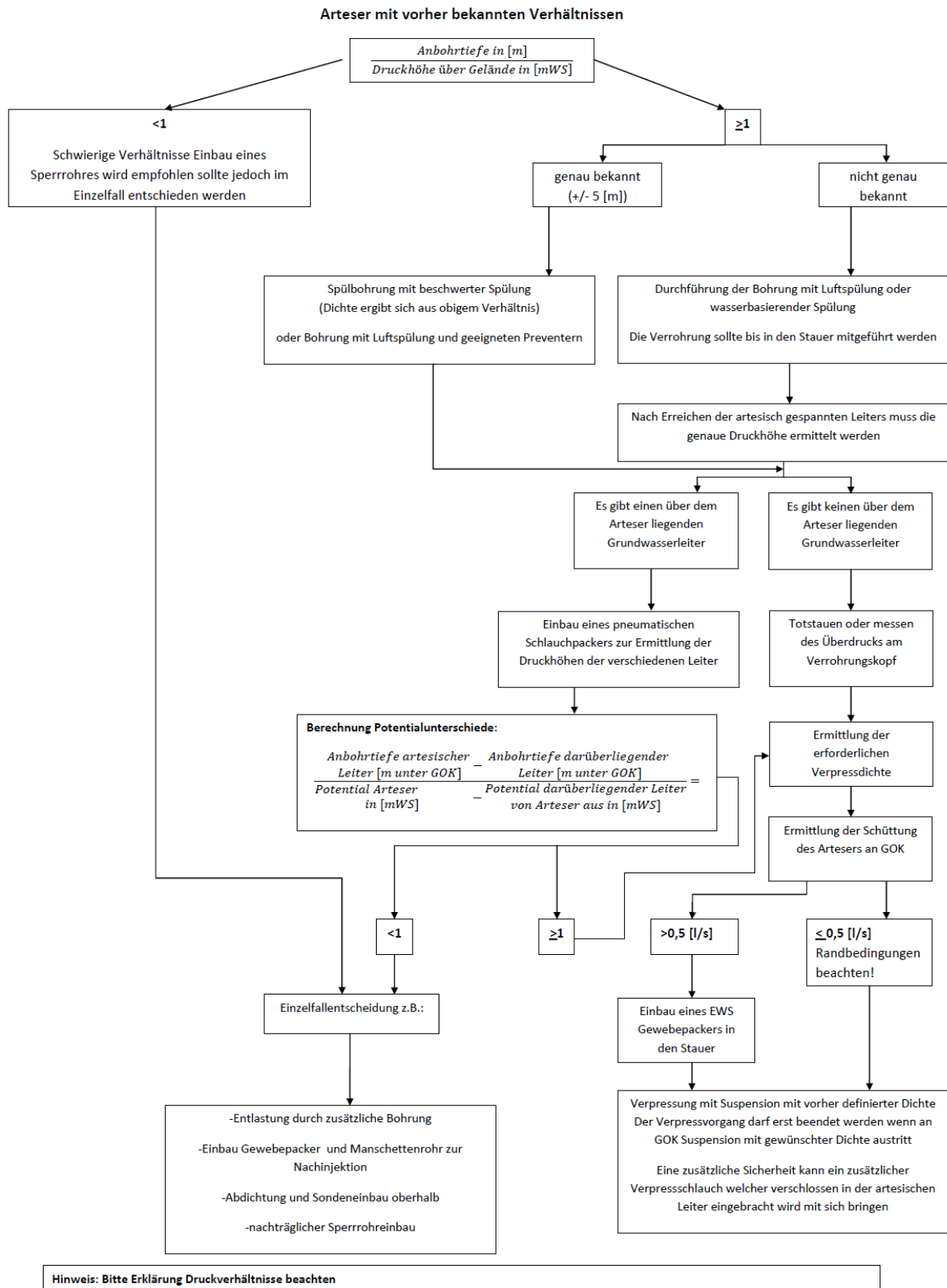
dazu: $\frac{85}{55} = 1,545$ kg/l

so reicht eine Dichte von 1,545 kg/l.

Es muss hierbei immer der direkt über dem artesischen GW-Leiter liegende GW-Leiter betrachtet werden.



Hinweis: Bitte Erklärung Druckverhältnisse beachten



4. Beispiel

Arbeitsanweisung „Verhinderung von Gasausbrüchen“

Allgemeines:

Beim Niederbringen von Bohrungen, insbesondere in unerkundeten Gebieten, ist das Vorhandensein von unter Überdruck stehenden Gaslagerstätten oder Gasanreicherungen nicht auszuschließen. Unkontrollierte Gasausbrüche gefährden nicht nur das Bohrloch und die Bohrstelleneinrichtung, sondern stellen auch ein großes Unfallpotential für das Personal dar.

Es ist wichtig, untertägige Gaszutritte in das Bohrloch unverzüglich zu erkennen, um sofort Maßnahmen zur Verhinderung eines unkontrollierten Ausbruchs einleiten zu können.

Vorbeugende Maßnahmen:

- Kontinuierliche Überwachung mit geeigneten Gaswarngeräten (Vergleiche Vorgehensmatrix)
- Vorhalten eines pneumatischen Schlauchpackers.
- Bei Gefahr von Gasaustritten im Lockergestein nur verrohrte Bohrungen abteufen.
- Alle Bohrungen müssen mit einem geeigneten Preventer versehen sein, welcher eine kontrollierte Ableitung ermöglicht.
- Rauchverbot bei auftretenden Gasen möglichst großräumig ausdehnen.
- Feuer und offenes Licht löschen.
- Es ist vor Bohrbeginn ein Protokoll mit allen wichtigen Ansprechpartnern zu erstellen, in welchem auch die Gaskonzentrationen und die Zeiten festgehalten werden.

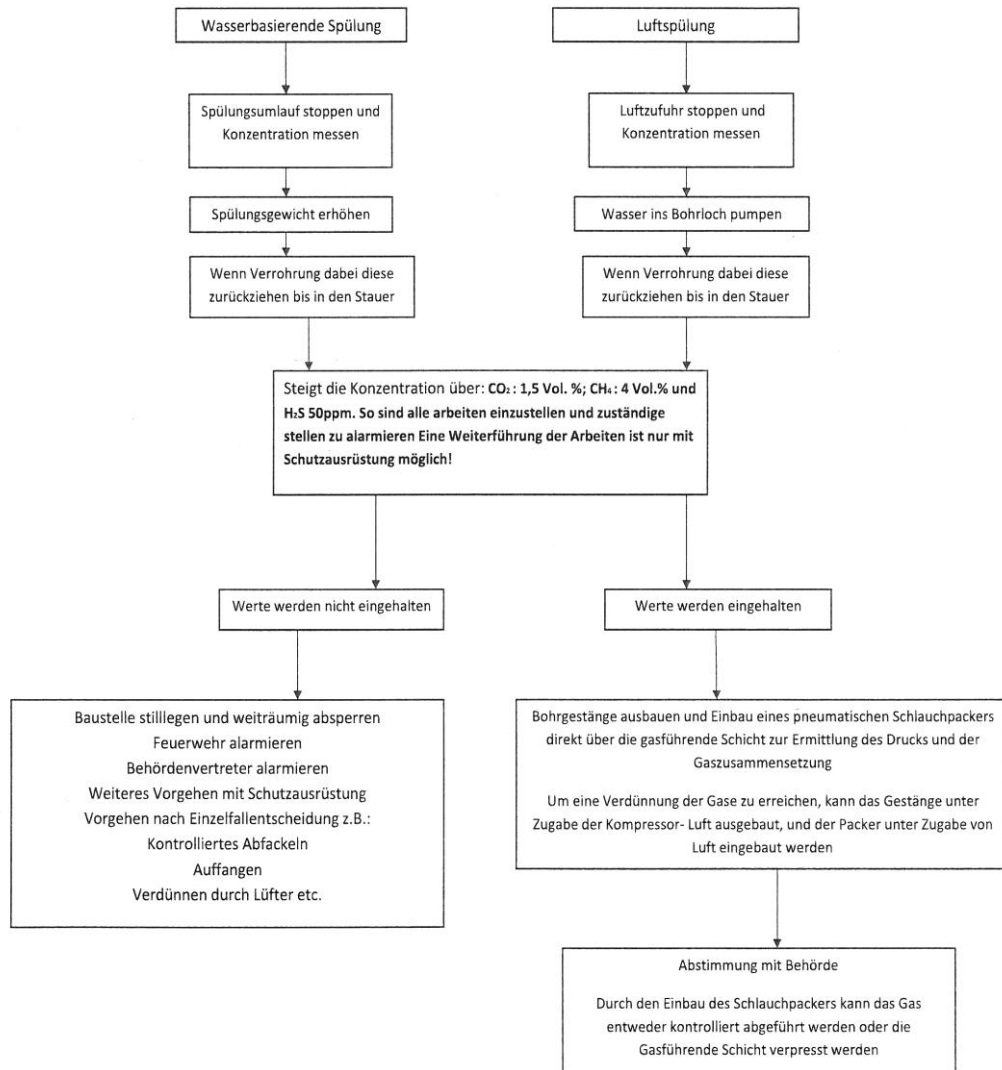
Vorgehen bei Bohrungen mit möglichem Gasaustritt

Es gilt zu beachten:
CO₂ (Kohlenstoffdioxid) ist schwerer als Luft kann sich also in senken ansammeln und ist ab einer Konzentration von 8% Vol. tödlich.
CH₄ (Methan) ist leichter als Luft und in einer Konzentration zwischen 4,4% Vol. und 16,5% Vol. hoch explosiv. Methan ist nicht giftig kann jedoch zu Sauerstoffmangel führen.
H₂S (Schwefelwasserstoff) ist schwerer als Luft Konzentrationen von 0,1% Vol. sind nach wenigen Minuten und > 0,5% nach wenigen Sekunden tödlich. In Konzentrationen zwischen 4,3% Vol. und 45,5% Vol. ist es hoch explosiv

Bei Bohrungen bei welchen die Gefahr eines Gasaustritts besteht sind besondere Vorkehrungen zu treffen und gewisse Werkzeuge vorzuhalten. Das richtige Vorgehen soll die folgende Matrix verdeutlichen

Bei Bohrungen in gefährdeten Gebieten ist Grundsätzlich mit einem Preventer zur Ableitung des Bohrgutes zu bohren und ein pneumatischer Schlauchpaker ist auf der Baustelle vorzuhalten. Im Lockergestein und bei nicht standfesten Formationen sollte grundsätzlich verrohrt gebohrt werden

Während der Bohrarbeiten ist eine **kontinuierliche** Messung der Gase **Kohlendioxid, Methan** und **Schwefelwasserstoff** durchzuführen. Das Messgerät muss bei auftreten dieser Gase einen Alarm geben. Die Messung muss kontinuierlich am Austritt des am Preventer angebrachten Schlauchs erfolgen. Ein Alarm sollte bei folgenden Konzentrationen erfolgen: CO₂: 0,5 Vol. %; CH₄: 1 Vol% und H₂S 10ppm.
 Schlägt das Gerät Alarm, sind folgende Schritte einzuleiten



5. Beispiel

Arbeitsanweisung „Einbau und Druckprüfung Erdwärmesonde, Einbautiefe bis 150 m“

Erdwärme
<p>Arbeitsanweisung</p> <p>Einbau und Druckprüfung Erdwärmesonde Einbautiefe bis 150 m</p> <p>Einbau</p> <ol style="list-style-type: none">1. Bei Anlieferung der Sonde(n) Sichtkontrolle durchführen, Prüfetikette entnehmen und aufbewahren.2. Sonde auf Haspel auflegen dann erst Verpackungsbänder lösen.3. Sonde an Wasserversorgung der Haspel anschließen, Bremse an der Haspel auf Funktionsfähigkeit überprüfen.4. Sonde mit Druck (Pressluft über Druckminderer ca.6,0 bar) beaufschlagen und verschließen.5. Sondenkopf in einen Wassereimer komplett eintauchen und Sichtkontrolle durchführen.6. Vor dem Einbau der Sonde ist zwingend der Wasserspiegel im Bohrloch zu messen und dokumentieren.7. Nach erfolgreicher Druckprüfung Sonde mit Zentrierungen, erforderlichen Abstandshaltern und Verpressschlauch in das Bohrloch ablassen, hierbei darauf achten, dass die Sonde nicht zu schnell abgelassen wird (unbedingt Bremse benutzen), um ein zu schnelles und unkontrolliertes Einbringen der Sonde zu vermeiden.8. Sonde während dem Einbau mit Wasser füllen und verschließen (nur bei sehr hohem Wasserspiegel kann die Sonde auch vor dem Einbau gefüllt werden).9. Nach dem Sondereinbau ist die Sonde vollständig mit Wasser zu füllen, es wird mindestens der 1,5-fache Betriebsdruck (mind. 4,0 bar) beaufschlagt und mittels Manometer/Druckmessdose eine Dichtigkeitsprüfung durchgeführt.10. Wenn kein Druckverlust zu verzeichnen ist, Ringraumverpressung durchführen.11. Sonden bis 1m unter GOK ausblasen und verschließen. <p>Druckprüfung</p> <ol style="list-style-type: none">1. Nach dem Einbau und dem Verpressen des Bohrloches muss eine einstündige Entspannungsphase eingehalten werden.2. Auf korrekten Anschluß der Sonde an die Druckprüfvorrichtung achten (Vorlauf immer mit Vorlauf).3. Die Sonde und die Abdrückvorrichtung müssen absolut luftfrei sein.4. Die Druckprüfung hat ausschließlich gemäß Druckprüfungsprotokoll PP05 zu erfolgen! Das Protokoll ist zwingend für jede einzelne Sonde vollständig auszufüllen.5. Undichte Sonden sind unbedingt sofort an den zuständigen Bauleiter zu melden.

6. Beispiel

Arbeitsanweisung „Verpressung eines Bohrloches: Standard“

Arbeitsanweisung
<p>Verpressen des Bohrloches: Standard</p> <ol style="list-style-type: none">1. Der Verpressschlauch ist mit der 5m-Verpressstange bis auf die Bohrlochssole einzubauen.2. Bei sehr hohen Wasserspiegeln bzw. erhöhter Dichte der Bohrspülung ist die Sonde mittels Verpressgestänge einzubauen. Das Verpressgestänge muss immer mit dem dazugehörigen Einbauwerkzeug eingebaut werden.3. Die Sonde ist nach dem Einbau vollständig mit Wasser zu füllen und druckdicht zu verschließen. Zur Überprüfung und Aufzeichnung des Verpressvorganges wird eine Druckmessdose an der Sonde angeschlossen.4. Die Sonde wird durch das Spannen in der Abfangzange gegen Aufschwimmen gesichert.5. Die Suspension ist nach den Herstellerangaben anzumischen (siehe Tabelle).6. Beim Arbeiten mit Zement und zementhaltigen Materialien ist die PSA zu verwenden.7. Die Dichte der austretenden Suspension wird gemessen und im Verpressprotokoll dokumentiert, nach Beendigung der Verpressarbeiten ist ein Mengen-Soll-/Istvergleich anzustellen. Achtung: Verpressvorgang ist erst beendet, wenn die Dichte der austretenden Suspension, den Herstellerangaben entspricht8. Eventuell erforderliche Quellzeiten (nur bei Bentonitsuspensionen) einhalten, erst danach erfolgt die Zementzugabe.9. Auf einen korrekten Anschluss der Verpressleitungen ist zu achten.10. Verpressleitung mit Wasser durchspülen (Durchgangsprüfung), danach Suspension gleichmäßig und ohne Unterbrechung verpressen.11. Druck kontinuierlich überwachen (max. 20 bar) und im Verpressprotokoll dokumentieren.12. Eventuelle Verlustzonen mit Sand oder Kies entsprechend Variante 2 oder 3 überbrücken.13. Verpressleitung nach Austritt von Wasser bzw. Suspension kontinuierlich ziehen, dabei beachten, dass das Ende der Leitung immer in der Suspensionssäule bleibt.15. Austretende Suspension ist aufzufangen und darf nicht in die Kanalisation gelangen!16. Nach dem Ziehen der Verrohrung bis GOK nachverpressen, danach alle Gerätschaften gründlich spülen.17. In den Wintermonaten Verpresspumpe und Leitungssystem entwässern.19. Sonden bis 1,5m unter GOK ausblasen und verschließen.

