Brunnenentsandung und daraus sichtbar werdende Probleme und Aufgaben

Autor(en): **Blasche, Reinhold**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **39 (1972-1973)**

Heft 96

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-198503

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., Vol. 39, Nr. 96, Mai 1973, S. 39–49

Brunnenentsandung und daraus sichtbar werdende Probleme und Aufgaben

mit 9 Abbildungen

von Reinhold Blasche*)

Anschliessend an die eigentlichen Bauarbeiten zur Erstellung eines Brunnens, auf die hier nicht näher eingegangen wird, erfolgt in der Regel der Pumpversuch. Auf seine Durchführung wird nur in besonderen Ausnahmefällen verzichtet. Trotz vorheriger hydrologischer Untersuchungen ist der Ergiebigkeitsversuch aus der definitiven Fassung meistens notwendig. Vor allem für grosse Grundwasserfassungen können aus Versuchsbrunnen nur Teilmengen gepumpt werden, ohne dass die Aufwendungen hierfür unvertretbar hoch werden. Darüber hinaus wird dieser abschliessende Versuch zur Abklärung der notwendigen Schutzzonen oder zur Bestimmung der zulässigen Entnahmemenge (Konzessionierung) verlangt, soweit eine Konzession nicht bereits vorgängig erteilt werden konnte.

Die ständige Weiterentwicklung auf allen Gebieten hat auch den Begriff des Pumpversuches in den letzten Jahrzehnten gewandelt. Während die Fachbücher vor 20 bis 30 Jahren den Pumpversuch gesamthaft als Leistungstest, als Klarpumpen, als Brunnenentwicklung usw. verstanden, kennen wir heute eine Zweiteilung. Wir haben das Entsanden und den Nachweis der förderbaren Wassermenge voneinander getrennt. Der Brunnenbauer lernte früher, dass die Wassermenge langsam zu steigern sei. Jedes zu harte Anfahren eines neuen Brunnens wurde vermieden. Der Bauherr war bereits zufrieden, wenn nach wenigen Stunden kontinuierlichen Betriebes ein praktisch sandfreies Wasser gefördert wurde.

Noch im Arbeitsblatt W 111 des DVGW, Ausgabe 1963 (eine Neufassung ist vorgesehen) steht, dass Pumpversuche zur abschliessenden Untersuchung eines Einzelbrunnens zur Feststellung der Ergiebigkeit dienen, und diese meist zugleich zum Klarpumpen (Entsandung) benützt werden.

Heute handeln wir anders. Wir haben wieder die Bedeutung des von Prinz bereits im Jahre 1923 geschriebenen Satzes erfasst: «Dem Pumpversuch muss eine gründliche Entsandung vorausgehen...» und «stossweises Pumpen entsandet kräftiger als ein gleichmässiger, ununterbrochener Betrieb».

Die grundwasserführenden Lockergesteine (Feststeine sollen hier nicht betrachtet werden), in deren Poren und Hohlräumen das vom Brunnen zu erschliessende Grundwasser fliesst, sind in der Regel ein Korngemisch. Seine Kornverteilung kann je nach den für sein Entstehen und seine Ablagerung bestimmenden geologischen Bedingungen sehr verschieden sein. Sie reicht von Steinen und Blöcken über Kiese und Sande bis zu den Feinanteilen der Silt- und Tonfraktionen.

*) Fehlmann Grundwasserbauten AG, Monbijoustr. 16, 3001 Bern.

Der Brunnenfilter hat die Aufgabe, das Grundwasser möglichst ungehindert, also mit geringem Eigenwiderstand und sandfrei in den Brunnen einströmen zu lassen. Dabei soll hier unter Brunnenfilter das gelochte (geschlitzte) Rohr, eventuell zusammen mit einer Kiesschüttung, verstanden werden. Der Brunnenfilter soll dem Grundwasserleiter so angepasst sein, dass anfangs noch ein bestimmter Anteil des Korngemisches durchtreten kann. Das Entsanden soll diesen Vorgang vor der Nutzung des Brunnens und damit vor dem Pumpversuch erzwingen. Es geht also um ein Auswaschen der Umgebung des Brunnens von bestimmten Feinanteilen, um einen bestmöglichen Zufluss zu erreichen. Die Porenquerschnitte um den Brunnenfilter sollen vergrössert werden, bis sich aus dem anstehenden Boden ein natürliches Stützgerüst um den Brunnenfilter aufgebaut hat.

Auf die Wahl der Grösse des Brunnenfilters soll hier nicht besonders eingegangen werden. Sie gehört zweifellos zu den wichtigsten und wohl auch schwierigsten Entscheidungen am Brunnen. Ein zu feiner Filter bedeutet zusätzlichen Eintrittswiderstand (im Extremfall Verstopfung), ein zu grober Filter kann Ursache ständiger Sandführung sein. Die zuletzt genannte Gefahr besteht vor allem bei Korngemischen, die vom Silt bis zum Grobkies reichen. Solche Grundwasserleiter sind vielfach die Kies-Sande der Alpentäler, deren grobkörnige Anteile einen günstigen Boden nur vortäuschen. Ungleichförmigkeiten U_{60}/U_{10} von 20,0 bis 40,0 sind dabei keine Seltenheit. Sie bedingen eine sorgfältige Filterwahl auf Grund von Siebanalysen und eventuelle weitere zusätzliche Beurteilungen.

Die Durchführung der Entsandung erfolgt in der Regel mit Pumpen, da bei ihnen die Fördermenge leicht zu regulieren und zu kontrollieren ist. Mit Vorteil werden solche Pumpen verwendet, die gegen die vom Wasser anfangs mitgeführten Sandanteile unempfindlich sind. Wegen der begrenzten Saughöhe sind horizontal gelagerte Pumpen nur beschränkt brauchbar, so dass in der Regel Unterwasserpumpen eingesetzt werden müssen. Zur Entsandung von Vertikalbrunnen mit kleinem Brunnenrohr-Durchmesser stehen dagegen auf dem Pumpenmarkt oft nicht die erforderlichen Schmutzwasserpumpen mit der benötigten Leistung zur Verfügung. Der Brunnenbauer ist in solchen Fällen gezwungen, zu anderen Hilfmitteln, wie z. B. Druckluft zu greifen, auch wenn die Quantitätskontrolle erschwert oder unmöglich wird. Die Verwendung normaler Unterwasserpumpen zum Zwecke der Entsandung muss wegen des dabei auftretenden enormen Verschleisses und der damit verbundenen hohen Kosten als unzumutbar angesehen werden.

Das Entsandungspumpen geschieht in mehreren Stufen, d. h. mit verschiedenen, gesteigerten Fördermengen. Sobald das Wasser mit der ersten Stufe klar ist, sollte mit dem Schocken begonnen werden (Prinz sprach vom stossweisen Pumpen). Dabei wird die Entsandungspumpe in bestimmten Zeitabständen aus- und eingeschaltet. Die beim Abschalten bewirkte Unterbrechung des Strömungsdruckes auf bereits aufgebaute und bestehende Kornbrücken führt zu deren teilweisen Zusammenbruch. Dadurch werden erneut feinere Kornanteile frei, die der Wasserstrom beim Anfahren der Pumpe herausreisst. Das geförderte Wasser führt wieder Sand, bis neue Stützgerüste ihre Filterwirkung erreichen. Durch die ständige Wiederholung dieses Vorganges wird laufend Feinkorn ausgewaschen und der wirksame Brunnenradius vergrössert.

Bei einem normalen Verlauf der Entsandung wird die Menge des beim Anfahren der Pumpe mitgerissenen Sandes abnehmen. Sie hört schliesslich praktisch ganz auf, sobald sich ein Gleichgewicht zwischen Strömungsgeschwindigkeit einerseits, sowie Filter- bzw. Stützwirkung des Brunnenfilters und der aus dem natürlichen Boden aufgebauten Stützgerüste andererseits eingestellt hat.

Schwierigkeiten bei der Filterwahl können hier durch die Notwendigkeit langer Ent-

sandungszeiten noch einmal oder überhaupt erst sichtbar werden. Zweifellos spielen noch Faktoren in die Filterwahl, die wir bis heute nur ungenau oder gar nicht erfassen und auch nicht sicher, und wie für den Baustellenbetrieb notwendig, schnell genug beurteilen können. Erinnert sei z. B. nur an den Einfluss der Kornform, d. h. die Abweichung von der idealen Kugelform.

Die Wahl der effektiven Entsandungswassermenge richtet sich nach der für später vorgesehenen Entnahme aus dem Brunnen. Es sind auch hierfür die Ergiebigkeit, die Kornverteilung der grundwasserführenden Schichten, die Durchlässigkeiten (k-Werte) und schliesslich auch die technischen Möglichkeiten der Förderung des Wassers bestimmend. Auf jeden Fall soll eine Überbeanspruchung des Brunnens während des Entsandens eine spätere störungsfreie Förderung unter normalen Betriebsbedingungen ermöglichen.

Die Aufteilung des Brunnens in mehrere Abschnitte erleichtert diese Überbeanspruchung und schafft gleichzeitig die Kontrollmöglichkeit der einzelnen Filterteile. Durch Begrenzung des Einsaugbereiches der Pumpe mit zusätzlichen Manschetten wird diese Aufteilung leicht erreicht.

Genügen diese Massnahmen in speziellen Fällen noch nicht, so kann die Pumpe anfangs ohne Rückschlagklappe benützt werden. Dadurch strömt nach Abschalten der Pumpe das Wasser aus der Steigleitung in den Brunnen zurück und unterstützt das Aufbrechen vorhandener Kornbrücken.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass wir den Brunnen
- abschnittweise
- in mehreren Pumpstufen und
- stossweise

entsanden können. Wichtig bleibt, dass eine Installation verwendet wird, mit der die Fördermenge regulierbar ist und gemessen werden kann, und die ausserdem jederzeit die Entnahme von Wasserproben zur Kontrolle des Sandgehaltes ermöglicht.

Die hier geschilderte Entsandungsmethode ist sicherlich in einem Vertikalbrunnen am leichtesten vorstellbar und wurde dort wohl auch zuerst in dieser Art ausgeführt. Der Verfasser selbst hat mit dieser Entsandung und zuvor mit ähnlichem Vorgehen gute Erfahrungen sammeln können. Es lag daher eine sinnvolle Übertragung auf die Horizontalbrunnen nahe.

Die Entsandung von Horizontalbrunnen erfolgte lange Zeit durch ein «Klarpumpen» der einzelnen Fassungsstränge. Dazu wurde jeweils der betreffende Strang-Schieber geöffnet und aus dem zentralen Fassungsschacht stufenweise gepumpt. Sobald das geförderte Wasser klar war, wurde gesteigert. Eine Überbelastung der einzelnen Stränge konnte damit zweifellos erreicht werden, indem das Mehrfache der Wassermenge gepumpt wurde, die im späteren Betrieb anteilmässig aus dem betreffenden Strang zu erwarten war. Eine zuverlässige Kontrolle der tatsächlich aus den einzelnen Strängen angefallenen Sandmenge war hierbei aber nicht möglich. Die gröberen Körner setzten sich im zentralen Fassungsschacht ab, so dass nur die leichteren Anteile in dem Förderstrom mitgerissen und am Pumpenauslauf sichtbar wurden.

Darüber hinaus lässt der Aufbau eines Horizontalbrunnens erkennen, dass trotz zeitweiser Überbelastung ein verhältnismässig «weicher Betrieb» vorliegt. Ein Schocken ist so z. B. praktisch ausgeschlossen oder wirkungslos. Nach Einschalten der Pumpe schöpft diese zunächst aus dem Schachtinhalt, und erst mit Erzeugung eines entsprechenden Druckunterschiedes gegenüber dem Grundwasserspiegel ausserhalb des Brunnens, setzt eine Einströmung in den geöffneten Fassungsstrang ein. Im Vertikalbrunnen ist im Vergleich dazu der Inhalt des Brunnenfilterrohres gering, so dass mit Pumpbeginn die Einströmung unmittelbar einsetzt, was durch die Verwendung von Manschetten

und die damit verbundene abschnittweise Aufteilung noch wesentlich unterstützt werden kann. Bei einem Horizontalbrunnen mit einem Schacht-Durchmesser von z. B. 3,0 m beträgt der Inhalt rd. 7,07 m³ oder 7070 l pro m gefüllten Schachtes. Bei einer Fördermenge von 2500 l pro Minute werden (ohne Zuströmung) ca. 17 Sekunden für eine Absenkung des Wasserspiegels um 10 cm benötigt.

Das Schachtvolumen wirkt also wie ein Anlaufpolster, das zwar im späteren Wasserwerksbetrieb selbst bei grossen Entnahmen erhöhte Sicherheit bietet und ein Vorteil des Horizontalsbrunnens gegenüber vertikalen Fassungen ist; während der Entsandung muss es jedoch ausgeschaltet werden.

Die Entsandung von Horizontalbrunnen erfolgte zeitweilig auch in der Form, dass bei leerem Schacht und laufender Wasserhaltung der Schieber eines Stranges langsam geöffnet wurde (Abb. 1). Dadurch wirkte das ganze Druckgefälle zwischen Ruhespiegel und Strangachse. Doch dürfte trotzdem die Öffnungszeit der verwendeten Schieber grösser sein als das Anlaufmoment einer leistungsfähigen Pumpe; darüber hinaus waren keine Kontrollmessungen möglich.

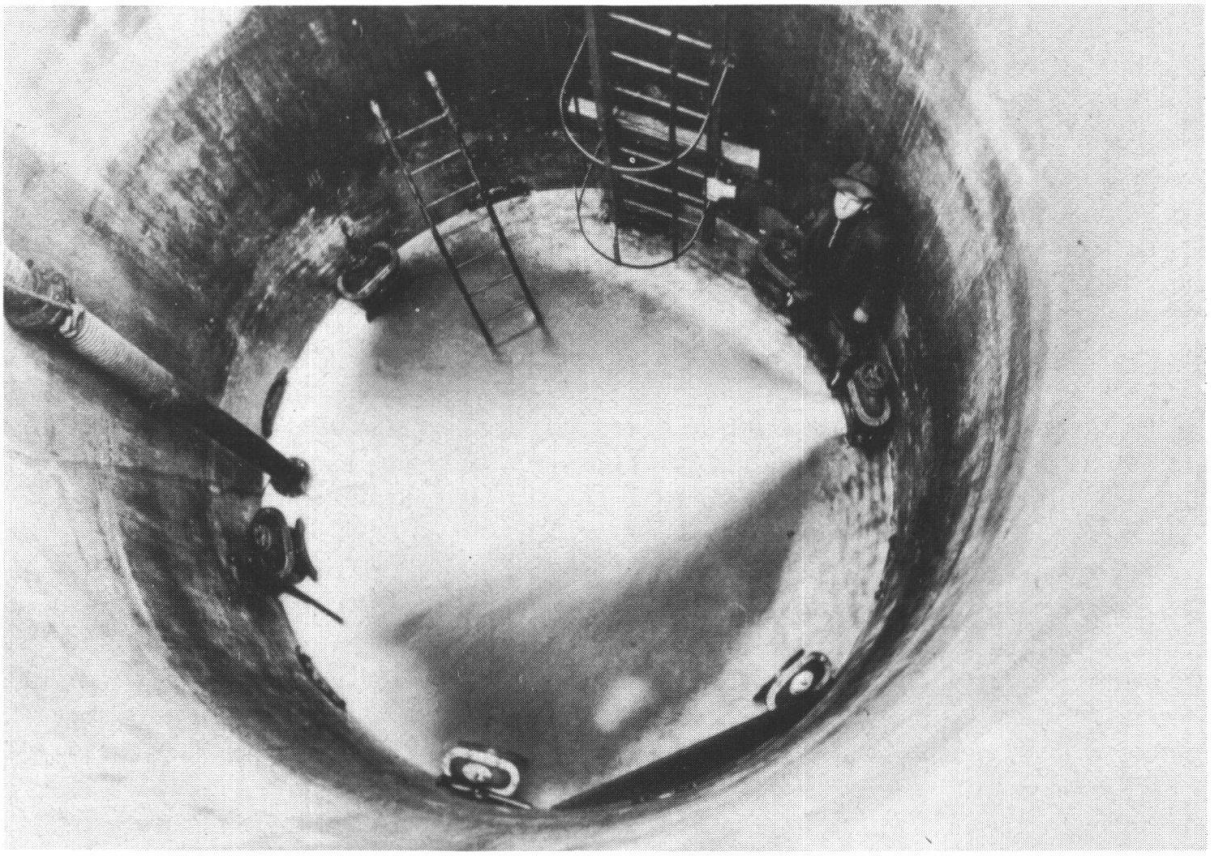


Abb. 1

In den letzten Jahren sind wir daher dazu übergegangen, die Entsandung der Fassungsstränge eines Horizontalbrunnens durch direkten Anschluss der Pumpe an den Strang vorzunehmen. Dadurch wurde es möglich,

- die Entsandungswassermenge zu regulieren und zu messen,
- die Schockentsandung anzuwenden und
- den Sandanteil pro Strang zu kontrollieren.

Sicher fehlt noch der letzte Schritt, die abschnittweise Entsandung. Sie ist technisch ohne weiteres möglich, bedarf jedoch eines grösseren Aufwandes, den ein Auftraggeber nur dann zu übernehmen bereit sein wird, wenn er von der Notwendigkeit und dem Nutzen überzeugt ist.

Um einen Leistungsvergleich der einzelnen Stränge zu ermöglichen, wurde jeweils zwischen Strang-Schieber und Pumpenanschluss ein Messrohr installiert. Zweifellos ist der darin gemessene Wasserspiegel nicht echt und von strömungstechnischen Randbedingungen verfälscht. Da aber stets die gleiche Installation verwendet wurde, enthalten die Messungen an jedem Strang eines Brunnens die gleichen Fehler und sind somit in ihren Werten untereinander vergleichbar. Zur Kontrolle sind darüber hinaus parallel an einem Nachbarstrang des Brunnens jeweils zur gleichen Zeit ebenfalls Spiegelmessungen vorgenommen worden.

Die Entnahme des Sandes erfolgte während des Schockens, kurz nach Einschalten der Pumpe. Dabei wurde versucht, die Probe stets während der anfänglichen, stärksten Trübung zu entnehmen. Es zeigte sich, dass das Wasser wenige Minuten nach Einschalten der Pumpe praktisch wieder sandfrei lief und somit zu diesem Zeitpunkt keine messbaren Werte mehr geliefert hätte.

Die Probe-Entnahme erfolgte durch einen Hahn, der an der Unterseite der Ablaufleitung montiert war. Zur Entnahme und Messung dienten trichterförmige Absetzgläser mit 1,0 l Inhalt. Von einer Wägung des Sandes wurde auf der Baustelle abgesehen. Die verwendeten Trichtergläser mit einer Ableseskala (für geringe Sandmengen 1/10 cm^3-Einteilung) erwiesen sich für den Baustellenbetrieb als ausreichend; so dass alle Messungen mit vertretbarem Aufwand durch das Baustellenpersonal selbst durchgeführt werden konnten (Abb. 2).

Abb. 2

Die so an den Horizontalbrunnen durchgeführten und kontrollierten Entsandungen sollen an zwei Fassungen veranschaulicht werden, bei deren Bau Herr Prof. Dr. Rutsch die Geologische Beratung ausübte, während die Gesamtprojekte der Pumpwerke dem Ing.-Büro Ryser, Bern übertragen waren. Es handelt sich dabei um die neuen Brunnenfassungen für die Wasserversorgungen Saanen im Berner Oberland und Steffisburg bei Thun.

Der Horizontalfilterbrunnen «Enge» der Wasserversorgung der Gemeinde Saanen wurde im Lauenental erstellt. Er ist als zusätzliche Erschliessung der seit längerem benutzten Quellaustritte vorgesehen und soll vor allem die Versorgung von Gstaad sicherstellen, die besonders während der Wintersaison in zunehmendem Masse kritisch wurde.

Die Höhenlage des Fassungsgebietes (rd. 1160 m ü. M.) erlaubt, das Wasser in freiem Gefälle dem rd. 100 m tiefer liegenden Versorgungsgebiet zuzuleiten. Wegen des hochliegenden Grundwasserspiegels kann der Brunnen ohne Pumpen betrieben werden,

zumal auch bei den vorgesehenen Spitzenentnahmen die Ansaughöhe eines Heberkopfes nicht überschritten wird.

In den Jahren 1967/68 ausgeführte Untersuchungsarbeiten ergaben einen Grundwasserleiter von 8,0–10,5 m Mächtigkeit, wobei Deckschichten teilweise fehlen, aber auch bis zu 6,3 m Stärke vorhanden sind. Die Breite des Grundwassergebietes wird durch den Talverlauf bestimmt und im geologischen Bericht mit 150 m angenommen. Das Gefälle des Grundwasserspiegels beträgt rd. 12‰ in Längsrichtung zum Talverlauf. Diese Angaben seien an dieser Stelle gemacht, um zu veranschaulichen, wie weit die theoretischen Berechnungsverfahren für Grundwasserfassungen durch Randbedingungen eingeschränkt werden können. Die Bodendurchlässigkeit schwankte je nach den ausgewerteten Standorten und wird im Bericht im Mittel mit $k = 5{,}0 \times 10^{-3}$ m/s zugrunde gelegt.

Der später aus der fertigen Fassung durchgeführte Pumpversuch bestätigte die stark begrenzte Feldergiebigkeit, die einschliesslich der Infiltrationsanteile der Lauenen bei ca. 7000 l/min liegt. Die für 9000 l/min dimensionierte und installierte Heberleitung entspricht der vorübergehend zulässigen grösseren Entnahme.

Der Horizontalfilterbrunnen besteht aus einem 14,6 m langen Senkschacht mit 3,0m Innendurchmesser. 7 Fassungsstränge sind in 2 Horizonten angeordnet und zwar 10,20 bzw. 11,20 m unter dem Ruhewasserspiegel (gemessen am 11. 9. 1970). Von 249,05 m Gesamtbohrlänge werden 225,0 m als Filterstrecke genutzt. Eingebaut sind Kunststoff-Filterrohre mit einem äusseren Durchmesser von 218 mm und einer Schlitzweite von 3,0 bzw. 2,0 mm.

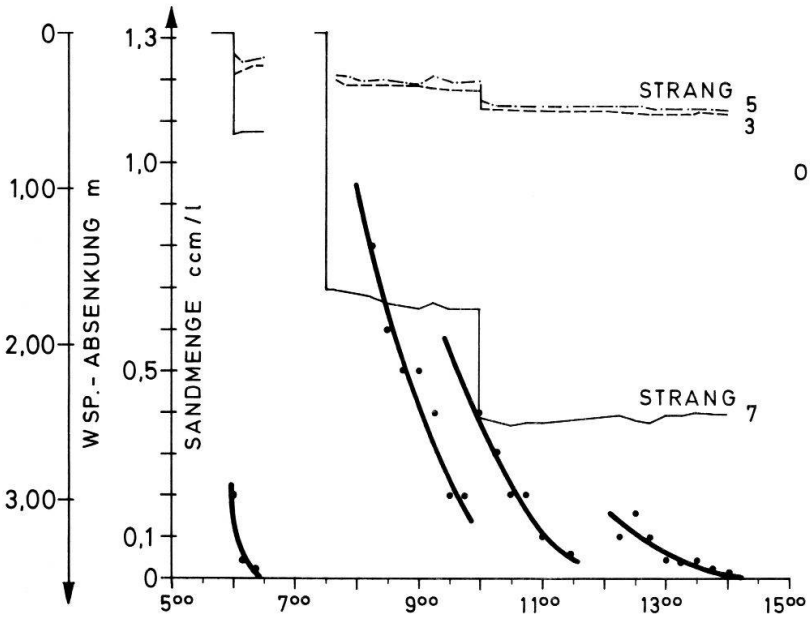
Die Entsandung der Stränge erfolgte in der oben beschriebenen Weise, wobei die Schmutzwasserpumpe direkt mit dem jeweiligen Filterstrang verbunden war. Die ausgeführten Messungen und deren Ergebnisse sollen für 3 Stränge aufgezeigt werden.

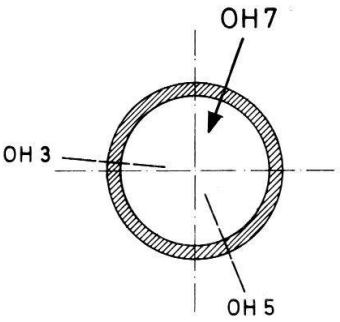
Die Ausbaudaten dieser Fassungsstränge sind:

Tabelle 1:

Strang Nr.	Bohrlänge	Filterlängen und Schlitzweiten		
		3,0 mm	2,0 mm	voll
	m	m	m	m
Saanen «Enge»				
2	39,20	36,00	1,00	1,05
4	31,95	29,00	1,00	1,05
7	25,95	23,00	1,00	1,05
Steffisburg				
10	33,15	—	30,0	1,05
13	25,95	—	24,0	1,05

Die Abbildungen Nr. 3 bis 5 enthalten als Ganglinien den Wasserspiegelverlauf im entsandeten Fassungsstrang, sowie in je einem benachbarten bzw. gegenüberliegenden Strang, die während dieser Zeit nicht betrieben wurden. Deren Spiegel entsprechen somit der jeweiligen Druckhöhe in diesen Strängen ausserhalb des Schachtes. Die Was-





FILTERLÄNGE 24,00 m

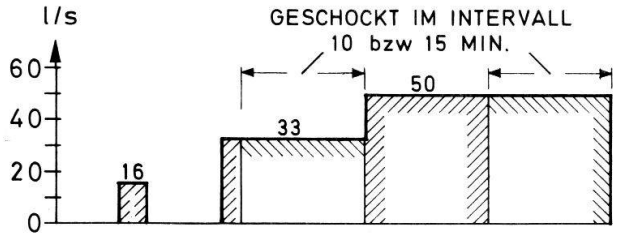
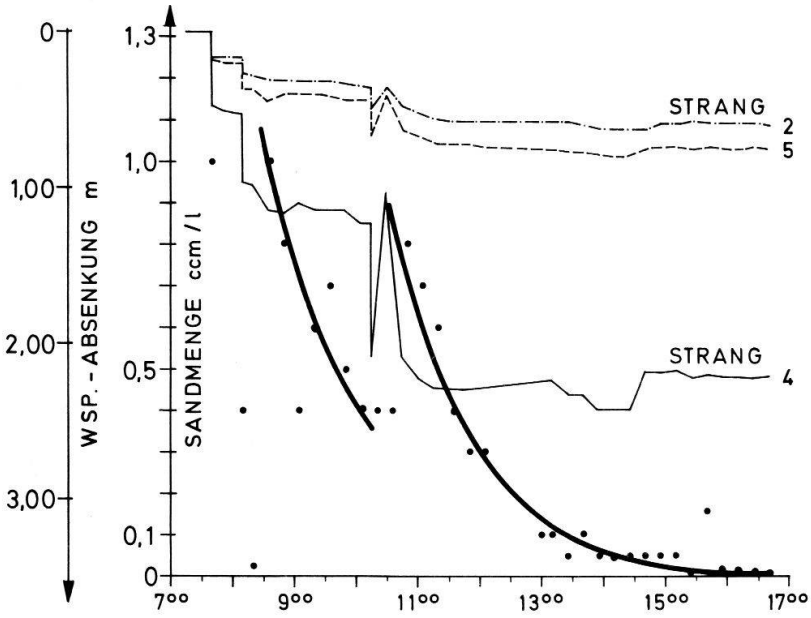
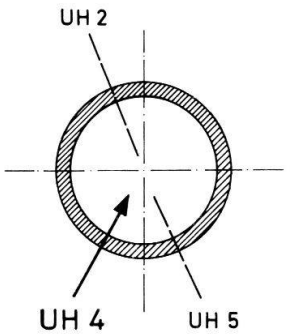


Abb. 3

WV SAANEN
HORIZONTALBRUNNEN
„ENGE"

ENTSANDUNG
FASSUNGSSTRANG 7
25. 8. 1970





FILTERLÄNGE 30,00 m

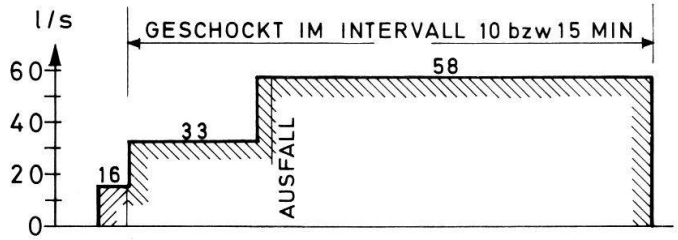


Abb. 4

WV SAANEN
HORIZONTALBRUNNEN
„ENGE"

ENTSANDUNG
FASSUNGSSTRANG 4
20. 8. 1970

serproben-Entnahme zur Kontrolle des mitgeführten Sandes erfolgte während des Schockens, jeweils kurz nach Einschalten der Pumpe, also im Zeitpunkt des grössten Sandschwalles.

Alle drei Diagramme zeigen deutlich die Abnahme des Sandgehaltes mit der fortschreitenden Pumpdauer. Vor Abschalten der Pumpe im Schockintervall nahm der noch mitgeführte Sand soweit ab, dass er mit den gewählten Mitteln auch bei mehreren kurz nacheinander genommen Proben nicht mehr gemessen werden konnte. Die erneute Zunahme des Sandgehaltes nach Steigerung der Wassermenge wird in den Abb. 3 und 5 besonders gut sichtbar. Das gleiche tritt nach Übergang zum Schocken ein (Abb. 3). Um den Aufwand für das Entsanden zu reduzieren, ist bei einigen Fassungssträngen auf das blosse Pumpen vor dem Schocken in den einzelnen Stufen verzichtet worden (Abb. 4 und 5), denn der grösste Entsandungseffekt wird mit dem Schocken erreicht.

Die angefertigten Siebanalysen von dem während des Stossens ausgespülten Bohrgut sind für den im Fassungsgebiet anstehenden Boden typisch (Abb. 6). Sie sind ein Beispiel für die Ungleichförmigkeit des Bodens, aus dem der Grundwasserleiter besteht. Die eingebaute Schlitzweite der Filterrohre von vorwiegend 3,0 mm hat sich für diese Fassung als richtig erwiesen, obwohl sie nahe der Grenze des zulässigen Masses lag.

Das zweite bereits erwähnte Beispiel ist der Horizontalfilterbrunnen des Pumpwerkes Burgergut der Wasserversorgung Steffisburg. Die im Jahre 1969 erstellte Fassung steht in den alluvialen Ablagerungen des Aaretales, die hier vom Schuttkegel der Zulg beeinflusst sind. Von dem rd. 22,0 m tiefen Schacht mit 3,0 m Innen-Durchmesser wurde ein im Mittel 12,5 m mächtiger Grundwasserleiter erschlossen, der aus Kies-Sanden mit einer ebenfalls breiten Kornverteilung besteht (Abb. 7).

Die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters wurde mit $k = 1{,}0 \times 10^{-2}$ m/s angegeben, bei einem Ruhespiegelgefälle von 2,0 ‰. Der abschliessende Pumpversuch konnte bis

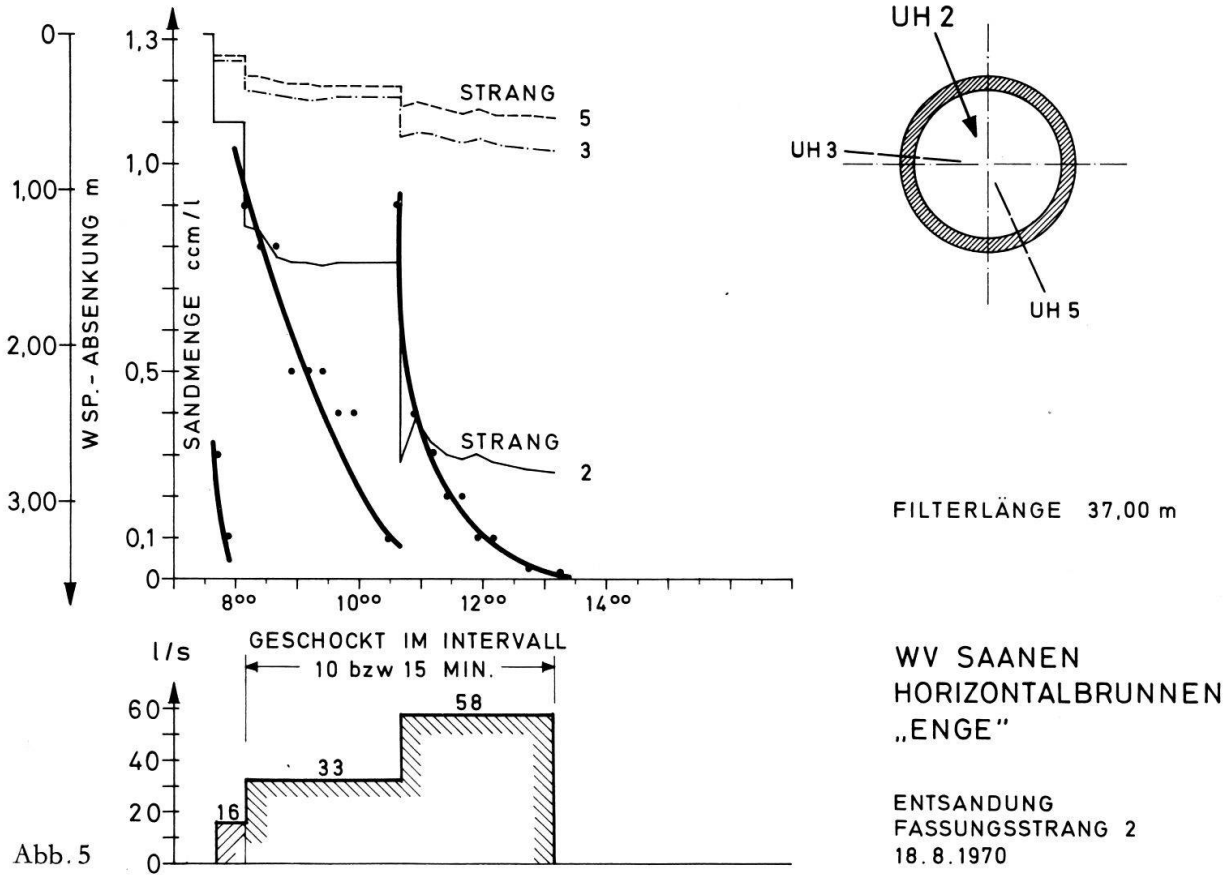
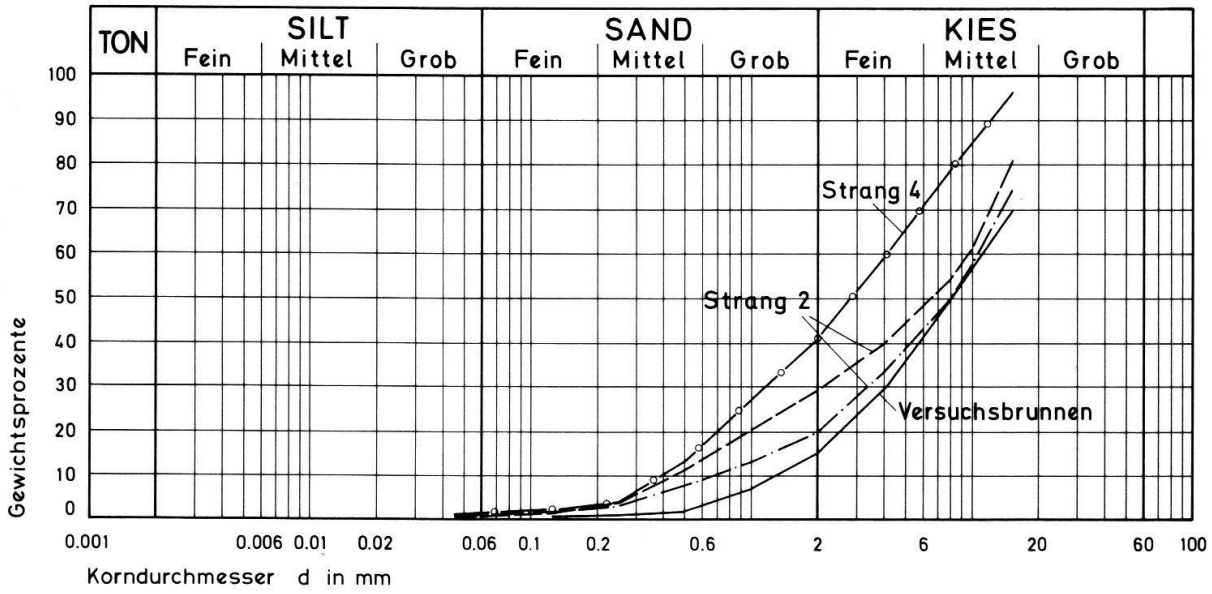
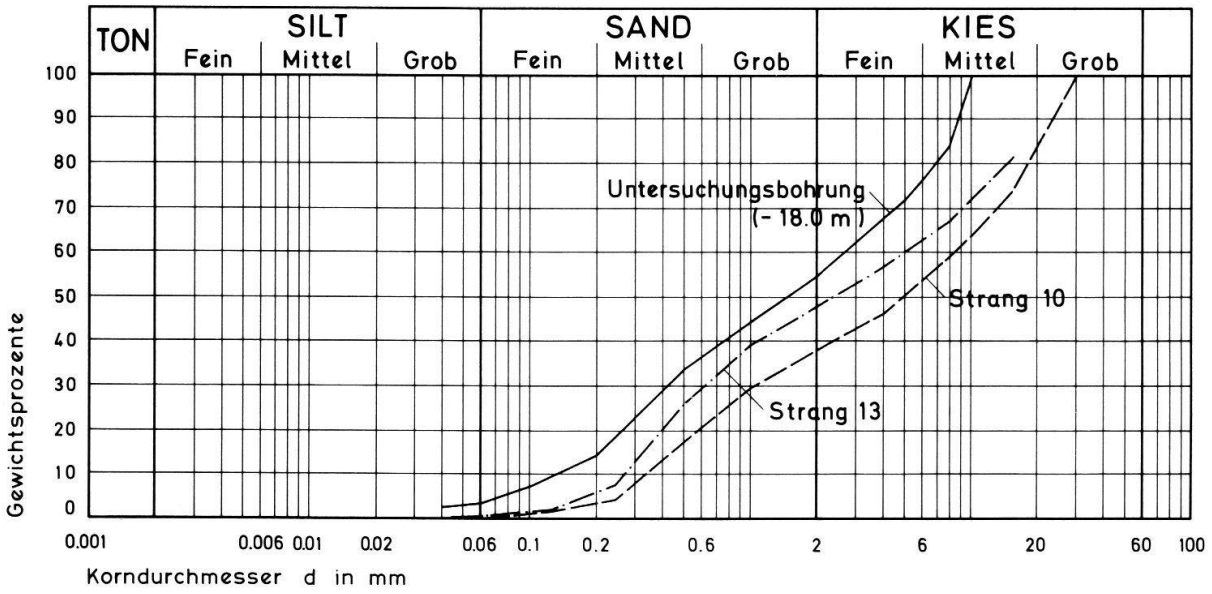


Abb. 5



Kornverteilungskurven Fassung Saanen „Enge" Abb. 6



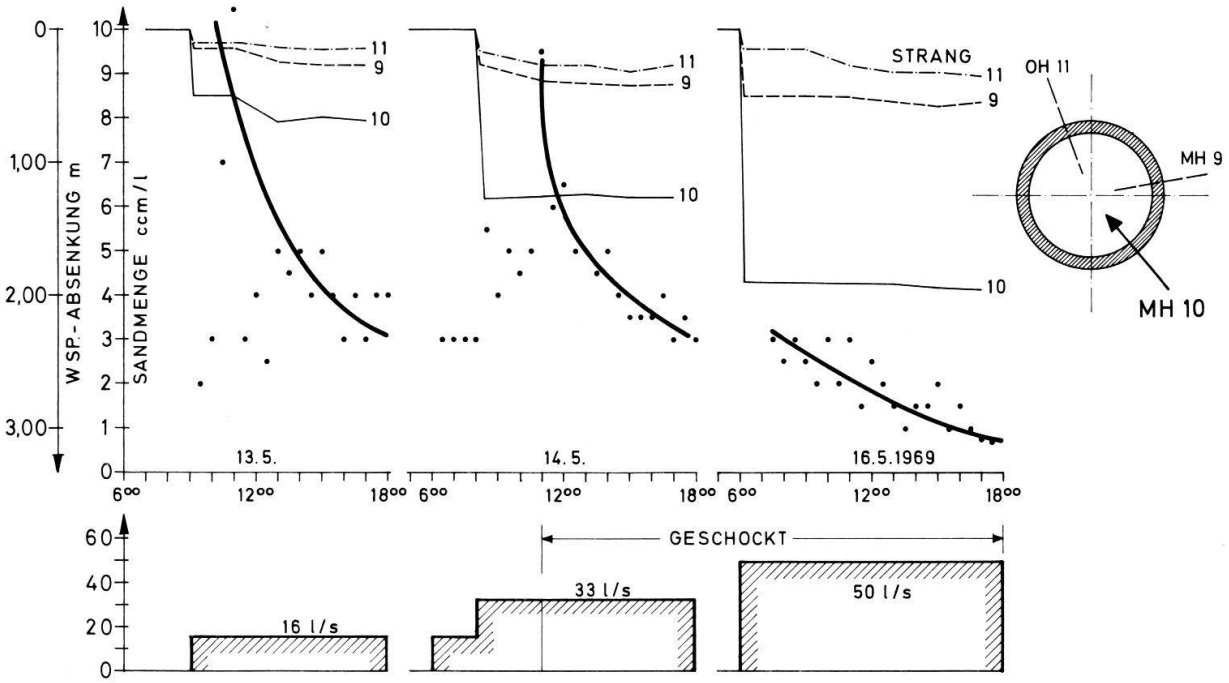
Kornverteilungskurven Fassung Steffisburg Abb. 7

auf die bereits in der Ausschreibung geforderte Wassermenge von 30000 l/min (500 l/s) gesteigert werden.

16 Fassungsstränge sind auf 3 Horizonten angeordnet. Sie haben eine Gesamtfilterrohr-Länge von 423,2 m, rd. 60 m mehr als ursprünglich vorgesehen waren. Verwendet wurden ebenfalls Kunststoff-Filterrohre mit Schlitzweiten zwischen 0,5 und 3,0 mm, wobei der Hauptanteil (76%) auf die Öffnungsweite von 2,0 mm entfällt. Im Vergleich zur Fassung Saanen «Enge» ist durch die Verwendung einer kleineren Schlitzweite dem feineren Bodenaufbau mit ca. 20% grösserem Sandanteil Rechnung getragen worden.

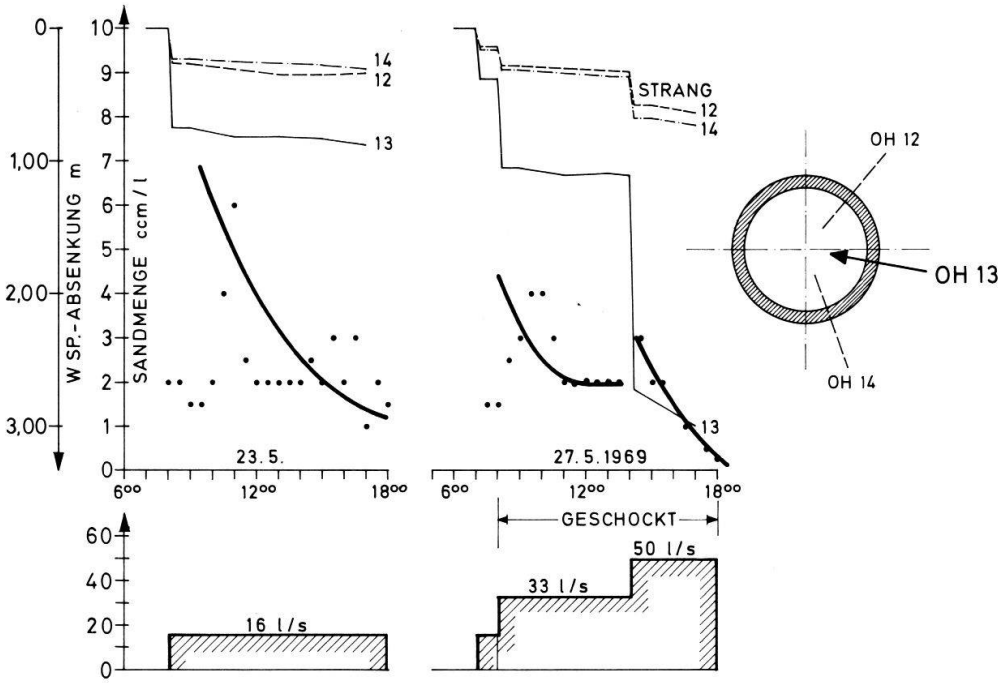
Von den Entsandungsarbeiten vor dem abschliessenden Ergiebigkeitstest sollen auch hier wiederum 2 Beispiele herausgegriffen werden (Abb. 8 und 9 sowie Tab. 1). Das

Diagramm für den Strang 13 zeigt z. B. bei Pumpmengen von 16 und 33 l/s eine starke Streuung der Messwerte des Sandgehaltes, während dann abschliessend mit 50 l/s eine steile Abnahme eintrat. Ähnlich hat sich der Strang Nr. 10 verhalten. Erst das Schocken mit 33 und vor allem mit 50 l/s führte zu einer deutlichen Abnahme des Sandgehaltes der Proben und zum Aufbau eines stabileren Stützgerüstes.



HORIZONTALBRUNNEN STEFFISBURG
ENTSANDUNG FASSUNGSSTRANG 10
FILTERLÄNGE 30,00 m

Abb. 8



HORIZONTALBRUNNEN STEFFISBURG
ENTSANDUNG FASSUNGSSTRANG 13
FILTERLÄNGE 24,00 m

Abb. 9

Ein Vergleich der in Steffisburg und im Lauenental durchgeführten Messungen veranschaulicht das sehr verschiedene Verhalten der Böden und die Schwierigkeiten, die damit für die Filterwahl und die Brunnendimensionierung bestehen. Trotz des grösseren Sandgehaltes bis zu 40 und 50% besitzt der Grundwasserleiter in Steffisburg eine doppelt so grosse Durchlässigkeit. Bei beiden Fassungen wurden dieselben Rohr- und Filterdurchmesser verwendet. Aber bei gleicher Belastung der 30,0 m langen Stränge Nr. 4 Saanen und Nr. 10 Steffisburg, musste für den Steffisburger Strang die dreifache Entsandungszeit aufgewendet werden.

In Steffisburg trat die Abnahme des Sandgehaltes nur langsam ein, was aus dem flacheren Kurvenverlauf gut ersichtlich ist, wobei zusätzlich der engere Zeitmaßstab zu beachten ist.

Dieses unterschiedliche Verhalten zeigte sich zwischen diesen beiden Fassungen allgemein. Dem anderen Siebkurvenverlauf in Steffisburg wurde durch Verringerung der Filterschlitzweite entsprochen. Darüber hinaus ergaben sich aber weder aus den ständigen Probenentnahmen und deren Kontrolle, noch durch andere Hinweise Anhaltspunkte dafür, dass örtlich extrem inhomogene Verhältnisse durchstossen wurden, die einen anderen Ausbau erfordert hätten. So bleibt die Frage, was bei den beiden hier gegenübergestellten Fassungen zu einem so abweichenden Verhalten beim Aufbau des Stützgerüstes führte.

Hier spielen sicher unterschiedliche Ablagerungsbedingungen des Bodens, die Kornform und andere Faktoren eine Rolle. Sie vorauszusehen und ihren örtlich sehr unterschiedlichen Wirkungsanteil richtig abzuschätzen ist schwer, manchmal nahezu unmöglich. Durch das kontrollierbare Entsanden ist das unterschiedliche Verhalten der Böden hier sichtbar geworden.

Doch nicht allein das ist Sinn und Zweck dieses Arbeitsganges. Durch das intensive Entsanden wird, und das dürfte unbestritten sein, eine abschliessende Verbesserung eines Brunnens erreicht. Sie besteht u. a. in optimaler Sandfreiheit des geförderten Wassers, in der Verringerung des Systemwiderstandes am Brunnen mit den damit verbundenen Vorteilen und unter Umständen in einer längeren Gebrauchsfähigkeit des Brunnens.

Die Entsandung gehört zur Brunnenerstellung und muss von dem eigentlichen Pumpversuch als Leistungstest getrennt werden. Die Zukunft wird zeigen, dass vermehrte Aufwendungen hierfür sich lohnen, ist doch der Brunnen das eigentliche Herz jedes Grundwasserwerkes.

Literatur

Prinz, E. ,1923: Hydrologie, Verlag Springer, Berlin, 2. Aufl.

DVGW-Regelwerk, 1963: Arbeitsblatt W 111.

Rutsch, R. F.,: Ergebnisse des Pumpversuches im Horizontalfilterbrunnen Burgergut WV Steffisburg. Gutachten, unveröffentlicht.

Rutsch, R. F.,: Horizontalfilterbrunnen «Enge» der WV Gemeinde Saanen. Ergebnisse der Pump- und Färbeversuche, unveröffentlicht.