

ETSCHHEL
BRUNNENSERVICE

Home of the JET Master

Die 10 Gebote PLUS

zum Bau und Betrieb eines Brunnen

Ein humorvolles Brevier rund um den Brunnen



www.etbs.de

Ihr Brunnen-Partner

„Die 10 Gebote PLUS zum Bau und Betrieb eines Brunnens“

2. Auflage Januar 2015

Ein humorvolles Brevier rund um den Brunnen

Von Dipl.-Ing.(FH) Hermann Etschel

Präsentiert von:



Zur Person des Autors

Geb. 24.04.1935, in Hof

Vater: Bau-Ing. grad. Heinrich Etschel, Mutter: Nelly, geb. Kärner

Großvater: Bautechniker Christian Etschel, Gründer der Bohrfirma Etschel & Meyer, Hof im Jahr 1919

Volksschule Hof: 1939 - 1945

Oberrealschule Hof: 1946 - 1952

Praktikum an Bohrstellen und im Maschinenbau: 1952 - 1954

Studium: Oskar von Miller Polytechnikum, München, Maschinenbau + Betriebswirtschaft 1954 - 1957 mit Abschluss als Dipl.-Ing. FH

Von 1957 bis 2000 (= 43 Jahre) ununterbrochen im Bohrgeschäft tätig bei **Etschel & Meyer** Hof. Bis heute beratend tätig für **ETSCHEL Brunnenservice GmbH**.

Seit 1958: verheiratet mit Ingeborg, geb. Seidel, 2 Söhne bei Etschel Brunnenservice GmbH als 4. Generation als Gesellschafter und in der Geschäftsleitung tätig, 4 Enkel, 2 Urenkel

Positionen und Verbandsarbeit:

ab 1.1.1977 bis 1998: Geschäftsführer im Bohrgeschäft von Etschel & Meyer, Hof

Gründungsmitglied und 16 Jahre 1. Vorsitzender des Landesverbandes Bayerischer Tiefbohr- und Brunnenbaufirmen, München.

1975 bis 2003 Mitglied in verschiedenen Gremien und Arbeitskreisen der Fachverbände DVGW / FIGAWA

Referent bei Schulungen von DVGW und FIGAWA, LBT, Bayerischer Gemeindetag, Bundeswehr Pioniere u.a.m.

DVGW-Experte für Firmenüberprüfungen nach W 120

Mitglied im internationalen Fachverband GWI (Groundwater Institute), Minnesota / USA (zeitweise Präsident)

12 Jahre 1. Vorsitzender Sportverein SpVgg Hof

Viele Jahre Auslandserfahrung in West- und Nordafrika, sowie USA

Hermann Etschel, Dipl. Ing. (FH)

Ossecker Str. 59
D-95030 HOF

Tel.: privat +49 (0) 9281 1447 50

Tel.: home office +49 (0) 9281 1447 52

Handy: +49 (0) 171 7706 921

Email: etschel.hermann@t-online.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort		S 1 - 6
Bohrverfahren		S 6 – 12
Spülung und Spülpflege		S 12 – 16
Lotreichtigkeit und Richtbohren		S 16 – 18
Hinweise für die Ausschreibung		S 19
Brunnenausbau		S 20 – 34
Spülung brechen und Entsorgen		S 34 – 35
Entwickeln		S 36 – 37
Pumpversuch		S 37 – 38
Wirkungsgrad		S 38 – 39
Geophysik		S 40 – 41
Bohrprobenansprache		S 41
Sanierung, Rückbau und Plombierung		S 41 – 43
Regenerierungen	siehe auch Anhang No. 3	S 43 – 47
Erdwärmesonden	siehe auch Anhang No. 5	S 47 – 50
Nachentwickeln älterer Brunnen	siehe auch „Entwickeln“	S 51 – 53
Alterung von Brunnen und Regenerierung	s. a. „Regenerierungen“	S 53 – 64
Bohrgeräte und Regenerieranlagen		S 64 – 66
Neuerungen Erdwärme usw.	s. a. „Erdwärmesonden“	S 67 - 71

Vorwort

Der Titel „**Die 10 Gebote** zum Bau und Betrieb eines Brunnens“ musste geändert werden. Die Zeit schreitet voran, manches ändert sich, vieles kommt hinzu. Auch der Menschheit haben die klaren und völlig ausreichenden 10 Gebote des Moses nicht gereicht. Man braucht heute stattdessen tausende Seiten von Gesetzen und Kommentaren zusammengefasst in hässlichen roten Wälzern um ein einigermaßen geordnetes Zusammenleben zu ermöglichen.

Deshalb nenne ich diese 2. Auflage nun einfach:

„Die 10 Gebote PLUS zum Bau und Betrieb eines Brunnens“

Eine über 50-jährige Erfahrung im Bohr- und Brunnenbaugeschäft hat mich veranlasst einiges niederzuschreiben, was ich so in diesen vielen Jahren gelernt habe, was sich verändert hat. Ich werde versuchen, so lange es geht, dieses Buch auf dem Laufenden zu halten. Vor allem technisch Wissenswertes, Erfahrungen im Vergleich von Praxis und Theorie, sind in diesem Buch in einfacher und für verständlicher Form zu finden.

Bei meinen früheren Vorgesetzten und Ziehvätern, auch wenn sie schon klüger geworden, die Dinge von oben (oder von unten, wie beim Bohren üblich?) betrachtend, heute sicher besser informiert sind, möchte ich mich hier schon entschuldigen, wenn ich in meinem Buch da und dort eine andere Meinung als sie vertrete.

Auch kann es leicht vorkommen, dass ich den DVGW - Merk- und Arbeitsblättern widerspreche und manchmal sogar meiner früheren Überzeugung. Merkblätter entstehen halt auf demokratischem Weg - meine eigene Meinung aber nicht - und auch meine alten Erfahrungen unterliegen Veränderungen durch neue. Oft waren es bittere, teuer bezahlte Erfahrungen. Unfehlbare Päpste haben lange wider besseres Wissen stur und folgenschwer die Meinung vertreten, die Erde sei eine Scheibe. Man stelle sich das mal vor! Wäre das heute noch so, müssten wir versuchen durch diese Scheibe durch zu bohren, natürlich zu einem guten Preis, versteht sich. Ich hätte davor gewarnt, denn logischerweise müsste beim Durchstoß das ganze Grundwasser davonlaufen und wir Bohrer hätten nie mehr was zu tun, außer vielleicht Plombieren nach W135, - aber mit welchem Wasser könnten wir denn den Zement anmachen? Wir hätten sicher eine Verordnung, oder gar ein Gesetz dafür erfunden und - ganz sicher auch eine Behörde dafür installiert. Auch wenn's nichts genützt hätte.

In meiner beruflichen Laufbahn war ich oft ein technischer Revoluzzer, der Hass; aber auch Anerkennung bei Konkurrenten, Behörden und Auftraggebern auslöste.

Daran hat sich bis heute nicht allzu viel geändert. Vielleicht jedoch sagt oder denkt der eine oder andere: „Wenn der alte Knacker nur endlich aufhören würde uns ständig die Suppe zu versalzen!“

DANKSAGUNG.

Ich bedanke mich hier recht herzlich bei denen die mich wohlwollend belehrten und entschuldige mich bei denen, die ich belehren wollte. Sie sollten das Buch nicht lesen, sondern versuchen es in ihrem Computer zu löschen.

Dieses Buch resultiert ganz wesentlich aus den Erfahrungen, die ich in den vielen Jahren meiner beruflichen Tätigkeit bei

Etschel & Meyer, Hof

aber auch bei

Verbands- und Vereinstätigkeit,

bei Kollegen, Behörden und fremden Bohrunternehmen

reichlich habe machen dürfen (müssen??).

Dafür hier meinen herzlichen Dank und ein freundliches Glückauf, denen die noch leben, denen die ich wissensmäßigund auch geistig, sowie oft auch menschlich gesehen... beerbt habe.

Literaturhinweis:

Im Wesentlichen beziehe ich mich auf die DVGW- Merk- und Arbeitsblätter (obwohl ich früher selbst bei der Entstehung beteiligt war)

Fotos, Formeln, Zeichnungen und Tabellen sind größtenteils aus meinem persönlichen Archiv und von

Etschel & Meyer

ETSCHEL Brunnenservice GmbH

DVGW

VDI 4640.

Hof, im Januar 2015

Erstes Kapitel:

Einteilung der Bohrverfahren

Unter „**Trockenbohrungen**“ versteht man alle Bohrverfahren, die **ohne Spülungskreislauf** auskommen. Bohrungen mit Luftspülung könnten eigentlich zu den Trockenbohrungen gezählt werden, sind aber nach eingebürgertem Sprachgebrauch „Spülbohrungen mit Druckluft als Spülmedium“.

Trockenbohrungen werden als Dreh- oder Rammschappen, Gestängefreifall - oder Seilschlagfreifallbohrungen, oder mit Greifern und Ventilbüchsen allerlei Art niedergebracht.

Unter „**Spülbohrungen**“ versteht man alle Bohrverfahren **mit Spülungskreislauf**. Sie werden meist mit Drehbohrgeräten und direkter oder indirekter Spülstromrichtung (auch Rechts- oder Linksspülung genannt) niedergebracht. Auch Kern- und Im-Loch-Hammer-Bohrungen gehören dazu.

LOCKERGESTEINSBOHRUNGEN

Bohrungen im Lockergestein mit Verrohrung.

Vor allem in Wechsellagen von Kiesen, Sanden, Schluffen und Tonen stellen die hilfswerohrten Trockenbohrungen eine große Gefährdung für die Durchlässigkeit der wasserführenden Schichten durch Skinbildung dar. Am schlimmsten sind - in den gefährlichen Wechsellagerungen - Bohrungen mit Verrohrungsmaschinen. Die Bohrlochwand wird regelrecht „verputzt“, was zu einem nahezu undurchlässigen Skin (**Filterkuchen*** siehe Fotos unten) führt.

Werden doch immer Feinkorn und Tone, erst beim Niederbringen der Hilfsrohre nach unten, und später beim Wiederziehen nach oben, in die gut wasserführenden Schichten verschleppt. Meist wird es nicht einmal bemerkt, wenn nicht der **Wirkungsgrad eines Brunnens** (siehe weiter hinten) ermittelt wird, oder werden kann. Die natürliche Permeabilität, das ist vereinfacht ausgedrückt die waagerechte Durchlässigkeit einer Schicht, wird empfindlich gestört und verschlechtert. Auch ein größerer Bohrdurchmesser hilft da nicht viel, weil er nur linear in die Flächenvergrößerung eingeht, während die Verstopfung (Skin) in der dritten Potenz eingeht (Fläche zu Volumen).

Auch der oft nicht vermeidbare Nachfall, der eintritt, wenn die Rohre mal nicht mehr „gehen“ und vorgebohrt wird, oder wenn der Nachfall hinter den Rohren nachrutscht, verschleppen die Schichten mit gleichem, negativem Ergebnis.

Da sind wir auch schon bei den sehr wichtigen Siebanalysen für die Bestimmung der Filterkieskörnung und der Filterschlitzweite im Lockergestein. Eine Siebanalyse kann nur so gut sein wie die entnommene Bohrprobe es erlaubt! Eine Siebanalyse aus einem Probengemisch von Nachfall und anstehendem Gebirge muss falsch sein.

Siehe DVGW, W113.

Noch schlimmer wirken sich die unvermeidbaren Einschlammungen zwischen zwei Rohrtouren aus. Sie bilden einen, durch Entwicklung nicht mehr zu entfernenden Filterkuchen beim Ziehen der Rohre, und das in mehreren Zentimeter Stärke.



Zwei mal Filterkuchen bei doppelter Kiesschüttung

Was kann man dagegen unternehmen?

- Bereits bei der Dimensionierung der Bohrung und der Filterrohre auf gute Entwickelbarkeit nach Ausbau zu achten, ist oberstes Gebot. Möglichst kleiner Ringraum für die Filterkiesschüttung und mechanisch gut entwickelbare Filterrohrkonstruktionen - Schlitzbrücken- oder noch besser Wickeldrahtfilter - sind angesagt, um beim Entwickeln auch an die Bohrlochwand ran zu kommen.
- Beste mechanische Entwicklungsmethoden anwenden, wie z.B. der **ETSCHEL JET Master**[®]
- **ETSCHEL JET Master**[®] der es ermöglicht, den Skin zumindest teilweise zu zerstören. Klarpumpen, Kolben und partielles Entsanden zwischen Packerscheiben sind meist teurer und doch nicht so wirksam. Die Filterkiesschüttung eigentlich nur dazu benutzen, um beim Entwickeln einen „natürlichen“, abgestuften Kornaufbau im Gebirge erzeugen zu können.
- Kiesbelagsfilter unbedingt vermeiden. Sie neigen stark zum irreversiblen Verstopfen.
- Doppelte Kiesschüttung unbedingt vermeiden, was heute - mit Wickeldraht- und Edelstahl-Hochleistungs-Schlitzbrückenfiltern - kein Problem mehr darstellt!!! (siehe später).

Bohrungen im Lockergestein ohne Hilfsverrohrungen

Hier handelt es sich meist um Lufthebebohrungen, bei denen außer ein bis zwei Standrohren, nicht weiter hilfverrohrt wird.

Welche Spülung ist anzuwenden?

- Die sog. Reinwasserspülung wird zum „Erbgutfehler“ des späteren Brunnens!! Im Spülwasser umlaufende feine Ton- und Sand/Schluffteilchen bilden einen, fast linear mit der Bohrdauer (Zeit) wachsenden Skin. Ausgebagerte Brunnen in den Braunkohletagebauen haben das bewiesen. (Siehe Fotos oben) Der Skin ist eine nahezu undurchlässige Haut an der Bohrlochwand, die durch Abfiltern des mit Bohrgut beladenen Spülwasserkreislaufes entsteht, und auf mehrere Zentimeter Stärke anwachsen kann.
- In Wechsellagen von **Ton und Sand** ist eine leichte Bentonit-Polymer (CMC)-Spülung am besten, weil sie das Quellen der Tone nahezu verhindert, und auch einen nicht mehr mit der Bohrdauer wachsenden Filterkuchen erzeugt. Manche schwören darauf nur Polymer zu nehmen, was aber falsch ist. Siehe weiter unten: „Spülung und Spülpflege“. Dieser Bentonit-CMC-Filterkuchen hat auch nur noch Zehntel-Millimeter Stärke und ist, weil wasserlöslich, auch leicht und fast vollständig (an Sanden) zu entfernen. Vorsicht ist jedoch geboten, da Polymere Nährboden für Keime und Bakterien sind. Durch laufende Desinfektion der Spülung und späteres Abpumpen, ist dieses Problem jedoch weitgehend zu meistern. Sind die Polymere im Brunnen erst einmal „aufgefressen“, finden die Keime und Bakterien nichts mehr zu futtern, geben den Sex und damit auch ihre Vermehrung schnell auf.

- In Wechsellagen von **Ton, Sand und Kies** ist eine Bentonit - Polymer - Spülung angesagt. Bentonit zuerst mit Wasser anmachen und quellen lassen, dann erst Polymer zugeben. Im Prinzip gilt das gleiche wie vorher gesagt. Das Bentonit dient der Vermeidung von Spülverlusten. Das Ziel sollte sein Spülverluste möglichst zu vermeiden!! Sie können u.U. die wasserführenden Schichten im Gebirge verstopfen, was das größere Übel gegenüber einem entfernbaren Skin ist!
- Spülpflege ist der wichtigste Punkt (siehe später).
- Die Bohrmeister Meinung : „viel hilft viel“ ist falsch, richtig dosieren und pflegen ist die Parole!

FESTGESTEINSBOHRUNGEN

Trockenbohrungen im Festgestein

Trockenbohrungen sind in allen Festgesteinen anwendbar. Die dafür erforderlichen Bohrgeräte sind wesentlich billiger als Spülbohrgeräte, benötigen eine weit geringere Antriebsleistung und weniger Infrastruktur, dafür ist aber der Bohrfortschritt wesentlich geringer.

In vielen geologischen Schichten sind, aufgrund der langen Bohrzeit, Hilfsverrohrungen erforderlich. Es besteht sogar die Gefahr, dass Hilfsverrohrungen, die in quellenden Tonsteinen stehen nicht mehr ziehbar sind, oder auch beim Ziehen abreißen.

Mit welcher Zugkraft (von oben, ohne Innenrohrheber etc.) müssen Rohre versucht werden zu ziehen, ehe die VOB – „nicht mehr ziehbare Rohre“ - in Kraft tritt?

Etwa 15 % unter der Streckgrenze der Rohre, damit diese nicht überdehnt und damit unbrauchbar werden. Alles was darüber hinaus verlangt wird – auch die Anwendung eines Innenrohrhebers, Vibratoren etc. - muss extra vergütet werden. Ein Ausschluss der Vergütung dieser Extras, schon in der Ausschreibung, ist juristisch zumindest bedenklich, weil das nicht kalkulierbare Risiken sind!

Dies gilt jedoch nicht, wenn der Unternehmer Fehler gemacht hat, wie z.B. zu viel Bodenberührung der einzelnen Rohrtouren, oder zu schwache Rohre, alte Gewinde, mangelhafte Schweißung etc. benutzt bzw. ausgeführt hat. Dann reißen die Rohre schon vor Erreichung der 85% (100-15) ab.

Das Trockenbohrverfahren wird meist dann angewendet, wenn

- starke Spülverluste und/oder Mangel an Spülwasser Spülbohrungen unmöglich oder unwirtschaftlich machen.
- es auf besondere Lotrechtigkeit ankommt (insbesondere dann Gestängefreifall)
- das Gestein so hart ist, dass eine Trockenbohrung trotz geringeren Bohrfortschrittes billiger wird.

Auch bei Trockenbohrungen im Festgestein bildet sich ein Skin (Filterkuchen)!

In seltenen Fällen, wenn es gilt den Filterkuchen dünn und lösbar zu halten und/oder Hilfsverrohrungen auf ein Minimum zu reduzieren, ist sogar mit **stehender Spülung** zu arbeiten ratsam.

Die Gefahr im Festgestein durch Filterkuchen den Wirkungsgrad des Brunnens negativ zu beeinflussen ist relativ gering, weil im Festgestein überwiegend Kluft- und **nicht Porenwasser** gewonnen wird. Die Gefahr, dass Bohrschlamm, oder mit Bohrschlamm verdickte Spülung, oder Schlämme in feinste Klüfte **dringen** und nur schwer wieder entfernbare **sind**, ist weit größer.

Der weit verbreitete Irrtum, dass z.B. aus den Poren von Sandstein - und sei er noch so grobkörnig - Wasser zu gewinnen sei, ist unausrottbar. Bevor beim Pumpen sich das Wasser durch die Porenkanäle zwängen würde, strömt es doch viel leichter durch die Klüftchen, seien sie auch nur Zehntel Millimeter dick. Der Widerstand in den Klüften ist doch meist geringer als in den Poren, zumal die Poren im Sandstein oft mit Feinstteilchen verstopft, oder sogar verbacken und versintert sind.

Bei Trockenbohrungen im Festgestein sollte auf jeden Fall versucht werden die Bohrung **vor dem Ausbau zu entwickeln**. Was aus den Klüften an natürlichen und eingetragenen Ablagerungen

(Kluftfüllung) schon vor der Verfilterung herausgeholt werden kann, muss man später nicht durch den Filterkies ziehen oder ihn gar damit verstopfen.

Beim Hilfsverrohren sollte immer darauf geachtet werden, dass die Rohre an der *Unterkante einer Tonschicht* (falls vorhanden) abgesetzt werden. Dadurch wird toniger, stopfender Nachfall vermieden, der sich unentfernbar in den Ringraum zur nächst kleineren Verrohrung setzt. Praktisch ist dies aber nicht immer möglich.

Spülbohrungen im Festgestein

Spülbohrungen im Festgestein (und auch im Lockergestein) sind heute am gebräuchlichsten. Sie haben die Trockenbohrungen weitgehend, insbesondere bei Teufen über ca. 50m, abgelöst.

Bei Bohrdurchmessern **bis etwa 311mm (12 ¼“)** wird meist mit **Rechtsspülung** gebohrt,

bei Bohrdurchmessern **über etwa 216mm (8 ½“)** meist mit **Linksspülung**.

Die Überschneidung 311/216 ist kein Druckfehler, sondern hängt ab von der Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Spülpumpen und dem Durchmesser des Bohrgestänges. Bei Rechtsspülbohrungen sollte je nach Viskosität der Spülung, in den Ringräumen Bohrloch / Gestänge und Verrohrung / Gestänge, die **aufsteigende Geschwindigkeit, 0,50 m/s nicht unterschreiten**.

Die Überschneidung kommt auch daher, dass heute Luftheben als Linksspülverfahren mit modernem Doppelwandgestänge, auch bei kleinen Bohrdurchmessern möglich ist. Doppelwandgestänge ist deshalb wichtig, weil der innere Durchgang bei innen eingebautem Luftrohr zu klein wird (Stopfer) und Flanschgestänge, mit äußerem Luftrohr, zu groß ist. Doppelwandgestänge gibt es heute schon mit knapp 110mm ä ø und 70mm i ø, welches sogar für ca. 150mm Bohrdurchmesser geeignet wäre.

Die Bohrdurchmesser reichen bis über zwei Meter und mit kleineren Bohrdurchmessern sind im Luftheben durchaus Tiefen bis zu 1000m und mehr zu erreichen.

Das Luftheben hat sich, gegenüber dem Saugbohren mit Kanalrad- oder Wasserstrahlpumpen, durchgesetzt. Einfrierprobleme sind im Winter weit geringer, und das häufige Abreißen des Spülstromes, durch Luftsaugen an undichten Schläuchen und Verbindungen, ist auch nicht mehr relevant.

Hinsichtlich der Bildung des Filterkuchens, der Verwendung von Spülmitteln usw. gilt mehr oder minder gleiches wie bei den Trockenbohrungen.

Die Bohrverfahren mit Linksspülung sind denen mit Rechtsspülung, hinsichtlich der Verstopfungsgefahr der Klüfte im Festgestein oder Poren im Lockergestein, weit überlegen, da hier nur der natürliche Überdruck (Ruhewasserspiegel bis Gelände + Druckunterschied durch Erhöhung des spez. Gewichts) ansteht . Kann der Spülungsspiegel gar unter Gelände, etwa in Höhe des RWSp. gehalten werden (was bei Rechtsspülbohrungen nicht möglich ist), ist die Situation noch besser. Begünstigend kommt noch hinzu, dass am Meißel ein Unterdruck entsteht, und die im Ringraum Bohrlochwand/Gestänge nach unten strömende Spülung, bereits von Bohrgut (Cuttings) weitgehend gereinigt ist.

Beim Rechtsspülen kommt zum natürlichen Überdruck der Spülungssäule noch der Pumpendruck am Meißel und der Reibungsverlust im Ringraum Bohrlochwand/Gestänge verstopfungsfördernd dazu. Außerdem muss die, mit allen Cuttings voll beladene Spülung, an der ganzen Bohrlochwand entlang nach oben „gepresst“ werden. Allerdings sind Rechtsspülbohrungen weit standfester, weil u.a., um den Meißel kein Unterdruck entsteht.

Auch bei den Spülbohrungen ist eine Entwicklung vor Ausbau von großem Vorteil. Sie sollte, wenn irgend möglich, gemacht werden. Kosten sollten dabei keine Rolle spielen, es sei denn die ganze Bohrung ist dadurch in Gefahr.

Die aus dem Spülstrom gewonnenen Bohrproben sind natürlich bei Linksspülverfahren wesentlich besser, da sie teufengerechter und weitgehend ungemischt zu Tage kommen, sie müssen nicht durch ausgekolkte Bohrlochabschnitte, können sich kaum an der Bohrlochwand entlang mit abgespültem Material oder Nachfall aufladen.

Die aufsteigende Geschwindigkeit ist, ungeachtet der Bohrdurchmesser und Auskolkungen, immer gleich und kann weit höher als 0,50 m/s gehalten werden. Die zeitliche Verzögerung bis die Cuttings oben ankommen kann abgeschätzt oder - besser - praktisch teufenabhängig ermittelt werden.

Wie geschieht das?

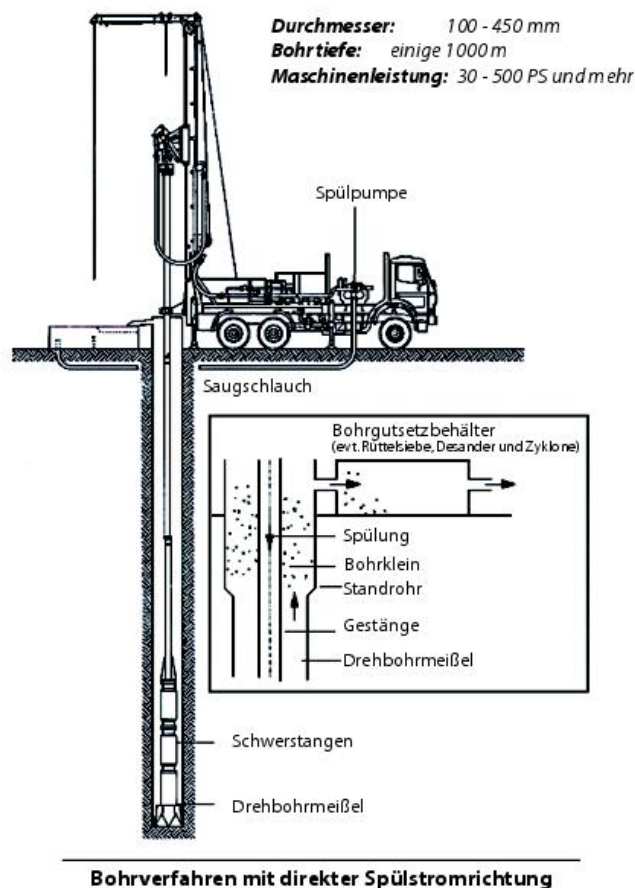
Beim Aufsetzen einer Stange stoppt man die Zeit bis die ersten Cuttings nach erneutem Bohrbeginn wieder oben ankommen.

Einen Nachteil für die Bodenprobenqualität haben, bei großen Bohrdurchmessern, allerdings die Stufenrollenmeißel (Christbaum), da bei diesen eine Mischung der Proben auf Gesamthöhe des Stufenrollenmeißels gegeben ist. Da normalerweise die Entnahme von Bohrproben alle Meter vorgeschrieben ist, ist dieser Fehler jedoch meist nicht gravierend. Eine richtige Teufenzuordnung der Bodenproben **bei geologischem Schichtwechsel** ist dem geschulten Bohrmeister und dem Geologen trotzdem möglich. Sind in der Bohrprobe bereits bei Teufe X die ersten Cuttings der deutlich erkennbaren neuen Schicht enthalten, ist diese Tiefe als Oberkante der neuen anzusprechen (natürlich unter Berücksichtigung der zeitlichen Verzögerung beim Aufsteigen). Ein Gespräch zwischen Bohrmeister und Profil aufnehmenden Geologen, ebenso wie sorgfältige Protokollierung in den Tagesberichten, sind unabdingbar, da der Bohrmeister oft Beobachtungen, z. B. Veränderung des Bohrfortschrittes, welcher ein weiteres Indiz für einen geol. Schichtwechsel darstellen kann, kundtun bzw. niederschreiben kann.

Gleiches gilt sinngemäß für **Spülbohrungen im Lockergestein**.

Natürlich ist ein Entwickeln im offenen Bohrloch bei diesen nicht möglich. Die Spülpflege und -reinigung ist hier besonders wichtig, um den Filterkuchen so zu halten, dass er nach Ausbau der Bohrung auch weitestgehend entfernt werden kann. Hier hat sich der **ETSCHEL JET Master®** bestens bewährt

Siehe DVGW, W 115

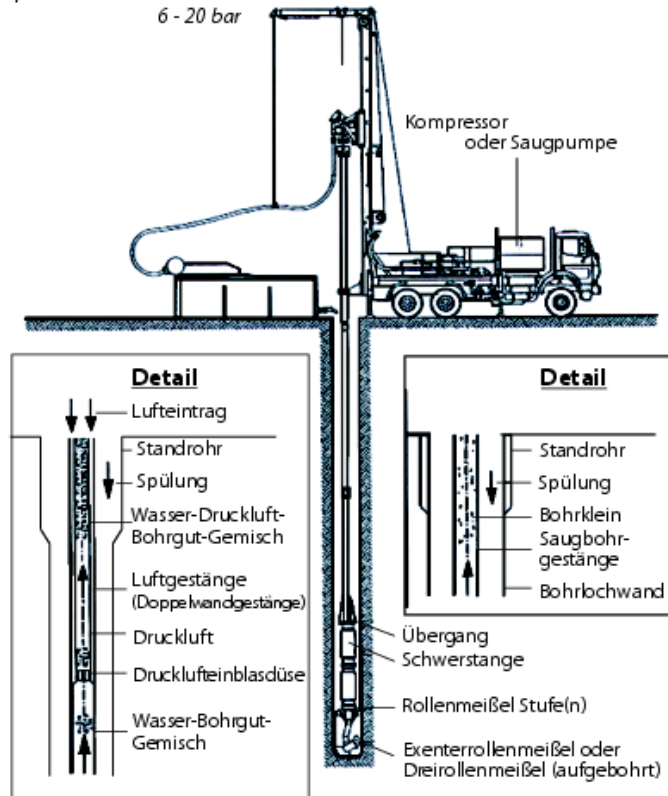


Lufthebeverfahren:

Durchmesser: 200 - 2000 m
 Bohrtiefe: bis 700 m
 Maschinenleistung: 50 - 300 PS
 Kompressor: 5 - 10 m³/min
 6 - 20 bar

Saugbohrverfahren:

Durchmesser: ca. 500 - 2000 m
 Bohrtiefe: bis 150 m

**Bohrverfahren mit indirekter Spülstromrichtung****Spülung und Spülpflege**

Wie gesagt: das Motto „ viel hilft viel“ ist falsch. Als Grundrezepte für den Brunnenbau können hier genannt werden:

Gebirge mit eingelagertem	Bentonit	Polymer	Beschwerung	pH-Wert
Tonstein, Tonmergel, Ton tonig gebundenem Sand, Sand, Kies	bis zu 5%	0,2 bis 0,4%		8,0 bis 9,0
Dto, jedoch bei Artesern	3%	0,3%	Tonmehl Schwerspat Kreide	8,0 bis 9,0

dabei immer erst Bentonit anrühren und quellen lassen

Den pH-Wert durch Zugabe von Soda oder Ätznatron steuern. Ätznatron, da verletzungsgefährlich und Umwelt belastend, vermeiden!

Keinesfalls über pH-Wert über 9,0 weil dann Polymer gestört wird,

Ätznatron wirkt schneller, ist aber **weniger umweltverträglich** und schädigt auch die Polymere.

Bei Polymeren und Bentonit kommt es in größtem Maße auf die Qualität an, wie viel man braucht. Deshalb können o.g. Werte nur ganz grobe Anhaltspunkte darstellen.

Noch einmal: Immer **zuerst Bentonit** dem Wasser begeben und erst, wenn es einige Stunden gequollen ist, Polymer zugeben (Bewegung durch Rühren hilft die Zeit zu verkürzen). Macht man es umgekehrt, gibt das Polymer - Wassergemisch kein Wasser mehr an das Bentonit ab, es bildet sich ein Schutzkolloid um die Bentoniteilchen, und es kann nicht quellen.

Nach Zementationen und aufbohren von Zement ist die Spülung meist verdorben. Also sie ist nicht mehr geeignet zum Weiterbohren. In den meisten Fällen kann sie jedoch durch behandeln mit **Zitronensäure** wieder stabilisiert bzw. regeneriert werden. Dieses organische Produkt erhöht jedoch die Verkeimungsgefahr.

Es ist zweckmäßig einen Spülungsfachmann zu Rate zu ziehen, was jedoch meist mit dem Problem verbunden ist, dass er Spülungsmaterial verkaufen muss, um leben zu können.

Ein unsinniges und falsches Ansinnen so mancher Geologen ist es eine **reine Polymer - Spülung** zu verlangen. Diese reichert sich zwar beim Durchbohren von Tonen an, gefährdet aber die Standfestigkeit des Bohrloches, und führt obendrein noch zu einer erhöhten Skinbildung.

Spülung muss richtig angemacht, dann im Umlauf gut gepflegt und von Bohrgut weitgehend gereinigt (entsandet) werden. Dabei ist es egal, ob es sich um eine Spülung aus Wasser pur oder Wasser mit Zusätzen handelt.

Bei Rechtsspülung kommt **Wasser pur** kaum in Frage. Es gilt bei Linksspülung das Spülwasser so gut zu reinigen, dass möglichst wenige Feststoffe im Rücklauf zur Bohrung vorhanden sind. Diese umlaufenden Feststoffe, bestehend aus Schlamm und körnigem Material, sind, wie gesagt, für den Aufbau des gefürchteten, und mit der Dauer der Bohrung ständig wachsenden Skin verantwortlich. **Bei reiner Wasserspülung wächst der Skin besonders stark an.**

Die Reinigung der Spülung (des Spülwassers) erfolgt durch:

- absetzen lassen in mehreren Becken oder Beckenkammern
- Lochsiebe nach dem Auswurf/Auslauf
- den Lochsieben nachgeschaltete Maschensiebe
- Rüttelsiebe
- Zyklone

oder Kombinationen hieraus. So z.B. die ersten zwei bis drei oder die letzten zwei.

Bei **Wasser mit Zusätzen** erfolgt die Reinigung der Spülung von Cuttings (Bohrgut) ebenfalls mit o.g. Geräten. Zusätzlich kann in besonderen Fällen noch eine Zentrifuge eingesetzt werden.

Im Brunnenbau üblich sind die ersten drei, also **Loch- und evt. Maschensiebe mit Absetzen.**

Alle anderen Reinigungsarten müssen in Positionen ausgeschrieben sein und gesondert vergütet werden. Vor Übertreibungen wird aus Kostengründen gewarnt.

Bei mit Schwerspat oder Kreide beschwerten Spülungen, darf weder Zyklon, noch Zentrifuge eingesetzt werden, sonst schmeißt man beides – Schwerspat oder Kreide - wieder raus.

Wichtig ist die Überwachung der Spülungsparameter, wozu gehören:

- Spez. Gewicht mit einwandfrei arbeitender Spülungswaage oder Aerometer
- Viskosität mit Maschtrichter, Auslaufzeit und Restauslaufzeit
- Wasserabgabe mit Ringtrichter
- pH - Wert mit Teststreifen.

Nach W 116 gelten folgende Richtwerte:

Maschtrichter	Auslaufzeit (AZ)	38 – 45 sec
	Restauslaufzeit (RAZ)	26 – 35 sec
Hydrometer / Spülungswaage	Dichte (spez. Gew.)	1,02 – 1,10 kg/l (max)
Ringapparat	Wasserabgabezeit	> 1000 sec
Messstreifen	pH-Wert	8 - 9

Die bei Tiefbohrungen darüber hinaus noch üblichen Messungen (Gasgehalt, Aufsatzung etc.) sind im Brunnenbau normalerweise nicht erforderlich.

Die Messungen sollten mindestens zweimal am Tag erfolgen und **müssen protokolliert werden**.

Um Spülungsveränderungen, und damit Arteser (Verdünnung) oder Spülverluste (steigendes Gewicht), schneller erkennen zu können, sollten ungeachtet der Spülstromrichtung, immer **zwei vergleichende Proben, einmal am Auslauf und einmal am Einlauf** genommen und untersucht werden. Stellt man schon eine Spülmengen-Mehrung oder –Verlust fest, ist es meist schon zu spät. Der Arteser bricht aus, bzw. ist der Aquifer bereits geschädigt.

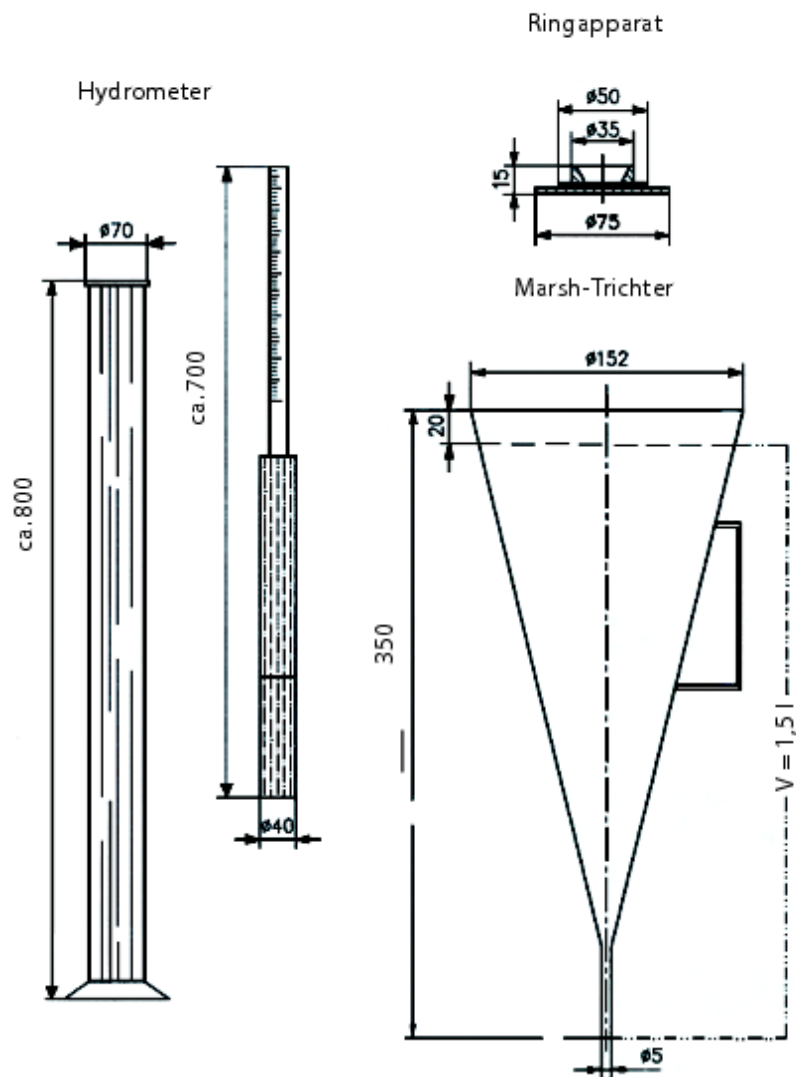
Spülverluste sollten - wenn es möglich ist - dadurch vermieden werden, dass man das Spülgewicht so leicht hält, wie gerade noch zur Stabilisierung des Bohrloches nötig. Bei Lufthebebohrungen sollte versucht werden durch „Tiefhalten“ des Spülungsspiegels den hydraulischen Überdruck auf das Gebirge zu reduzieren. Beides kann man aber nur so weit „treiben“, wie die Bohrlochstandfestigkeit es erlaubt, und beim Luftheben - aus physikalischen Gründen - noch eine ausreichende Förderung möglich ist. Bei Artesern muss das Spülgewicht den Arteser gerade noch, aber doch sicher zurück halten. Beim Luftheben und Saugen entsteht am Meißelmund immer ein leichter Unterdruck, der schnell zu Spülv verdünnungen, und damit zum Ausbruch des Artesers führen kann. Hier muss man das Gewicht also zwangsläufig höher halten, als beim Direktpülen, wo ja Überdruck am Meißelmund (durch die Reibung des aufwärts gerichteten Stromes) entsteht.

In welchen Bodenarten sind Spülungszusätze unumgänglich?

- In tertiären Tonen, Sanden und Kiesen
- In Bohrungen die quellende Tone oder Tonsteine, z:B. Feuerletten, Ornatenton, Opalinuston, Rupelton etc durchteufen.
- Bei Artesern, die zurückgehalten werden müssen.
- In Schottern und Grobkiesen, die sich durch Wasserüberdruck alleine nicht halten lassen, oder dort, wo Spülverluste eingeschränkt werden müssen.
- Wenn bei Direktpülbohrungen der Austrag von Bohrgut mit Wasser nicht gewährleistet ist (ist fast immer der Fall).

Um einen **Arteser halten** zu können muss das optimale Spezifische Gewicht der Spülung vor Beginn der Bohrung rechnerisch ermittelt und festgelegt werden.

alle Maße in mm



Berechnungsbeispiel für das notwendige Spezifische Gewicht einer Spülung:

Vorgabe: Bei 100m Teufe wird ein Arteser mit 10m Überdruck über Gelände erwartet.

Frage: Welches spez. Gewicht muss, ab welcher Bohrtiefe vorhanden sein?

y_0 = Gleichgewicht; y_s = Spülgewicht

$$y_0 = \frac{\text{Teufe} + \text{Überdruck}}{\text{Teufe}} = \frac{100\text{m} + 10\text{m}}{100\text{m}} = 1,1$$

Mit 1,1 hielte theoretisch sich die Spülung mit dem Arteser gerade so die Waage.

Das genügt in der Praxis nicht, da weder die Teufe von 100m, noch die 10 m Überdruck vorher ganz genau bekannt sind. Außerdem muss noch ein Sicherheitszuschlag dazu gerechnet werden. Dieser kann bei ca 0,02 bis 0,05 liegen, also

$$y_s = y_0 + 0,02 \text{ bis } 0,05 = 1,1 + 0,02 = 1,12 \text{ bis } 1,1 + 0,05 = 1,16.$$

Wie vorher erwähnt wird man bei Direktspülung eher an 1,12 denken und beim Luftheben/Saugen eher an 1,15.

Je nach Bohrfortschritt muss das spez. Gewicht im Beispiel bei 70 bis 80m Tiefe erreicht sein. **Vorsicht:** die Spülung reichert sich mit Ton aus dem Gebirge an und wird mit zunehmender Teufe also von selbst schwerer

Berechnung des spezifischen Gewichtes:

Das Spülgewicht lässt sich voraus berechnen.

z.B.: 1000ltr Wasser + 50kg Bentonit + 3kg Polymer

γ Bentonit = 2,5 - γ Polymer = 1,5 (spez. Gewichte der Trockenmasse)

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Spülung}} &= \frac{1000\text{kg H}_2\text{O} + 50\text{kg Bentonit} + 3\text{kg Polymer}}{1000\text{ltr H}_2\text{O} + 50\text{kg Bentonit} : 2,5 + 3\text{kg Polymer} : 1,5} \\ &= \frac{1053}{1022} = 1,03 \text{ kg/dm}^3 \end{aligned}$$

Durchschnittswerte sind:

γ Bentonit = 2,4 - 2,7

γ Kreide = 2,6 - 2,8

γ CMC = 1,3 - 1,6

γ Schwerspat = 4,0 - 4,5

γ Tonmehl = 2,6 - 2,8

γ Zement = ca 2,7

Die spez. Gewichte der Trockenmasse der einzelnen Spülungskomponenten sind beim Lieferanten zu erfragen.

Bei Artesern kommen in der Berechnung halt noch die Komponenten Tonmehl, Kreide oder Schwerspat dazu. Entsprechende Zugabe-Tabellen, die ein Rechnen ersparen, sind im W 116 zu finden

Um beim Gestängeausbau - bzw. beim Anfahren des Spülungskreislaufes bei Lufthebebohrungen – ein Absinken des Spülgewichtes im Bohrloch zu vermeiden, verwendet man in der Tiefbohrtechnik sog. „Triptanks“. Das sind an das Bohrloch angeschlossene Ausgleichsbehälter mit Schwimmerregulierung, die z.B. 1,5 – 2mal das Volumen der Gestängeverdrängung (Stahlvolumen) fassen, und damit automatisch ausgleichen können.

Beim Luftheben (inverse Spülstromrichtung) im Brunnenbau, sieht der Bohrmeister meist den Spülgewicht im Bohrloch, und kann am Zulaufschieber oder mit einer schwimmergesteuerten Pumpe regulierend eingreifen.

Allgemein:

Lufthebebohrungen in Lockergestein sind bei Artesern gefährlich, weil am Meißelmund immer ein Unterdruck herrscht, und somit eine Spülgewichtverdünnung mit angesaugtem Grundwasser erfolgen kann. Die Spülung verdünnt sich und ehe man „oben“ (Einlauf) am spez. Gewicht der Spülung etwas merkt bricht der Arteser auch schon aus. Hier ist die **Doppelmessung am Auswurf und am Einlauf** wichtig, da man damit am schnellsten eine Veränderung merkt.

Das spez. Gewicht der Spülung muss dann einige Hundertstel, bis vier Zehntel (je nach Tiefe), höher gehalten werden, als nötig. Andererseits ist aber auch Spülgewichtverlust durch zu hohes spez. Gewicht zu vermeiden. Zweimal am Tag messen ist hier nicht genug!! Es muss fast ununterbrochen (ca. vier-stündlich) gemessen, und die Spülung bei Bedarf nachbeschwert oder geleichtert werden. **Das Leichtern darf aber nicht durch Verdünnen mit Wasser geschehen, sondern z.B. durch ausscheren eines Teils der zu schweren Spülung und Zusetzen** von z.B. neuer FL 100-Spülung.

Eine zeitgleiche Protokollführung ist unerlässlich.

Hier ist es immer anzuraten einen Spülgewichtsfachmann zu fragen (Lieferant der Spülgewichtsmaterialien, oder besser noch einen von Lieferanten unabhängigen Spülgewichtsfachmann).

Siehe W 116

Lotrechtigkeit und Zielgenauigkeit einer Bohrung

Eine lotrechte Bohrung - ohne Abweichung - ist auf normalem Wege von keiner Firma herstellbar. Seit es Bohrungen gibt, streiten sich Fachleute und Laien, über das zulässige Maß der Abweichung, ohne zu einer „Formel“ dafür zu kommen. Es gibt sie auch nicht. Es kann jedoch das Abtriften einer Bohrung günstig oder ungünstig beeinflusst werden.

Als bohrtechnische Einflüsse gelten:

- Nicht mit Bohrandruck von oben zu arbeiten.
- Die Bohrung so lotrecht wie möglich ansetzen. Schief anfangen heißt noch schiefer enden.
- mit so viel Gewicht auf den Meißel (Weight on Bit = WOB), wie technisch möglich, durch Schwerstangen bei Dreh-, Drehschlag-, und Gestängefreifallbohrungen arbeiten. Bei Seilschlagbohrungen muss das Meißel- bzw. Büchsen-gewicht so hoch wie möglich sein.
- Der neutrale Punkt (d.h. der Punkt an dem weder Zug noch Druck herrscht) muss im Schwerstangenstrang ein Drittel von OK Schwerstangenstrang liegen, d.h. soviel entlasten (Drillometer o.ä.), dass Gestängestrang und 1/3 der Schwerstangen „hängen“ und nur 2/3 des Schwerstangenstranges mit Meißel auf Sohle drücken. Das Problem ist, dass diese Erdölregel am Anfang einer Bohrung nur schwer einhaltbar ist. Wo soll man denn das Gewicht herbringen, wenn man z.B. bei 10m Tiefe mit dem Drehen anfängt. Dann heißt es eben: langsam bohren, bis genug Schwerstangengewicht unterzubringen ist, um die 1/3 zu 2/3 - Regel einzuhalten.
- Die Schwerstangen sollen so dick sein wie es der Bohrdurchmesser erlaubt. Ein zu dünner Strang ist ein langer Strang, ein dicker Strang ist bei gleichem Gewicht viel kürzer und drückt deshalb weiter „unten“. Der Durchmesser geht im Quadrat in das Gewicht ein.

$$\frac{d^2 \times 3,14}{4} \times \dots$$

- Stabilisatoren unmittelbar über dem Meißel - und wenn möglich - im Neutralen Punkt und am oberen Ende des Schwerstangenstranges, helfen die Bohrung „ auf Kurs zu halten“. Bei kleineren Bohrdurchmesser, bis etwa 12 ¼“, müssen die „Stabis“ im Zehntel-Millimeterbereich kleiner sein als der Meißeldurchmesser, bis 17 ½“ im Bereich um 1mm und darüber im Bereich um bis zu 1cm. Man muss aber vor allem bei großen Durchmessern und insbesondere bei indirekter Spülstromrichtung bedenken, dass die Stabis bei Nachfall zu Fallen werden können und deshalb oft darauf verzichtet werden muss. Auch können sie zu wahren Bohrfortschrittsbremsen werden. Manchmal kann man die Richtungshaltigkeit einer Bohrung auch durch Weglassen des Stabis unmittelbar über dem Meißel korrigieren und günstig beeinflussen.
- Dann muss aber einige Meter mit wesentlich weniger als 2/3 - z.B. mit ¼ - WOB - gebohrt werden. Es versucht sich dann der Meißel aufgrund der Schwerkraft des Stranges oberhalb des neutralen Punktes wieder von selbst „lotrecht“ zu richten.
- Hilfsverrohrungen müssen fluchtgenaue Verbindungen haben. Schiefe Verbindungen schaffen eine schiefe Bohrung, sie wirken wie ein Ablenkkeil.
- Krummes Gestänge = krummes Bohrloch!
- Dickes Gestänge ist günstiger als dünnes.

Einflüsse des Gebirges auf die Lotrechtigkeit:

- Weiches Sedimentgebirge lässt keine Voraussage auf die Richtung der Bohrung zu. Meist verläuft die Bohrung in leichter Spiralforn, bis sie schließlich - stetig aufbauend - davon läuft und zwar oft im Meterbereich bei Tiefen bis 100m, Zehner Meter bis ca 500m und mehrere Zehner Meter in 1000 und mehr Meter Tiefe. Es ist - außer mit den vorgenannten bohrtechnischen Gegenmaßnahmen - kaum zu beeinflussen und schon gar nicht ganz zu verhindern
- Für hartes, kompaktes Gestein (wie Sand-, Kalk-, Tonstein usw.), das nicht geschichtet ist, gilt ähnliches wie vor, nur ist die Tendenz zur Abweichung meist geringer (etwa die Hälfte).
- Für hartes bis sehr hartes, und dazu noch geschichtetes Gestein, mit unterschiedlicher Härte, ist die Abweichung vorprogrammiert. Stehen die Schichten **steiler als 45° aus der Waagerechten**, gleitet der Meißel ab. Die Bohrung läuft so lange davon bis sie – im Extremfall - etwa die Neigung der Schichtung angenommen hat - und - macht dann was sie will. Stehen die Schichten **flacher als 45° aus der Waagerechten**, drifft der Meißel in die Schichten, so lange bis er - im Extremfall - senkrecht zu den Schichten eindringt.

Je flacher bzw. steiler, desto deutlicher ist dieses „Grundverhalten“. Deshalb kann bei genauer Kenntnis des Gebirges auch „vorgehalten“ werden. Wie bei der Artillerie, die auf ein bewegtes Ziel schießt. Dazu gehört jedoch viel Erfahrung und Vergleichsmöglichkeit mit anderen Bohrungen in der gleichen Gegend (Geologie).

Richtbohren:

Es gibt verschiedene Wege und technische Möglichkeiten eine „verlaufene“ Bohrung zu richten. Auch von Anfang an eine Bohrung auf einen bestimmten Zielkreis zu lenken - und zwar in alle erdenklichen Richtungen - ist technisch möglich. Ein paar Möglichkeiten sollen hier anhand von Beispielen beschrieben werden.

- **Beispiel 1:** Eine Versuchsbohrung wurde im geschichteten oder verkarsteten Festgestein niedergebracht. Der Bohrlochverlauf wurde mit dem Multishotgerät vermessen, ist also genau bekannt. Die wasserführende Kluftzone liegt in 150 - 165m vertikaler Tiefe, jedoch ist man in dieser Tiefe 2,50m in Richtung Süden vom Ansatzpunkt entfernt angekommen. Man kann nun entweder die VB als Pilotbohrung (bei Drehbohrung) verwenden, um die Kluftzone wieder genau zu treffen, oder mit der sehr vertikalgenauen Gestänge-Freifall Methode die HB niederbringen. Da diese sehr lotrecht wird (wenn's der Bohrmeister beherrscht!), muss der Ansatzpunkt in diesem Fall 2,50m nach Süden verschoben werden, um in der Tiefe von 150 - 165m wieder in den Bereich der VB zu kommen. Anzumerken ist, dass die VB von Endtiefe bis etwas über 150m mit Kies oder Schotter verfüllt werden muss, den man bei der HB, zum Nachweis des Treffens, wieder finden muss. Es ist deshalb gut einen Kies oder Schotter zu verwenden, der sich deutlich vom Gebirge unterscheidet. So kann man ihn beim Antreffen besser erkennen. Darüber kommt ein Kies-Sand-Polster. Weiter bis GOK, muss mit einer Zementsuspension abgedichtet werden, da sonst die VB als hydraulischer Kurzschluss an der Abdichtung der HB vorbei wirken würde!!!
- **Beispiel 2:** Eine einfache, aber trotzdem nicht ganz billige Methode, eine zu stark abgewichene Bohrung zu korrigieren, ist einen gerichtet eingebauten Ablenkeil zu setzen, die Bohrung zu richten und danach den Keil wieder zu ziehen.

Die richtungsgenaueste Setzung ist mit einem antimagnetischen Edelstahlkeil und dem Multishot, oder mit Stahlkeil unter Fernsehbeobachtung, mit Pendellot vor dem Objektiv, zu erreichen. Dies ist jedoch nur unter hunderten von Bohrungen einmal unbedingt nötig, nämlich dann, wenn die Bohrung einen Knick (Dog Leg in der Tiefbohrsprache) aufweist. Ein solcher Knick kann u.a. das Einbauen von Rohren erschweren, eine korrekte Abdichtung verhindern, da sie nicht mehr konzentrisch sitzt, den Einbau der U-Pumpe erschweren usw.

- **Beispiel 3:** Eine Bohrung darf die Grundstücksgrenzen nicht verlassen, was z.B. in Österreich Gesetz ist. Stellt man im Verlauf der Bohrung durch Fotolotung fest, dass die Bohrung das Grundstück verlassen will, muss entweder mit der vorher beschriebenen Keilmethode oder mit Richtbohrservice die Bohrung „zurück geholt“ werden. Zu bemerken ist, dass die Richtbohrfirmen meist nur bis 17 ½“ richten können. Es kann sich also in den allermeisten Brunnenbohrungen, nur um das Richten eines Pilotlochabschnittes handeln. Ein Richten mit Richtbohrservice ist enorm teuer, zumal auch die eigene Ausrüstung dann der Tiefbohrtechnik entsprechen muss, z.B. Spülpumpe, Gestänge, Spülungsreinigung mit Zyklonen usw. Das Richten mit Service geht nur im Direktspülverfahren, scheidet bei Brunnenbohrungen mit großen Durchmessern und Linksspülen also aus.

Eigentlich sollten Brunnenbohrungen während, oder zumindest nach Abteufen und vor Ausbau, mit dem Multishot vermessen werden, um wenigstens Kenntnis über den Bohrlochverlauf zu haben. Bei späteren Sanierungen oder Plombierungen kann das eine große Hilfe sein. Das sind keine Nebenleistungen nach VOB, müssen deshalb extra bezahlt werden.

Hinweise für die Ausschreibung

Freilich ist es leicht alles Risiko auf den Anbieter abzuwälzen. Das kann aber fatale Folgen für den Auftraggeber, d.h. für **seinen** Brunnen, dessen Wirkungsgrad, Lebensdauer und Dauer bis zur ersten und weiteren Abständen der Regenerierungen haben!

Drum merke Herr Geologe oder Herr Ingenieur und auch Herr Einkäufer:

→ Wer einen schlechten, unauskömmlichen Preis für eine Leistung bekommt, muss sparen. Sparen an Zeit und Qualität. Und wenn er dazu gezwungen wird, wird er „Tricks“ anwenden, die momentan nicht zu merken und auch kaum als versteckter Mangel nachzuweisen sind. Merke: „Geknebelte Bohrer sind schlau“, sie können nicht großzügig sein, weil sie sonst - wie bei so vielen Firmen in meinem langen Berufsleben gesehen - pleitegehen!

→ Muss eine Spülung hohe Anforderungen erfüllen, sollte sie zum Nachweis vergütet werden. Dann kann aber eine Spülungs- und Materialbilanz verlangt werden. Ein Spülungskonzept und Mischverhältnisse müssen angefordert bzw. vorgeschrieben werden. Gute Ingenieure oder Bohrer können das, oder lassen sich von Spülungsfachleuten beraten!

→ Spülung entfernen und Entwickeln: Methode genau vorschreiben, möglichst nicht pauschalieren (siehe oben) Sorgfältige Entfernung der Spülung und gutes Entwickeln bringt **dem Auftraggeber** im späteren Betrieb „bares“ durch Energieeinsparung! Ein schlecht entwickelter Brunnen hat einen schlechten Wirkungsgrad. Die Pumpe muss stärker sein als nötig und verbraucht deshalb mehr Strom, um die gleiche Wassermenge zu fördern.

→ Lieber mal einen kompetenten Bohrer um Rat fragen, als dummes Zeug ausschreiben. Der Auftraggeber dankt einem das zwar selten, aber man ist doch ein gutes Ingenieurbüro oder ein guter Behördenvertreter.

→ Die Fehler von gestern nicht wiederholen, aber auch falsche Neuheiten nicht blind mitmachen, sondern überlegen.

→ Forderungen in den **Leistungspositionen deutlich beschreiben**, nicht in den Vorbemerkungen, womöglich noch hinter allgemeinen Vorschriften, die der Bieter erst suchen müsste, verstecken. Eine zu kalkulierende Leistung muss nach VOB klar, deutlich und **vom Schreibtisch aus kalkulierbar** beschrieben sein.

→ Denkbare Alternativen anfragen - spart später Nachtragsverhandlungen.

→ Bohrproben bei Linksspülung sind besser, da kaum Verschleppung stattfindet (immer gleicher Durchmesser im Gestänge, keine Berührung mit der Bohrlochwand, Umwirbeln der Cuttings in Auskolkungen ist ausgeschlossen).

→ Entweder nur unter billigen Jakobs, oder nur unter namhaften und nach DVGW W120 qualifizierten Fachfirmen ausschreiben. Ersteres bringt zu höherem Bauüberwachungsaufwand noch größeres Risiko für Bauleitung und Bauherrn. **Mit billigem Jakob tadeln, heißt: gegen besseres Wissen grob fahrlässig handeln.**

Wenn's der Auftraggeber will, handelt **dieser** grob fahrlässig und hat bei auftretenden Problemen selbst Schuld! Der Ausschreibende und/oder der Auftraggeber können - eben bei grob fahrlässigem Handeln - sogar gerichtlich belangt werden. So z.B., wenn das Allgemeininteresse verletzt wird, wie beim hydraulischen Kurzschluss durch schlechte Abdichtung.

→ Öffentliche Ausschreibung ist gut bei **präzise definierbarer Leistung**. Eine **Bohrung ist meist nicht präzise definierbar**, weil sie immer von oben nach unten ins Reich des „Pferdefußes“ geht.

Richtig ist eine beschränkte Ausschreibung mit Firmen, denen der Auftraggeber und die Bauleitung vertrauen können.

Das neue W120 gibt ja genug, und zuverlässige Anhaltspunkte für die Auswahl von Firmen, aber auch für die begründete Verweigerung der Aufforderung zur Angebotsabgabe.

Durch die Einteilung in Eignungsgruppen ist die neue W120-Zertifizierung beispielhaft und ersetzt sogar die sog. „Präqualifikation“.

Zweites Kapitel

Brunnenausbau

Hurra, das Loch ist fertig, es kann ausgebaut werden! - FALSCH -

Vorher, also schon bei der Planung, muss man sich Gedanken über mögliche Ausbauvarianten machen.

Zu beachten sind:

- geohydrologische Erwägungen
- hygienische Gesichtspunkte
- Wasserchemismus, soweit bekannt, bzw. abschätzbar
- zu erwartende Schüttung und Wasserspiegelverhältnisse
- Pumpendimensionen
- spätere Regenerierbarkeit
- spätere Sanierbarkeit
- spätere Plombierung, wenn der Brunnen einmal aufgelassen wird.

Die erste Frage stellt sich: „Mit oder ohne Sperrrohr?“

Mit Sperrrohr ist eine spätere Sanierung und auch Plombierung wesentlich einfacher, und vor allem **sicherer**. Sowohl bei Sanierung, als auch bei Plombierung, können die Mehrkosten, die beim Neubau entstehen, mehrfach eingespart werden. Dagegen steht rein kostenmäßig natürlich die Verzinsung der höheren Investitionskosten.

Trotzdem wird in den meisten Fällen der Ausbau mit Sperrrohr obsiegen, da dies der technisch sicherere Weg ist. Also: rechnen!

Beim Ausbau mit Sperrrohr kann man jederzeit den Kiesstand messen und ggf. nachfüllen, was beim sperrrohrlosen Ausbau nicht möglich ist.

Die manchmal noch ihr „Unwesen“ treibenden Kiesnachfüllrohre, - gar mit nur 2“ -, in die Abdichtung eingebunden, haben in **noch keinem Fall** ihren Zweck, nämlich Kies kontrollieren und ggf. nachfüllen zu können, erfüllt, - weil schon beim Bau verstopft oder durch Verockerung u. dgl. später unwirksam geworden.

Sind im Aufsatzrohrbereich, innerhalb der Sperrrohre, noch **Entlastungsfilter** vorgesehen, erleichtert dies nicht nur die Regenerierung, sondern macht auch den Betrieb des Brunnens sicherer. Entlastungsfilter sollten alle 20 - 30m eingebaut werden, um bei hoch stehendem Ruhewasserspiegel und schneller Absenkung, das zwischen beiden Rohren stehende Wasser schnell in den Brunnen laufen zu lassen, ohne dass hydraulischer Außendruck (Einbeulgefahr) sich aufbauen kann. Selbst dann, wenn der Ruhewasserspiegel tief liegt, sollten Entlastungsfilter eingebaut werden um beim **ersten Anfahren des Brunnens** den hydraulischen Außendruck auf den Strang zu vermeiden. Es gibt viele Gegner der Entlastungsfilter, aber ich meine, die Vorteile liegen auf der Hand, und man sollte mindestens einmal darüber nachdenken. Vor allem im **Festgestein** sind die Entlastungsfilter notwendig, weil sich ja oberhalb des abgesenkten Wasserspiegels auch wasserführende Klüfte befinden können. Dieses Wasser muss, bei Betrieb des Brunnens, durch die Kiesschüttung nach unten (wenn dort keine Entlastungsfilter vorhanden sind) und verockern den Kies.

Dann lässt die Leistung des Brunnens nach, und der Kies hinter den Vollrohren ist weder mechanisch, noch chemisch zu erreichen (zumindest sehr schwer). Dies ist eine Tatsache – in der Praxis hunderte Mal bewiesen – an der man einfach nicht vorbei kommt. Im **Lockergestein** laufen zwar die oberen Schichten bis zum abgesenkten Wasserspiegel leer (Absenktrichter), aber der Kies verockert ebenfalls. Er ist bei Rückbau (Sanierung, Plombierung) auch nicht erreichbar, und somit sind die Rohre nur mit erhöhtem Aufwand und Risiko zu ziehen.

Auch die Reinigung des oberen Ringraumes bei der Regenerierung wird durch Entlastungsfilter erleichtert. Gerade dieser obere Ringraum verockert dadurch, dass dort eine heftige Wasser / Luftdurchmischung stattfindet, am stärksten. Auch dadurch, dass das Wasser in diesem Bereich oft nur ab und auf bewegt wird, ist das Weglassen von Entlastungsfiltern hygienisch bedenklich. Es können hier durchaus kürzere Filterrohre (z.B. 2m) eingebaut oder sog. **Kombirohre**, die billiger sind, verwendet werden. Hier muss ich dem gültigen W123 (das bis zum abgesenkten Wasserspiegel Vollrohre empfiehlt) widersprechen, obwohl ich daran mitgewirkt, aber mich nicht ganz durchsetzen konnte.

Bei sehr tief einzubauenden Sperrrohren (um 100m oder mehr) sollte aus Kostengründen auch der sog. „**Verlorene Ausbau**“ überlegt werden. Die Überlappung von Aufsatz- und Sperrrohr sollte ca 20m - besser mehr - betragen um Kieselsetzungen genügend Volumen zu geben. Ein Rippeneinbautrichter (siehe W 123) mit Bajonett ist für Kieselstandsmessungen und evt. erforderliche Kieselnachfüllungen unentbehrlich. Auch erleichtert er Messeinfahrten in den Filterstrang, z.B. Fernsehbefahrungen oder Geophysik, wenn die Rippen einen entsprechend kleinen Abstand haben.

Ohne Sperrrohre ist der Ausbau bei der Herstellung zwar billiger, trotzdem kann ich nur technische Nachteile dieser norddeutschen „Primitivausbaumethode“ erkennen.

Die zweite Frage ist „Welche Rohrdurchmesser?“

- Welche Wassermenge, bei welcher Absenkung wird erwartet? Danach richtet sich der Pumpen- \emptyset und der Steigleitungs- \emptyset . Oft ist eine Pumpe mit größerem Durchmesser wirtschaftlicher und auch robuster. Die Einsparungen durch Wirtschaftlichkeit (Stromkosten und Wirkungsgrad) lassen sich berechnen. Danach kann man über Sperrrohr- \emptyset (wenn die Pumpe dort eingebaut wird) und Filterstrang- \emptyset entscheiden. Das Rohr, in das die Pumpe eingebaut wird, muss logischerweise größer* als der Pumpendurchmesser sein.
- Tabelle* ist gültig für Ausbau **ohne Peilrohre**

Pumpen- \emptyset	Größer*	Pumpen- \emptyset	Größer*	Pumpen- \emptyset	Größer*
bis 150 mm	+25mm	150 bis 300 mm	+50mm	über 300 mm	+90mm

Strömt das Wasser nur von unten zur Pumpe sollte auch noch die Strömungsgeschwindigkeit im Ringraum Motor / Blindrohr berechnet und berücksichtigt werden. Die in der obigen Tabelle angegebenen Richtwerte können dann, **gegenüber dem Motor/Saugsiebdurchmesser**, verdoppelt werden. Bei zu großer Geschwindigkeit kann die Strömung dort „abreißen“ Damit sind wir auch gleich beim **Blindrohr: Die Pumpe gehört immer in ein Blindrohr!!!** Deshalb stets mindestens ein, besser zwei Blindrohre, an vorher geschätzten Stellen für die Pumpe einplanen.

- Aus dem Filterstrangdurchmesser ergeben sich nunmehr Sperrrohr- und Bohrdurchmesser. Bei verlorenem Ausbau muss die Hydraulik im verlorenen Filterstrang berechnet werden (offene Eintrittsfläche und vertikale Strömung). Dies bedeutet, dass die Menge Wasser, die durch die Schlitze der Filter kommt, auch vertikal im Rohr nach oben strömen kann. Und das, ohne dass hierbei nennenswerte Verluste entstehen.

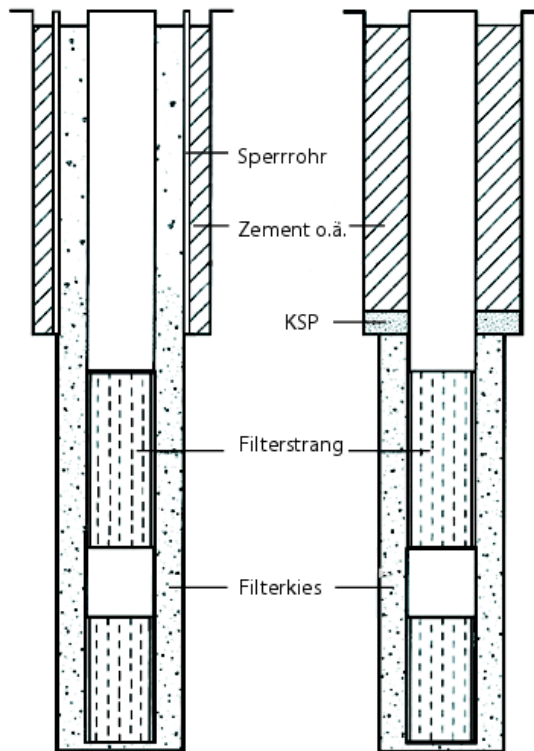
Daraus ergibt sich der Filterstrangdurchmesser, daraus wiederum der Bohrdurchmesser im produktiven Teil der Bohrung, daraus wieder der Sperrrohrdurchmesser (die Pumpe muss aber auch rein gehen, siehe Tabelle oben) und daraus wieder der obere Bohrdurchmesser.

- Der Sperrrohrdurchmesser richtet sich ansonsten nach dem Filterstrangdurchmesser, womit auch die Bohrdurchmesser von unten nach oben vorgegeben werden können. Der Ringraum (im Brunnenbau) für die Abdichtung soll auch Mindestmaße haben.

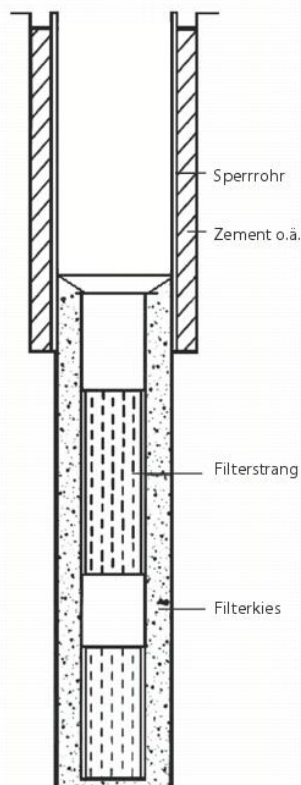
Größter Sperrrohr \emptyset	Ringraum	Größter Sperrrohr \emptyset	Ringraum
Bis 250 mm (über Muffen)	2 x +30mm	Über 250 mm (über Muffen)	2 x 50 mm

mit Sperrrohr

ohne Sperrrohr



verlorener Ausbau



- Bei Tiefbohrungen müssen die API-Standards beachtet werden. Zentrierungen (Führungskörbe) sind sowohl für Sperrrohr, als auch für Filterstrang unerlässlich. Empfohlener Abstand: 15 m bis max. 30 m. Bei kleinen Rohren bis etwa 200mm genügen 4 Arme, bei größeren sollen die Zentrierungen 5 oder 6 Arme haben.
- Sie müssen so stabil sein, dass sie einerseits den Einbau auch „überleben“, andererseits die Rohre, bei Abweichung von der Lotrechten, nicht über Gebühr unter Spannung setzen und damit zusätzlich belasten.
- Müssen **Peilrohre** in die Kiesschüttung eingebaut werden, so sind der Ringraum, und damit der Bohrdurchmesser dafür, gegenüber obiger Tabelle*, entsprechend zu vergrößern. Peilrohre dürfen im Allgemeinen **im Filterbereich des Peilrohres nicht an den Filterstrang angebunden**, sondern mit Abstandshaltern, möglichst nahe an der Bohrlochwand, eingebaut werden (Theoretisch: ja, - praktisch: wie? Z.B. bei hilfsvorbohrten Trockenbohrungen ist es unmöglich). Letztlich dient das Peilrohr zur **Messung des Filterkieswiderstandes und seiner Veränderung**, womit die Alterung durch Verockerung usw. festgestellt werden kann, noch bevor es zu einem Nachlassen der Schüttung kommt (siehe W 130). Zum **Einbau von Ein- und Ausschaltetelektroden ist das Peilrohr nicht geeignet!!!** Diese Elektroden gehören in den Filterstrang, also an die Pumpensteigleitung, oder noch besser, in ein Peilröhrchen, welches an der Pumpensteigleitung angebracht ist. Dort können die Elektroden getrennt von der Pumpe aus- und eingebaut werden. Anmerkung: Peilrohre im Filterkies funktionieren selten, oder zumindest nicht lange, weil sie verschlammten und/oder verockern, wie der Filterkies selbst. Sie führen deshalb sogar oft zu falschen Messwerten.
- die Hydrogeologie hat praktisch keinen Einfluss auf die Bestimmung der Bohr- und Filterrohrdurchmesser! (Ich höre auch hier den Aufschrei!), es sei denn, es handelt sich um eine wasserführende Schicht von nur einigen Dezimetern Mächtigkeit. Filterkies, und gar Filterrohr, haben meist eine in Zehnerpotenzen größere Durchlässigkeit als das Gebirge!! Wer's nicht glaubt, soll rechnen!
- Es bringt die Vergrößerung des Bohrdurchmessers kaum Vorteile, aber den Nachteil der schlechteren Regenerierbarkeit. Davon abgesehen ist sie teuer
- Muss die **Pumpe ins Sumpfrohr** eingebaut werden, ist sie unbedingt mit einem **Saugmantel** zu umgeben. Dieser verhindert, dass der Pumpenmotor einsandet, und damit nicht mehr genug gekühlt wird. Der Saugmantel erzwingt eine gewollte Strömungsumleitung um den Motor zur besseren Kühlung. Ansonsten ist das Sumpfrohr überflüssig, ja sogar schädlich. Das Wasser steht im Sumpfrohr und wird nie ausgetauscht, also hygienisch bedenklich. Auflandung kann sich ja schließlich auch im Filter aufbauen, und dort von Zeit zu Zeit entfernt werden. Bei neuen Brunnen schreibt das W123 sogar das Weglassen des Sumpfrohres vor.

Die dritte Frage ist „Welche Filterart und -material?“

In der Reihenfolge sind hydraulisch und strömungstechnisch am besten geeignet:

- Wickeldrahtfilter
- Schlitzbrückenfilter
- Schlitzfilter (z.B. PVC)

am schlechtesten:

- Kiesbelagsfilter
- Kiesklebefilter
- Steinzeugfilter

Das beste Material kann sein:

- Edelstahl, wenn er dem Wasser angepasst, und richtig transportiert und behandelt wird
- Kunststoff , auch GFK
- Steinzeug

- das schlechteste, beschädigungsempfindlichste Material ist:
- Stahl mit Kunststoffüberzug

Es kommt aber immer auch auf die Behandlung der Rohre und die Einbaubedingungen an. So ist z.B. der hervorragende Edelstahl wertlos, wenn er nicht richtig verarbeitet wurde (Beiz- und Passivierungsfehler), oder bei Transport und/oder Einbau mit Normalstahl in Berührung kam (hier geschehen die meisten Fehler. Siehe: Pfuscher oder Fachfirma - geschultes Bohrpersoneel oder „umgebauter“ Bäckerlehrling). Aus meiner Erfahrung entsteht die meiste Gefahr durch Berührung mit Normalstahl bei Transport und Einbau und zwar **außen**. Diese äußeren Schäden sind bei der Fernsehahnahme jedoch **unsichtbar**. Der Brunnen ist also scheinbar OK. Jetzt weise man mal, nach z.B. 8 Jahren, dem Bohrer nach, dass er einen versteckten Mangel eingebaut hat!!! No chance!!

Die vierte Frage ist „Welche Kiesschüttung?“

(siehe auch 5. Kapitel)

Die Kiesschüttung kann zwei verschiedene Aufgaben haben, nämlich Gebirgssand fernzuhalten oder/und den Brunnen zu stabilisieren. Hat man das begriffen, kommt man von selbst drauf, dass **Lockergesteinsbrunnen immer verkiest** werden müssen.

Festgesteinsbohrungen sollten nur dann verkiest werden, wenn ein Bohrlochzusammenbruch droht, denn wozu einen Widerstand und Anlass zur Verockerung einbauen, wenn es nicht unbedingt nötig ist. Also versuchen, Festgesteinsbohrungen nur mit Sperrrohr und offenem Loch im produktiven Bohrlochteil, oder – zum Schutz der Pumpe gegen nachfallende Brocken - mit einem **Filterstrang ohne Kiesschüttung** auszubauen. In mehreren Fällen, die mir aus meiner Praxis bekannt sind, war beim Pumpversuch, nach der Verkiesung, die spez. Ergiebigkeit nur noch 1/3 derer vor Verkiesung. Man hat in all diesen Fällen die Verkiesung wieder entfernt und siehe da: die alte Ergiebigkeit im unverkiesten Brunnen war wieder da. Die Erklärung ist einfach: sind **viele kleine Klüftchen** vorhanden, die das Wasser „sammeln“, kann man getrost einen **grobkörnigen Stützkies** (5,6 -8 oder 8 - 16) schütten. Sind aber nur einzelne, größere Klüfte vorhanden, kann der Kies in die Klüfte eindringen und sie logischerweise „ zu 2/3 verstopfen“. Letzteres kommt vor allem in verkarstem Gebirge vor.

Anforderungen an den Filterkies:

- immer Quarzkies schütten (glatte Oberflächen, monolithisch und beständig gegen Angriff durch Wasserchemismus). Nur in Kalkkies, wie z.B. in den bayerischen Alpentälern, wäre auch örtlicher Kies möglich
- möglichst kugelförmig, und Einkorn ohne Unterkorn (alle drei Bedingungen sind in der Praxis nicht erfüllbar, außer teuerster Kies aus USA). Nicht einmal die DIN-Normen können von den deutschen Kieslieferanten eingehalten werden, weil der Kies eben so genommen werden muss wie Mutter Natur ihn gerundet und abgelagert hat!! Deswegen muss man aber keinen Kies akzeptieren, der zu viel Unterkorn und/oder Nichtquarzanteile hat.
- in manchen Fällen kann man sogar auf heute herstellbare „Glaskugeln“ als Filterschicht zurückgreifen. Der Vorteil: die Kugeln sind absolut glatt, rund und gleichkörnig. Das Anlegen von Ausscheidungen an die Kugeln wird dadurch wesentlich erschwert.
- nur Sack- oder Big Bag Ware sind zugelassen!! Bei allen anderen, losen Lieferungen und Lagerungen, ist die Gefahr der Verunreinigung viel zu groß. Eine tote Maus im Filterkies, ein Blatt von Nachbars Kirschbaum, der Austrag des Hundes, der sich nicht beherrschen konnte, usw. kann verheerende Folgen haben.
- in Lockergestein wird die Körnung nach der ungünstigsten Siebanalyse bestimmt (W 113, 114, 119). Auch eine vertikal differenzierte Kiesschüttung ist möglich, hat aber den Nachteil, dass bei Kiessetzung die vertikale Abstufung ungünstig verrutschen kann und unwirksam, ja manchmal auch zum Verhängnis wird. Siehe unten!

Die Filterkiesschüttung muss drei Aufgaben erfüllen:

- 1.) die Sandführung mindestens auf das zulässige Maß drücken. (siehe W111 und W 119)
- 2.) die Brunnenentwicklung und Regenerierung ermöglichen
- 3.) den Brunnen stabilisieren.

Das ist manchmal wie duschen ohne nass zu werden!!! Bei besonders feinkörnigem (kleiner 0,1mm) und gleichförmigem Aquifer ist die Erfüllung der ersten beiden Bedingungen meist unmöglich. Man wird manchmal also bei den zulässigen Restsandgehalten des W111/119 Abstriche machen müssen zu Gunsten eines erträglichen Wirkungsgrades. (Wasser mit Sand oder kein Wasser).

Beim Einbringen des Filterkieses, ist zu beachten:

- den Filterkies vorsichtig und gleichmäßig, direkt aus der Verpackung, in den Brunnenringraum schütten, möglichst über einen kleinen, sauberen Schütttrichter, der wie bei der Sanduhr, ein gleichmäßiges, langsames Einrieseln erlaubt, und damit Brückenbildung verhindert. Niemals Big Bag auf und rein damit!
- **Vorsicht** beim Desinfizieren mit **Chlorbleichlauge** in Verbindung mit **Edelstahl!!** Besser auf andere, zugelassene Desinfektionsmittel zurückgreifen. Chlorbleichlauge hebt die Passivierung des Edelstahles bei längeren Verweilzeiten auf und führt in der Folgezeit zu Lochfraß.
- Ständiges Messen mit Soll- und Ist-Mengenvergleich, um z.B. Brückenbildung sofort zu erkennen und rechtzeitig wieder lösen zu können.
- Sinkgeschwindigkeit in Spülungen verschiedener Viskositäten und spez. Gewichte testen, und bei der Absetzdauer berücksichtigen. Dabei kann man wie folgt vorgehen: Beginnen zu schütten und Zeit nehmen. Wenn der erste Kies sich unten aufzubauen beginnt, wieder Zeit nehmen und bis dahin geschüttete Menge festhalten. Daraus errechnet sich die Sinkdauer, und wie viel Kies noch unterwegs ist zum tiefsten Abschnitt.

Nach oben nimmt beides gleichmäßig ab, die Sinkdauer wird also immer kürzer. Insbesondere bei beschwerten Spülungen (Arteser), kann es sein, dass der Kies überhaupt nicht durch Schwerkraft sinkt. Er muss dann eingespült werden. Hierfür gibt es verschiedene Methoden, die später beschrieben werden.

Beispiel:

Bei 100 m Bohrtiefe kommt der erste Kies nach 12 Minuten unten an. Es wurden bis dahin 800 Liter = 0,8m³ Kies geschüttet. Es sind also noch 800 Liter unterwegs, die bei errechneten 400 l/m Ringraumvolumen, ungefähr 2 m aufbauen müssten. Soll jetzt, z.B. bei verlorenem Ausbau, genau bis – 70m geschüttet werden, würde sich bei ca. 70m Tiefe noch $12 \text{ min} \times 0,8\text{m}^3 \times 70/100 = 6,72 \text{ Minuten}$, oder $800 \text{ ltr} \times 70/100 = 560 \text{ ltr}$ Kies aufbauen. Das bedeutet: $560 \text{ l} : 400 \text{ l/m} = 1,40 \text{ m}$ würden sich in $6 \frac{3}{4}$ Minuten noch aufbauen. Man muss also schon bei **höchstens** - 72m Kiesstand aufhören zu schütten und messen. Den tatsächlichen Rest kann man jetzt definieren und gefahrlos noch nachschütten. Ich würde schon bei – 75m aufhören, weil ja obige Rechnung ein gleichmäßiges Schütten voraussetzt. Ich wäre damit auf der sicheren Seite. Dieses Beispiel befreit einen aber nicht davon, immer wieder **während fortlaufendem Kiesschüttens** zu messen, und die Berechnung zu kontrollieren. Es kann ja „unterwegs“ Auskolkungen und - schlimmer noch - Bohrlochverengungen geben, und dann ist schnell überschüttet.

- bei feinen Kiesschüttungen (2 - 3,15 und kleiner) muss **kontinuierlich** geschüttet werden. Unterbrechungen, z.B. über Nacht, ja sogar während der Brotzeit, führen zu Ablagerungen von Unterkorn und Schwebeteilchen - ähnlich dem Filterkuchen - und bilden einen Gegenfilter auf dem Kies. Die Folge: der Kies ist an diesen Stellen vertikal nahezu undurchlässig. Sollte aus zwingenden Gründen doch einmal, z.B. zum Hilfsrohre ziehen, unterbrochen werden müssen, ist die Unterbrechungsstelle - nach Möglichkeit - immer in eine Filterstrecke zu legen. Nur dort nämlich können die Absetzungen beim Entwickeln wieder entfernt und die vertikale Durchströmungsmöglichkeit wieder hergestellt werden.

- **wichtig:** beim Verkiesen und anfangs des Entwickelns gerät der Filterrohrstrang ganz erheblich unter Druckspannung. Er **muss aufgehängt** werden, da sonst die Druckspannung auf den Rohrstrang wirkt. Dieser könnte der Rohrstrang nicht widerstehen und würde, wenn nicht aufgehängt, kollabieren. Kontrolliert aufgehängt, wird die Druckspannung zur Zugspannung. Diese muss, durch ein Drillometer o.ä., gemessen werden können. Wird der Zug höher als etwa 30 bis 60% des Rohrstranggewichtes in Wasser, muss nachgelassen werden (zul. Zugbeanspruchung des Stranges beachten!!). Der Rohrstrang kann sich bei einer 150m tiefen Bohrung dabei um einige Dezimeter setzen!! Deshalb muss die Bohrung immer mind. 1m tiefer sein, als der Filterboden am Anfang hängt.

- Bei großen Tiefen (einige hundert Meter) und/oder sehr feinem Filterkies, z.B. 1,0 - 2,0 und noch feiner, kann der **Filterkies auch eingespült** werden. Eine einfache Methode ist eine etwa 2"-Sinkleitung in den Ringraum einzubauen. Oben hat die Leitung einen Trichter, der knapp unter den Spülungsspiegel gehängt wird. Trichter und Rohre müssen am Seil, nach oben und unten beweglich, aufgehängt werden. Nun wird langsam (um Stopfer zu vermeiden) begonnen Kies einzuträufeln.

Dadurch, dass sich das spez. Gewicht nun in der 2"-Leitung, durch Aufladung mit schwebenden Kies erhöht, fängt das Ganze an, über den Trichter zu saugen und spült so den Kies automatisch nach unten, und saugt ständig über den Trichterrand neue Spülung mit den dazu geschütteten Kies nach.

Über das Seil, und die damit mögliche Eintauchtiefenverstellung des Trichters, kann die Geschwindigkeit des Einspülens reguliert werden. Der untere Mund des 2" Rohres muss natürlich immer einige Meter höher stehen als der Kiesstand im Ringraum. Rechnen und messen ist hier genauso notwendig, wie im **Beispiel** weiter oben beschrieben.

In Extremfällen (z.B. bei Thermalwasser - Tiefbohrungen) muss der Filterkies mit Servicefirmen eingespült werden. Hierauf möchte ich hier nicht näher eingehen.

Doppelte und teufendifferenzierte Kiesschüttung:

(ein Gespenst, das noch in den alten Gemäuern rumgeistert!)

Diese doppelten oder sogar dreifachen Kiesschüttungen, treiben immer noch ihr Unwesen in manchen unbelehrbaren Köpfen. Im **W 123** haben sich endlich FACHLEUTE darauf einigen können, dass die dreifache überhaupt nicht mehr erwähnt wird, und die doppelte nur dann in Erwägung gezogen werden soll, wenn es überhaupt nicht mehr anders geht. Solche Fälle gibt es in der Praxis eigentlich nicht mehr, seitdem es Wickeldrahtfilter gibt. Bei diesen kann die Schlitzweite (falls es die Einströmhydraulik in den Brunnen zulässt - und das tut sie meistens) sogar auf 0,2 bis 0,3mm gedrückt werden, sodass immer noch Filtersand 0,4 - 0,7mm - also der feinste im Brunnenbau theoretisch noch denkbare Filtersand - geschüttet werden kann (In der Praxis wird nicht kleiner als 0,7 – 1,2mm geschüttet!).

Wer das etwas anderes behauptet, der soll es vorrechnen!!!

(Siehe auch Kapitel 5 „Wirkungsgrad“)

Teufendifferenzierte Kiesschüttung

Es ist nicht zu fassen! Ich glaubte, als ich die erste Fassung dieses Buches schrieb, die teufendifferenzierte Kiesschüttung sei längst beerdigt. Es gibt sogar 2013 noch ein Ingenieurbüro, das diesen Unfug plante und auch ausführen ließ. Noch dazu bei Brunnen mit nur rund 27m Teufe und da – als Krönung des Unfugs - zum Teil mit VIER vertikale Teufenabstufungen auf knapp 15 m Aquifermächtigkeit. Schlimmer geht's nimmer!

Das gibt mir nun doch Anlass zu einer Betrachtung der Materie:

Heutzutage (d.h. seit Jahrzehnten!) ist die teufendifferenzierte Kiesschüttung so überflüssig wie ein Kropf. Hat man doch exzellente Wickeldrahtfilter, bei denen man die Schlitzweite beliebig wählen kann. Das sind in der Praxis Schlitzweiten von 0,4 mm aufwärts in Zehntel Millimeterstufen. Das bedeutet Filterkieskörnung ab 0,7 – 1,2mm aufwärts. Kleinere Kiesschüttungen sind im Brunnenbau äußerst selten sinnvoll, denn da müsste die „Wirksame Korngröße“ des Gebirges laut Siebanalyse schon unter 0,2mm liegen. Da ist doch ein Brunnen meist nicht mehr sinnvoll, oder?

Wenn unumgänglich eine differenzierte Kiesschüttung notwendig erscheint, dann nur bei Brunnenteufen von um 100m und tiefer, und dann MUSS noch – vom Schichtaufbau her - genügend Setzungsabstand zwischen feiner und gröberer Schüttung sein. In solchen Fällen liegen jedoch – weil die Schichten im Setzungsabstand sandig-tonig sein müssen – meist zwei unterschiedliche Aquifere vor, die nach DVGW W 123 und gesundem Menschenverstand nicht in einem Brunnen gefasst werden DÜRFEN. Also auch da stellt sich die Frage nach zwei unterschiedlich tiefen Brunnen, die die beiden Schichten getrennt erfassen.

Auch strömungstechnisch ist sicher, dass im Brunnenbetrieb nur der gröbere Aquifer belastet wird und der feinere einfach den Dienst verweigert. Das haben schon des Öfteren Flowmetermessungen gezeigt.

Ist es aber trotzdem nötig teufendifferenziert zu schütten (in vielleicht einem Fall von Tausenden!), dann muss die Notwendigkeit gemäß Siebanalysen bestehen, dass die Schüttungskörnungen **mindestens** zwei Kornstufen auseinander liegen. So z.B. 1,0 – 1,2mm und 2,0 – 2,15mm. Ist das nicht der Fall, ist es sinnvoller die feinere Körnung und Schlitzweite der Filter **durchgehend** zu wählen. Wie ich das behaupten kann? Klar doch: die Durchlässigkeit (kf) des feineren Filterkieses ist immer noch in Zehnerpotenzen größer, als die des anstehenden Gebirgssandes. Man könnte evt. noch mit der SW im gröbereren Schichtbereich des Gebirges an die größte noch vertretbare Weite gehen.

Wenn einer das nicht glaubt, soll er rechnen!

(Siehe auch Kapitel 5 „Wirkungsgrad“)

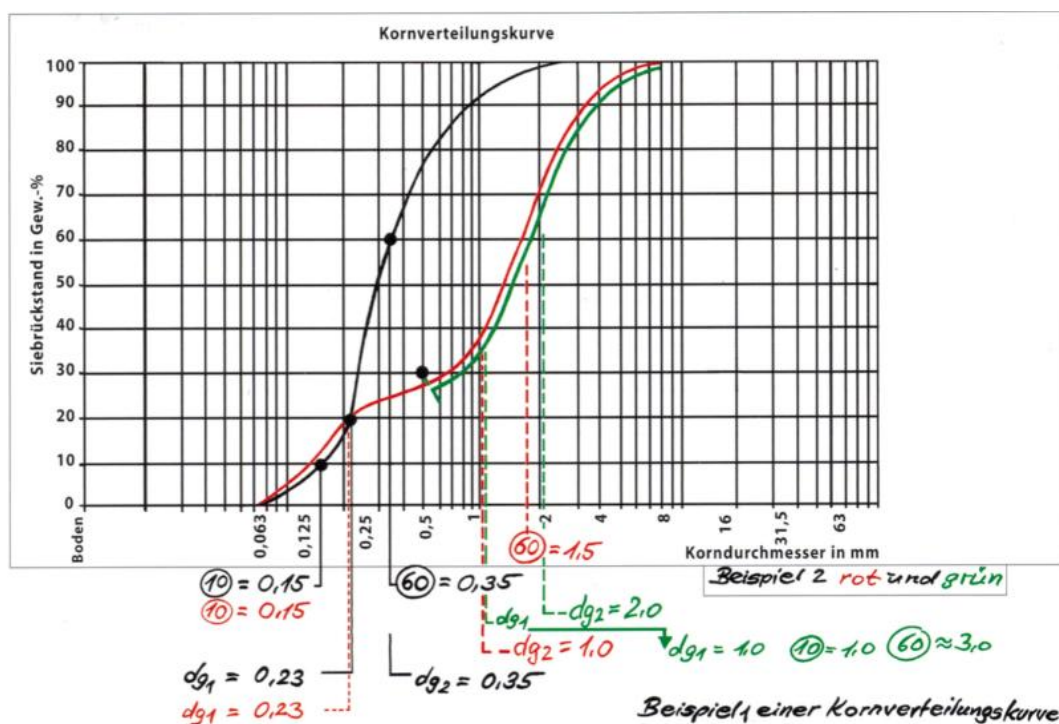
Angst vor feinen Schlitzweiten? - Unbegründet!

Bei **Wickeldrahtfiltern** feiner Schlitzweiten braucht man keine Angst zu haben, dass sie nicht genug Wasser durchlassen. Es ist - einfach ausgedrückt - immer noch ein mehrfaches dessen was der feine Gebirgssand durch lässt (k-Wert)!!

So ist z.B. bei einem Filter-Ø von **300mm und 0,5mm SW** und einer Eintrittsgeschwindigkeit von **30mm/sec** bei **Profil 350**, die Filterkapazität **13,7 m³/h (3,8 l/sec) pro Meter Filterlänge** (Quelle: STÜWA). Man kann also, bei nur 10m Filterlänge, immer noch bis zu 38 l/sec entnehmen. **Die Wickeldrahtfilterlieferanten haben dafür Tabellen.** Das zeigt also deutlich, dass eine doppelte Kiesschüttung nicht mehr nötig ist.

Wichtig ist zu beachten:

Der beim Entwickeln transportierte Gebirgssand muss durch den Filterkies und durch die Schlitzweite gehen, sonst gibt es Verstopfungen. Der Fehler kann also nur durch falsche Abstimmung der Entsandungskörnung, zur Filterkieskörnung und zur Schlitzweite gemacht werden. Je besser die Siebanalyse des Gebirgssandes, desto besser ist diese Abstimmung möglich !



Berechnung der Filterkieskörnung nach W113 (Beispiel No 1):

Formel: $D_s = d_g \times F_g$

D_s = Schüttkorn

d_g = Korndurchmesser des Bodens an der Wende der Kurve

F_g = Filterfaktor abhängig von U , $U = 60/10$, $F_g = 5 + U$ für $1 < U < 5$, $F_g = 10$ für $U \geq 5$

Im Beispiel:

10% = 0,15mm, 60% = 0,35mm, $U_{60/10} = 0,35 : 0,15 = 2,3$
d.h. kleiner 1 – 5, d.h. $5 + U$

$F_g = 5 + U = 5 + 2,3 = 7,3$

$D_g = 0,23 - 0,35$ (die Wahrheit wird wohl so bei 0,30 liegen)

$D_s = d_g \times F_g = 0,23 \times 7,3 = 1,68\text{mm}$ oder $0,35 \times 7,3 = 2,56\text{mm}$

Der richtige Filterkies wird also 1,00 bis 2,00mm bei extremer Vorsicht, oder 2,00 bis 3,15mm bei etwas Selbstvertrauen sein.

Eines steht fest:

Gründlicher entsandet werden kann der 2,00 bis 3,15mm. Es wird zwar etwas länger dauern, aber dafür hat der Brunnen sicher einen besseren Wirkungsgrad, altert nicht so schnell und ist auch später leichter und nachhaltiger zu regenerieren.

Unter ungünstigsten Umständen muss man halt, um eine evt. Anlaufsandführung zu vermindern, die U-Pumpe mit Drehzahlregelung steuern. Das ist heute gängige Praxis zu Gunsten eines besseren Brunnens.

Ein weiteres Berechnungsbeispiel No. 2 (rote Kurve), angelehnt an W 113, das aber wesentlich schwieriger ist, sei hier angeführt:

Im Beispiel 2:

10% = 0,15mm, 60% = 1,5mm, $U = 60/10 = 1,5 : 0,15 = 10$
d.h. größer 5, daher (zufällig) $F_g = 10^*$

$D_g = 0,23$ bis 1,0

$D_s = d_g \times F_g = 0,23 \times 10^* = 2,30\text{mm}$ oder $1,0 \times 10^* = 10,00\text{mm}$

Jetzt wird es schwierig, also der Verstand ist gefragt!

Alt. 1. Wählt man 2,30 aus, ergäbe das einen Filterkies von 2,00 – 3,15mm und man ist auf der sicheren Seite, was die Sandführung anbelangt. Der Brunnen wird jedoch beim Entsandern zum Verstopfen und später zu schneller Alterung neigen.

Alt. 2. Wählt man 10,00 aus, ergäbe das vielleicht einen Filterkies von 8,00 – 16,00mm. Der Brunnen würde sehr lange entsandet werden müssen, und möglicherweise nie richtig sandfrei werden.

Alt 3. Geht man eine Körnungsgruppe kleiner als 8-16, nämlich auf 5,6 – 8,0mm, müsste man alles Korn unter 0,7mm entsanden. Das wären nach Siebanalyse ca. 27% (das ist kritisch nahe dem oberen Wendepunkt der Kurve). Das ist viel – vielleicht zu viel!

Alt. 4 Geht man auf die nochmals auf die nächst kleinere Körnungsgruppe, nämlich 3,15 – 5,6mm, müsste man alles Korn unter 0,4mm entsanden. Das wären nach Siebanalyse ca. 23% (jetzt jedoch nahe dem unteren Wendepunkt der Kurve). Das klingt am ehesten plausibel.

Alt 5. Betrachtet man nur den oberen Teil der Kurve (grün gezeichnet), ab etwa 0,5mm, ergibt sich:

10% = 1,0, 60% = 3,0, $U_{60/10} = 3,0$ $F_g = \text{kleiner } 5$
d.h. $5 + U$, daher $5 + 3 = 8,0$

$d_g = 1,00\text{mm}$ bis $2,00\text{mm}$

$D_s = d_g \times F_g = 1,00 \times 8,0 = 8\text{mm}$

$2,00 \times 8,0 = 16\text{mm}$

Man steht so wieder vor dem Dilemma 8,0 – 16,0mm, wie bei Alt 2

Man wird sich also – ist man vorsichtig - für Alt 4: 3,15 – 5,6mm entscheiden. Hat man Mut – oder besser gesagt: geht man etwas Risiko ein - nimmt man 5,6 – 8,0mm.

Es wäre aber anzuraten, auch ein Blick in die Berichte zu werfen, oder ein Gespräch mit dem Bohrmeister zu führen. Was nutzt die schönste Berechnung, wenn man über die Probenentnahme nicht genug weiß!

Eine Siebanalyse ist eben nur so gut wie die entnommene Bodenprobe. Neben den Fehlern die bei der Probenentnahme selbst gemacht werden können, gibt es auch oft geologische Hintergründe, die zu Missdeutungen führen können. Die Siebkurve sollte einem Fachmann, schon von der Optik her, zu denken geben. Da normalerweise nur jeden Meter, oder bei deutlich erkennbarem Schichtwechsel Proben genommen werden, kann diese Probe (Kurve) ein rein zufälliges Ergebnis – gerade auf diesen **Bohrabschnitt von vielleicht nur 5 cm Dicke** darstellen. Darauf wird man aber sicher nicht die Verkiesung des ganzen Brunnens ausrichten!

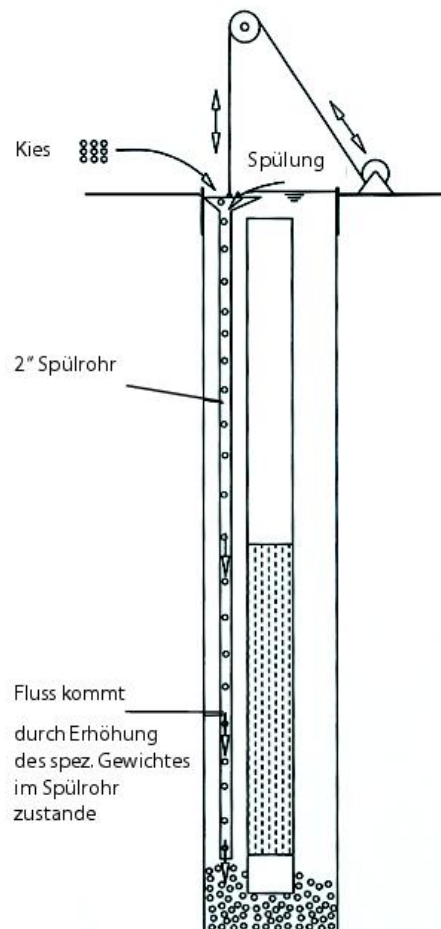
Es gibt sog. „Sandwich-Schichten“. Das sind dünne (im Zentimeterbereich) feinkörnige Schichten, die zwischen größeren eingebettet sind. Bei der Probenentnahme ist dies jedoch – ungeachtet des Bohrverfahrens und der Entnahmetechnik (außer beim Kernen) – nicht zu erkennen. Man glaubt zunächst, es handle sich um eine Zweikorn-Schicht. Man muss jetzt schauen, ob sich eine solche ungewöhnliche Kurve, einen oder zwei Meter darüber, oder darunter wiederholt. Für diese Kontrollsiebanalyse genügt auch schon der Inhalt der Fächerkästen oder Probebeutel (ca. 1 dm³), weil man ja sicher – im Nachhinein - keine ordentliche Siebanalysenprobe nach W 113 zur Verfügung hat.

Sind sich die nachträglich gemachten Siebanalysen ähnlich, kann man davon ausgehen, dass **keine Sandwich-Schichtung** vorliegt. Man sollte dann nach Alt. 4 einen Kies mit max. 3,15 – 5,6mm schütten.

Ist keine Ähnlichkeit zu erkennen, also die Probekurven sind **ganz anders** geartet, handelt es sich sehr wahrscheinlich um ein lokales Ereignis einer **Sandwich-Schicht**. In diesem Falle würde ich diese Zone mit einem Vollrohr von fünf bis sechs Meter Länge überbrücken, und in diesem Vollrohrbereich drei bis vier Meter Kies 2,0 – 3,15mm schütten. Die Filter darüber und darunter dagegen, mit der dafür berechneten Körnung. Das wäre aber auch der einzige Fall bei dem eine teufendifferenzierte Schüttung sinnvoll ist.

Es ist also deutlich erkennbar, dass solche Doppel-S-Kurven gar nicht so einfach zu beurteilen sind.

Also: Denken – fragen – ausschließen - deuten – und dann erst entscheiden!



Einspülen von Filterkies

Die fünfte Frage ist „Welche Abdichtung?“

Als Grundsatz vertrete ich: in **Brunnen** gehört **nur abbindende Abdichtung auf Zementbasis**.

Kugeltone, Stüctone, Quelltone usw. haben in einem Brunnen nichts zu suchen, weil sie durch Wasserspiegelbewegungen und Fließen des Wassers ausgespült werden können. Es kommt dann zu Setzungen.

Oft genug wurde bei geophysikalischen Messreihen schon festgestellt, dass Tonabdichtungen in Brunnen entweder gar nicht mehr vorhanden, verkürzt oder total verrutscht waren.

Meist werden die Tondichtungen schon beim Entwickeln des Brunnens zumindest gestört. Bei Messstellen ist das anders. Hier können Schütttone verwendet werden. Es ist dann lediglich beim Entwickeln Vorsicht geboten. Bei engen Ringräumen ist aber die Stopfergefahr groß! Am sichersten ist, eben auch bei Messstellen, eine Abdichtung auf Zementbasis. Sie behindert allerdings u. U. den Rückbau.

Nun zu den verschiedenen Mischungen, den Einbringverfahren usw.:

- Mischungen aus:

trocknem Bentonit - Zement - Wasser

Zement - Wasser

Dämmer - Wasser

Dämmer - Zement - Wasser

Tonmehl - Zement - Wasser

sind gängig.

Die reine Zementmischung beginnt nach 3-4 h zu erstarren, d.h. der Verpumpvorgang muss nach spätestens 2 ½-3h beendet sein. Bentonit- und Dämmerbeigabe (zuerst ins Wasser) verzögern die Erstarrung um ca. 1-3h oder mehr, je nach Anteil.

Außerdem wirken sie der Schwundrissbildung beim Abbinden entgegen und drücken die Spitze der Abbindewärmeentwicklung nach unten, was bei Kunststoffrohren wichtig ist.

- Dämmer ist bedenklich, da er pH-Wert und Leitfähigkeit des Wassers oft längerfristig beeinflussen kann (Angabe des Herstellers). Außerdem weiß man nicht (und auch oft der Hersteller nicht) genau, was da so alles drin ist. Beim Zement, wo durch vollständige Abbindung die „schädlichen“ Bestandteile fast völlig gebunden werden, ist das etwas anders.
- Die Mischverhältnisse sind variabel. An Bentonit sollten nur 2 bis 3 kg pro m³ Wasser beigemischt werden, da sonst ein Erstarren ausbleiben kann. Das spez. Gewicht der fertigen Mischung soll zwischen 1.6 (sehr dünnflüssig) und 1,85 (schon fast nicht mehr verpumpbar) liegen. Die Mischung muss mit **Zwangsmischern**, und zwar **klumpenfrei**, angerührt werden. Sorgfältige Volumenkontrolle ist durch definierte Volumen, mit Messskala an den Rührgeräten, zur Vorschrift zu machen. Bei Einsatz von **Servicefirmen muss ein Premixtank** dafür vorgeschrieben werden. Sog. „Hopper“, also Düsenmischer, lassen keine genaue Kontrolle des Mischverhältnisses und der tatsächlich verpumpten Menge zu!!
- Hat eine Servicefirma z.B. die Verpumpmengenbestimmung über die Pumpenhubzahl gemessen, ist diese Messung bedenklich. (Siehe Diagramm). Es tritt ein Saugen in der Verpressleitung auf, die Ventile der Pumpe schließen nicht mehr und es saugt mehr durch die Pumpe, als die Hubzahlmessung anzeigt. Bei Messung über IDM ist das nicht der Fall.
- Die Zementierpumpe darf **niemals Luft saugen**, da Luftblasen in der Abdichtung tödlich sein können.
- Anmerkung: „Traue keiner Servicefirma, sie ist mindestens genauso leichtsinnig wie Du“. Vorher mit der Servicefirma das genaue Programm durchsprechen, auf Gefahren hinweisen, protokollieren und unterzeichnen lassen. Im Klartext: Nimm die Servicefirma in die Verantwortung für ihren Job!
- Die Zementqualität ist dem Chemismus des Wassers anzupassen.
- Für das Einbringen gibt es drei verschiedene Verfahren, von denen zwei in Form von **Verfahrensskizzen am Ende dieses Abschnittes dargestellt sind**.

- Rückstellproben, mit Wasser oder Spülung bedeckt, aufbewahren, auf Erstarrungszeitpunkt untersuchen und protokollieren. Bitte aber berücksichtigen, dass im Bohrloch andere Druck- und Temperaturverhältnisse herrschen, welche die Abbindezeit verkürzen oder verlängern können!!
- Durch die Zementation, und vor allem beim Aufbohren von Zement, wird die Spülung gestört oder sie bricht zusammen!! Die Spülung kann aber regeneriert werden, allerdings unter Zugabe von Chemikalien o. ä. (z.B. Zitronensäure, vorgemischt im Rührwerk mit Wasser). Dabei treten häufig vorübergehende Verkeimungen auf. Man muss nicht alles selbst wissen, und sollte sich deshalb eben nicht scheuen, einmal einen Spülungsfachmann „bis aufs Hemd“ auszufragen.

Beispiele:

→ beim **Verpresdeckelverfahren (Verfahren V)** muss am Ende des Zementvorganges, also wenn der Zement aus dem Ringraum zutage austritt, die Verpressleitung durch Nachpumpen einer definierten Wassermenge von Zementsuspension frei gespült werden. Die definierte Wassermenge ist gleich der Inhalt der Verpressleitung, zuzüglich max. dem halben Inhalt des unten in den Sperrrohren bewusst stehen gelassenen Zementes (Ca. 1m in den Sperrrohren). Einerseits soll die Verpressleitung ganz von Zementsuspension befreit sein, andererseits **darf Wasser nicht hinter die Rohre gelangen**, da sonst kein ordentlicher Zementfuß am Rohrschuh entstehen kann. Funktioniert hat die Abdichtung, wenn einerseits die Verpressrohre innen frei sind und andererseits noch ca. 1/2m Zementabdichtung später aus den Sperrrohren ausgebohrt werden muss (Loten und protokollieren). Das ist nicht ganz einfach!! In der Praxis hat es sich bewährt zur Sicherheit die unteren etwa 20m der Verpressleitung in PVC auszuführen.

Sollten diese versehentlich teilweise einzementiert sein, können sie abgerissen und der im Zement steckende Teil mühelos zerbohrt werden. Der Nachteil des PVC-Rohres ist aber, dass das Bohrgut mit PVC-Teilen durchsetzt ist und somit gesondert entsorgt werden müsste.

Achtung: dieses Verfahren geht nur, wenn kein Spülverlust gegeben ist und somit die Sperrrohre bis zum Deckel mit Spülung/Wasser (nahezu blasenfrei) gefüllt werden können!!!! Ansonsten entsteht unter dem Verpresdeckel ein kompressibles Luftpolster, das eine korrekte Verpressung verhindert.

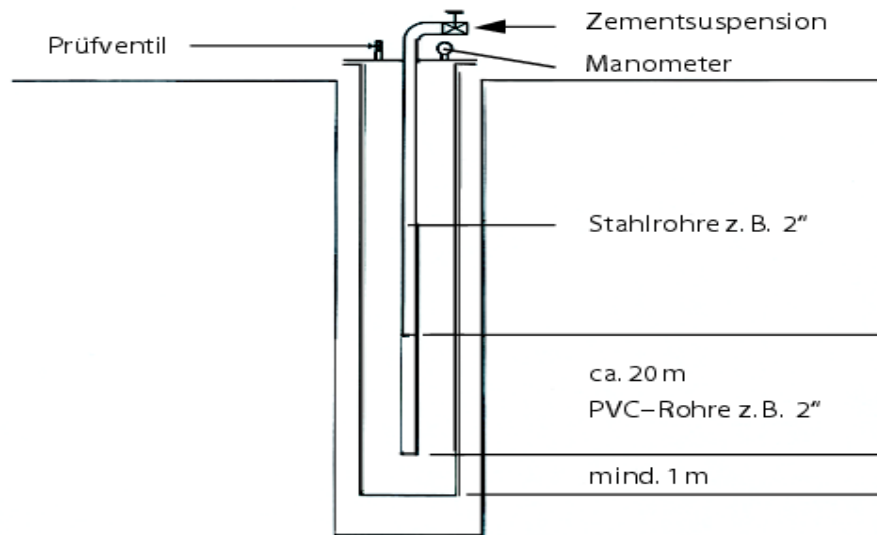
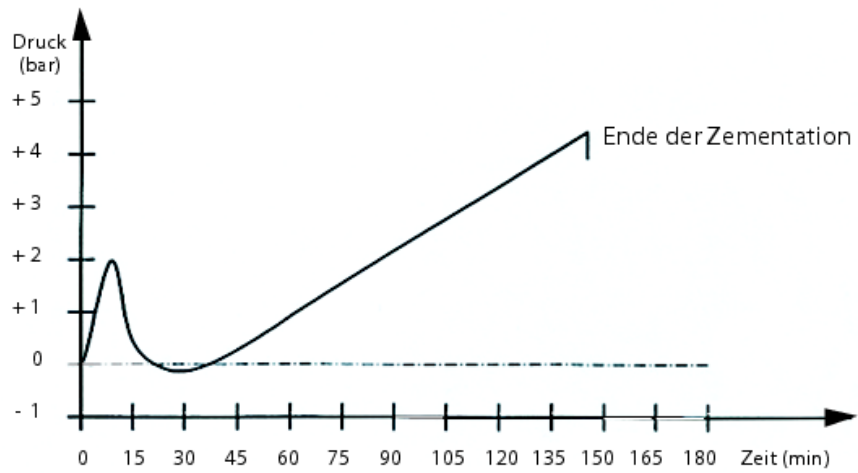
→ Verpressung durch ein **Fußventil mit Stab-in-Adapter (Verfahren S)**: Normalerweise wird zuerst ausgestingert, das Fußventil schließt sich, und dann kann die Verpressleitung durchgespült werden. Hält aber - was dann und wann vorkommt - das Fußventil nicht dicht, muss einerseits bis zum Erstarrungsbeginn des Zementes eingestingert bleiben, andererseits soll aber auch die Verpressleitung saubergespült werden.

Deshalb sollte unter dem Fußventil noch mind. 1m Sperrrohr als Puffer sein, damit kein Wasser beim Durchspülen der Verpressleitung im eingestingerten Zustand hinter den Sperrrohrschuh gelangen kann, und die Verpressleitung trotzdem freigespült werden kann. In besonders kritischen Fällen kann zur Sicherheit auch mit zwei Ventilen, nämlich mit einem Fußventil und ca. 5m drüber mit einem weiteren Ventil mit Stab-In-Adapter zementiert werden. Eines der beiden Ventile wird schon schließen.

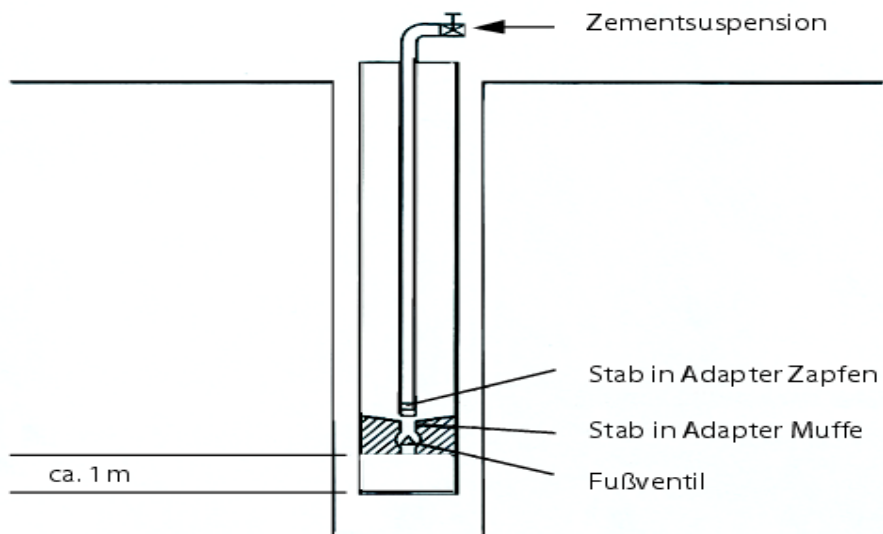
→ Verpressung **direkt im Ringraum mit Injektionsrohren** kommt nur bei genügend großem Ringraum, geringen Tiefen und zum Nachzementieren infrage. Der Verpressrohrmund muss (sollte) auch beim Höhersetzen immer im Zement stehen, um die Bildung von Wasser- oder Luftblasen im Ringraumzement zu vermeiden. Die einzelnen zulässigen Zementierhöhen (um Einbeulen zu vermeiden) können berechnet werden. Man muss halt mit der nächsten Charge (Stufe) dann 5 -8 h warten. Dann nämlich ist die letzte Charge sicher erstarrt und wirkt nicht mehr als „Beuldruck“ (siehe unten) auf das Rohr.

→ Zum Verpressen sind **druck- und saugfeste Schläuche** zu verwenden. Warum?? Der typische Druckkurvenverlauf, hervorgerufen durch zu verschiedenen Zeiten sich ändernder spezifischer Gewichte im Verpressrohr und im Ringraum, ist in der Skizze weiter hinten dargestellt.

Beispiel eines Druckverlaufdiagrammes beim Zementieren



Zementationsverfahren (V) mit Verpressdeckel



Zementationsverfahren (S) mit Stab in Adapter und Fußventil

→ Es darf niemals Luft während des Zementierens ins System gelangen, da sonst Luftblasen in der Zementation sind und im schlimmsten Fall sogar explosionsartige Entgasungen im Ringraum vorkommen können. Deshalb dürfen die Mischer nie ganz leer gesaugt werden und alle Leitungen, vor allem die Saugleitung, müssen 100% dicht sein.

→ Wird, z.B. bei Sperrrohren, nach Einbringen der Abdichtung weiter gebohrt ist eine **Erhärtungspause von mindestens 24h einzuhalten**. Vor Entwicklung oder Pumpversuchen mindestens 48h warten, besser noch mehr. Erstarrt ist die Abdichtung zwar schon weit vorher, aber die mechanische Festigkeit ist noch nicht gegeben, um den Belastungen des Bohrens und Entwickelns standzuhalten.

→ Die Höhe der in einem Zug einzubringenden Abdichtung richtet sich nach dem **maximal zulässigen Einbeuldruck der Rohre**.

Also vorher rechnen !!

Eine einfache Taschenrechner-Formel **für Stahlrohre** hierfür ist:

(Diese Formeln sollte man im Kopf haben!)

→ aus der Beuldruck-Grundformel:

$$H_{\text{krit.}} = 40 \times \left(\frac{s \times 100}{D} \right)^3 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{zul.}} = \frac{H_{\text{krit.}} \times sf}{(y_a - y_i)}$$

H_{zul.} Zulässige Zementierhöhe in Metern

s = Wandstärke der Rohre in mm

D = Außendurchmesser der Rohre in mm

sf = Sicherheitsfaktor 0,4 bis 0,7, je nach Rundheitsgrad und Wandstärkehaltigkeit der Rohre. Muffen wirken als Knoten stabilisierend, also eher in Richtung 0,7.

y_a = spez. Gew. außen (im Ringraum Sperrrohr/Bohrloch)

y_i = spez. Gew. Innen (im Sperrrohr)

Die Stahlqualität (Festigkeit) der Rohre spielt in unseren Brunnenbauteufen keine nennenswerte Rolle und geht deshalb nicht in die Formel ein.

Der Außendruck wird bestimmt durch die unterschiedlichen spez. Gewichte der Innenfüllung (Wasser 1,00 oder Spülung 1,xx) und der äußeren Zementsuspension (1,6 bis 1,85). Auch der Verpumpdruck ist bei Verfahren (S) zu berücksichtigen. Zusätzlich spielt der Verpumpdruck eine Rolle, wenn sehr schnell, also mit großer Menge gepumpt wird und, wenn die zuerst eingepresste Mischung, wegen zu langer Verpumpdauer, oben schon anfängt zu erstarren. Also vorher denken.

Achtung: Ein Absinken des Spülungsspiegels in den Rohren unter Gelände hat verheerende Folgen!

Das Sperrrohr soll bei Stingerzementation immer voll Spülung sein. Ist das nicht der Fall, kommt dann der Höhendifferenzdruck (innen zu außen) noch hinzu!!

Bei der Verpressdeckelzementation (V) ist der Innen- und Außendruck gleich und spielt deshalb keine Rolle, bei der Stingerzementation (S) dagegen schon.

Es gibt auch noch die **Vor- und Nachstopfzementation**, die aber im klassischen Brunnenbau nicht zum Einsatz kommt. Auf eine Beschreibung wird deshalb verzichtet.

- **An PVC** - Rohre soll nur **mit Dämmen** oder **gering wärmeentwickelnden Zement** abgedichtet werden, da sonst plastische Verformungen stattfinden!! Da die obige Formel nur für Stahlrohre gilt, kann sie bei PVC-Rohren **nicht** angewendet werden. Bei PVC-Rohren liegt H_{zul} etwa bei $\frac{1}{4}$ des H_{zul} von Stahl. Ich würde mich aber darauf nicht verlassen. Die PVC - Rohrhersteller haben Tabellen für die Einbeuldrücke ihrer Rohre, welche auch in die neue DIN 4925 aufgenommen werden sollen. **Im neuen W118 sind darüber auch Aussagen gemacht.**

- **Achtung:** Wird im Ringraum mit Lanzen zementiert und ist das Sperrrohr unten offen, kann es vorkommen, dass mit Einbringen der ersten Mischungen sich Wasserdruckhorizonte trennen und der Wasserspiegel im Sperrrohr sich absenkt. Letzteres gilt es durch sofortiges Auffüllen zu vermeiden.

Am besten ist es laufend Wasser oder Spülung ins Sperrrohr laufen zu lassen (Überlaufsystem, beim Tiefbohren als Triptank bekannt) um ein unerwartetes und schlagartiges Absinken möglichst zu verhindern. Ist ein Trennen von Wasserhorizonten zu befürchten, ist äußerste Vorsicht geboten.

- Wird eine Abdichtung in den Ringraum (ohne Sperrrohr) direkt auf den Filterkies eingebracht, so ist der Filterkies vor Aufbringen des **Gegenfilters (Kies - Sand - Polster)** zum Zwecke der Setzung zu kolben, sonst hängt die Abdichtung, bei späterem Kiessetzen, in der „Luft“. Trotz kolben ist das leider nie ganz zu vermeiden. Vor allem beim Entwickeln der Brunnen und bei Regenerierungen treten, obwohl vor Aufbringen des Kies-Sand-Polsters gekolbt wurde, noch Setzungen auf. Das Kies - Sand - Polster soll abgestuft bis auf 0,4 - 0,7 als oberste Schicht eingebaut werden. Sand mit 0,4 - 0,7 kann auf Kies 3,15 - 5,6 geschüttet werden. Bei größerem Kies als 3,15 - 5,6 muss noch eine Stufe dazwischen geschüttet werden. Das **Einpressrohr muss unten zu sein und nur seitliche Öffnungen** aufweisen, da sonst durch den vertikal nach unten spritzenden Strahl der Sand des Kies - Sand - Polsters aufgewirbelt wird und Zement in den darunter liegenden Filterkies gelangt.

- beim Abdichten können u.U. die Sperrrohre **aufschwimmen** (Unterschied der spez. Gew. innen und außen) Also vorher rechnen und erforderlichenfalls Rohrstrang gegen Aufschwimmen sichern.

Siehe: W118/123

Drittes Kapitel

Spülung brechen und entsorgen

Zuerst muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass das Schütten des Filterkieses möglichst ohne Unterbrechung erfolgen soll. Bei hilfsverrohrten Bohrungen ist dies natürlich nicht möglich. Bei jeder Unterbrechung - während der Brotzeit, über Nacht, übers Wochenende usw., bildet sich - wie schon erwähnt - auf dem zuletzt geschütteten Kies ein natürliches Kies-Sand-Polster und Filterkuchen. Liegen diese Absätze noch dazu hinter Vollrohren, können sie beim Entwickeln überhaupt nicht mehr erreicht und zerstört werden. Sie verursachen obendrein, bei raschem Absenken des Wasserspiegels, noch hydraulischen Außendruck auf den Filterrohrstrang.

Beim Schütten in schwerer und/oder stark viskoser Spülung ist die Lagerungsdichte der Schüttung, vor allem bei feinem Filterkies, extrem locker. Brückenbildung, sowie starke und ruckartige Setzungen sind beim Entwickeln die Folge. Die ruckartigen Setzungen können zu einem Kollaps des Rohrstranges führen!

Auch nicht zu vernachlässigen ist die Tatsache, dass der Kies, der nach unten unterwegs ist, das spez. Gewicht im Ringraum gewaltig erhöht und Filterrohre - hydraulisch gesehen - vorübergehend zu Vollrohren „macht“. Dies geschieht deshalb, weil die Spülung nicht schnell genug senkrecht durch den bereits abgesetzten Filterkies zum nächsten Filterrohr kommt und dadurch, dass der noch in Schwebelage befindliche Kies wie eine extreme Spülungsbeschwerung wirkt. Es entsteht dann Außendruck, der zu Einbeulungen führen kann. Also vorher Versuche in einem Behälter machen, um über die Sinkgeschwindigkeit des Kieses Bescheid zu wissen, und damit auch eine Ahnung davon zu haben, wie viel Kies noch „unterwegs“ ist.

Es kann oft Stunden dauern bis feiner Kies (z.B. 2,0 - 3,15) auf -100 Meter gesunken ist. Also nicht Big Bag auf und rauschen lassen, sondern Sinkversuche machen, messen und dann trotzdem noch langsam rieseln lassen.

Auch wenn das länger dauert, lohnt es sich doch.

Man kann auch die Sinkgeschwindigkeit ermitteln, indem man so viel Kies schüttet, dass er im ersten oder zweiten Filterrohr von unten stehen sollte. Dann warten bis sich nichts mehr aufbaut. Danach beginnen zu schütten, ständig messend warten, bis der erste Kies sich messbar abzusetzen beginnt. Diese Zeit ist die

Absetzzeit bei der entsprechenden Tiefe. Sie nimmt nach oben mit abnehmender Tiefe natürlich linear (gleichmäßig) ab.

Manche Ingenieurbüros verlangen vor Verkiesung einen **Spülsaustausch** in der Bohrung, d.h. die mit Feinteilen und Ton belastete Spülung durch neue zu ersetzen. Das ist richtig, wenn die Spülung nicht schon beim Bohren durch Entsandern (Siebe, Zyklone und evt. Zentrifuge) behandelt wurde. **Durch Tone „verdickte“ Spülung lässt sich aber auch mit Entsandern nicht reinigen.** Hier hilft nur das Austauschen gegen, oder nach Ende der Bohrarbeiten.

Solche Maßnahmen sind immer extra zu vergüten. Entsprechende Positionen sind vorzusehen. Zumindest müssen sie **deutlich**, nicht irgendwo in den Vorbemerkungen versteckt, verlangt werden.

Ist der Brunnen fertig ausgebaut muss vor dem Entwickeln die Spülung gebrochen werden, egal ob nach Austausch oder Behandlung.

Dies geschieht durch Absenken des pH-Wertes der Spülung im Brunnen. Gut geeignet im Brunnenbau ist das Kolben der Filterstrecken unter Zugabe von pH-Wert absenkenden Mitteln, wie z.B. Salzsäure. Es gibt aber auch spezielle Mittel dafür auf dem Markt. Hierzu sollten Spüldienst oder Spülmittellieferanten befragt werden. **Diese Maßnahmen sind genehmigungspflichtig aber sehr, sehr sinnvoll!!** Selbstverständlich muss sofort nach dem Kolben, mit Kompressor- oder U-Pumpe, die behandelte Spülung, von oben nach unten, stufenweise abgepumpt werden. Dieser Vorgang kann mit dem „Partiellen Entsandern“ falls es angewandt wird, einhergehen.

Der **ETSCHEL JET Master®** ist zum Spülung brechen eigentlich am besten geeignet, vor allem dann, wenn dem Wasser im Brunnen pH-Wert absenkende Mittel zugegeben werden können bzw. dürfen.

Man kann also Kosten sparend mit dem ETSCHEL JET Master® Spülung brechen und gleichzeitig das gesamte Entwicklungsprogramm zusammen abfahren. Das ist derzeit DIE MARKTGÄNGIGSTE UND WIRKUNGSVOLLSTE ENTWICKLUNGSMETHODE.

Entsorgung:

Es ist klar, dass die Spülung nicht einfach in die „Prärie“ gepumpt werden darf. Sie muss **ordnungsgemäß entsorgt** werden. Auch dies ist extra zu vergüten. Ob die Spülung verdünnt, über die örtliche Kanalisation, auf Deponien, auf Felder oder in Wälder verbracht werden kann, ist nicht generell zu beantworten, sondern muss von Fall zu Fall vor Ort geklärt werden. In vielen Fällen ist dies bei Angebotsabgabe nicht zu klären, da viele Entsorger die tatsächliche Zusammensetzung der Spülung, d.h. ihre Inhaltsstoffe wissen wollen. Leider sind die Spülmittelhersteller dabei nicht sehr kooperativ, sie verkaufen nur gerne.

Es kann aber von den Bohrfirmen durchaus eine **Spülsaustauschbilanz** verlangt werden. Diese beinhaltet – täglich oder je Schicht – protokolliert:

Menge der angemachten Spülung,

verwendete Zusätze nach Art und Menge,

Spülverluste oder -mehrunen z.B. bei einsetzendem Überlauf

entsorgte Menge

Anteil der über die, im entsorgten Bohrgut enthaltene Spülung

Anhand dieser Spülsaustauschbilanz kann die Entsorgung besser kontrolliert und „Schwarzentsorgung“ verhindert werden.

Viertes Kapitel

Entwickeln und Pumpversuche

Die sechste Frage ist: **Wie wird ein Brunnen entwickelt?**

Die richtige und vollständige Entwicklung eines Brunnens ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die optimale Nutzbarkeit des Brunnens und legt bereits den Grundstein für die Hinauszögerung der ersten Regenerierung. Bei der Entwicklung zu sparen, heißt später Energie zu verschwenden und früher als notwendig regenerieren zu müssen.

Schon solange ich mit Brunnenbau zu tun habe streitet jeder mit jedem und sich selbst, ob sachte oder mit Gewalt angefangen werden muss.

Ich würde im Normalfall (wenn man sich nicht gleich des **ETSCHEL JET Master**[®] bedient) empfehlen folgende Schritte der Reihe nach zu machen:

- **Kolben** der Filterstrecken (ganzer Brunnen) bis der Filterkies sich nicht mehr setzt. Auch hier ist der Streit, ob man stufenweise, oder den ganzen Brunnen auf einmal kolbt, so alt wie das Kolben selbst. Ich empfehle abschnittsweise von **oben nach unten** (W119) zu kolben („eine Treppe putzt man ja auch nicht von unten nach oben“; sagten die „Wasserpäpste“ Mutschmann/Stimmelmaier!). Bei dieser Methode kann sich immer von oben her, der bereits von Unterkorn, Spülungsresten und Gebirgssand vorgereinigte Kies setzen. Das Kolben ist eine unerlässliche (außer beim **ETSCHEL JET Master**[®]) Entwicklungsmethode, und obendrein noch sehr wirkungsvoll. Es entstehen, bei den jeweils ersten Hüben, große und unberechenbare Zugspannungen auf den **aufgehängten** Filterstrang. Man muss diese Zugspannungen, z.B. durch ein Drillometer, unbedingt unter Kontrolle haben. Bei tieferen Brunnen kommt es zu Setzungen des Filterstranges, durch Nachlassen, von einigen Dezimetern. Die Zugspannung soll man immer nur so hoch ansteigen lassen, dass die Rohre und die Verbindungen mit Sicherheit keinen Schaden erleiden.

Am schädlichsten sind hohe Druckspannungen auf den nicht aufgehängten Filterstrang, sie führen zum Einknicken und Einbeulen.

2 - 10h **anfangs sanft, dann aber brutal**

- **Brechen** und Abpumpen der Spülung (falls vorhanden). Kann auch vor dem Kolben sinnvoll sein.

3-6h **langsam/zart**

- **partielles Entsanden** zwischen Packerscheiben, auch von **oben nach unten**, mit 2 - 3m Scheibenabstand, bis jede Stufe weniger als 0,1 cm³ Sand (= 1,5gr) fördert.

20 - 100h und mehr **Überbelastung**

Für das Partielle Entsanden gibt es eine Grundregel: Die Scheiben sollten, wenn möglich immer in einem „Vollrohrbereich“ der Verbindung oder der schlitzfreien Mittel-Schweissnaht sitzen (vor allem ist dies bei Wickeldrahtfiltern wichtig!!!). Da die Filterrohre meist 2,50m bzw. 3,00m, 5,00m bzw. 6,00m Baulängen aufweisen, ist der **Scheibenabstand mit 2,50m bzw. 3,00m** eigentlich schon vorgegeben. Der **Scheibenabstand** steht dabei in einem bestimmten Verhältnis zur **Fördermenge** der verwendeten Pumpe.

Beispiel für die Berechnung der zu verwendenden Pumpe:

Erwartete Brunnenleistung: Q Brunnen = ca. 200m³/h = ca 56 l/s

Gesamte eingebaute, aktive* Filterrohrlänge: L = 40m (nur geschlitzter Bereich)

Scheibenabstand: S = 2,50m (s.o.)

nach W119: mengenmäßig 5**-fache Überbeanspruchung beim Entsanden

Q pro m = Q Brunnen : L = 200m³/h : 40m = 5m³/h m

Q Pumpe = S x Q pro m x 5** = 2,50m x 5m ³ /h m x 5**= 62,5m ³ /h = ca 17 l/s
--

Was ist die **aktive* Filterlänge**?

Grundsätzlich ist das die Summe der Filterrohrstrecken, die **produktiven Schichten** (z.B. Sand/Kies) gegenüber liegen. Sind undurchlässige Schichten (z.B. Tone) mit Filtern verrohrt, zählen diese **nicht** zur aktiven Filterlänge, ebenso wie die vorher erwähnten „Entlastungsfilter“

Am besten ist es jedoch:

- statt abpumpen, kolben und partiell entsanden, anwenden einer moderneren Methode, z.B. **ETSCHEL JET Master®**, bei gleichzeitigem Abpumpen eines mehrfachen dessen, was an Behandlungswasser eingepumpt wird. Bei dieser Methode muss der Sandgehalt auf etwa 0,2 bis 0,4cm³/10ltr herunter gefahren werden. Die **ETSCHEL JET Master® - Entwicklung** ist die beste Entwicklungsmethode, die derzeit auf dem Markt ist, und kann alle o.g. Verfahren ersetzen.

5 -20h

Von zart bis brutal steigerbar

Wichtige Anmerkung:

Ganz besonders möchte ich auf den W111 entsprechenden Krümmer mit Entnahmehahn und die richtigen Entnahmegeräte nach W119 verweisen. Dass das kleine Probenrohr 25% des Durchmessers vom Krümmerrohr exzentrisch sitzen muss, ist durch Messreihen widerlegt. Richtig ist es in der Mitte anzuordnen.

Es sind bei den Entnahmegeräten im W119 natürlich nur **einige Beispiele** gezeigt. Es gibt natürlich auch andere, bei Gericht und Sachverständigen anerkannte Geräte, so z.B. die, von **ETSCHEL Brunnenservice GmbH** entwickelten Messstrecken für den **ETSCHEL PUMP Master®**, deren richtige Messergebnisse nach W111 in Versuchsreihen nachgewiesen wurden.

Wichtig ist, dass die Entnahmemenge „q“ so auf die Gesamtfördermenge „Q“ abgestimmt wird, dass die Fließgeschwindigkeit im Förderrohr, mit der im Entnahmerohr, in etwa übereinstimmt.

Das ist in der Praxis gar nicht so einfach zu verwirklichen, da sich dann, wenn der Entnahmehahn aufgedreht wird, die Gesamtfördermenge sich im Bereich von 5 bis 10% ändert.

Das merkt man vor allem bei elektronischer Datenüberwachung ganz genau. Bei dem vom Bau-ABC, Rostrup entwickelten Gerät (W 111/119) ist dieser kleine Fehler nicht gegeben. Er ist aber nicht so gravierend und macht dem versierten Auswerter des PVs keine Probleme.

Siebte Frage „Wie wird der Pumpversuch gemacht?“

Hier kann ich mich mit gutem Gewissen auf W111 berufen. Dem ist nicht viel hinzuzufügen. Das beste Arbeitsblatt überhaupt.

Den Pumpversuch zu planen und richtig auszuschreiben ist Sache des Ing.-Büros und nicht die des Bohrunternehmens.

Beim „Bauernbrunnen“ interessiert nur, was kann ich entnehmen, kann ich meinen Spitzenbedarf abdecken, wie muss ich Pumpe und Druckkessel auslegen. Da reicht also ein kurzer Pumpversuch von 12 bis 48h, Lichtlot- und Messkastenmessung.

Beim kommunalen und Industriebrunnen, bei Großwasserwerken und Erkundungsmaßnahmen, spielen wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Fragen eine wesentliche Rolle. Hier sind die PVs viel länger, und es sollten heute die Daten elektronisch erfasst und gespeichert werden, z.B. mit dem **ETSCHEL PUMP Master®**.

Eine irrierte Ansicht ist, der PV ist zu wiederholen, wenn er - z.B. durch Strom- oder Pumpenausfall - unterbrochen wird. Wichtig ist nur, dass sofort nach Ausfall der Wiederanstieg in Brunnen und Messstellen gemessen und protokolliert wird. Wichtig ist weiterhin, dass die **Pumpe ein vollständig schließendes Rückschlagventil** hat!!! Beim **ETSCHEL PUMP Master®** erfolgt die Messung automatisch. Von Hand ist es problematisch, es sei denn, man hat eine akustische Warnanlage bei Ausfall und beginnt auch so rasch wie es eben geht mit den Messungen. Dies ist von Bedeutung, weil gerade die ersten Minuten des Wiederanstieges wichtig sind. (Siehe Messintervalle nach W111)

Sandführung / Restsandgehalt:

Nach Erscheinen des neuen W 119 gibt es zwei Betriebszustände mit jeweiliger Zugehörigkeit der Sandfreiheit:

Es wird ganz klar unterschieden, zwischen dem erlaubten Restsandgehalt unter Einschalt-, bzw. Mengenänderungs- und Dauerbetriebsbedingungen. **Beide Anforderungen müssen erfüllt werden.**

W 111, Blatt 37 sagt dazu aus:

Für die Beurteilung der technischen Sandfreiheit eines Brunnens sind zwei Betriebspunkte des Pumpversuches ausschlaggebend:

1.) Der Sandgehalt unter Einfluss des Einschaltens** der Pumpe, oder der Änderung des Volumenstromes.

Dabei sind 15 gr/m³ oder ca. **0,1 cm³/10 ltr (im Imhoff-Trichter)** geförderten Wassers. Bei 1.) wird gemessen, wenn der **1 ½-fache Steigrohrinhalt** gefördert ist

2.) Der Sandgehalt im **Dauerbetrieb nach mindestens einer Stunde* konstanter Förderung.**

Hierfür gelten (nach W 119, Blatt14) folgende Werte:

Anforderungen an den Brunnen (Abschnitt 11, W 119)	Feststoffgehalt bei längerem Pumpen*	Feststoffgehalt beim Schocken**
hoch	0,1 ml/m ³	1,0 ml/m ³
mittel	1,0 ml/m ³	10,0 ml/m ³
niedrig	2,0 ml/m ³	20 ml/m ³

Beim Entwickeln/Entsanden mit dem **ETSCHEL JET Master[®]** (W119) wird man, in Abhängigkeit von der Fördermenge der U-Pumpe, selbst einen Wert festlegen müssen. Normal liegt er bei 0,2 bis 0,4 cm³/10ltr Wasser (Beendigungskriterium). Das ergibt beim Schocken – **ohne Düsenbetrieb** – normalerweise immer weniger als 0,1 cm³/10 ltr.

Einen Pumpversuch ohne gründliches Entwickeln zu machen wäre grundfalsch. Das W111 muss unbedingt intensiv gelesen und auch befolgt werden.

Fünftes Kapitel

Wirkungsgrad eines Brunnens.

Der Wirkungsgrad eines Brunnens zeigt - vereinfacht ausgedrückt - das Verhältnis von dem was der Brunnen bei optimalem Ausbau und 100%iger Entwicklung bringen könnte, zu dem was er tatsächlich bringt.

Rein wissenschaftlich ist dies nicht ganz korrekt, aber mir kommt es gar nicht so sehr darauf an, hier eine Formel zu bringen, mit der man aufgrund fehlender Werte, meist gar nicht rechnen kann.

Richtig angeordnete Messstellen, zuverlässige Messungen und einiges mehr sind nötig, um den „echten“ Wirkungsgrad errechnen zu können. Diese Voraussetzungen fehlen aber meist, - also beschränke ich mich darauf die Fehler zu beschreiben, die gemacht werden können, die den Wirkungsgrad nach unten drücken und damit den Energieverbrauch zu erhöhen.

Wirkungsgrad verschlechternde Fehler sind:

1. **Zu kleine Schlitzweite der Filter** im Verhältnis zur Filterkieskörnung. Das Korn, das der Filterkies noch durch lässt, muss **mühe**los durch die Filterschlitz gehen, um diese nicht zu verstopfen. Das bedeutet, dass die Schlitzweite des Filterrohres zwischen 1/4 bis 1/2 des mittleren Filterkieskornes sein muss.

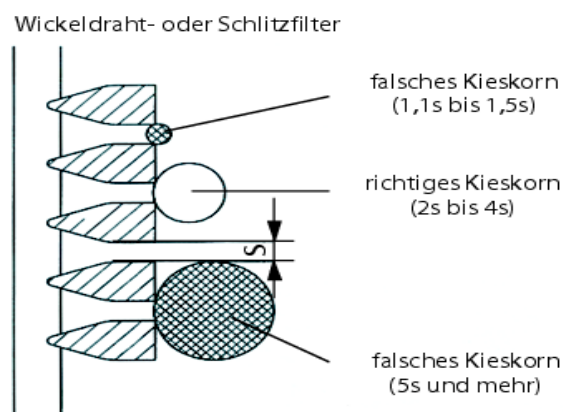
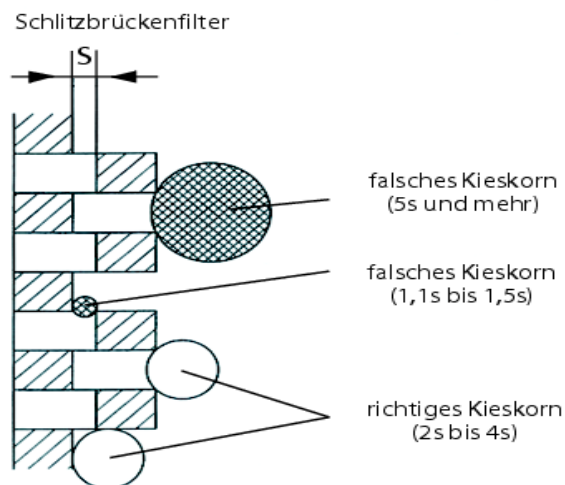
Filterkies mm	Schlitzweite mm	Filterkies mm	Schlitzweite mm
3,15 – 5,6	1,00 bis 2,00	2,00 – 3,15	0,6 bis 1,25
1,00 – 2,00	0,4 bis 0,75	0,7 – 1,2	0,25 bis 0,5

Bei dem im Brunnenbau äußerst selten vorkommenden Kies 0,4 - 0,7 mm, kann die SW 0,2 mm betragen (siehe Kap. 2 „Welche Kiesschüttung“). Dann können die nicht ganz runden Filterkieskörner auch die Filterschlitz nicht verlegen (zuklemmen), und es bleiben genügend große Zwickelräume offen.

Bei Hochleistungs-Schlitzbrückenfiltern aus Edelstahl, mit einer Schlitzweite von 1,0mm, kann Kies 2.0 - 3,15mm geschüttet werden. Muss der Filterkies kleiner 2,0 - 3,15 sein, muss man also auf Wickeldrahtfilter umsteigen. Manchmal wird Kies 2,0 - 3,15mm auch an normale Schlitzbrückenfilter mit 1,8 bis 2,0mm SW geschüttet. Das ist zwar möglich, wenn gar keine andere Wahl bleibt, ist aber sehr bedenklich, da viele Kieskörner mit 2,0mm, zumal wenn sie abgeflacht, also nicht rund sind, in den Schlitz klemmen, und dort für eine starke Reduzierung des freien Durchgangs (innere Kolmation) sorgen. Auch wird man hier beim Entwickeln einen nicht unerheblichen Teil des Kiesel wieder herausholen.

2. **Viel zu feine Filterkieskörnung.** In diesem Fall verstopft der Filterkies schon an der Bohrlochwand mit Sand und Schluffanteilen (äußere Kolmation). Im schlimmsten Fall bildet sich beim Entwickeln und im Betrieb ein Sekundärfilterkuchen. Dieser Ausbaufehler ist in der Regel irreparabel. So wie man den Sekundärfilterkuchen durch Regeneriermaßnahmen zerstört, baut er sich jedoch im Betrieb sofort wieder auf.
3. **Filterkies dringt in Klüfte:** siehe vierte Frage.
4. **Ungenügende oder falsche Entwicklung:** Ein Brunnen ist erst dann richtig entwickelt, wenn alle Spülung (bis zur Brunnensohle!) herausgeholt, der Filterkuchen, soweit technisch möglich, zerstört ist und sich der Betriebswasserspiegel bei Maximalentnahmemenge durch intensive Entwicklungsmaßnahmen nicht mehr verbessern (nach oben schieben) lässt. Kann man diese Verbesserung erzielen, bricht sie jedoch kurz darauf wieder zusammen, ist das meist ein Zeichen für einen Ausbaufehler, wie z.B. falsche Wahl der Filterkieskörnung im Verhältnis zum anstehenden Gebirgssand oder zu kleine Schlitzweite (insbesondere bei Wickeldrahtfiltern). Beides bedeutet, dass der Filterkies bzw. die Schlitz des Filters sofort wieder verstopfen.

Richtige und falsche Kieskörnung



Sechstes Kapitel

Geophysik im Brunnenbau

Die Entwicklung der geophysikalischen Messverfahren ist rasant. Deshalb kann hier nur der Erkenntnisstand 2006 erläutert werden. In der Zwischenzeit hat sich schon wieder etliches geändert. Das W116, in jeweils gültiger Fassung ist zu beachten.

Dem W 116 ist nicht viel hinzuzufügen, außer dass es auch schon wieder leicht in die Jahre gekommen ist. Ich möchte aber trotzdem ein paar zeitlos wichtige Anmerkungen machen.

Zementationskontrollen: CBL alleine genügt meist nicht.

Das CBL zeigt nur die Anbindung des Zementes an das Sperrrohr oder Ausatzrohr und bedingt auch an das Gebirge – sonst nichts!! Ein CBL kann sehr ungleichmäßige Anbindungsqualität zeigen, und trotzdem ist die Abdichtung voll funktionsfähig.

Zum CBL gehört dann schon Gamma-Gamma und Neutron- Neutron (Dichte, d.h. Spez Gewicht der Hinterfüllung und Wassergehalt). Nur alle drei zusammen ergeben richtigen Aufschluss über die echte Qualität der Abdichtung. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass alle drei Messverfahren bei im Brunnenbau üblichen großen Sperrrohren (über 400mm) schwierig oder sogar unmöglich sind.

Es müssen z.B. dreifach Selektivmessungen gemacht werden. D.h. die Messsonde wird dreimal entlang der Sperrrohr- bzw. Aufsatzrohrwand jeweils um 120° versetzt gefahren und gemessen.

Wegen der Abweichung von der Lotrechten um nur den Bohrdurchmesser – z.B. 500 mm und 100m Bohrtiefe, das sind gerade mal 0,5% - können die Sonden nicht am Sperrrohr anliegend, mit konstant z.B. 120° Abstand voneinander geführt werden. Unten werden sie allemal auf einer Rohrseite ankommen, und sich unterwegs zumindest von der Rohrwand entfernen. Somit ist ein nahezu vollständiges „Rundum-Bild“ nicht möglich. Eine rotierende Sonde wäre zu erfinden. Es ist also einfach solche Messungen zu verlangen, aber eben oft nicht sinnvoll. Besser ist es die Prüfung der Abdichtung durch eine Dichtheitsmessung zu verlangen.

Man kann, wenn z.B. vor dem Weiterbohren, den Wasserspiegel im Sperrrohr absenken, einige Stunden warten und dann mehrere Stunden den Auftrieb messen. In den ersten Stunden darf er etwas ansteigen, weil da an der Rohrwand noch haftendes Wasser nach unten läuft. Danach aber nur noch eine unbedeutende Menge von Schwitzwasser. Eine Messstelle neben dem Brunnen wäre natürlich ideal um die Reaktion des oberen Stockwerks beobachten zu können.

Die Alterung in der Filterkiesschüttung, z.B. durch Verockerung, kann durch Gamma-Gamma und Neutron-Neutron Messungen überprüft werden, am besten dann, wenn eine Ausgangsmessung (Nullmessung) zum Vergleich des Zustandes sofort nach dem Schlusspumpversuch vorliegt. Aber es geht auch ohne diese Vergleichsmessung, wenn ein guter Geophysiker auswertet. Man kann bei diesen Kontrollmessungen - schon vor Nachlassen der Brunnenleistung - eine Regenerierungsnotwendigkeit erkennen. Flowmetervergleiche tragen ein Übriges dazu bei. Man sollte aber immer ausrechnen was billiger ist. Die Kosten für eine zu frühe Regenerierung, oder die Geophysik, um dann zu wissen, dass man doch noch die finanziellen Mittel für die Regenerierung aufbringen muss, oder sie vielleicht noch ein wenig hinausschieben kann.

Es kommt halt immer darauf an wie wichtig die Aussagen der Geophysik sind, und ob man dadurch die Zeitintervalle zwischen den Regenerierungen optimieren kann. Ein Kosten/Nutzen Vergleich – vor der Entscheidung - ist stets angebracht.

Die üblichen Messverfahren vor Ausbau im offenen Bohrloch, wie Gamma (natürliche Strahlung des Gesteins), Leitfähigkeit der Spülung und des Gebirges, Kaliberlog, Temperatur, Neigung usw. sind nach Verfahren und Aussagekraft für die Ausbaumentcheidung im W 116 gut beschrieben. Man sollte auch hier nicht der „Gescheiteste“ sein wollen, sondern lieber einmal einen guten Geophysiker um Rat fragen, um zu erfragen was sinnvoll und was unsinnig ist.

Kaliberlogs mit 2- oder 3-Arm-Sonden kann man sich schenken. Schade fürs Geld! Sie haben keinerlei Aussagekraft. Es müssen mindestens gute 4-Arm-Sonden sein.

Die Federausstellkraft für die Arme muss schon so groß sein, dass ein Armpaar (z.B. X-Arme) nicht durch die Neigung einen scheinbar kleineren Durchmesser zeigt, als das andere (z.B. Y-Arme). Ist die Federausstellkraft zu klein, erscheint fälschlicherweise ein „ovales“ Loch. Kaliberlogs sollen auch gleich eine Volumenberechnung für den Ringraum liefern, dann braucht man das Volumen der Abdichtung oder des Filterkieses nicht mühselig, und meist noch falsch, abschätzen.

Flowmetermessungen haben in großen Durchmessern und bei geringer Fördermenge keinen Sinn. Im ausgebauten Loch (z.B. 400mm Filter- und 800mm Bohrø) macht Flowmeter überhaupt keinen Sinn. Die Auswertung ist vergleichbar mit Kaffeesatz-Lesen. Im offenen Loch (z.B. 800mmø und Auskolkungen) bringt sie auch nichts. Nicht einmal mit CAL. Die sinnvolle Flowmetermessung bleibt daher mehr oder weniger beschränkt auf kleinkalibrige Versuchsbohrungen und kleine Filterstrangdurchmesser bei großer Fördermenge.

Ein guter Rat: Ein guter – **und wenn möglich von einer Messfirma unabhängiger** - Geophysiker kann hier beratend Messkosten sparen helfen.

Siebttes Kapitel

Geologie und Bohrprobenansprache durch den Bohrmeister

Der Bohrmeister darf sich nicht verleiten lassen mit geologischen Kenntnissen prahlen zu wollen.

Die Bohrproben müssen so bezeichnet werden, wie er sie sieht und beim Bohrvorgang erkennt. Die Baugrund DIN ist eigentlich für den Brunnenbau untauglich, wird aber doch oft verlangt, - unsinnigerweise!

Ausdrücke, wie „Feuerletten, Keuper, Moräne, Buntsandstein usw.“, haben im Bohrmeister-Bericht nichts verloren!!

Die Bodenproben geologisch einzuordnen ist Sache des Geologen, und für diesen schon oft - vom bloßen Augenschein her - nicht möglich.

Man bohrt in Fels; Sandstein; Tonstein; Sand, grob bis mittel; Kies, fein; usw.

Das Gebirge ist locker, weich; fest; hart; gebunden - klüftig; dicht usw.

Die Farbe ist rot; braun; grau; beige; rot-grün; weiß-gelb; bunt; usw. Wobei hier schon jeder die gleiche Farbe anders anspricht.

Viel wichtiger als die Bodenansprache des Bohrmeisters, sind seine Beobachtungen von Spülverlust, Überlauf, Wasserspiegel, Nachfall usw. Diese teufengerecht zu protokollieren, oder was sonst noch im Berichtsformular, oder der Arbeitsanweisung verlangt wird, ist schon genug. Weiß der das Profil aufnehmende Geologe z.B., dass zwischen x und y Meter die Bohrproben mit Nachfall durchsetzt sein können, so ist dieser Hinweis für ihn sehr hilfreich. Auch ob mit Flachbohrkopf oder Stufenmeißel gebohrt wurde ist wichtig (siehe oben).

Entscheidend für den auswertenden Geologen sind alleine die Qualität der Probenentnahme und die anderen Beobachtungen des Bohrmeisters.

Achtes Kapitel

Sanierung, Rückbau und Plombierung

Einschubfilter: Die einfachste Sanierung eines Brunnens stellt der Einschubfilter dar. Hat ein Brunnen einen erkennbaren Filterschaden, oder kündigt sich ein solcher bei der Fernsehbefahrung an, kann ein Einschubfilter genügen, um den Brunnen wieder für Jahre oder sogar für Jahrzehnte zu betreiben. In den meisten Fällen ist das sogar ohne messbare Leistungsminderung möglich, vor allem dann, wenn in den Ringraum zwischen alten Filterstrang und neuem kein Filterkies geschüttet werden muss. Der Brunnen ist dann nur gegen Zusammenbruch gesichert.

Muss - weil schon Filterkies aus dem Ringraum hinter der alten Filterrohrtour einläuft - zwischen Einschubfilter und altem Filter verkiest werden, ist auf folgende Punkte zu achten: 1.) der Einschubfilter muss gut zentriert sein (z: B. Führungskörbe)
2.) der Ringraum muss groß genug sein um eine Rundumschüttung zu gewährleisten (je nach Kieskörnung 30mm – 40mm)

3.) die neue Kieskörnung muss mindestens eine Kornstufe größer sein als die alte, und die Schlitzweite des Einschubfilters muss so groß sein, dass alles Korn, das durch den neuen Filterkies geht, auch durch die Schlitzweite kann. Sonst besteht die Gefahr der Verstopfung mit einher gehender Wirkungsgradverschlechterung (innere Kolmation).

Der Nachteil von Einschubfiltern - vor allem mit Kiesschüttung - ist, dass meist Pumpe und Steigleitung danach zu gross sind und ausgetauscht werden müssen. Auch werden späterer Rückbau und Plombierung erschwert und damit teurer.

Sanierung durch Rückbau und Neuverfilterung: ist bei Sperrrohrausbau und im **standfestem Festgestein** ohne große Probleme und mit vertretbaren Kosten möglich. Als erstes sollte der Brunnen mechanisch regeneriert werden, damit der evt. verbackene Filterkies beim Absaugen auch „läuft“. Einfach gesagt wird der Filterstrang an mehreren Stellen zunächst geschlitzt

Dazu verwendet man eigene Schlitzer oder holt sie von Servicefirmen. Großlochperforation (5 - 10cm Sprenglöcher) ist auch möglich. Dann wird der Filterkies im Lufthebeverfahren ausgesaugt. Danach kann der Filterstrang meist frei gezogen, neu verfiltert und verkiest werden. Der Brunnen ist dann neuwertig.

Im **nicht standfesten Locker- und Festgestein** wird der Rückbau, auch bei Sperrrohr, wesentlich schwieriger und damit auch teurer. Nach der mech. Regenerierung und vor dem Schlitzen, muss die Bohrung mit Spülung gefüllt werden. Oft muss der Filter stückweise abgeschnitten und gezogen werden.

Auch das Überbohren des Filterstranges wird in einigen Fällen notwendig. Der Rückbau ist sehr aufwändig, und es kann im Voraus nicht gesagt werden, welche Maßnahmen, bzw. welcher Zeitaufwand nötig ist, und welche Werkzeuge, in welcher Reihenfolge, zum Einsatz kommen müssen. Solche Arbeiten können eigentlich nur nach „Zeit und Aufwand“ abgerechnet werden.

Hier ist dann eine erfahrene und gut ausgerüstete Firma, auch wenn sie scheinbar teurer ist, am Ende trotzdem billiger. **Ohne Sperrrohr (im Lockergestein)** ist der Rückbau nur mit Spülung und Überbohren möglich. Er wird ganz wesentlich teurer als bei Sperrrohrausbau. Er kann u. U. überhaupt nicht gelingen.

Jeder Brunnen hat seine Eigenheiten. Es muss jeder Rückbau, und jede Sanierung, gesondert geplant und projektiert werden. Dazu sind bei Planung und Ausführung absolute Fachleute gefragt. Erleichtert wird die Planung und Ausführung ganz wesentlich, wenn gute und wahrheitstreue Tagesberichte vom Bau her noch vorhanden sind (**Archiv bei Brunnen von Etschel & Meyer und E+M Bohr GmbH seit 1919 bei ETSCHEL Brunnenservice GmbH lückenlos vorhanden**). Auch bestimmte geophysikalische Messungen (z.B. Gamma-Gamma und Neutron-Neutron) sind vor Planung sinnvoll, ja oft unentbehrlich. Überraschungen erlebt man nicht selten beim Vergleich von Sollausbau mit Istausbau. Da liegen manchmal Welten dazwischen. Das erschwert und verteuert den Rückbau. Hier stellen sich dann der Murx und die Papierlügen der billigen Jakobs heraus, leider aber mit dem Nachteil, dass der billige Jakob nicht mehr zu belangen ist.

Auch das Wissen darüber, welches Material zur Zeit der Brunnenherstellung verfügbar war, spielt eine Rolle. Man denke nur an die Materialnot der Kriegs- und Nachkriegszeit!! Auch neu auf den Markt gekommene Filter hatten ihre Schwächen.

Sehr häufig sind Sanierungen teurer, als ein Neubrunnen. Trotzdem kann eine Sanierung unumgänglich, sein, da ein Neubrunnen oft nicht genehmigt wird. Außerdem ist die ganze Erneuerung der Infrastruktur, wie Schutzzonen, Einzäunung, Brunnenstube, Anschlüsse usw., bei der Kostenbetrachtung mit zu berücksichtigen. Auch die Tatsache, dass ein aufgelassener Brunnen plombiert werden muss, ist in die Überlegungen einzubeziehen.

Der Rückbau zum Zwecke der Plombierung ist mindestens schon der halbe Weg zur Sanierung, was Technik und Kosten betrifft. Man muss also Kosten und Nutzen gegeneinander abwägen.

Rückbau und Plombierung: auch hier ist der Sperrrohrausbau deutlich überlegen. In den meisten Fällen genügt es den Filterstrang, am unteren Ende der Sperrrohre zu schlitzen, den Kies in den Restfilter laufen zu lassen und Überschuss abzusaugen, dann evt. abzuschneiden oder ganz zu ziehen. Das Sperrrohr ist danach frei und die dahinter befindliche Abdichtung kann, wenn nötig, mit CBL, GG und NN auf Funktionsfähigkeit überprüft werden.

Ist diese in Ordnung, kann von OK Schlitzung bzw. Schnitt bis zu Tage zementiert werden - fertig!!

Ist die alte Abdichtung nicht in Ordnung, muss entweder das Sperrrohr, teilweise oder ganz, überbohrt und nachgedichtet werden, oder der Filterstrang nochmals einige Meter unter der UK Sperrrohr abgeschnitten, der Rohrrest gezogen und dann bis zu Tage zementiert werden. Hier gibt es so viele Spielarten wie Brunnen.

Ohne Sperrrohr muss auf jeden Fall erst Geophysik gemacht werden. Ist die Abdichtung in Ordnung, kann es genügen bis UK Abdichtung zu verkiesen und darüber bis zu Tage zu zementieren. Ist sie nicht in Ordnung, muss zunächst mit einem Standrohr von einigen Metern Länge überbohrt und dieses stehen gelassen werden. Dann kann mit kleinerem Durchmesser bis UK Abdichtung überbohrt, der Filterstrang dort abgeschnitten, gezogen und danach bis zu Tage zementiert werden. Ansonsten gilt das Gleiche wie oben unter Sanierung beschrieben.

Alle **Plombierungen sind genehmigungspflichtig**. Es muss also der zuständigen Behörde (Landratsamt, WWA, Bergamt) ein Plombierungsvorschlag gemacht werden. Am besten ist es, man diskutiert diesen erst einmal mit dem zuständigen Hydrogeologen des WWA, und reicht erst nach dieser Vorabklärung den Antrag ein. Reicht man erst den Antrag ein, oder lässt man gar den Vorschlag von der Behörde ausarbeiten, kann das in der Ausführung sehr teuer werden. Hat sich der Geologe erst einmal auf eine Linie festgelegt, kommt er natürlich schlecht wieder davon runter. Siehe W 135

Neuntes Kapitel

Regenerierungen

(siehe auch Anhang No. 3)

Es gibt weder mechanische, noch chemische Regenerierungsverfahren, die überall und auch noch mit Erfolg anzuwenden sind.

Genauso komplex wie die Alterungs- und Ausbauart eines Brunnens sind, genauso vielfältig sind die Verfahren mit denen der spezielle Brunnen behandelt werden kann.

Oft kommt es sogar vor, dass ein Verfahren zwar zum Erfolg führen, jedoch nicht angewendet werden kann, z.B. weil es zu viel Zeit in Anspruch nimmt. Deshalb sollen zunächst die Kriterien aufgeführt werden, nach denen man die infrage kommenden Verfahren auswählen kann.

CHECK LISTE

Chemische Verfahren:

- 1.) wird die Anwendung von Chemikalien überhaupt genehmigt?
- 2.) verträgt das Ausbaumaterial Chemikalien?
- 3.) verträgt das anstehende Gebirge Chemikalien? (z.B. im Kalkstein nicht, da die Säure den Kalkstein zuerst zu lösen versucht, und an die eigentlichen Ablagerungen nur sehr zögerlich ran geht. Man bräuchte auch unnötig viel Chemie und kann obendrein den Aquifer dauerhaft stören.)
- 4.) kommt wegen benachbarter, in Betrieb befindlicher Brunnen, überhaupt Chemie infrage?
- 5.) kann ein chemisches Verfahren, wegen der langen Zeit die dafür nötig ist, überhaupt angewendet werden? Auch wenn viele anderes behaupten, hat Bieske u. Partner, Prof. Treskatis nachgewiesen, dass chemische Mittel - sollen sie wirken - eine bestimmte Reaktionszeit brauchen. Also „rein, raus, fertig“ ist nicht!! Außerdem muss sich an eine chemische Regenerierung ein längerer Pumpversuch anschließen, bevor man wieder ans Netz kann. Hinzu kommt noch die große Frage der Entsorgung der mit Restchemie und Rückständen verunreinigten Pumpwässer.
- 6.) kann man mit der Chemie, z.B. bei starker Verockerung, überhaupt noch die ganze Filterkiesschüttung und mindestens noch die Bohrlochwand erreichen?

Bei den chemischen Verfahren muss immer vorher mechanisch so viel herausgeholt werden, dass die Chemie auf ein Minimum beschränkt werden kann. Dies ist in W 130 zwingend vorgeschrieben!

Mechanische Verfahren:

- 1.) ist das ins Auge gefasste mechanische Verfahren überhaupt geeignet? Wird es den Brunnenausbau über Gebühr gefährden?
- 2.) kann das ins Auge gefasste mechanische Verfahren überhaupt die Kiesschüttung vollständig bearbeiten und zumindest noch die Bohrlochwand erreichen?
- 3.) welches Rotationsdüsendesign von **ETSCHEL Brunnenservice GmbH** ist für die Regenerierung dieses Brunnens speziell sinnvoll **UNINOZ® - MAXINOZ® oder TURBONOZ®**?

Eine gute (mechanische oder chemische) Regenerierung muss nach W 130 drei Bedingungen **gleichzeitig** erfüllen:

trennen - austragen –kontrollieren

Egal ob chemisch oder mechanisch, muss das gelöste bzw. abgelöste (abgetrennte) Material, möglichst **gleichzeitig zum Löse- bzw. Ablösevorgang, sofort abtransportiert und gemessen** werden können. Der Erfolg muss messbar (kontrollierbar) sein, sodass man ein Beendigungs- bzw. Abbruchkriterium (Abbruchzeitpunkt, z.B. bei Filterkiesförderung) bestimmen kann. Gute chemische oder mechanische Verfahrenstechniken, wie z.B. der Kieswäscher mit Messeinrichtung für die abgelaufenen chem. Prozesse, oder der **ETSCHEL JET Master®** mit gleichzeitig zum Abtrennvorgang arbeitender Wasserförderung, erfüllen diese Bedingung in hervorragender Weise.

Alle Verfahren, die nicht gleichzeitig zum Trennen (Lösen bzw. Ablösen) austragen (abfordern) und kontrollieren (messen) können, sind bedenklich.

Man hat keine Kontrolle über das, was man trennt, und außerdem setzt sich getrenntes Material sofort wieder in den Porenräumen des Filterkieses ab. Hier helfen keine schönen Namen und keine Patente, hier zählen nur die technischen Fakten:

trennen-austragen-kontrollieren.

Entwickeln, Entsandungen und Nachentwicklung eines Brunnens, oder einer Messstelle, sind nur mechanisch sinnvoll, keinesfalls chemisch.

Eine Regenerierung soll nicht in erster Linie billig sein, sondern WIRKUNGSVOLL und NACHHALTIG.

Soweit die allgemeinen Regeln der Technik.

Im Detail ist folgendes zu bedenken:

1.) Bei **chemischen** Regenerierungen muss – trotz anders lautender Werbung – immer bedacht werden, dass eben die Chemikalien – ungeachtet des Verfahrens und der Geräte – eine bestimmte Zeit brauchen um reagieren zu können.

Wie lange die Reaktionszeit ist, kann nicht eindeutig im Voraus bestimmt werden. Beschleunigt wird die Reaktionszeit durch „Bewegung“. Alle kennen das Phänomen der Lösungszeit des Kandiszuckers im Tee. Wirft man ihn nur rein, ist er nach vielen Stunden noch nicht ganz aufgelöst. Rührt man kräftig um, dauert der Auflösungsprozess 5 - 10 Minuten. Genauso ist es mit Chemikalien. Die alte Methode: „Säuere rein, über Nacht wirken lassen und wieder raus“ ist grundfalsch! Die Säuerung wird durch die Grundwasserströmung im Ruhezustand „verfrachtet“. Man bildet sich jedoch ein, sie hätte gewirkt!

Es muss also schon „umgerührt“ werden. Am besten ist da noch ein **guter Kieswäscher** (kein „Augenauswischer“) geeignet.

Und ohne laufende **und objektive** Kontrollmöglichkeit des Lösungserfolges, geht schon gar nichts.

Also: wenn überhaupt chemische Regenerierung, dann aber nur mit erstklassigen und **überprüften** Verfahren! Lassen Sie sich nicht vom „Schmarri“ verführen, auch, wenn er es noch so schön pseudowissenschaftlich erklärt.

2.) Bei **mechanischen** Regenerierungen muss man darauf achten, ein Verfahren zu wählen, das bei einem unabhängigen Prüfverfahren (z.B. beim vom **DVGW** in Dresden in Auftrag gegebenen Überprüfungsverfahren W 55/99) mit gutem Erfolg abgeschnitten hat.

Ein solches ist der **ETSCHEL JET Master**[®] der bei den überprüften mechanischen Verfahren hervorragend abgeschnitten hat. Die Wirtiefe reicht beim **ETSCHEL JET Master**[®] nachweislich bis 45 cm hinter die Filterrohräußenwand!

Manch anderes, mit wohlklingendem Namen bedachtes Verfahren, zeigt schlechtere Ergebnisse oder ist erst gar nicht zum Überprüfen angetreten.

Auch eigene Tests der Fa. **ETSCHEL Brunnenservice GmbH**, im Freibad Hof – unter Aufsicht eines **DVGW-Experten durchgeführt** – haben eine Wirtiefe bis weit hinter die simulierte Bohrlochwand, sowie die Entstehung von Kavitation und Umkehrströmung im Bereich des Düsenpaares, sowie auch die Zerstörung von weichen und sehr harten Ablagerungen, deutlich sichtbar nachweisen können- ohne, dass dabei das Filterrohr auch nur im Geringsten angegriffen wurde.

Einiges über den **ETSCHEL JET Master**[®] :

Die Bedingung gleichzeitig trennen, austragen und kontrollieren zu können, ist beim **ETSCHEL JET Master**[®] in vorbildlicher Weise gegeben.

Die Abpumpmenge kann, je nach Filterstrangdurchmesser, ein Vielfaches des eingebrachten Prozesswassers sein. Je größer der Faktor, desto besser die Wirkung. Die Prozesswassermenge liegt bei 1,5 bis 3 l/s (5,4 bis 10,8 m³/h). Bei 4 bis 5“ Filtern (z.B. Messstellen) ist die Abpumpmenge immer noch 2x so hoch als die eingebrachte Prozesswassermenge, nämlich $1,5 \times 2 = 3$ l/s.

Bei größeren Filterdurchmessern kann die Abpumpmenge bis zum 10-fachen (30 l/s) und - unter günstigen Bedingungen - auch darüber gesteigert werden. Aus diesem Grund ist der **ETSCHEL JET Master**[®] nicht nur zum Regenerieren, sondern auch hervorragend zum Entwickeln und Entsanden von Neubrunnen und zur Nachentwicklung bzw. Nachentsandung alter Brunnen geeignet. Er ersetzt Schocken und partielles (Intensiv-)Entsanden und kann als Serviceleistung, auch bei von anderen Firmen gebohrten Brunnen, angewendet werden. *Siehe hierzu W 119 Pkt. 7.3.2.* Die dabei eingesetzte Förderpumpe sollte der Leistung der späteren Betriebspumpe nahe kommen oder sogar darüber liegen, was aber nicht immer möglich ist.

Die Erfolge sind spektakulär.

Abfolge einer perfekten Regenerierung:

1. Kurzpumpversuch
2. Erste Fernsehuntersuchung
3. Vorreinigung mit **ETSCHEL JET Master**[®]
4. Zweite Fernsehuntersuchung
5. Hauptreinigung mit **ETSCHEL JET Master**[®]
6. Dritte Fernsehuntersuchung
7. Kurzpumpversuch

Zu 1 Kurzpumpversuch

Es handelt sich hier um einen Brunnentest nach W 111 Pkt. 3.1. Dieser ist dann dringend zu empfehlen, wenn – wie es meist der Fall ist – die Aufschreibungen des Wassermeisters nicht ausreichen, um die derzeitige Leistung des Brunnens mit dem Pumpversuchsergebnissen nach Erstellung des Brunnens vergleichen zu können. Es müssen dabei keine Beharrungen gefahren werden. Er muss aber unmittelbar nach Beendigung des normalen Brunnenbetriebes gemacht werden. Am besten gleich mit der Betriebspumpe, vielleicht sogar, über eine Messstrecke „am Netz“.

Geht das nicht, macht dieser PV wenig Sinn und kann - oder besser gesagt muss – dann leider entfallen. Warum? : Der Einfluss der Erholung, durch Auffüllen des Absenktrichters, ist nach einer Betriebspause zu hoch.

Die Dauer ist mit 4 bis 24 Stunden je Pumpstufe anzusetzen. Man kann hier zeitlich eher an die untere Grenze gehen. Dichte Messintervalle und genaue Messungen sind dabei jedoch unerlässlich.

Zu 2.) Erste FS – Untersuchung

Diese kann „schnell“ gemacht werden, dient sie doch nur der Feststellung und Dokumentation des optischen Brunnenzustandes vor der Regenerierung, und vor allem der Klarstellung, ob der Brunnen überhaupt noch regeneriert werden kann, oder ob er schon solche Schäden aufweist, dass er zuerst saniert werden muss.

Zu 3.) Vorreinigung mit ETSCHEL JET Master®

Es kann durchaus vorkommen, dass bei der ersten FS-Untersuchung Schäden am Filterrohrstrang, wegen starker Verockerung, nicht erkennbar sind. Deshalb soll die erste Befahrung mit dem **ETSCHEL JET Master®** **vorsichtig, mit geringerem Druck und u.U. von unten nach oben** durchgeführt werden. Dadurch verhindert man weitestgehend ein „Beerdigen“ des Düsenaggregates. Manchmal hält nämlich nur noch der verbackene Filterkies den Brunnen zusammen.

Zu 4.) zweite FS-Untersuchung

Hier gilt gleiches wie bei der ersten.

Anmerkung: Ist der Brunnenzustand nach 2.) in Ordnung, bedeutet dies, dass der Brunnen sofort nach 5.) regeneriert werden kann, d.h. 3.) und 4.) können entfallen.

Nach einer der beiden FS-Befahrungen kann auch das für den speziellen Brunnen geeignete Rotationsdüsendesign von ETSCHEL Brunnenservice festgelegt werden.

Zu 5.) Hauptreinigung mit dem ETSCHEL JET Master®

Hierbei wird bevorzugt zuerst von oben nach unten gereinigt, und zwar jetzt mit **voller Kraft**. Als Beendigungskriterien wird die Entwicklung der im Spitzglas gemessenen 10-Liter-Rückstände verwendet. Es wird dabei unterschieden zwischen Schlammanteil und Feststoffanteil (körnigem Anteil). Diese beiden Anteile verschieben sich im Laufe der Behandlung erheblich.

Anfangs wird immer der ganze Filterstrang behandelt, später konzentriert die Abschnitte, die noch über dem unter b.) festgelegten Betrag liegen.

Wann wird die Regenerierung beendet?

a.) wenn die Summe Schlamm- und Feststoffanteil sich nicht mehr ändert. Sonst könnte man ja bis in alle Ewigkeit reinigen.

b.) wenn die Summe Schlamm- und Feststoffanteil einen bestimmten, vorher festgelegten Betrag (z.B. 0,3 cm³/10 ltr), in mindestens drei aufeinander folgenden Messungen erreicht hat.

Wann wird gemessen?

Hierfür gibt es keine feste Regel. Angemessen scheint – auf jeden Fall jeweils zum gleichen Zeitpunkt – nämlich dann, wenn der obere Umkehrpunkt des Düsenaggregates erreicht ist.

Bei Regenerierungen – egal nach welchen Verfahren – besteht immer die Gefahr der Brunnenbeschädigung. Besonders gefährdet sind alle Arten von „Belagsfiltern“, OBO- und Kiesklebefilter, es sei denn man „streichelt“ sie nur. Dann hat man aber kaum einen Regenerierungserfolg. Der nach W120 verantwortliche Fachmann, sowie auch der Ausführende vor Ort, sollte beste Brunnenbaukenntnisse haben und nicht nur ein „Geräte-Operator“ sein.

Zu 6.) dritte FS-Untersuchung

Diese Untersuchung entspricht etwa einer Abnahmeuntersuchung. Sie sollte deshalb sorgfältig ausgeführt und gut dokumentiert werden.

Zu 7.) Kurzpumpversuch

Dieser kann auch wieder mit der Betriebspumpe, zunächst aus hygienischen Gründen einige Stunden in die Vorflut, und danach vielleicht sogar „am Netz“ erfolgen. Er ist dem ersten PV möglichst anzupassen, um Veränderungen, von vor und nach der Regenerierung, vergleichen zu können.

Anmerkung: bei 7.) wird sehr viel „Augenauswischerei“ betrieben. Oft wird hier nur ganz kurz gepumpt und damit scheinbar ein Bombenerfolg vorgetäuscht. Während der Regenerierung, und vor allem in den Pausen bei Pumpenein- und –ausbau, erholt sich der Brunnen und der „Absenktrichter“ füllt sich auf.

Deshalb bekommt man bei zu kurzen PV's unter 7.) ziemlich geschmeichelte Erfolgsergebnisse. Daher die Aufforderung entweder vor 7.) lange genug in die Vorflut zu pumpen, oder diesen PV länger zu fahren als die ersten beiden. Angaben über die Dauer können hier nicht gemacht werden, da die Reaktionen von Brunnen zu Brunnen verschieden sind.

Schlussbemerkung:

Eine sehr gute Brunnenregenerierung hilft in vielen Fällen auch die Energieeffizienz der eingebauten Pumpe zu steigern – das spart Stromkosten

Nirgends kann soviel gelogen und betrogen werden wie bei Regenerierungen.

Eine gute Regenerierung ist aufwändig und damit teuer. Ist sie billig und im Handumdrehen erledigt taugt sie i.d.R. nichts – aber das merkt ja der Kunde nicht, oder leider erst nach Jahren.

Es kann aber auch billig angeboten werden, um erst mal den Auftrag zu bekommen. Dann kommen aber während der Regenerierung die Nachforderungen „für sinnvolle, weitere Maßnahmen“.

Siehe W 130.

Zehntes Kapitel: Anhänge

Anhang 1 - Erdwärmesonden

(siehe auch Anhang No. 5)

Gültig für Deutschland, Österreich und Schweiz

Obwohl Erdwärmesonden eigentlich nicht zum klassischen Brunnenbau gehören, soll ihnen hier doch ein eigener Abschnitt zukommen.

Nach DVGW, W 120, werden Erdwärmesonden auch unter G1 (über 100m vertikaler Tiefe) oder G2 (bis 100m vertikaler Tiefe) zertifiziert. Wasser-Wasser-Wärmepumpenbrunnen werden nach B und A zertifiziert. Insoweit ist es auch nur gerechtfertigt, dass der Erdwärme hier ein Anhang zuteil wird. Er gilt aber – aufgrund unterschiedlicher Regelungen - **nur** in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Dabei sind jedoch trotzdem noch lokale Gesetze oder Bestimmungen zu beachten.

Bei Erdwärmesonden wird dem Erdreich (Gebirge, Gestein) Wärme entzogen (Primärkreis) und mittels Wärmepumpe „hochtransformiert“ (Sekundärkreis) und berührungslos dem Heizkreislauf zugeführt. Das Prinzip ist in VDI 4640, Pkt. 5.1 dargestellt und beschrieben.

Im Normalfall liegt in unseren Breiten die Gebirgstemperatur bis 100m Tiefe ungefähr bei 9 bis 12°C. Durch die Wärmepumpe werden im Primärkreis der umlaufenden Sole ca. 6 bis 10° K (Kelvin) entzogen (kurzzeitig bis 15°K), die durch die nachdrängende Erdwärme von unten und der Seite, immer wieder ersetzt werden. Vor allem außerhalb der Heizsaison. Diese 6 bis 10° K transformiert die elektrisch, mit verbilligtem Strom betriebene Wärmepumpe, auf 30 bis 45°C (manchmal auch mehr) hoch und führt sie dem Heizungskreislauf zu. Dazu braucht es elektrische Energie! Es ist ganz logisch: Je mehr man hoch will, desto mehr Strom verbraucht die Wärmepumpe, desto teurer wird die gewonnene Temperatur.

Das bedeutet, dass man, je nach Höhe der Sekundärtemperatur, aus einem kW Wärmepumpenverbrauch ungefähr fünf bis drei kW Heizleistung machen kann. Also bei 30°C bis fünf kW, bei 45°C ca. 3 kW, und wenn man mit der Sekundärtemperatur noch höher geht, dann heizt man praktisch elektrisch, d. h. 1:1. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass Altbauten, die an kalten Tagen mit 55°C Vorlauftemperatur (Sekundärtemperatur) laufen müssen, für Erdwärmesonden ungeeignet sind. Neubauten, mit Fußbodenheizung oder Wandheizung (Flächenheizung), die mit einer Vorlauftemperatur von 32 bis 40°C auskommen, sind dagegen bestens für Erdwärmesonden geeignet. Eines muss aber gleich gesagt werden: Sehr viel billiger wird es – bei den heutigen Heizöl- bzw. Gaspreisen – trotzdem noch nicht. Es sei denn, die **ganze Heizanlage** ist von vorne herein auf Erdwärme abgestimmt! Schließlich müssen die ganzen Mehrkosten der Anlage auch abgeschrieben werden, und das dauert so ca. 10 bis 15 Jahre.

Es sind mir aber auch Fälle bekannt, bei denen sich - nachweislich – die Anlage schon in 6 Jahren amortisiert hat. Da hat aber auch alles gestimmt, wie Geologie, Anzahl der Sonden, geniale Heizungsplanung und –ausführung und, last not least, auch Steuerung und Betrieb mit Köpfchen. Am meisten gebräuchlich sind heute Doppel-U-Sonden für „Häuslebauer“.

Zunächst einige allgemeine Grundsätze für Erdwärmesonden-Heizungen:

1. Lieber ein paar Erdwärmesondenmeter mehr, als zu wenig. Die Anlage wird im Betrieb auf jeden Fall wirtschaftlicher. Die dem Gebirge über die Sonden entnehmbare **Entzugsleistung** (d.h. Wärmepumpen-Verdampferleistung) hängt vom geologischen Aufbau des Untergrundes ab. In den VDI-Richtlinien 4640, Seite 9, Tabelle 2 sind diese Entzugsleistungen **für Anlagen mit einer Heizleistung bis 20 kW** aufgeführt. Die angegebenen spez. Entzugsleistungen gelten für max. 1800 Jahres-Betriebsstunden. Die Tabelle betrifft also alle normalen Ein- und kleinere Zweifamilienhäuser. Welches Gestein (Untergrund) wie viel Energie liefert, ist in der Tabelle unten angegeben. Die Unterschiede sind riesig! So reicht die spezifische Entzugsleistung von nur 20 W/m, bei trockenem Sediment, bis 100 W/m bei gut Wasser führendem Kies-Sand. Das Mittel liegt bei den meisten Bodenschichten bei 50 W/m. Freilich hängt die Teufenauslegung auch noch von den Jahresbetriebsstunden ab. Sondenbohrer, Sondenplaner und Heizungsbauer kennen sich da aus, wenn - **sie nach W 120 G1 oder G2, also für EWS, zertifiziert sind** - lassen sie sich die Berechnungen vorlegen und bewahren Sie diese auf.

Aus der Tabelle geht – vereinfacht dargestellt – hervor:

Gebirge	Spez.	Bewertung
Kies, Sand – TROCKEN	20	Lohnt sich nicht, zu viele Sondenmeter
Ton, Lehm feucht	35	Lohnt sich kaum; zu viele Sondenmeter
Festgesteine, wie Kalkstein, Sandstein usw.	50 - 60	Lohnt sich sehr
Granit, Gneis	55 - 70	Bestens geeignet
Kies/Sand wasserführend	60 – 100	Bestens geeignet

2. Der genaue Berechnungsweg ist in VDI 4640, Pkt. 5.1.1 mit Formeln aufgezeigt. Wenn möglich, sollte man bei zwei Sonden bleiben. Diese, wenn nötig, lieber tiefer als 100 Meter bohren. **Der Sondenabstand sollte 6 Meter nicht unterschreiten**. Die Zwei-Sonden-Anlage kann u.U. mit Tichelmann-Steuerung, d. h. ohne Regelung betrieben werden. **Tichelmann verlangt aber zwingend absolut gleiche Sondenrohrlängen bis zum Verteiler**. Der Verteiler wird in einem Sammelschacht vor dem Haus untergebracht, oder besser noch, im Heizkeller. Das bedeutet, die Sondenrohrlänge, vom jeweiligen Sondenfuß in der Bohrung, bis zum Verteiler, muss bei beiden Sonden absolut gleich sein. Kann man die Bohrungen nicht in der gleichen Entfernung vom Verteiler ansetzen, wird eben die eine Sonde tiefer als die andere. Es sei nochmals betont, dass die Sondenrohre auch **nicht ungleich lang abgeschnitten werden dürfen!** Beachtet man das nicht, zirkuliert eben nur eine Sonde, die andere nimmt am Kreislauf nicht, oder nur stark vermindert teil. Die Anlage wird unwirtschaftlich.

3. Bei **mehr als zwei Sonden** sollte überlegt werden einer **regelbaren Sondensteuerung** den Vorzug zu geben. Da jedoch die Steuerung $\pm 10\%$ Genauigkeitsfehler haben, kann oft auch darauf verzichtet werden. Mit Steuerung muss der Heizungsbauer die Anlage genau einregeln. Die Regulierung ist gar nicht so einfach! Ist eine Sonde durch Ausfall einer anderen erst mal eingefroren, dauert es viele Monate bis sie wieder auftaut. Wenn sie es überhaupt wieder tut. Sind mehrere Sonden erforderlich und haben diese noch unterschiedliche Teufen, oder sind sie deutlich unterschiedlich weit vom Verteiler (Schacht oder Keller) entfernt, ist mit einer Durchflussregelung (derer es viele gibt!) am Verteiler zu arbeiten. Die steuerungslose Art, nach Tichelmann, kann ich hier nicht empfehlen. Diese hat leider oft zu - fast irreversiblen - Zufrieren einer Sonde geführt. Es arbeitet dann nur noch eine Sonde und die Heizung wird an kälteren Tagen unwirtschaftlich, sie heizt dann „elektrisch“ (zur Freude des Stromlieferanten). Man beachte, dass diese **Steuerung jährlich einmal vom Heizungsbauer überprüft** und nachgeregelt werden sollte. Das dauert Minuten, und kann im Zuge Der allgemeinen Heizungsüberprüfung mit erledigt werden. Ein Wartungsauftrag ist sinnvoll.

4. Nicht versuchen auch die letzte Spitze – das sind die kältesten fünf Tage im Jahr – unbedingt noch mit der Sondenheizung beherrschen zu wollen. Dann heizt man nämlich oft 1:1 (in die Wärmepumpe hineingesteckte elektrische Energie, zu der als Heizleistung herausgeholt), also elektrisch. Für diese Spitzen ist eine Zusatzheizung, wie z. B. ein Kachelofen, Brenner (falls dieser noch vorhanden ist) oder ein Heizlüfter, auch billiger. Man kann aber auch mal mit nur 21°C Zimmertemperatur auskommen. Eine Strickjacke tut den Rest recht gut! Übrigens – die Öl- oder Gasheizung verbraucht an diesen Tagen auch extrem viel mehr!
5. Warmwasser mit den Sonden nur auf 40 bis 45°C bringen. Das wöchentliche hochfahren der Temperatur auf über 60°C (wegen Legionella), sollte man mit einem Elektro-Heizstab im Boiler, mit billigem Sonntags-/ oder Nachtstrom oder mit dem Brenner, falls dieser noch vorhanden ist, machen. Auch Sonnenkollektoren sind für Warmwasser und Legionellenbekämpfung nicht schlecht.
6. Die Heizungssteuerung nicht zu kompliziert gestalten. Es ist zwar grundsätzlich möglich Erdwärmesonden (EWS), Sonnenkollektoren (SK) und Brenner zu kombinieren, aber die allermeisten Heizungsbauer beherrschen diesen komplizierten Steuerungs-Job nicht, und dann hat man nur Ärger! Das Maximum wäre EWS und SK. Jede Kombination ist schließlich auch in der Investition teurer. Ganz klar ist, dass die Heizkreise Heizung und Warmwasser getrennt sein müssen. Der Bohrunternehmer für die Erdwärmesonden, und auch der Heizungsbauer müssen mit solchen Anlagen Erfahrung haben, also von beiden Referenzen nachweisen lassen. Dazu gibt es z.B. die Zertifizierung nach **W 120, G1 oder G2 für Bohrunternehmen**.
7. Die Strömung in den Sondenrohren muss turbulent sein!

Worauf müssen der Planer, der Bohrunternehmer und der Bauherr bei der Planung und Herstellung der Erdwärmesonden achten:

1. Einholen der Behördengenehmigungen. Die Bohrung von Erdwärmesonden (EWS) bedarf der Genehmigung. Je nach Land, bzw. auch Bundesland, sind Form und Inhalt, sowie auch die Behörden, die gehört werden müssen, unterschiedlich. Das zuständige Landratsamt oder Wasserwirtschaftsamt gibt gerne Auskunft. Heizungsbauer, Stromlieferant und Bohrfirma ebenfalls. Es ist wohl klar, dass ein öffentliches Interesse besteht, stellen die EWS doch einen massiven Eingriff in die Grundwasser führenden Schichten dar.
2. Sind die EWS genehmigt kann begonnen werden. Halt! Aber zuvor – noch vor Einreichen der Genehmigungsunterlagen - muss zwischen Heizungsbauer oder –planer und Bohrfirma abgestimmt werden, wie viele, und wie tief die Sonden sein müssen, um den Heizungsbedarf zu schultern. Über die Berechnung gibt VDI 4640 Auskunft (s.o.). Welche Auflagen der Behörden haben Einfluss auf die Sonden? Z.B. Bergbehörde bei Sonden von mehr als 100m Einzeltiefe, Grundwasserschutz in Bezug auf die maximale Bohrtiefe usw. Bei letzterem wird oft angeordnet, eine bestimmte Schicht nicht zu durchbohren, sondern vorher, bei Anbohren der Schicht, die Bohrung einzustellen. Das führt dann manchmal – durch die geringere Bohrtiefe – zu mehr Sonden, um die erforderliche Gesamtsondenlänge zu erreichen. Bei Antreffen von Artesern, oder wenn ein Arteser von vorneherein zu erwarten ist, sind vom Bohrmeister sofort Gegenmaßnahmen einzuleiten. Das sind z.B.: Setzen und einzementieren eines Sperrrohres mit abschließbarem Flansch, Stoppen des Artesers mit beschwerter Spülung usw.
3. Die Sonden müssen mindestens 6 Meter auseinander sein. Sie müssen so **lotrecht** sein, dass sie sich im Erdreich nicht zu nahe kommen oder gar überschneiden. Bei **begründetem** Verdacht auf zu starke Abweichung, oder auch bei Verstößen des Bohrunternehmers gegen die Regeln der Technik, kann durchaus eine Fotolotung verlangt werden. Bemerkt man, dass der Bohrunternehmer Fehler macht, d.h. gegen die Regeln der Technik verstößt, muss man die Bohrung einstellen, dies im Tagesbericht sofort protokollieren und Abhilfe verlangen, oder sogar einen neutralen Fachmann (auch telefonisch, bestätigt per Fax) zu Rate ziehen. Siehe hierzu auch W 120-Zertifizierung!
4. Die angelieferten - **mit werksseitig angeschweißtem Sondenkopf versehenen, einbaufertigen** - Sondenrohre sind vom Lieferanten druckgeprüft. Der Prüfungsanhänger muss im Akt aufbewahrt werden, und gehört im Druckprüfungsprotokoll mit zur abgelieferten Schlussdokumentation. Die vom Bohrunternehmer vorzunehmenden, weiteren Druckprüfungen nach Zementation, sind nach VDI 4640 oder der jeweils geltenden Vorschrift auszuführen, und genauso zu dokumentieren. Die

Druckprüfung nach Einbau liegt im Ermessen des Bohrunternehmers. Da die Drücke und Schweißvorschriften z. Zt. neu geregelt werden, verzichte ich hier auf Zahlen, jedoch ist das in VDI 4640, Pkt. 5.2.2 gesagte grundsätzlich schon noch ein Anhaltspunkt. Es muss auch im Interesse des Bohrunternehmers liegen die folgenden **Druckprüfungen zu verlangen bzw. selbst zu machen und mit Unterschrift des Bauherrn zu dokumentieren:**

- a.) Druckprüfungszeugnis des Herstellers für jedes Sondenrohr.
 - b.) Sichtprüfung vor Einbau und Druckprüfung nach Einbau.
 - c.) Druckprüfung nach Abbindepause der Zementation, d.h. vor Übergabe an den Bauherrn.
5. Über die Bohrdurchmesser und die Verwendung von Außenzentrierungen, also zur Bohrlochwand, wird heftig gestritten. Meistens werden 152mm vorgeschrieben. Außenzentrierungen sind meiner Meinung nach unnötig. Grund: Aus Wärmeübertragungsgründen sollen die Sondenrohre besser am Gebirge anliegen, aus Grundwasserschutzgründen aber nicht! Da aber die Schläuche gewunden und aufgewickelt sind, werden sie trotz Außenzentrierungen immer irgendwo zwischen den Zentrierungen an der Bohrlochwand anliegen. Vertikal gesehen sind die Sonden aber trotzdem dicht. Die Zentrierungen können jedenfalls eine Undichtheit, bei nur geringmächtigen Trennschichten, auch nicht vermeiden! Dagegen sind Innenzentrierungen – also Trennung der Sondenrohre untereinander – sehr wichtig (Wärmeübertragungs-Kurzschluss).
 6. Ordnungsgemäße, den Vorgaben entsprechende **Verfüllung der Sonden**: Dazu gehört auch die Auswahl des geeigneten Verpress- bzw. Verfüllmaterials, Mischungsverhältnisse, prüfen des spez. Gewichtes, die Verarbeitung mit Zwangsmischern und schließlich die einwandfreie Protokollierung. Das spez. Gewicht der Mischung sollte zwischen 1,5 und 1,8 liegen. Zugelassene Fertigmischungen haben, aufgrund der werksseitigen Qualitätskontrollen Vorteile, sind aber teuer. Die Verfüllung mit **Bentonitpülung oder Bohrgut ist generell verboten!** Die Zementation sollte bevorzugt mit vorgefertigten Produkten und nach Verarbeitungsvorschrift des Lieferanten ausgeführt werden. In jedem Fall sind Mischungsverhältnis (Wasser-Feststoffe), das spez. Gewicht der Mischung, sowie Soll- und Ist-Menge, wie o.g. zu protokollieren. Die Ist-Menge muss mindestens so groß sein, wie die Sollmenge, da das der einzige Nachweis für eine gelungene Verfüllung ist.
 7. Schriftliche Vereinbarung der **Schnittstelle zwischen Bohrunternehmer und Heizungsbauer** im Angebot und im Übergabeprotokoll an den Bauherrn oder Heizungsbauer.
 8. Vom Bauherrn (Ing.-Büro) mit unterzeichnete Schlussdokumentation, mit **genauem, nachvollziehbarem Lage- und Ausbauplan an Bauherrn und Behörden.**
 9. Über die Verwendung von Zentrierungen (Abstandshalter) zur Bohrlochwand (Nicht der Sondenrohre untereinander, welche bei Doppel-U-Sonden, nur durch das mittig angebrachte Zementierrohr **nicht** gegeben ist !!!) streitet die Fachwelt. Einerseits ist bei Weglassen der Abstandshalter der für die Wärmeableitung wünschenswerte Kontakt zur Bohrlochwand wenigstens teilweise gegeben, andererseits verlangt die Wasserwirtschaft meist eine wirksame vertikale Dichtheit im Bohrloch. Ich kann hier beruhigen: Nicht einmal bei Erdgasbohrungen – die echtes Gefahrenpotenzial in sich tragen – verlangt man beim CBL eine absolut gleichmäßige und geschlossene Dichtheit an allen Stellen. Auch hier gibt es abwechselnd schwächere und dichtere vertikale Strecken. Die Erdsondenrohre liegen auf die Gesamtlänge auch einmal an, einmal nicht. Das reicht schon aus, um eine sichere Dichtheit der ganzen Sonde zu gewährleisten. Dies ist auch die Meinung von vernünftigen Geologen und Wasserwirtschaftlern!
 10. Ein nachvollziehbarer (genauer) Lageplan gehört ebenfalls zur Schlussdokumentation. Hoffentlich* finden sie die Behörden später auch wieder. Deshalb* soll der Auftraggeber diesen wie eine Notarurkunde aufheben!

Anhang 2: Nachentwickeln älterer Brunnen

Oben bin ich bereits auf die Entwicklung von Neubrunnen eingegangen. Ich habe dort die Nachentwicklung noch nicht erwähnt. In diesem Nachtrag möchte ich deshalb ganz speziell auf die Möglichkeit – oft sogar **Notwendigkeit - der Nachentwicklung älterer Brunnen** eingehen.

Bis etwa 1960 wurden Neubrunnen zur Entwicklung nur gekolbt und u. U. noch geschockt. Das Kolben konnte mit Windenzugkräften bis zu 5 to und Filterdurchmessern, meist um 300mm perfekt ausgeführt werden. Das Schocken jedoch wurde mit zu leistungsschwachen Tiefkolbenpumpen, mit einer Leistung von 5 bis max. 15 l/s, ausgeführt.

Partielles Entsandten kam erst später (um 1975) – mit Verfügbarkeit großer, mobiler Stromaggregate und Unterwasserpumpen - „in Mode“. Man hat jedoch zu dieser Zeit im W 119 (Februar 1982) die Regeln und Berechnungen zum partiellen Entsandten noch gar nicht gekannt. Also hat man sozusagen „blindlings“ die Pumpengröße und den Scheibenabstand im Verhältnis zur Brunnenleistung gewählt.

Erst in den 1990er Jahren hat man erkannt, dass es zwischen erwarteter Brunnenleistung, Pumpenleistung der Entsandungspumpe und dem Scheibenabstand einen Zusammenhang geben muss, der ein wirkungsvolles partielles Entsandten ermöglicht. Im DVGW W 119 vom Dezember 2002 wurden die Formeln dann erstmals eingebaut. Trotzdem wurde von einigen guten Fachfirmen, Fachbehörden und Ing.-Büros schon vor 2002 nach ähnlichen Kriterien meist die Dimensionierung nahezu richtig eingeschätzt und entsandet.

Doch auch mit der Kombination von Kolben, Schocken und berechnetem partiellem Entsandten konnten etliche Brunnen einfach nicht vollständig entwickelt werden. Vor allem war damit der Filterkuchen nur unzureichend zu entfernen (siehe oben: 1. Kapitel).

Trotzdem: Bei vielen Brunnen ist die Durchlässigkeit des Gebirges, und damit die Schüttung, so gering, dass mit den „alten“ Entwicklungsverfahren durchaus das Ziel einer fast vollständigen Entwicklung erreicht werden konnte.

Bei so manchem Brunnen jedoch, vor allem bei tiefen Brunnen, mit „verlorenem“ Ausbau (Filterrohrstrang fängt erst in großer Tiefe im unteren Bereich der Sperrrohre an), konnte unten im Filterstrang nicht partiell entsandet werden. Was bedeutet, dass immer nur die oberen Meter der Filterstrecken durch den Zustrom von Grundwasser entwickelt werden konnten. Der meist größere, untere Teil nahm also am „Geschehen“ (der Förderung) nie teil. Das konnte von **ETSCHEL Brunnenservice GmbH** bei vielen Regenerierungen und Nachentwicklungen eindeutig nachgewiesen werden. Beim „Jetten“ nämlich wurde aus den unteren Filterstrecken – oft 60 bis 80% der Gesamtlänge der Filter – meistens noch die Original-Spülung gefördert. Mit dieser hätte man leicht ein neues Bohrloch niederbringen können.

Nun gut, es ist also nicht abwegig anzunehmen, dass viele solcher alter Brunnen niemals richtig entwickelt wurden – ja, immer noch nicht werden. Da drängt sich doch die Frage auf:

< Woran kann man einigermaßen sicher erkennen, ob ein Brunnen vollständig entwickelt ist oder nicht? >
oder:

< Was gibt zumindest Hinweise auf eine mangelhafte „Entwicklung“? >

Die Beantwortung dieser Fragen ist gar nicht so leicht. Trotzdem möchte ich es wagen ein paar Hinweise dazu zu geben.

Um einen Hinweis auf unvollkommene Entwicklung zu bekommen, benötigt man unbedingt das Q/s-Diagramm des Schluss-Pumpversuches und die Brunnenausbauzeichnung mit dem Bohrmeisterprofil.

Nachfolgend will ich versuchen zu verschiedenen Brunnentypen Hinweise hierzu zu geben. Es handelt sich dabei ausdrücklich nicht um „Beweise“, sondern um „Hinweise“ aus der Erfahrung in der Praxis!

Selbstverständlich müssen alle Begleitumstände mit in die Überlegungen eingehen. Es ist immer anzuraten einen Brunnenbaufachmann mit viel praktischer Erfahrung in die Nachentwicklungsplanung einzubeziehen.

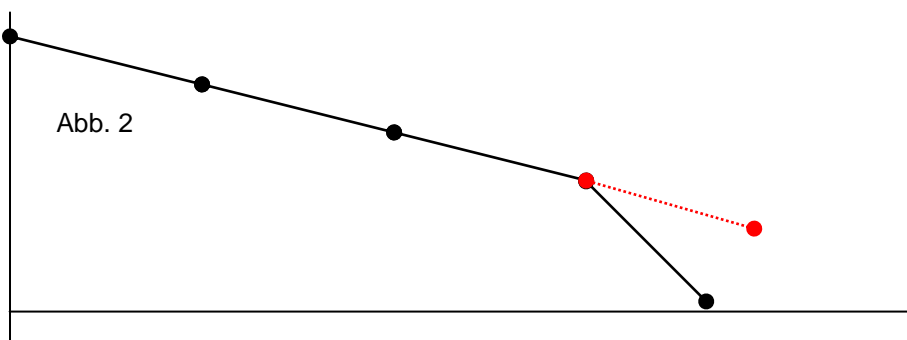
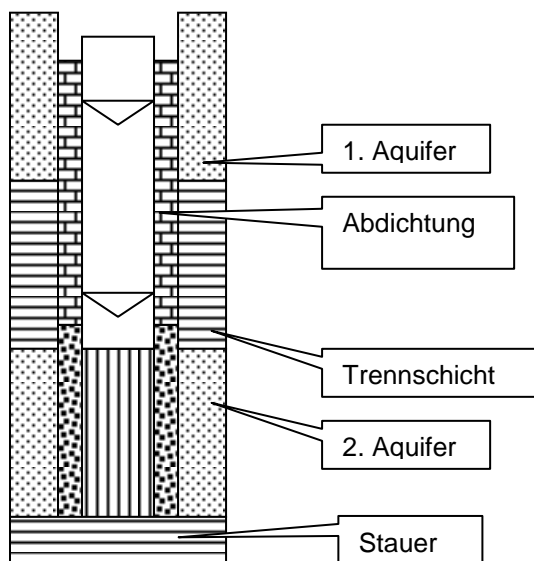
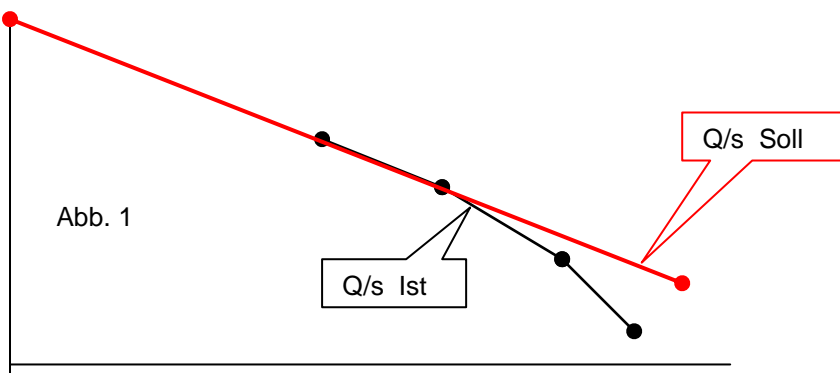
Beim unten gezeigten Beispiel (Abb. 1) gibt die leicht nach unten gekrümmte „Q/s Ist-Kurve“ (hier übertrieben geneigt dargestellt !!) einen Hinweis darauf, dass der Brunnen nicht vollständig entwickelt wurde. Die **Q/s-Soll-Kurve** müsste eigentlich eine Gerade sein, solange die Absenkung nicht in den kritischen Bereich des Stauers reicht.

Es besteht hier der Verdacht, dass zu viel Filterkuchen an der Bohrlochwand verblieben ist und/oder der bohrlochnahe Bereich des anstehenden Gebirges nicht richtig entsandet werden konnte (Aufbau einer natürlichen Kornabstufung).

Dieser Mangel kann gezielt durch eine Behandlung mit dem **ETSCHEL JET Master®** - zumindest größtenteils – nachträglich noch behoben werden.

Beim nächsten Beispiel handelt es sich um einen Brunnen, dessen Kiesschüttung zu klein dimensioniert wurde. Die Folge einer zu kleinen Körngröße im Lockergestein ist ein teilweises Verstopfen der Filterkies-Zwikelräume mit Unterkorn aus dem anstehenden Kies-Sand-Gemisch des Gebirges.

Hier kann zur Behebung des Mangels versucht werden mit dem **ETSCHEL JET Master®** nachzuentwickeln. Da der **ETSCHEL JET Master®** das Gerät ist, welches nachweislich bis ins bohrlochnahe Gebirge wirkt (d.h. dort auch noch entsanden kann), sollte es gelingen im brunnennahen Sand-Kies-Gemisch des Gebirges Unterkorn zu entfernen. Diese Fähigkeit des **ETSCHEL JET Master®** wurde im DVGW-Forschungsvorhaben W 55/99 in Dresden nachgewiesen. Durch das Entfernen von Unterkorn wird die Anströmgeschwindigkeit, und damit die Schleppkraft des Wassers zum Brunnen deutlich reduziert (in dritter Dimension!). Das bedeutet u. U., dass kein Unterkorn mehr transportiert werden, und so in den Filterkies gelangen kann. Das nachfolgende Q/s-Diagramm (Abb. 2) deutet den Mangel an. Die Q/s-Kurve sollte eine Gerade (weiter wie die Punkte 1 – 4) sein.



Noch schlimmer ist eine zu kleine äußere Filterkieskörnung bei doppelter Kiesschüttung, und noch viel schlimmer – und selten dauerhaft behebbar – ist dies bei Kiesbelagsfiltern. Bei der doppelten Kiesschüttung bringt man u .U. die Kornabstufung durcheinander, was Sandführung zur Folge haben kann. Bei Kiesbelagsfiltern ist die Verstopfung, der ohnehin durch das Klebemittel verkleinerten Zwickelräume im Klebekies mit Unterkorn vorprogrammiert oder nicht dauerhaft aufhebbar und oftmals irreparabel.

Nicht immer sagt aber die Q/s-Linie etwas aus. Man muss schon auf die Brunnenart achten. Beim folgenden Ausbaubeispiel ist die abgeknickte Q/s-Linie (Abb. 1) normal, und muss kein Ausbaufehler oder Entwicklungsmangel sein.

In diesem Fall kann der Knick in der Q/s-Linie – bei zu großer Absenkung – physikalisch-hydraulisch bedingt sein.

Es gibt noch Kombinationen von Verstopfungen, verbliebenem Filterkuchen und anderen Ausbaufehlern. Als Beispiel soll hier nur die Verstopfung von Karsthohlräumen zu zwei Drittel mit Filterkies erwähnt werden. Diese Verstopfung kann durch Nachentwicklung nicht gemildert werden. Sind nämlich nur einzelne, jedoch große Klüfte – die Tonnen von Filterkies schlucken können – vorhanden, verstopft der Kies diese Klüfte zu zwei Drittel. Das wiederum bedeutet dann: nur ein Drittel der Wassermenge bei gleicher Absenkung kann zum Brunnen gelangen.

Ebenso eine zu geringe Abstufung der Körnungen bei doppelter Kiesschüttung, auch bei Kiesbelagsfiltern, z.B. 1 – 2 mm an 2 - 3,15 mm, statt an 3,15 – 5,6 mm) kann nicht durch Nachentwickeln behoben werden. Hier hilft nur Rückbau!

Anhang 3

Alterung von Brunnen und Regenerieren

Eine Hilfe für Entscheidungen

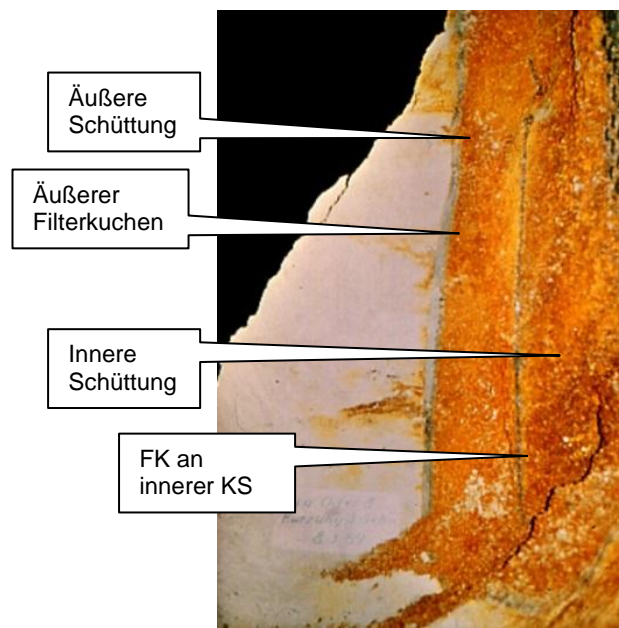
Vorwort

Alles Irdische unterliegt der Alterung, auch Ihre so wertvollen Brunnen. Die Ursachen für die Alterung sind bei Brunnen ebenso vielfältig wie die beim Menschen selbst. Schon von den Genen her - beim Menschen – und von der Konstruktion her – beim Brunnen - sind Grundsteine zur schnelleren oder langsameren Alterung gelegt. Die Lebensweise beim Menschen und die Betriebsart beim Brunnen spielen eine ebenso wichtige Rolle. Das Blutbild beim Menschen, bzw. Chemie und Physik des Wassers im Brunnen, sind weitere Kriterien die zu Alterungsprozessen führen. Es spielen eben alle Faktoren eine Rolle. Deshalb altert der eine Mensch, respektive Brunnen, schneller, der andere eben langsamer. Im DVGW – Arbeitsblatt W 130 / Mai 2007 sind die wichtigsten Vorgänge zur Alterung gut beschrieben.

Nachfolgend zwei Fotos aus meinem Archiv. Sie zeigen die sichtbar stärkere Verockerung an Zentrierungen (linkes Foto) und bei doppelter Kiesschüttung (rechtes Foto). Auch der sich bei allen Bohrverfahren bildende, oft zentimeterdicke Filterkuchen (grau), sowohl an der Bohrlochwand, als auch zwischen innerer und äußerer Schüttung, ist gut zu erkennen. Bei den damals (vor 1995) zur Verfügung stehenden Entwicklungstechniken sind diese nur an wenigen Stellen zerstört, und damit durchlässig geworden.



*Verockerung an Zentrierung
und Bohrlochwand*



*Verockerung bei doppelter
Kiesschüttung*

Wie beeinflussen Konstruktionsmerkmale den Alterungsprozess?

Die Auswahl des Filterstrangmaterials ist von großer Bedeutung.

Ein Edelstahl – Wickeldrahtfilter ist das idealste Ausbaumaterial, wenn der Edelstahl in seiner Qualität dem Rohwasser (Brunnenwasser) angepasst ist.

Gleiches trifft weitgehend auch für Schlitzbrücken- und Schlitzlochfilter aus Edelstahl zu. Sind sie jedoch mit Kunststoff oder Gummi überzogen, kann ihnen jede Art von Regenerierung schaden. Vor allem die in den 60iger Jahren des vergangenen Jahrhunderts häufig verwendeten, mit Polyäthylen überzogenen Rohre, sind höchst anfällig für Beschädigungen. Bereits beim Einbau oder im Laufe der Zeit entstandene, noch so kleine Beschädigungen des Überzuges werden bei allen Regenerierverfahren schonungslos „aufgedeckt“ und vergrößert. Dabei ist zu bedenken, je zarter das Verfahren arbeitet, es auch in seiner Regenerierkraft abnimmt. Je kräftiger es arbeitet, desto wirksamer ist es. Nun hat man die Qual der Wahl: „Streicheln“ und schonen, jedoch ohne nennenswerten Regeneriererfolg, oder „Kneten“ und beschädigen, aber mit Regeneriererfolg.

Filter aus PVC, Kunstharz-Pressstoff etc. mit Quer-Schlitzlochung sind nicht so gut regenerierbar. Vor allem bei den Kunstharz-Pressstoff-Rohren der zweiten Generation (mit Melaminharz) ist größte Vorsicht beim Regenerieren geboten! Sie sehen bei der Fernsehuntersuchung oft ganz manierlich aus, sind aber innerlich nur noch „aufgeweichter“ Pappdeckel. Weiterhin erschweren die wenigen Schlitze, noch dazu in zentimeterdicker Wandstärke, das Erreichen der Bohrlochwand. Jedenfalls ist das bei den meisten mechanischen Verfahren so, und auch bei chemischen ist es nicht viel besser.

Unter den mechanischen Verfahren ist hier das Impulsverfahren mit Wasserhochdruck, also der **ETSCHEL JET Master®** in der Lage, bei gleichzeitiger* Förderung von größeren Wassermengen, nachweislich die Bohrlochwand zu erreichen. Die Betonung liegt hier auf gleichzeitig*! Nachweislich? JA! Nämlich nachgewiesen bei zwei Forschungsvorhaben: DVGW, Dresden W 55/99 und bei einem Eigenversuch der Firma, unter Aufsicht eines DVGW Experten. Mit den neuen Düsenkonstruktionen von **ETSCHEL Brunnenservice GmbH** wurde der Erfolg in der Praxis nachgewiesen. (Siehe dazu einschlägige Veröffentlichungen)

Ein wichtiges Konstruktionsmerkmal ist weiterhin die Dicke der Kiesschüttung. Je dünner sie ist, desto besser kann die Bohrlochwand und das angrenzende Gebirge erreicht werden. Man muss bedenken, dass viele vor 1965 gebohrte Brunnen, im Trockenbohrverfahren, mit teleskopierter Hilfsverrohrung niedergebracht wurden, und Kiesschüttungsstärken 30 cm und mehr haben können. (Siehe W 123).

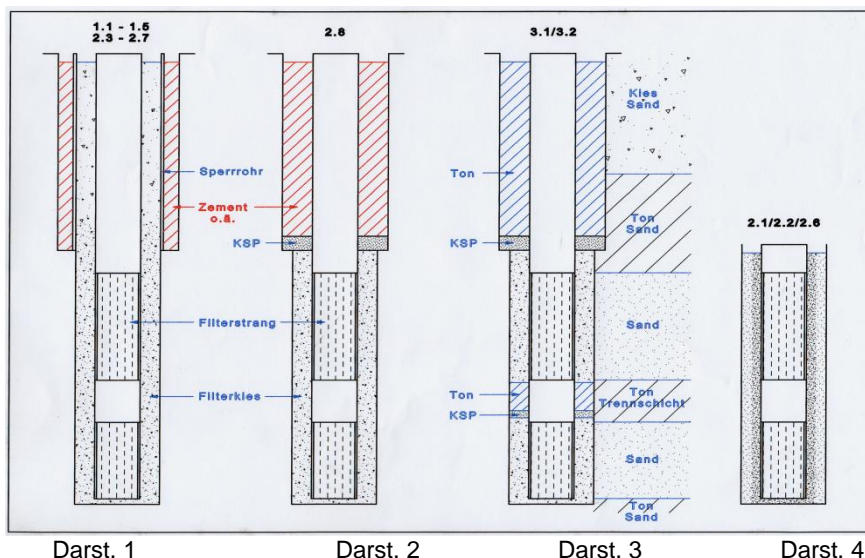
Man sollte weiterhin das Absinken des Filterkieses beim Regenerieren beobachten können. Das geht aber nur beim Sperrrohrhausbau. Die sog. Kiespeil- oder Kiesnachfüllrohre (durch die Abdichtung bis zur OK Kiesschüttung) haben nach meiner jahrzehntelangen Erfahrung noch **nie** funktioniert.

Der in ihnen verbackene Kies rutscht einfach nicht. Von Anfang an nicht, weil er ja nie entwickelt (gereinigt) werden konnte!

Art und Qualität des Filterkieses beeinflussen die Regenerierbarkeit des Brunnens ganz wesentlich. Je kugelförmiger, je monolithischer er ist, je weniger Nicht-Quarzanteile ein Filterkies enthält, desto besser ist er zu reinigen, d.h. von Anhaftungen zu befreien.

Das folgende Bild zeigt den sehr gut regenerierbaren „Sperrrohrausbau“, den auch noch regenerierbaren „sperrrohrlosen“, und die nur unter Vorbehalten regenerierbaren – weil gefährlichen – Ausbauten mit nicht abbindenden Tonsperren oder doppelter Kiesschüttung.

- Der Ausbau mit Sperrrohr (Darstellung 1) kann bei sehr geringem Risiko für den Bestand des Brunnens regeneriert werden. Das ist auch logisch, weil man ja den Kiesstand und ein eventuelles Setzen der Kiesschüttung beobachten, und diesen auch nachfüllen kann. Das abbindende Abdichtungsmaterial auf Zementbasis erlaubt es den Brunnen mit „Power“ zu regenerieren (wenn das Filterrohrmaterial das erlaubt, s.o.). Obendrein ist diese Brunnenart auch noch bestens für Rückbau und Sanierung geeignet.
- Der sperrrohrlose Ausbau (Darstellung 2) birgt schon etwas mehr Risiko – vor allem im Lockergestein – in sich. Hier kann sich unter der abbindenden Abdichtung ein Hohlraum durch Setzung bilden. Reicht dieser dann bis zur Oberkante des ersten Filterrohres, ist die Sandführung auch schon da und der Brunnen hat einen schwer reparierbaren Schaden bekommen.
- Beim Ausbau mit nichtabbindenden Tonen und/oder Tonsperren (Darstellung 3) ist ein Verrutschen der Abdichtung und der Tonsperren nicht zu vermeiden. Mit einfacher GR-Messung (Geophysik) ist dies schon oft nachgewiesen worden. Man muss aber dazu erwähnen, dass dieses Verrutschen meist schon vor der Regenerierung, also im Betrieb, angefangen hat, und durch das Regenerieren nur noch beschleunigt wurde. Messungen vor der Regenerierung haben das bewiesen.
- Beim Ausbau mit doppelter Kiesschüttung (Darstellung 4) besteht bei einer wirkungsvollen Regeneriermethode immer die Gefahr, dass die Schüttungen – zumindest stellenweise – durcheinander geraten. Dies kann (muss nicht!) eine erhöhte Sandführung des Wassers auslösen. Von einer Regenerierung vertikal differenzierter Kiesschüttungen, muss ich ganz abraten. Die Schüttungen verrutschen todsicher, es sei denn man streicht den Brunnen nur beim Regenerieren.



Verschiedene Brunnenarten - Konstruktionsmerkmale

Wie beeinflusst die Betriebsart die Alterung?

Noch vor etwa 20 Jahren war die gesamte Fachwelt Brunnenbau, vom Professor bis zum Bohrmeister der Meinung: „Ein Brunnen braucht - wie der Mensch und das liebe Vieh – Erholungspausen“. Also betrieb (und tut das heute oft noch!) man die Brunnen nur 8 – 16 Stunden am Tag.

Was machte man damit? Man zog den Absenkungstrichter nach unten, saugte Luftsauerstoff in den Brunnen und ins Gebirge, ließ ihn wirken und schob ihn während der Ruhepause - dem Brunnen sei sie gegönnt - wieder hinaus. Also schön brav tief einatmen, verwerten und wieder ausatmen. Prima, was? So erreicht man eine heftige Reaktion.

Heute weiß man es besser und versucht Brunnen 24 Stunden, 365 (366) Tage im Jahr mit möglichst konstanter Förderrate zu fahren.

Auch die Absenkung des Betriebswasserspiegels, bei gespanntem Grundwasser, in den Aquifer hinein, ist Gift für den Brunnen.

Wie beeinflusst die Wasserchemie und physikalische Vorgänge die Alterung?

Im Wasser gelöstes Eisen, Mangan usw. wandeln sich bei Berührung mit Sauerstoff um, und die Produkte davon scheiden dort aus, wo die Fließgeschwindigkeit des Wassers sich drastisch ändert (Details hierzu siehe W 130). Das ist an der Bohrlochwand zum Filterkies – und da ganz besonders drastisch, weil die Fließgeschwindigkeit sich hier gewaltig verringert – am Filterrohr außen und innen, und in den Filterschlitz. Die Filterkiesschüttung „verockert“ also von der Bohrlochwand nach innen und vom Filterrohr her nach außen, im Extremfall bis er ganz dicht ist.

Man unterscheidet zwischen chemischer, bakterieller und physikalisch hervorgerufener Alterung. Bei der chemischen findet eine Umwandlung des Eisens, Mangans usw. bei Berührung mit Sauerstoff statt. Das Produkt lagert sich zunächst weich, aber mit der Zeit zu „Stein“ erhärtend an allen Teilen des Brunnens ab. Bei der bakteriell bedingten Alterung, die am häufigsten auftritt, sorgen die Ausscheidungen der Bakterien für den gleichen Effekt. Bei Ausscheidung von Kalk etc. sorgen Veränderungen des Druckes für „Versinterungen“ und anderer Scheußlichkeiten an Bohrlochwand, Kies und Rohr.

Wann bemerkt man die Alterung?

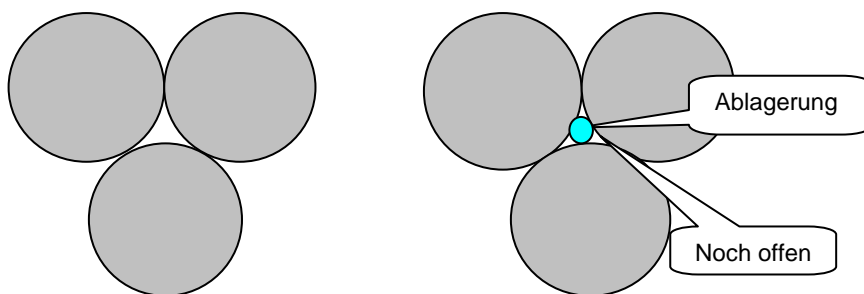
„Na, das ist doch klar! Die geförderte Wassermenge lässt nach und/oder die Absenkung nimmt bei gleicher Fördermenge zu.“

Genau das ist falsch! Wenn man das merkt, ist es oft schon zu spät zum Regenerieren. Veränderungen können aber auch hydrogeologische Ursachen haben.

Von der Alterung bemerkt man zunächst – oft jahrelang - nichts. Genauso wie bei der Arterienverkalkung und bei Ausscheidungen und Ablagerungen von Fetten aus dem Blut des Menschen an die Gefäßwände, bemerkt der Mensch viele Jahre, ja sogar Jahrzehnte gar nichts. Das Blut fließt trotzdem. Erst bei Nachlassen der Leistung: Schnaufen bei geringster Anstrengung, Infarkt, Schlaganfall etc. wird der Mensch von der Alterung etwas bemerken. Was macht er vorbeugend? Er lässt – wenn er g'scheit ist - bei zunehmendem Alter jedes Jahr ein Blutbild machen. Der Onkel Doktor sagt ihm dann, wenn er ungute Dinge im Blut findet, was er gegen das weitere schnelle Altern tun kann. Er stellt seinen „Betrieb“ (Lebensweise) um, er verschreibt ihm weitergehende Untersuchungen, Medikamente und vielleicht auch eine Kur. Und: „Was du willst das man dir tu', das füg' auch deinem Brunnen zu“ könnte man abgewandelt sagen. Also gibt man eine Fernsehbefahrung des Brunnens in Auftrag. Man sieht zwar die „Adern“ nicht von innen – beim Brunnen den Filter nicht von außen – aber man kann aus dem Bild von den Ablagerungen an Innenwand, Pumpe und Steigleitung gut Rückschlüsse auf den Zustand des Filterkieses und der Bohrlochwand ziehen. Oft sieht man kaum noch die Filterschlitz, und trotzdem hat der Brunnen noch keine nennenswerte Leistungsminderung gezeigt. Es strömt halt dem Brunnen vom Gebirge her nur so wenig Wasser zu, dass der verockerte Kies immer noch weniger Widerstand aufbaut, als das wesentlich feinkörnigere Gebirge, bzw. die feinen Klüftchen im Festgestein Wasser durch lassen.

Wie kommt das?

Hier einmal drei Filterkieskörner herausgegriffen:



Zwickelraum noch völlig offen

Zwickelraum zu 50% verstopft

Bei Neubrunnen nach jahrelangem Betrieb noch kein Nachlassen der Schüttung zu bemerken

Obwohl die Zwickelräume zu ca. 50% verstopft sind, lassen sie immer noch ein mehrfaches an Wasser durch als die wesentlich kleineren Zwickelräume im anstehenden Gebirge. Erst wenn die Zwickelräume im Filterkies noch weiter verockern, kann man eine Leistungsminderung messen. (Siehe Seite 15 / Bild 2 im W 130). Daraus kann man ableiten, dass sinnvoller Weise eine Regenerierung schon vor Feststellung der Leistungsminderung zweckmäßig ist. Stellt man bereits fest, dass der Brunnen nachgelassen hat (Siehe Seite 16 / Pkt. 6.1.3 im W 130), dauert die Regenerierung länger und wird, im Quadrat steigend, auch teurer. Im Extremfall bringt sie auch gar nichts mehr – der Brunnen muss (für viel Geld) saniert oder sogar aufgegeben werden.

Der Fachmann kann aus Fernsehuntersuchung und Betriebsdaten (sofern vorhanden!) beurteilen ob, wann oder in welchen Zeitabständen eine Regenerierung notwendig ist, und das ist von Brunnen zu Brunnen unterschiedlich und reicht von zwei bis zwanzig Jahre.

Die Wasserversorger sind zur Erfassung der Betriebsdaten verpflichtet. Sie müssen von jedem Brunnen ein Betriebsbuch führen. Dort sind Datum, Uhrzeit, Fördermenge und dazugehörige Absenkung einzutragen. Diese Bücher sind erfahrungsgemäß nicht zu gebrauchen (Der Wassermeister ist daran meist nicht schuld), wenn die Aufnahme nicht über automatische Datenerfassung erfolgt.

Woher kommt das?

Die Pumpe schaltet ein und aus. Regelmäßig, wenn eine Zeitschaltuhr installiert ist (z.B. zur Nutzung des billigeren Nachtstromes), aber auch wenn der Hochbehälter fast leer bzw. voll ist. Aus der Regelmäßigkeit wird ein Ein- und Ausschaltchaos. Unser Wassermeister notiert nicht (er kann es oft gar nicht) wie lange die Pumpe zum Messzeitpunkt schon läuft. Den Beharrungszustand in Betrieb und bei Stillstand erwischt er selten. Mit den Daten aus dem Betriebsbuch ist zu 90% für eine Leistungsbeurteilung nichts anzufangen.

Was kann man tun um aussagekräftige Brunnendaten zu erhalten?

Ein moderner Versorger hat entweder eine elektronische Datenerfassung installiert oder er lässt von einer spezialisierten Fachfirma (und nur von einer solchen!!) für einige Tage, oder besser Wochen, eine Messstrecke zur Erfassung mindestens von Datum/Uhrzeit, Fördermenge und dazugehöriger Absenkung einbauen und auswerten. Der Wasserwerksbetrieb wird dadurch nicht gestört. Damit erwischt man auf jeden Fall mehrmals einem Beharrungszustand in Betrieb und im Stillstand (Ruhewasserspiegel). Sie werden fragen, warum auch im Stillstand? Nämlich um beurteilen zu können, ob die Veränderungen hydrogeologisch oder alterungsbedingt sind. (Siehe W 130 Seite 14/15 / Bild 1a und b)

Das Zunehmen der Absenkung, einhergehend mit einem tiefer liegenden Ruhewasserspiegel können auch hydrogeologische und/oder pumpentechnische (Verschleiß) Ursachen haben, ohne dass eine Brunnenalterung (spezifische Leistungsminderung) gegeben ist. Auch der Einfluss benachbarter Brunnen spielt eine Rolle. Der Fachmann kann das unterscheiden.

Zusammen mit der Fernsehuntersuchung kann man jetzt beurteilen in welchem Zustand sich der Brunnen befindet, ob und in welchen Zeitabständen eine Regenerierung sinnvoll ist.

Jetzt erst wissen wir woran wir sind.

Was kann denn eine Regenerierung, oder besser gesagt: was muss sie können?

Ganz egal welche Regenerierung, eine schwache, eine starke, eine mechanische, eine chemisch oder beide zusammen, KEINE kann wieder 100% Durchlässigkeit der Bohrlochwand, des Filterkieses und der Filterrohre herstellen, es sei denn der Brunnen wurde nicht richtig entwickelt. Wir werden immer nur bei – sagen wir mal – 97%, bei der nächsten 97 von 97%, also 94.1% usw. usw. erreichen. Alles hat eben ein Ende, nur die Wurst hat zwei.

Manche Firmen erzählen dem Auftraggeber – unter Vorlage des Pumpversuchsergebnisses vor und nach der Regenerierung - die Leistung des Brunnens sei besser als bei der Herstellung (Schlusspumpversuch). Das kann nur möglich sein, wenn der Neubrunnen nicht vollständig entwickelt war, also bei der Regenerierung nachentwickelt wurde. Das gibt es manchmal.

Oft aber betreibt der Regenerierer Augenwischerei. Wie? Ganz einfach. Der Brunnen hat zum Pumpversuch, unmittelbar nach Pumpenausbau, noch nicht die Zeit gehabt den Absenkrichter zu 100% wieder aufzufüllen. Nach der Regenerierung ist dies aber der Fall. Wenn er jetzt nicht bis zur Beharrung (also oft -zig Stunden) pumpt, präsentiert er ein geschmeicheltes Ergebnis als seinen Regeneriererfolg – tut er das wissentlich betrügt er, tut er das unwissentlich ist er kein Fachmann. Beides ist gleich schlimm!

Eine Regenerierung muss weiche und harte Ablagerungen vom Brunnenausbau und nahe dem Brunnen abtrennen und GLEICHZEITIG austragen können. Der Erfolg muss ständig messbar (kontrollierbar) sein.

Nur ein Verfahren, ob mechanisch oder chemisch, das nach W 130 trennen, Feststoffe austragen und kontrollieren GLEICHZEITIG kann, ist technisch auf dem neuesten Stand. Alle Verfahren, die das nicht können haben somit Mängel !

Der **ETSCHEL JET Master**[®] kann gleichzeitig trennen, austragen und kontrollieren in vorbildlicher Weise. Jahrzehnte der Entwicklung gaben ihm diesen Vorsprung.

Chemisches Regenerieren.

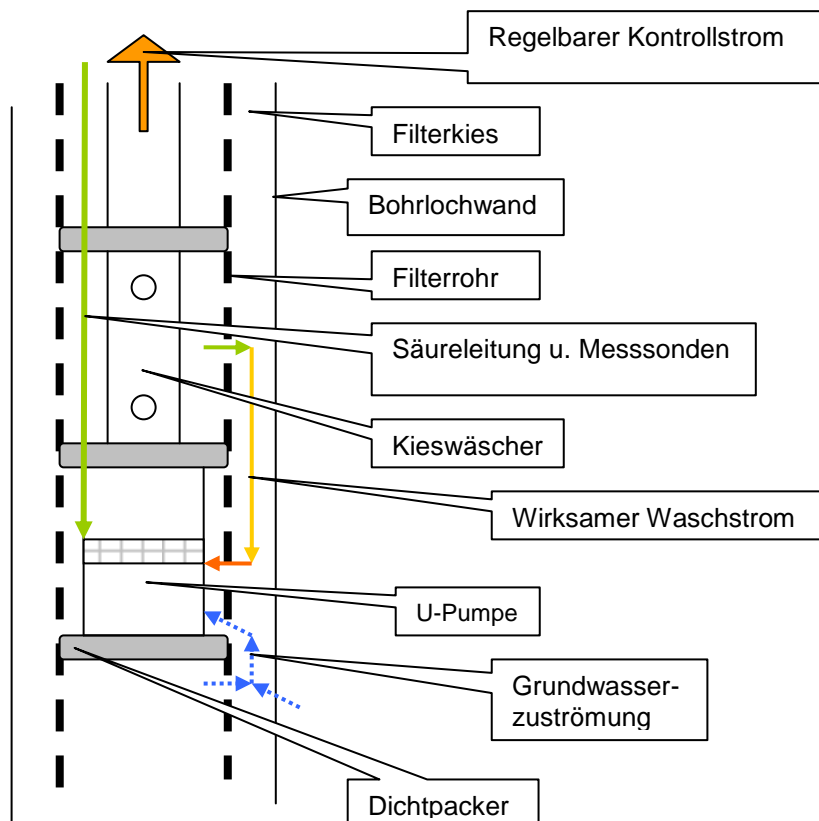
Einer chemischen Regenerierung muss zwingend immer eine mechanische vorausgehen (W 130, S 24, Pkt 8.6.1). Die Minimierung des Chemikalienverbrauches gebietet das! Demzufolge muss die vorgeschaltete mechanische Regenerierung Wegsamkeiten für die Chemikalien schaffen und so viel wie möglich im Vorfeld ohne Chemie entfernen. Der Chemie sollte nur noch die Feinarbeit überlassen bleiben.

Wenn wir schon bei den Wegsamkeiten sind: Eine harte, fast hundertprozentige Verstopfung, kann mit Chemie nicht mehr geknackt werden. Die Säure müsste sich ja regelrecht durchfressen, und das würde unendlich lange dauern, zumal sich die Säure sofort ab Einbringen verdünnt (natürlicher Grundwasserstrom vertikal und horizontal). Wir wissen aber, dass nur eine Konzentration pH 1,0 in vernünftiger Zeit wirken kann. Ohne Bewegung zu „säuern“, also das „Über Nacht wirken lassen“ ist ausgemachter Blödsinn. Die Bewegung aber, z.B. durch Kolben und auch durch den Kieswäscher, bringen zwangsläufig eine mehr oder minder starke Verdünnung durch Ansaugen von Grundwasser mit sich, und das bedeutet nachdosieren und mehr Verbrauch an Chemie, als zum Lösen notwendig wäre. Somit kann die chemische Regenerierung nur der letzte Ausweg sein, ja sie kann nur so gut sein wie ihr vorangegangenes mechanisches Verfahren vorgereinigt hat. Man hat Ihnen etwas anderes erzählt?

Sie wissen aus eigener Erfahrung: Wenn Sie Zucker in den Tee geben, und lassen ihn ruhig stehen, löst er sich nur sehr langsam auf. Erst wenn Sie rühren geht es schneller. Nehmen Sie gar Kandiszucker (also harte Verkrustung im Brunnen) löst sich dieser erst nach Tagen auf oder Sie müssen lange und kräftig rühren. Im Brunnen bringt aber das Rühren durch Kolben oder Umpumpen auch anstehendes Grundwasser in Bewegung. Beim Kontrollieren meint man dann die Säure hätte gewirkt, weil sie „abgebaut“ wurde.

Tatsache ist, die Säure ist eben nur zum Teil abgebaut worden. Ein nicht unerheblicher Teil wurde durch das angesaugte Grundwasser nur verdünnt! So wird der Kieswäscher leicht zum „Augenauswischer“.

Trotzdem ist die chemische Regenerierung mit einem ordentlichen Kieswäscher, vorangegangener, gründlicher mechanischer Regenerierung und – vor allem – richtiger Beurteilung, ein gutes Teilverfahren für die Brunnen-Regenerierung.



Prinzip eines Kieswäschers für chemische Regenerierung (Vereinfachte Darstellung mit nur einer U-Pumpe)

Ich habe bisher nur von „Säure“ gesprochen. Es ist wohl selbstverständlich, dass man sich vor Einsatz von Chemie darüber informiert, aus was die Ablagerungen denn bestehen, und mit welchem Regeneriermittel sie überhaupt gelöst werden können. Da reicht die Palette von arsenfreier Salzsäure, Schwefelsäure etc. bis hin zu den handelsüblichen organischen Regeneriermitteln. Vorsicht bei organischen Mitteln! Sie können zu Verkeimung führen! Bei ihrer Verwendung ist auf eine gründliche Desinfektion des Brunnens während und/oder nach der Regenerierung zu achten.

Wie kommt man vor der Regenerierung an eine Ablagerungsprobe?

Man öffnet die Förderleitung (z.B. Entfernen des Krümmers am Brunnenkopf) und nimmt von innen eine Probe. Diese lässt man im Labor untersuchen, und sich ein oder mehrere Regeneriermittel empfehlen. Aber Vorsicht! Die Ablagerungen in der Druckleitung, am Saugsieb der Pumpe, an der Filterinnenwand und im Filterkies können unterschiedliche Zusammensetzung haben. Deshalb sollte man unbedingt noch eine Kontrollprobe (unter Wasser!!!) von der Filterinnenwand nehmen, um wenigstens bei der nächsten Regenerierung genauer Bescheid zu wissen.

Bitte auch darauf achten inwieweit das Regeneriermittel das Ausbaumaterial angreift!

Genehmigungen bei chemischen Regenerierungen:

Für eine chemische Regenerierung muss die ausführende Firma/ing.-Büro – ihrem Verfahren entsprechend – vorher eine Genehmigung einholen!!! Besonders zu beachten ist, dass eine Beeinflussung benachbarter Brunnen (z.B. Brunnengalerie) unterbleibt. Und das ist gar nicht so einfach zu garantieren. Jedenfalls ist eine laufende Beprobung der Nachbarbrunnen unerlässlich, damit sie schnellstens vom Netz genommen werden können, wenn eine Störung auftritt. Am sichersten ist eine automatische pH-Wertmessung mit automatischer Pumpenabschaltung im Ernstfall.

Auch die Entsorgung mit Restchemie belasteter Regenerierwässer und –feststoffe ist zu regeln. Ohne Vorlage lückenloser Entsorgungsnachweise geht da gar nichts.

Man sieht also, dass eine chemische Brunnenbehandlung kein Kinderspiel ist, und deshalb nur von einer versierten Fachfirma (dafür vom DVGW nach W 120 / R2 zertifiziert) ausgeführt werden darf.

Wer das nicht beachtet handelt zumindest fahrlässig und macht sich – auch als Auftraggeber/Bauleitung – strafbar!

Mechanisches Regenerieren

Den weitaus größten Anteil an den Regenerierungen haben wohl die mechanischen Verfahren. Das ist nicht verwunderlich, weil a.) das Gefahrenpotenzial geringer ist und b.) meist (wegen der Förderung und Einleitung von Grundwasser) nur eine Anzeige erforderlich ist. Immer sollte jedoch das zuständige WWA gehört werden. Man kann sich dadurch manche böse Überraschung ersparen.

Es gibt eine Vielzahl von mechanischen Verfahren, die wichtigsten sollen hier kurz genannt und beschrieben werden. (Details siehe W 130)

Bürsten:

Ist nur eine Reinigung der Filterinnenwand, um danach, bei einer FS-Untersuchung, bereits vorhandene Schäden feststellen zu können. Kann durch Einsatz von Hochdruckverfahren ersetzt werden.

Kolben und Intensiventnahme (partielles Entsanden):

Eine sehr gute Regeneriermethode, aber nur bei weichen Ablagerungen. Wirtiefe bis weit in die Kiesschüttung, oft sogar bis zur Bohrlochwand und ins Gebirge. Das reine Kolben wurde zunehmend durch die DWI Verfahren (S 60) ersetzt.

Druckspülverfahren:

Erzeugung des Wasserdruckes mit Spülpumpen (vom Bohren) bis zum Kärcher, bei Drücken von 10 bar bis etwa 200bar (= Niederdruck). Zwangsrotierende Düsen durch Unterwassermotor oder mit Gestänge und Kraftdrehkopf, durch Wasserkraft rotierende Düsen. Bei gleichzeitiger Förderung von Grundwasser, und zwar eines mehrfachen des eingebrachten Regenerierwassers sind diese durchaus wirksame Methoden, die in der Lage sind weiche bis mittelharte Ablagerungen zu lösen. Die Wirtiefe kann unter günstigen Umständen (z.B. bei Wickeldrahtfiltern und dünner Kiesschüttung) bis zur Bohrlochwand reichen.

Regeneriermittel: [Trinkwasser](#)

Verschiedene Impulsverfahren:

Sprenschocken:

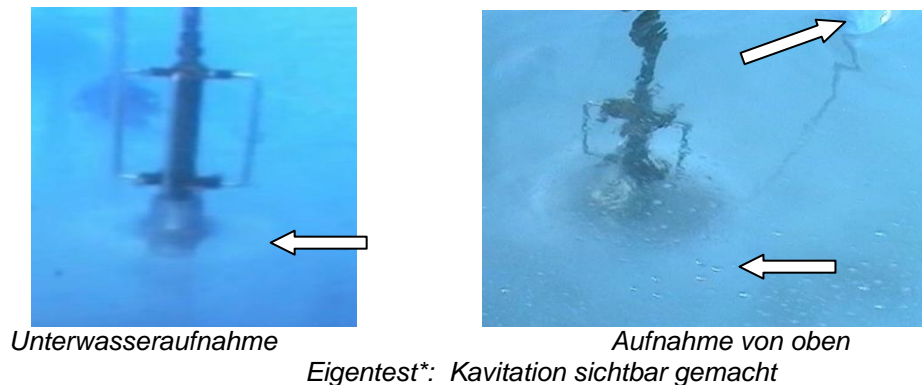
Sehr wirksam, Gefahr für den Brunnenausbau, keine gleichzeitige Förderung möglich. Entspricht also nicht der W 130 Forderung: trennen-fördern-kontrollieren gleichzeitig. (Auch Druckwellenimpulse durch Knallgas, Luftkomprimierung etc.)

Ultraschall:

Wirksamkeit nicht immer gegeben, weil keine Frequenzanpassung möglich, keine gleichzeitige Förderung sinnvoll, weil durch die Strömung die Frequenzen im Brunnen verzerrt und gedämpft werden (Dopplereffekt). Entspricht also nicht der W 130 Forderung: trennen-fördern-kontrollieren gleichzeitig.

Druckwellenimpulsverfahren mit Wasserhochdruck: z.B. **ETSCHEL JET Master®** :

Erzeugung veränderbarer, hochfrequenter Druckwellenimpulse, mit Aufbau von Kavitation zwischen den gegenläufig rotierenden Düsenpaaren. Erzeugung der Impulse durch Wasserhochdruck ab 270 bis 600 bar. Erfüllt alle Forderungen des W 130 in vorbildlicher Weise. Geprüftes Verfahren: DVGW Dresden W 55/99 und Eigentest* unter Aufsicht eines DVGW-Experten. Reicht bei jeder Art von Ablagerungen bis zu 45cm hinter das Filterrohr, und damit ins angrenzende Gebirge. Ersetzt Bürsten und Kolben und Druckspülen. Regeneriermittel: [Trinkwasser](#).



Anmerkung: eine detaillierte Liste der Regenerierverfahren ist in W 130 zu finden.

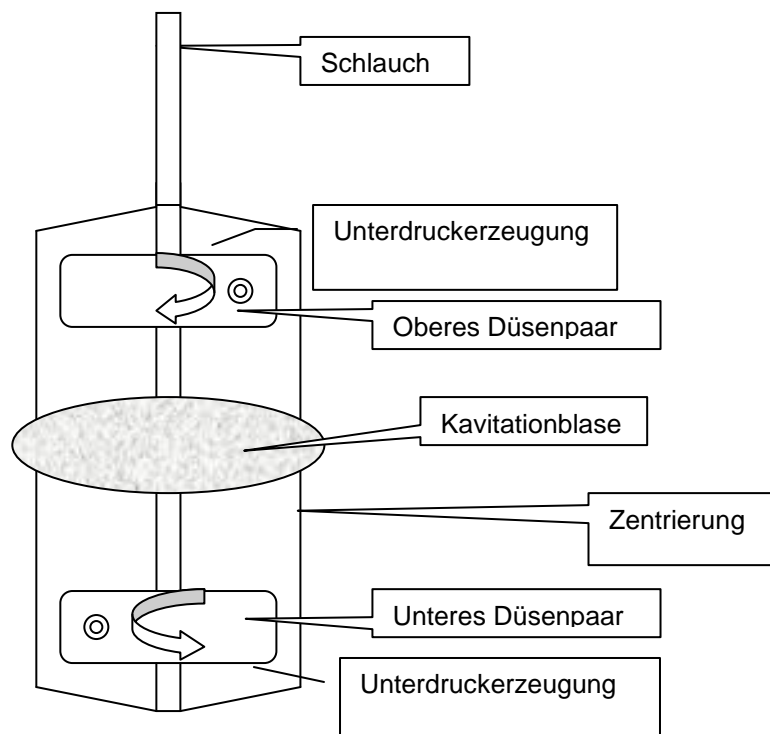
Genehmigungen bei mechanischen Regenerierungen:

Mechanische Regenerierungen, die ausschließlich mit Trinkwasser als Regeneriermittel arbeiten, bedürfen keiner besonderen Genehmigung. Lediglich die Entnahme von Grundwasser und die Einleitung sind genehmigungspflichtig. In den meisten Fällen genügt eine Meldung beim zuständigen Landratsamt. Dieses und das zuständige WWA sollte man auf jeden Fall vorher befragen.

Aufgrund welcher physikalischen Gesetze funktioniert der **ETSCHEL JET Master®**?

Die beiden übereinander (in definiertem Abstand) angeordneten Düsenpaare drehen sich durch die Rückstoßwirkung der Düsen gegenläufig mit sehr hoher Drehzahl. Die Drehzahl hängt vom Rotordurchmesser (etwas geringer als der Filterinnendurchmesser), der Düsenkonfiguration und dem am Düsenaggregat anstehenden Pumpendruck (= Pumpendruck abzüglich Druckverlust im Schlauch) ab. Impulse entstehen beim **ETSCHEL JET Master®** ab etwa 270 bar Pumpendruck und ca. 200m Schlauch. Ab 270 bar kann man somit von einem Druckwellenimpulsverfahren mit Wasserhochdruck gemäß DVGW W 130 sprechen. Unterhalb 270 bar ist der **ETSCHEL JET Master®** nichts anderes als ein Hoch- oder Niederdruckspülverfahren. Die Drehzahl kann durch Erhöhung von Pumpmenge und -druck bis auf etwa 10.000 Upm gesteigert werden. Unterwassermotoren erreichen diese Drehzahlen nicht. Es entsteht, jenseits der 270 bar-Marke, **oberhalb und unterhalb der beiden Düsenpaare** eine „Kaltwasserdampfblase“ mit vakuumnahen Unterdruck. Diese versucht sich ständig vom Brunnen her mit Wasser aufzufüllen, was lokal eine enorme Sogwirkung auslöst. Gleichzeitig dichten diese Blasen nach oben und unten wie ein absolut dichter Kolben (Packer) ab. Die Strömung, die durch das Regenerierwasser und das gleichzeitige Abpumpen mit der U-Pumpe entsteht, wird gezwungen von unten und oben durch die Filterschlitzte und den Filterkies zu fließen. Das Düsenaggregat wird kontinuierlich auf und ab gefahren.

Die Impulse bringen die Kieskörner und die Rohre zum Schwingen, was zu einer Abtrennung von weichen bis betonharten Verkrustungen führt. Es werden also die, durch die Impulse von Rohr und Kies abgetrennten, Partikel sofort ins Brunneninnere transportiert und von dort, als Schlamm und Feststoff **simultan** zu Tage gefördert. Sie können, wenn sich die Kieskörner wieder setzen, die Zwickelräume also nicht wieder verfüllen.



Prinzip des **ETSCHEL JET Master**[®] Rotationsdüsendesign **UNINOZ**[®]

Zeitliche Intervalle für die Kontrolle (Probenentnahme), also in Minuten, wie sie W 130 vorschlägt, sind beim **ETSCHEL JET Master**[®] nicht zielführend. In der Praxis – bei hunderten von Brunnenregenerierungen – hat sich die Probenentnahme immer am oberen Wendepunkt beim Aufwärtsfahren als richtig erwiesen. Dies gilt auch dann, wenn nur noch Teilstrecken des Filterstranges bearbeitet werden. Die entnommenen Proben können direkt miteinander verglichen werden. Da die Zeit für einen Abwärts- und einen Aufwärtstrip von Fahrgeschwindigkeit und Brunntiefe abhängt, sind die Zeitintervalle natürlich von Brunnen zu Brunnen unterschiedlich. Je nach Brunntiefe sind das meist Intervalle von etwa 5 bis 15 Minuten.

Wodurch unterscheidet sich der **ETSCHEL JET Master[®] nun von anderen, ähnlichen Geräten (Druckspülverfahren)?**

Die bei über 250 bar entstehenden Impulse, steuerbar, mit unterschiedlichen Frequenzen, bringen alle Brunnenteile in Schwingung. Hat sich die Anbindung der Verkrustungen am Filterkieskorn erst einmal gelöst, geraten die einzelnen Kieskörner lokal, um den Düsenkopf, in erhöhte Bewegung und reiben aneinander. Nun können die Reste der Anhaftungen noch mechanisch „abgeschliffen“ werden. Dabei können natürlich nichtmonolithische Kieskörner zerbrechen. Sie werden dann als „Unterkorn-Splitter“ einfach mit abgepumpt. Es sind deshalb, bei nichtmonolithischem Filterkies, erhebliche Setzungen der Kiesschüttung zu beobachten. Das schadet aber dem Brunnen nicht, wenn Kies nachgefüllt werden kann. Eigentlich hätte beim Brunnenbau sowieso nur monolithischer Kies verwendet werden dürfen.

Da aber auch monolithischer Kies einen gewissen Anteil von nichtmonolithischen Körnern enthält, werden fast immer Setzungen auftreten. Bei vielen anderen Verfahren reicht die Energie einfach nicht aus, um die nichtmonolithischen Körner an ihren, von Natur aus vorhandenen, inneren Spaltflächen zu brechen. Da ist dann aber die eingebrachte, zu geringe Energie eben auch nicht in der Lage, gründlich regenerieren zu können.

Bei geringerem Druck und/oder anderer Düsenkonfiguration entsteht am Austritt des Wasserstrahles aus der Düse ein „steinharter“ Strahl. Dieser wiederum „zerfleddert“ – wieder je nach Düsenkonfiguration, Wassermenge und –druck – in relativ geringer Entfernung von der Düse.

Seine Waschwirkung geht dann gegen Null. Daraus folgt, bei Druckspülverfahren reinigt nur der harte Wasserstrahl (Kärcher) und nicht Schwingungen bzw. Impulse. Zerfließt der Wasserstrahl schon vor Erreichen der Filterinnenwand, hat er kaum noch eine reinigende Wirkung.

Aber selbst ein harter Wasserstrahl kommt vielleicht noch bis durch die Filterschlitz (und das auch nur bei Wickeldrahtfiltern und Schlitzlochung) und vielleicht noch ein paar Zentimeter in die Kiesschüttung, aber spätestens dann ist bestimmt „Schluss mit Lustig“!

Also keine Wirkung mehr, vor allem dann nicht, wenn die Verkrustungen härter werden. Beim **ETSCHEL JET Master®** wirkt oberhalb von 270 bar nicht der harte Wasserstrahl, sondern Impulse, Schwingungen. Die Impulse des **ETSCHEL JET Master®** wirken jedoch bis weit hinter die Bohrlochwand (siehe W 55/99). Durch die entstehende Kavitation erfolgt – sozusagen als Nebenprodukt – gleich eine Brunnendesinfektion.

Die nachfolgend gezeigten ersten beiden Beispielkurven von Austragsmessungen bei Regenerierungen mit dem **ETSCHEL JET Master®** zeigen, dass zuerst vorwiegend die weichen Ablagerungen vom Filterrohr und aus dem Filterkies entfernt werden. Danach werden zunehmend die harten Verkrustungen abgetrennt.

Diagramm: Regenerierung bei weichen und harten Ablagerungen

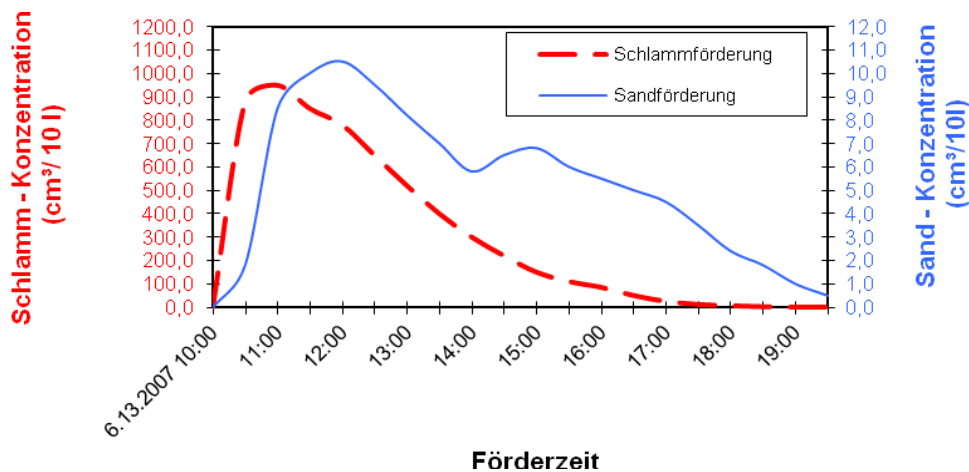


Diagramm:

Regenerierung bei überwiegend weicher Ablagerung

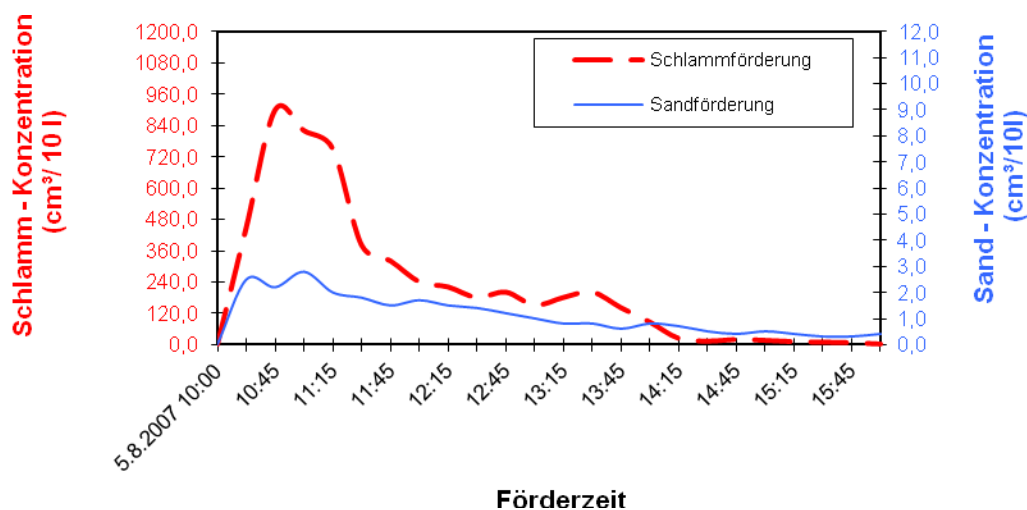
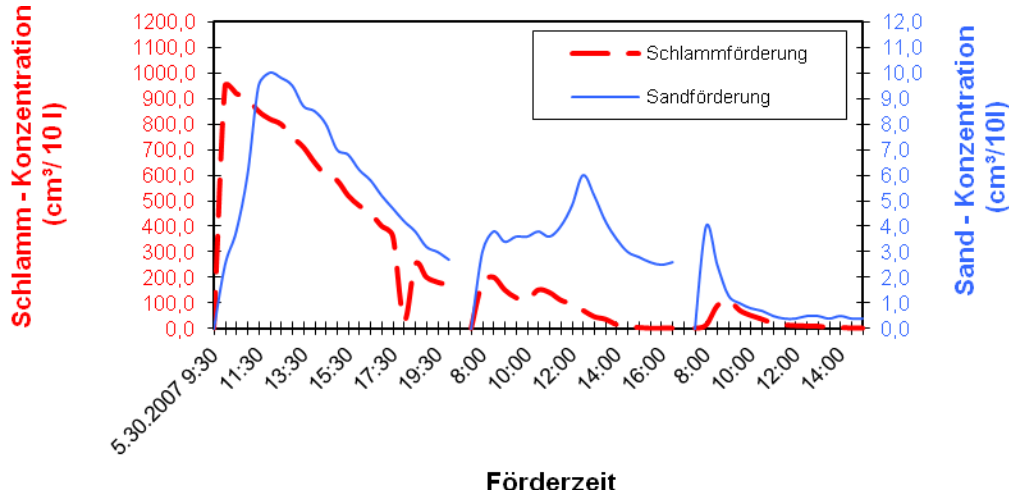


Diagramm: Entwicklung eines Neubrunnens (drei Tage)



Die Brunnenentwicklungskurve zeigt als Schlammanteil (rot) Spülrückstände und zerstörten Filterkuchen und als Sandanteil (blau) Gebirgsand und Unterkorn im Filterkies

Es wird oft versucht den **ETSCHEL JET Master®** zu kopieren. Es wird kaum gelingen, denn ein kleines Geheimnis der Konfiguration bleibt bei der **ETSCHEL Brunnenservice GmbH**, und die von ihr betriebene Weiterentwicklung bleibt auch nicht stehen!

Technische und hygienische Anforderungen an Regeneriergeräte:

Alle Teile, die in den Brunnen kommen, müssen aus Edelstahl, Bronze oder Kunststoff sein, weil sonst Edelstahl im Brunnenausbau durch Kontaktkorrosion geschädigt wird. Weiterhin müssen alle Teile frei sein von scharfen Kanten, sodass sie sich nirgends (vor allem bei Wickeldrahtfiltern) verhaken können.

Hygienisch saubere Lagerung und Transport der Schlauchhaspel und des Düsenaggregates (praktisch aller Teile, die in den Brunnen gefahren werden) in einem geschlossenen Fahrzeug muss selbstverständlich sein. Eine Verunreinigung beim Stillstand und Transport mit Laub, Vogelkot etc. muss dadurch ausgeschlossen sein.

Es darf das gesamte Regeneriergerät **nur und ausschließlich in Trinkwasser-Brunnen und -Quellen** eingesetzt werden.

Kosten- / Nutzenvergleich

Zur Frage ob man immer gleich mechanisch und chemisch regenerieren soll, oder erst ein paar Mal nur mechanisch und dann erst Mechanisch und chemisch dient folgendes Rechenbeispiel mit fiktiven Zahlen :

Regenerierung	Kosten mech. + chem.	Reinigungsgrad
1. Reg. mech. + chem.	10000 + 15000 = 25000	erreicht 97%
2. Reg. mech. + chem.	10000 + 15000 = 25000	erreicht 95%
3. Reg. mech. + chem.	10000 + 15000 = 25000	erreicht 93%
4. <u>Reg. mech. + chem.</u>	<u>10000 + 15000 = 25000</u>	<u>erreicht 91%</u>
	= 100000	
Regenerierung	Kosten	Reinigungsgrad
1. Reg. mech.	10000	erreicht 95%
2. Reg. mech.	10000	erreicht 90%
3. Reg. mech.	10000	erreicht 85%
4. <u>Reg. mech. + chem.</u>	<u>25000</u>	<u>erreicht 91%</u>
	55000	

Regeneriert man also - immer mit vorgeschriebener mechanischer Vorreinigung - und danach chemisch, belaufen sich die Kosten nach 20 Jahren auf:
100.000 (zuzüglich Kapital- und Zinsdienst)

Regeneriert man dagegen dreimal nur mechanisch und erst nach 20 Jahren – das vierte Mal – zuerst mechanisch und danach chemisch, belaufen sich die Kosten auf:
55.000 (zuzüglich Kapital- und Zinsdienst)

Also 45.000 weniger bei praktisch gleichem Ergebnis.

*** Anmerkung** = Sicher muss – in beiden Fällen des Beispiels - beim vierten Mal, also hier nach 20 Jahren, sowohl bei der mechanischen, als auch bei der chemischen Regenerierung etwas mehr Zeit und Chemie aufgewendet werden, um auf ein besseres Resultat zu kommen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass nicht in allen Fällen ein gleiches oder besseres Ergebnis als bei 15 Jahren erzielt werden kann. Kosten, Prozente zur ursprünglichen Sauberkeit und Zeitabstände sind im Beispiel willkürlich angesetzt. In der Praxis sind diese Werte von Brunnen zu Brunnen verschieden. Die Prozente liegen erfahrungsgemäß bei 95 bis 99 % bei kombinierter chem. und mech. Regenerierung, und bei 90 bis 95 % bei nur mech. Reinigung mit dem **ETSCHEL JET Master®**. Bei anderen Verfahren verneine ich mir (aus juristischen Gründen) eine Bewertung.

Das Gesagte bedeutet: Zuerst zwei bis vier Mal nur mechanisch, und erst beim dritten bis fünften Mal mech./chem. kombiniert regenerieren. Damit kann man, bei gleichem Effekt, enorm sparen.

Schlussbemerkung.

Die oben gemachten Aussagen sind das Ergebnis aus 56 Jahren Erfahrung im Brunnenbau und bei Regenerierungen. Ich habe viele „neue Sterne“ auf diesem Gebiet kommen – und auch wieder verglühen – sehen. Nicht alles, was als „bestens“ lautstark angepriesen und pseudowissenschaftlich fundiert wurde, konnte einer praktischen Überprüfung und/oder einer ernsthaften Hinterfragung standhalten. Deshalb soll diese vorliegende „Entscheidungshilfe“ ein möglichst ehrlicher Leitfaden für Sie sein, um selbst abwägen zu können, was für Sie – in Ihrem speziellen Fall - richtig sein könnte.

Dafür und für die richtige Entscheidung wünsche ich Ihnen viel Erfolg.

Anhang 4 - Bohrgeräte:

„Es ist nicht gut, dass der Mann alleine sei“ sprach der Herr im alten Testament, und schuf zum Adam die Eva. Juden, Christen und auch die Moslems haben das so gelernt. So gehört zum Brunnenbau eben auch ein gutes Bohrgerät.

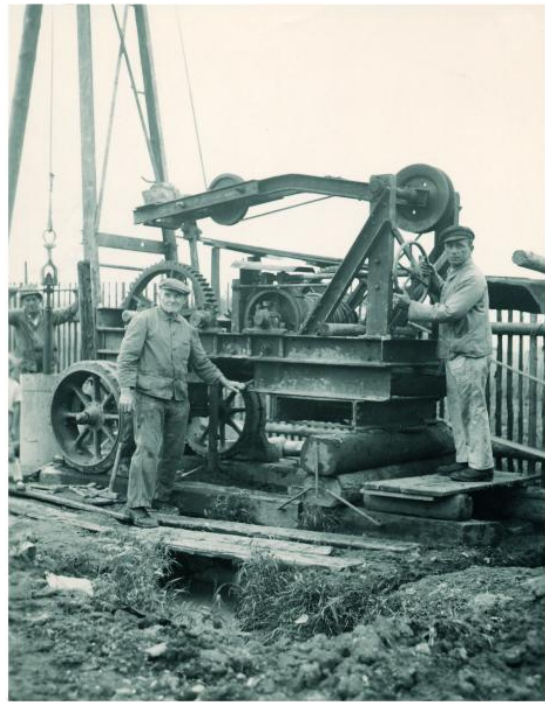
Als die von Hand gegrabenen Brunnen – in Deutschland auf Burgen, oft bis über hundert Meter Tiefe – nicht mehr tragbar waren (weil diese unmenschlichen Arbeiten zu viele Opfer forderten), erfand man Bohrgeräte. Soweit ich aus der Literatur weiß, war das aber schon vor ca. 2500 Jahren in Ägypten, wo Diamantbohrwerkzeuge beim Bau der Pyramiden verwendet wurden, und schon ca. 600 vor unserer Zeitrechnung (also 600 v.Chr.) wurden in China Bohrgeräte verwendet. Dort waren es eine Art Gestänge-Freifall-Geräte, die mit (zunächst menschlicher) Muskelkraft betrieben wurden. Ich komme gleich nochmal darauf zu sprechen! Als Gestänge waren die hochelastischen - und durch die natürlichen Knoten auch hochfesten – Bambusstangen bestens geeignet. Soweit bekannt ist, sind damit Bohrungen von sechshundert Meter Tiefe niedergebracht worden. Warum Gestänge, wird sich der Leser fragen. Es gab keine Seile die das ausgehalten hätten, was eben die hohlen Bambusstangen mit ihren Knoten abkonnten. Das stabilisierende Prinzip „hohl und Muffen“ (als Knoten) wird bei Rohren und Gestänge heute noch angewandt !!

Das erste Bohrgerät von Etschel & Meyer – in der Firmengründungsphase 1919 - war auch mit Muskelkraft betrieben. Zu mehr hat es in den ersten beiden Jahren finanziell eben nicht gereicht.

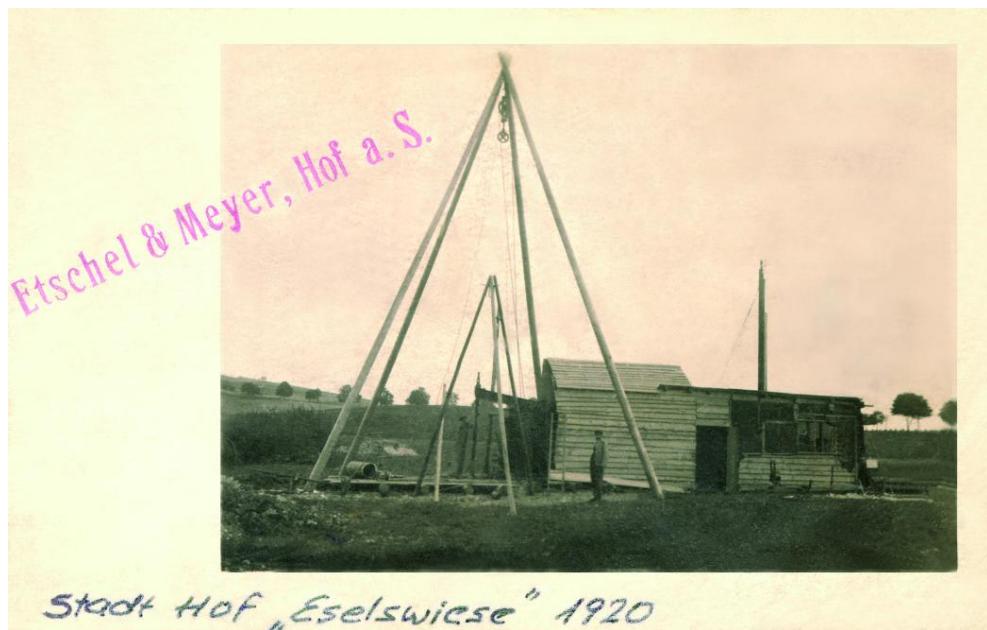
Warum? Motoren und deren Betrieb waren viel teurer, als menschliche Arbeitskraft. Nur ganz „vornehme“ Bohrfirmen (die es heute nicht mehr gibt) konnten sich motorbetriebene Bohrgeräte leisten.



Handbetriebenes Bohrgerät



Erster Eigenbau Etschel & Meyer





Laineck: Stadwerke Bayreuth 1929 – 1931, 345m Tiefe



BSX Baujahr 1945 aus Schrott



Regenerier- und Brunnenentwicklungsanlage **ETSCHEL JET Master**® seit 1994

Anhang 5:

Neuerungen Erdwärmesonden und Ergänzung Wasser-Wasser -Wärmepumpen.

Nachtrag zu Erdwärmesonden:

Es sind die Zertifizierung nach DVGW W 120 und die Bohrdurchmesser angesprochen. Beides ändert sich, bzw. hat sich – aufgrund von gemachten Erfahrungen - bereits geändert.

Einmal die Zertifizierung mit dem neuen W 120 und zum Zweiten sind bei den am meisten eingebauten Doppel-U-Rohr-Sonden 2 x 32 x 9, die Durchmesser mit 120 und 140mm nicht mehr zugelassen. Heute sind mindestens 152mm vorgeschrieben, bzw. in der speziellen Genehmigung aus geologischen Gründen u. U. auch noch mehr.

Nun zum eigentlichen Thema:

Brunnen für Wasser-Wasser-Wärmepumpen (WWWP).

Es waren bis vor einigen Jahren Brunnen für Wasser-Wasser-Wärmepumpen bei ungünstigen Wasserchemismus (Ausscheidungen in den Wärmepumpen) bedenklich.

Begründung:

Man hatte trotz vieler Versprechen seitens der Wärmepumpenhersteller die Probleme der Ausscheidungen und Ausfällungen aus dem Grundwasser in der WWWP, und eine akzeptable Lebensdauer der WWWP-„Innereien“ gegenüber aggressiven Wässern und Schwebestoffen einfach nicht richtig im Griff. Bei den allermeisten Herstellern der heutigen WWWP ist das kein allzu großes Problem mehr. Die Materialien sind sowohl gegen Ablagerungen, als auch gegen Korrosion resistenter geworden, bzw. geschützt. Schwebestoffe können heute vor der WWWP abgefiltert werden.

Die Wartungs- und Reinigungsvorschriften (für die Filter) der WWWP-Hersteller müssen jedoch gewissenhaft beachtet werden.

Die WWWP funktioniert im Prinzip genauso wie eine Erdwärmesonden-WP. Es wird hier Grundwasser aus einem Förderbrunnen entnommen, durch die Wärmepumpe geschickt, da werden dem Brunnenwasser berührungslos 5°K bis 8°K Temperatur (d.h. Wärme) entzogen, diese auf 40°C bis ca. 50°C „hochtransformiert“ und auf das Heizwasser übertragen. Das Grundwasser kommt dabei niemals mit dem Heizwasser oder gar der Außenluft in Kontakt. So spricht man von einem geschlossenen Kreislauf Das abgekühlte Brunnenwasser wird im Schluckbrunnen in den gleichen Aquifer wieder versenkt.

I.) Was ist bei der Wasser-Wasser Variante zu beachten:

1. Die Brunnen sind wasserrechtlich wie normale Brunnen und Schluckbrunnen zu behandeln, was bedeutet, dass das Genehmigungsverfahren wesentlich komplizierter ist als bei Erdwärmesonden. Ein wasserrechtliches Verfahren muss eingeleitet werden. Ein Gespräch mit dem Geologen des zuständigen Wasserwirtschaftsamt ist sehr zu empfehlen. Ohne Einschaltung eines dafür verantwortlichen Fachmannes (evt. sogar eines Ing.-Büro), d.h. nur mit dem Bohrunternehmer zu arbeiten, davor rate ich dringend ab. Es kann leicht zu einer „totalen Fehlinvestition“ kommen, wenn die Entnahme und/oder das Einleiten von Grundwasser am Ende nicht genehmigt werden kann. Zum Sinn eines „Privaten Sachverständigen in der Wasserwirtschaft“ habe ich meine eigene – negative – Meinung!
2. Für WW Brunnen gelten die vorher im Buch genannten ersten 9 Gebote sinngemäß. Freilich sind die behördlichen Auflagen im Einzelfall, vor allem hinsichtlich der Entwicklung und der Pumpversuche geringer. Ansonsten sind aber die Regeln des Brunnenbaus zu beachten. Es ist auch zu bedenken, dass Wartungskosten durch Regenerieren der Brunnen und Pflege der WWWP (s.o.) im Laufe der Jahre auf den Betreiber zukommen. Der Planer einer WW-Anlage sollte immer auch diese Kosten abschätzen und dem Betreiber unaufgefordert und schriftlich bekannt machen.
3. Die WW Variante funktionieren nur dort, wo die Geologie dies erlaubt. So z.B. in Grobsanden und Kiesen, sowie in Kluftgestein mit einem abgesenkten Wasserspiegel deutlich unter Gelände (ca. - 3,00 bis max. ca. – 40,00m). Je tiefer der abgesenkte Wasserspiegel, desto höher die Stromkosten für die Förderung des Wassers, desto einfacher wird aber die Verschluckung. Bei Arlesern wird das Verschlucken problematisch, wenn nicht gar unmöglich, und daher kaum genehmigungsfähig. Hier müsste die Abdichtung an Sperrohre erfolgen (keinesfalls an glatte PVC-Rohre!!!), und die Brunnenköpfe für Arteser müssen druckdicht sein. Es wäre bei Arlesern der Aufwand viel zu hoch!

4. Vorteil der WW Variante: Sie haben einen wesentlich besseren Wirkungsgrad als Erdwärmesonden und können meist auch mit bis zu 50°C Vorlauftemperatur noch wirtschaftlich gefahren werden. Das kommt vor allem bei älteren Heizungssystemen (Altbausanierung) sehr zu Pass.
5. Oftmals sind auch Erdwärmesonden in Grobkiesen und im Malmkarst gar nicht möglich, weil sie sich wegen totalem Spülverlust u.U. gar nicht sicher mit Zement o.ä. hinterfüllen lassen. Dann bleibt nur die WWP mit Brunnen.
6. Für WWWP sind im Allgemeinen über ca. 0,5 l/s (1,8m³/h) an Fördermenge nötig, also eine relativ geringe Menge.
7. Von größter Bedeutung jedoch ist die Fähigkeit des Schluckbrunnens die zu fördernde Pumpmenge (Bedarf der Wärmepumpe bei Volllast, beim Heizungsbauer zu erfragen) des Förderbrunnens auch zu „schlucken“. Deshalb empfehle ich immer zuerst den Schluckbrunnen zu bohren, ihn mit Leitungswasser auf seine Schluckfähigkeit zu testen (Dauer bei 1,5 x Bedarfsmenge der WWWP: ca. 1 bis max.3 Stunden. Ein sich einigermaßen konstant haltender, aufgebauter Wasserspiegel muss dabei nachgewiesen sein). Erst bei Erfolg des Schluckbrunnens an die Herstellung des Förderbrunnens gehen. Im Misserfolgsfall spart man sich so wenigstens die Kosten des zweiten Brunnens und die der (dann falschen) Heizanlage.
8. Lage der Brunnen zueinander: Der Schluckbrunnen soll mindestens 15m in etwa Grundwasserstrom abwärts angesetzt werden, um einen Rücklauf zu vermeiden. Je weiter entfernt, desto besser.
9. Die Abnahme der fertigen Anlage erfolgt durch einen „Privaten Sachverständigen“, der vom WWA zugelassen ist. Das kostet – im Normalfall - um die 600,- bis 800,- Euro. Ich halte das für völlig überflüssig. Der Bohrunternehmer muss ja schließlich einschlägig nach W 120 zertifiziert sein, der Heizungsbauer entsprechend auch und – wenn dazu noch ein qualifiziertes Ing. Büro eingeschaltet ist, wozu dann diese kostenträchtige Bürokratie? Verantwortung übernimmt der „Private Sachverständige“ doch ohnehin nicht! Da könnte man Kosten sparen und den Einsatz von „erneuerbaren Energien“ nicht noch unsinnig belasten.

II.) Wie wird im Allgemeinen ein Schluckbrunnen dimensioniert?

1. **Bohren:** Bei Brunnen mit Verkiesung (im Lockergestein und bei nachfälligem Gebirge): 244,5 bis 254 mm (9 5/8“ bzw. 10“) Bohrdurchmesser. Im grob zerklüfteten Festgestein (z.B. Malmkarst) ohne Verkiesung: 152,4mm (6“). Hier jedoch (wie oben) 244,5 bzw. 254mm im Bereich der vorgeschriebenen Abdichtungstiefe.
2. **Ausbau:**

Mit Kiesschüttung: PVC 115mm i.D. (möglichst außen glatt, damit beim Kiesschütten keine Kiesbrücken entstehen). Filterkiesschüttung (dem Gebirge angepasst), ca. 0,6m zweistufiges Kies-Sand-Polster, darüber eine Zement-Abdichtung über Lanzetten (z.B. 1“) in vorgeschriebener Tiefe. Achtung: Die Lanzetten müssen unbedingt unten geschlossen sein, also geeignete seitliche Austrittsöffnungen haben. Beachtet man dies nicht, spült man unausweichlich das Kies-Sand-Polster auf, und die Abdichtungsmasse dringt in den Filterkies, also in den produktiven Teil des Brunnens ein.

Ohne Kiesschüttung: PVC 115mm i.D. (hier ruhig mit Muffen). Dichtschirm auf den Bohrdurchmesserabsatz in vorgeschriebener Abdichttiefe, ca. 0,6m Kies-Sand-Polster, darüber Zementabdichtung wie oben. (siehe Skizze unten).

Brunnenstube: Etwa -1,50m Tiefe, frostsicher. OK bei + 0,10m, überflutungssicher aus Betonringen 1,00m Durchmesser und Betondeckel. Die Brunnenstube muss entwässern können, d.h. Schwitzwasser u. dgl. muss versickern können. Man erreicht das meist, entweder durch ein verkiestes Loch (ca. 50mm Durchmesser) in der Betonsohle, oder man verzichtet ganz auf die Betonsohle (wo das geht).

Brunnenkopf: wasserdicht, einmal für U-Pumpe, einmal für das Schluckrohr. Beide mit verschließbarer (Gewindestopfen) Öffnung für Wasserspiegelmessungen.

Schluckrohr: z.B. 2“ PVC, dessen Unterkante bei 0,5 bis 1m über Filterboden und tiefer als der niedrigstmögliche RWSp sein muss.

Achtung: Es darf in den Schluckbrunnen im Betrieb keine Luft eingebracht werden. Luft könnte zu Ablagerungen durch Ausfällung führen und häufige – in diesem Fall nicht ganz billige - Regenerierungen nach sich ziehen. Außerdem schläft der Teufel nicht! Man merkt es meist daran, dass z.B. am 1. Weihnachtstag früh die Heizung deswegen nicht mehr einschaltet. Es wird im Haus saukalt!
3. **Entwickeln, Schluck- und Pumpversuche:**
Das Entwickeln beider Brunnen kann durch „Ausblasen“ und Kolben erfolgen. Das Ausblasen kann beendet werden, wenn das Wasser einigermaßen klar und sandfrei ist (meist nach 1 bis vier

Stunden). Fürs Kolben reichen meist 15 Minuten. Der Nachweis der Sandfreiheit des geförderten Wassers aus dem Förderbrunnen erfolgt analog zu W 111 und 119, d.h. man nimmt je eine Probe (10 Liter, davon nach Absetzen 1 Liter in Imhofftrichter) am Ende der Entwicklung. Beim Pumpversuch, ca. 30 - 60 Sekunden nach Pumpenanlauf, und nach mindestens einer Stunde Pumpzeit mit konstanter Menge. Die zulässigen Sandgehalte sind hierfür im gültigen W 119 und W 111 geregelt. Der Pumpversuch ist gleichzeitig auch der zweite Schluckversuch. Der Pump/Schluckversuch dauert etwa 3 bis max. 24 Stunden (24h nur in Zweifelsfällen, sonst reichen max. 8 Stunden). Die Fördermenge und Schluckmenge muss bei einigermaßen absehbarer Beharrung mindestens das 1,5-fache der von der Wärmepumpe benötigten Wassermenge betragen. Sowohl beim Förderbrunnen, als auch beim Schluckbrunnen ist sofort nach Abschalten der U-Pumpe der Wiederanstieg und zeitgleich beim Schluckbrunnen der Wiederabstieg des Wasserspiegels zu messen und zu protokollieren. Es müssen also 2 Lichtlote an der Baustelle sein.

4. **Dokumentation:**

Eine lückenlose Dokumentation (Schichtprofil des Bohrmeisters, Brunnenausbauzeichnungen, Materialverbrauch IST / SOLL, Entwicklungs-, Pump- und Schluckversuchsprotokolle in Anlehnung an W 111, Schacht- und Brunnenkopfzeichnung, genauer Lageplan) ist Voraussetzung für die Abnahme! (siehe unten).

IV.) Leistungsabgrenzung

Um Streitigkeiten zu vermeiden, rate ich die Übergabegrenze zwischen Brunnen- und Heizungsbauer genau zu definieren und schriftlich in beiden Aufträgen zu dokumentieren.

Der **Brunnenbauer** sollte – so empfehle ich – für Brunnenbau samt Nebenleistungen, Schachtbau und Lieferung der Brunnenköpfe und auch für evt. Subunternehmer, verantwortlich sein. Die Brunnenköpfe (oder die genauen Zeichnungen) muss er dem Heizungsbauer vor Bohrbeginn übergeben, damit dieser seine U-Pumpe, Schluckrohre etc. anpassen kann.

Der **Heizungsbauer** sollte für die Lieferung der U-Pumpe, der Förder- und Schluckrohre samt Armaturen, Leitungs- und Kabelverlegung vom Haus von/zu den Brunnen, Elektrik, Wärmepumpe, Behälter usw., sowie für die betriebsfertige Montage der gesamten Heizanlage verantwortlich sein. Auch für seine Subunternehmer, wie Elektriker, Mauerer etc. Der U-Pumpenmotor darf nicht mit einem Glykolgemisch gefüllt sein, sondern mit Trinkwasser!

Jedes Gewerk sollte für sich teilabgenommen und die betriebsfertige Gesamtanlage nochmals (Inbetriebnahme mit Einweisung des Bauherrn) im Ganzen. Der Bohrunternehmer muss zur zweiten Abnahme nur dann anwesend sein, wenn er dies wünscht, oder an seinen Leistungen schon im Vorfeld Mängel erkennbar sind. Beide Firmen müssen für 5 Jahre Garantie übernehmen, da Mängel oft erst nach ein oder mehr HEIZPERIODEN erkennbar sind. Die Abnahmen sind auf Vordruck des Bauherrn / Ing.-Büro zu dokumentieren! Ein gemeinsamer Ortstermin zur Abstimmung und Dokumentation für o. g. Leistungsabgrenzung ist vor Auftragserteilung zu empfehlen. Haben Sie als Bauherr einen Berater, muss dieser das in Ihrem Beisein erledigen! (Der ist als Zeuge besser als „die beste Ehefrau von allen“, frei nach Ephraim Kishon).

Es kann auch nicht schaden zur endgültigen Abnahme das zuständige Wasserwirtschaftsamt (Landratsamt?) einzuladen. (Das wäre noch besser als der bessere Berater, aber meist kommt da niemand). Übertragen Sie dem Brunnen- und Heizungsbauer alle Verantwortung für die Einhaltung der behördlichen Auflagen durch nachweisbare Übergabe einer Kopie der Genehmigungen mit enthaltenen Auflagen (z.B. Abstand von Grenzen, max. Bohrtiefe, Entsorgung, Umweltbelange, Berichterstattung, usw.).

V.) U-Pumpe

Wie schon gesagt: Die U-Pumpe oder die WP fällt selten an einem Werktag aus!

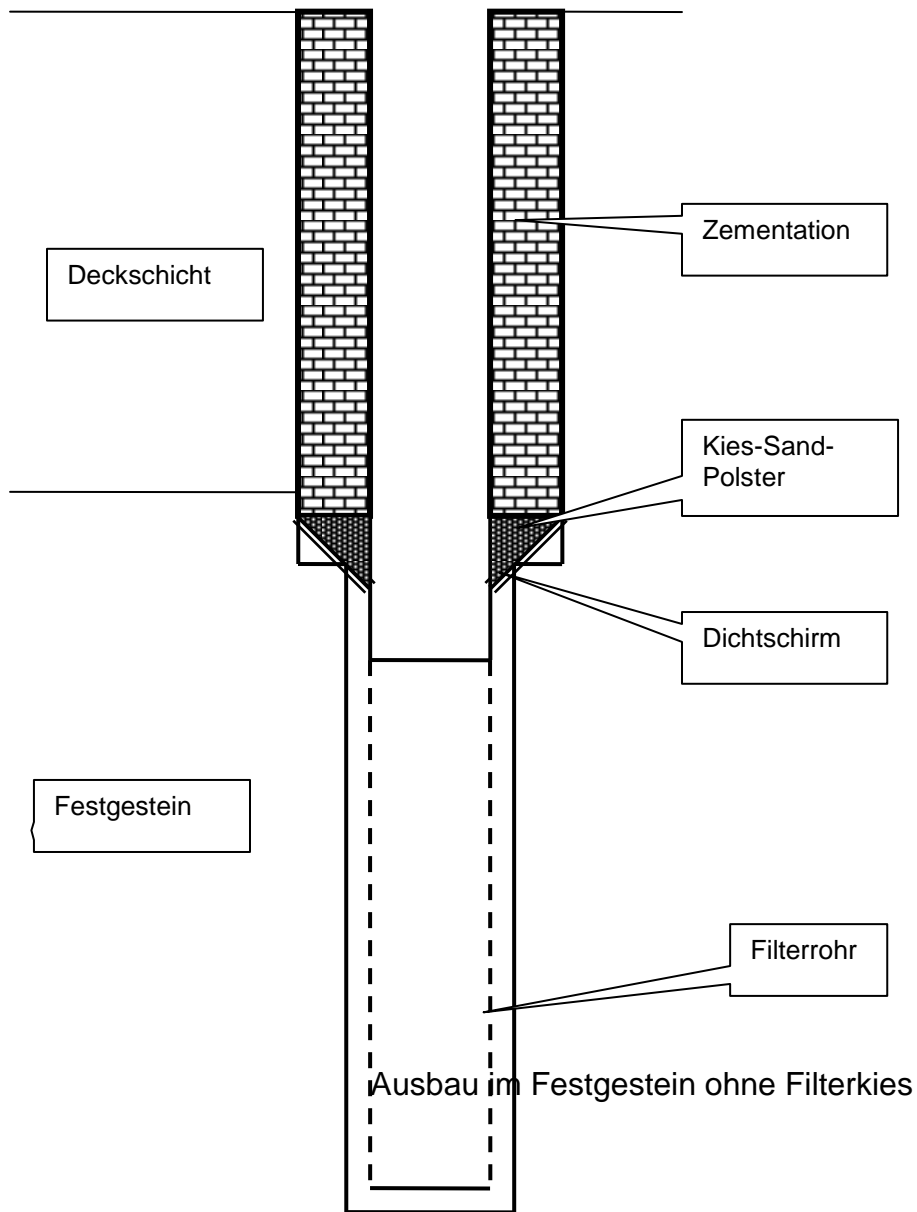
Fragen Sie Ihren Heizungsbauer ob er über einen immer erreichbaren Notfallservice verfügt, und welche verbindliche Lieferzeit eine Ersatz-U-Pumpe hat. Gibt es dafür einen Notfalldienst – auch an Feiertagen – der die U-Pumpe liefert, und montiert Ihr Heizungsbauer die auch an einem Samstag, Sonntag oder Feiertag?

Falls das nicht der Fall ist, und es Tage dauern kann bis er Ersatz besorgen kann, fragen Sie nach einer Reservepumpe. An der Heizung (auch an der WP) kann er meist einen Notbetrieb organisieren. Wohl dem der jetzt einen Ofen im Haus installiert hat!

Ist der Förderbrunnen richtig gebaut (vor allem technisch sandfrei!!!), hat eine gute U-Pumpe eine Lebensdauer von etwa 20 Jahren. Merke: Sand im Wasser verschleißt die Pumpe mehr oder minder schnell (manchmal schon in ein paar Wochen, dann ist aber meist der Brunnen schuld).

Ablagerungen durch Ausscheidungen entstehen durch den Chemismus des Wassers und/oder durch Bakterien. Beide führen zu Verstopfungen der Pumpe und beider Brunnen, welche durch Regenerierung (am besten mit dem **ETSCHEL JET Master®**) behoben werden können.

Die Zeitintervalle liegen hier bei einigermaßen brauchbarem Wasser zwischen 20 und 30 Jahren. Der Brunnenbauer wird abschätzen können, wie groß die Intervalle sein werden. Lassen Sie Ihre Brunnen jedoch nicht billig und halbherzig regenerieren. Das zahlt sich nicht aus, denn das nächste Intervall, und weitere werden todsicher immer kürzer!



Hof, im Januar 2015 / © Hermann Etschel, auch auszugsweise.

Muster eines Abnahmeprotokolls

Einzelabnahme / Gesamtabnahme

Ort: Datum:

Bauherr: Bohrfirma: Heizungsbauer:
Name: Name: Name:

Übergebene Dokumentation (ankreuzen):

- Lageplan // Brunnenausbauzeichnungen // Schichtprofile /
- Sandmessung
- Pump-/Schluckversuchsberichte / -Diagramme dazu
- Brunnenkopfzeichnung
- sonstige Unterlagen für Behörden:
- Aufmaß (falls vereinbart)

Inbetriebnahme / Name:
Fa.
 Inbetriebnahme / Name:
Fa.

Einweisung / Name:
Fa.
 Einweisung / Name:
Fa.

Garantiezeit beginnt am: und endet am:
Durchschlag erhalten: Bohrfirma // Heizungsbauer

Sonstige Feststellungen, Vereinbarungen etc.:

.....
.....
.....
.....
.....

Unterschriften:

Bauherr: Bohrfirma: Heizungsbauer:
Name: Name: Name:

Datum:

Präsentiert von:



Etschel Brunnenservice GmbH

Rudolfstrasse 112

D-82152 Planegg

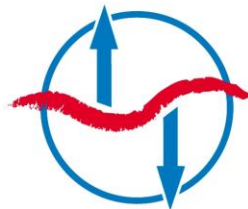
Tel. +49-89-42049651

Fax +49-89-42049655

info@etbs.de

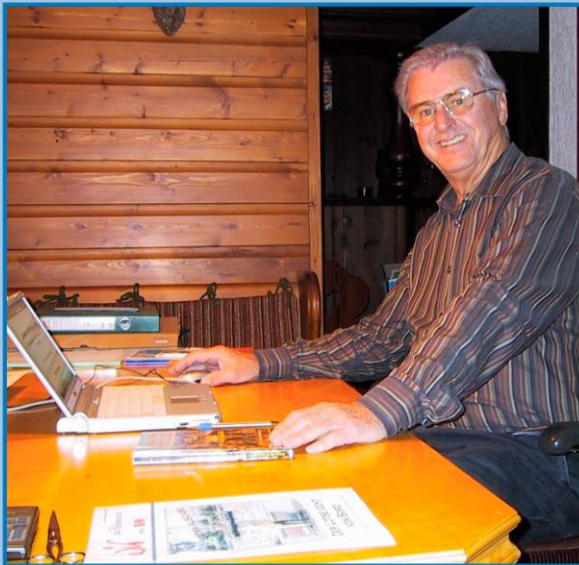
www.etbs.de

Facebook: <https://www.facebook.com/etschelbrunnenservice>



ETSCHEL
BRUNNENSERVICE

Home of the JET Master



Die 10 Gebote PLUS

zum Bau und Betrieb eines Brunnen

Ein humorvolles Brevier rund um den Brunnen

Dipl.Ing.(FH) Hermann Etschel

war über Jahrzehnte als Unternehmer in der Brunnenbaubranche sowie in verschiedenen branchenrelevanten Gremien im In- und Ausland aktiv.

Sein daraus gewonnener Erfahrungsschatz führte zu vielen Verbesserungen hinsichtlich der angewandten Gerätetechnik und Bohrverfahren.

Das vorliegende Buch gibt einen Einblick in den Stand der Technik und dient als praktische Hilfestellung im Brunnenbau.

www.etbs.de

Ihr Brunnen-Partner