Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87 (1969)
Heft: 44

Artikel: Aus der Praxis des Horizontalbrunnenbaues
Autor: Blasche, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70809

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ton eingegangen. Es wird gezeigt, wie der Wasser-Zement-Wert als wichtigste Einflussgrösse auf die Betonfestigkeit unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen über die Konstanthaltung der Konsistenz des Frischbetons gesteuert werden kann. Im letzten Abschnitt wird die Qualitätskontrolle des Betons im Vorfabrikationswerk der Stahlton AG beschrieben, und es werden Resultate der statistischen Kontrolle von Würfeldruckfestigkeiten für einen Prüfzeitraum von 6 Jahren mitgeteilt.

Literaturangaben:

[1] *Rüsch H.*, Über die zweckmässigste Art der Güteprüfung und ihren Einfluss auf die Baukosten «B. u. Stb.» 1958, Heft 3, S. 56

[2] *SIA-Norm Nr. 162* (Ausgabe 1968), Norm für die Berechnung und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

[3] *Blaut H.*, Statistische Verfahren für die Gütesicherung von Beton. Bauverlag 1968

[4] «*Cementbulletin*», 1968, Nummer 7, Über die Qualitätsüberwachung beim Beton

[5] *Walz K.*, Anleitung für die Zusammensetzung und Herstellung von Beton mit bestimmten Eigenschaften 2. Auflage 1963, Ernst & Sohn, Berlin

[6] *Rüsch H.*, Zur statistischen Qualitätskontrolle des Betons «Materialprüfung» 6, 1964, Nr. 11

Adresse der Verfasser: *D. Leeb und O. Liechti*, Bauingenieure, Stahlton AG, Riesbachstrasse 57, 8034 Zürich, Postfach

Aus der Praxis des Horizontalbrunnenbaues

DK 628.112.15

Von **R. Blasche**, dipl. Ing. SIA, Bern

Vortrag, gehalten an der Tagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik am 2. Mai 1969 in Neuenburg

Eine Definition des Begriffes Horizontalfilterbrunnen finden wir in der DIN 4046. Danach ist ein Brunnen ein künstlich hergestellter Aufschluss zur Gewinnung von Grundwasser und, als Unterbegriff, der Horizontalfilterbrunnen ein Schacht mit waagrecht liegenden Strängen aus Brunnenrohren, womit gelochte oder geschlitzte Rohre zur Wasseraufnahme oder vollwandige Rohre gemeint sind.

1. Der Schacht

Primär erfolgt die Erstellung des Schachtes, die im Prinzip der aus dem Grundbau bekannten Brunnengründung entspricht. Zu Beginn des Horizontalbrunnenbaues wurde verschiedentlich das Absenken noch im Druckluftverfahren (als Caisson) vorgenommen. Heute geschieht dies fast ausschliesslich durch Absenken als offener Senkkasten. Die Entnahme des Bodens innerhalb des Schachtes und der dabei auftretende Grundbruch bewirken das Absinken des Schachtes. Die dabei wirkenden Kräfte sind:

— das Eigengewicht (unter Berücksichtigung des Auftriebes),
— die Mantelreibung und
— die Schneidenreaktion.

Das nach Abzug des Auftriebes verbleibende Eigengewicht muss während jeder Absenkphase grösser sein, als die ihm entgegenwirkenden anderen Kräfte. Wie können wir dieses Kräfteverhältnis beeinflussen?

Ein recht wirksames Verfahren zur Verminderung und sogar völligen Ausschaltung der Mantelreibung ist uns mit der Anwendung thixotroper Flüssigkeiten gegeben. Verwendet wird hierzu vorwiegend Bentonit. Von den Schlitzwandarbeiten und Tiefbohrungen ist uns die Stützwirkung solcher Tonsuspensionen geläufig. Bei der Umhüllung des Senkschachtes mit einem thixotropen Flüssigkeitsmantel geschieht das gleiche. Der Schmiermantel liegt wie ein dünner «Schlitz» um den Schacht und verhindert dabei das Wirksamwerden der Reibung zwischen Boden und Schachtwand. Für Aufbau und Erhaltung des Flüssigkeitsmantels ist es zweckmässig, den Schachtfuss etwa 5 cm breiter auszuführen (Bild 1).

Unter thixotropen Tonen versteht man solche, die unter mechanischen Einflüssen aus einem labil-festen in einen flüssigen Zustand überwechseln, und zwar ohne Plastizitätsgrenze. Diese Eigenschaft kommt gerade bei der Senkschachterstellung zugute, da der Absenkvorgang durch die abschnittweisen Betonierarbeiten ständig unterbrochen werden muss.

Die zweite dem Schachtgewicht entgegenwirkende Kraft ist die Schneidenreaktion. Ihre Grösse kann nur wenig oder gar nicht beeinflusst werden. Um sie ganz aufzuheben, wäre es notwendig, die Schneide völlig freizulegen, was bei einem Unterwasseraushub unmöglich ist. Die praktische Einflussnahme ist daher auf die Ausbildung der Schneide selbst begrenzt. Schneidenbreite, Schneidenwinkel sowie Form und Stärke der Panzerung müssen bestimmt werden (Bild 2). Der Schneidenwinkel sollte nach unseren Erfahrungen nicht grösser als 25 bis 30° gewählt werden. Die Schneidenbreite ist dagegen mit der Form der Panzerung verknüpft. Die Frage der Schneidenpanzerung wird in der Praxis der Unternehmung überlassen. Je nach Form und Materialaufwand können die Kosten für ihre Herstellung erheblich schwanken. Dabei hat gerade die Form der Schneidenpanzerung in Abhängigkeit von den zu durchfahrenden Bodenschichten beträchtlichen Einfluss auf die Absenkarbeiten.

Um ein möglichst hohes Gewicht zu erhalten, werden die Schachtwandungen stark ausgebildet, wobei 25 bis 50 cm üblich sind. Hinsichtlich der Armierung ist besonders auf eine ausreichende Längsarmierung zu achten. Sobald zum Beispiel ein Schacht auf ein Hindernis stösst oder gegen Abweichung aus der Lotrechten versperrt werden muss, treten in der Schachtwand Längskräfte auf, deren Grössen nicht in jedem Fall vorher bestimmt werden können. Die durchgehende Längsarmierung ist auch notwendig, wenn ein Schacht aus Fertigelementen hergestellt werden soll. Bei ungenügendem Schachtgewicht, wenn also ein Schacht während des Absenkens hängen bleibt, kann zusätzliche Belastung helfen.

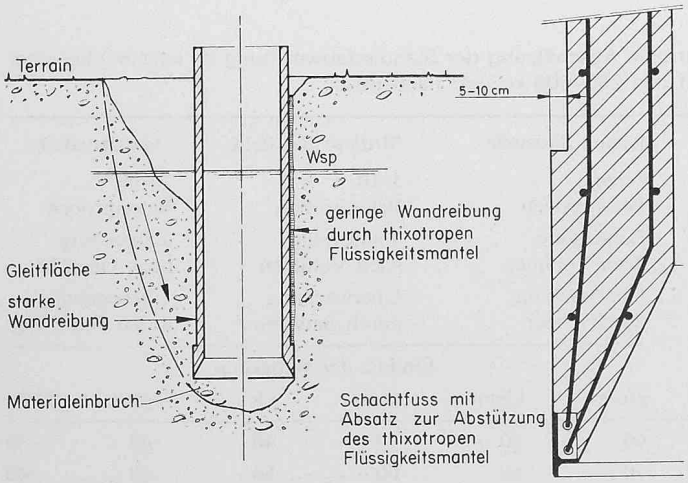


Bild 1. Schachtabsenkung mit thixotropem Flüssigkeitsmantel

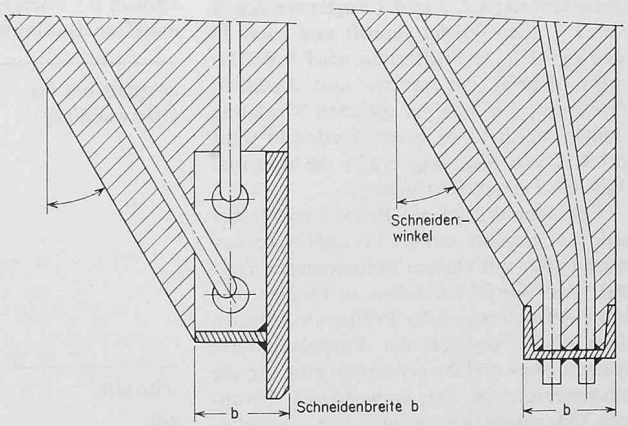


Bild 2. Schachtschneiden und ihre Panzerung

An dieser Stelle soll auch auf die Pflicht hingewiesen werden, das Bauwerk in bezug auf seine Sicherheit gegen Auftrieb im späteren Zustand zu überprüfen. Besonders Schächte mit grossem Innendurchmesser sind gefährdet, wenn der Grundwasserspiegel bis nahe zur Schachtoberkante ansteigen kann (Bild 3). Die SIA-Norm Nr. 160 fordert in Art. 30 für Bauten einschliesslich deren Fundamente bei ungünstigsten Belastungsmöglichkeiten eine Sicherheit von 1,5. Nach DIN 19702 (Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten), Abschnitt 3.9, genügt dagegen für die Sicherheit gegen Auftrieb bei ungünstigsten Wasserständen und unter Vernachlässigung günstig wirkender Wandreibungskräfte ein Sicherheitsfaktor von mindestens 1,1. Sobald also ein Schacht mit Hilfe thixotroper Flüssigkeit abgesenkt wurde, dürfen wir in der Sicherheitsberechnung gegen Auftrieb eine Wandreibung nicht berücksichtigen.

Für den Querschnitt des Horizontalbrunnen-Schachtes wird die Kreisform gewählt, wofür vor allem statische Ueberlegungen sprechen. Dabei ist zu beachten, dass der Schacht während des Vortriebs der horizontalen Fassungsstränge zusätzliche Kräfte aufzunehmen hat, die mit 100 bis 150 t dem Erddruck entgegengerichtet sind. Der Kreisquerschnitt bringt weiterhin die Vorteile:

— der kürzesten Schneidenlänge,
— des geringsten Materialbedarfes und
— der kleinsten Mantelfläche in bezug auf die Grundfläche.

Der Durchmesser des Schachtes wird oft von den Bedingungen bestimmt, die sich aus den vorgesehenen Einbauten ergeben. Vor allem die Anzahl der Pumpen unter Berücksichtigung der späteren Möglichkeiten des Ausbaus oder der Vergrösserung des Versorgungsbereiches spielen eine wesentliche Rolle. Die Verschlechterung der Grundwasserqualitäten führt mehr und mehr zur Notwendigkeit der Aufbereitung des Wassers. Eine Belüftung des Wassers bereits im Brunnen ist schon mehrfach erfolgreich vorgenommen worden, wozu ebenfalls der entsprechende Raum zur Verfügung stehen muss. Gegenwärtig sind Schachtdurchmesser von 2,20 bis 4,00 m üblich.

Den Abschluss der Schachtbauarbeiten bildet das Einbringen der Sohle als Unterwasserbeton. Auf diese Sohle wirkt nach Auspumpen des Schachtes entsprechend der Tiefe unter dem Grundwasserspiegel ein Wasserdruck, der unter Umständen bis 20 oder 30 m WS betragen kann. Selbst bei sorgfältigem Einbau sollte man nicht eine absolut trockene Sohle erwarten. Ist vorgesehen, neben der Schachtwand auch die Sohle mit Platten zu verkleiden, so sollte in diesem Fall der Einbau einer besonderen Isolier- oder Sperrschicht vorgenommen oder die Platten mit offenen Fugen verlegt werden.

Im Rahmen dieser Ausführungen ist es nur möglich, einen Teil der Probleme des Schachtbaues beim Horizontal-Filterbrunnen aufzuzeigen. Doch möchte ich noch auf etwas hinweisen, was in der Zukunft mehr beachtet werden sollte. Mit zunehmender Nutzung auch qualitativ unbefriedigender Grundwasservorkommen muss mit Aggressivität auch gegen Beton gerechnet werden. Wird dies bereits während der Vorarbeiten richtig erkannt, kann durch Verwendung von Spezialzementen und anderer Massnahmen dieser Aggressivität entgegengewirkt werden.

2. Die Fassungsstränge

Betrachten wir nun den zweiten Hauptteil des Horizontal-Filterbrunnens, die Fassungsstränge. Die für die Stränge erforderlichen Mauerdurchführungen werden bereits während des Schachtbaues einbetoniert. Es ist deshalb notwendig, vor Baubeginn die Höhe und Richtung der Stränge festzulegen. In der Regel werden mehr Durchführungen versetzt als Bohrungen vorgesehen sind, um für allfällig notwendige Umdispositionen während des Strangbohrens genügend Spielraum zu behalten. Es ist selbstverständlich möglich, auch nachträglich zusätzliche Durchführungen einzubauen, doch ist der Aufwand dann wesentlich grösser.

Für den Vortrieb der eigentlichen Horizontalbohrungen nutzt man das hydrostatische Gefälle zwischen dem leeren Schacht und dem ausserhalb höher stehenden Grundwasser. Nach Aufstossen der Mauerdurchführung drückt das Wasser in den Schacht. Gleichzeitig wird mittels hydraulischer Pressen eine Verrohrung nach aussen gestossen. An der Bohrstrangspitze befindet sich ein sogenannter Pilot. Durch seine Oeffnungen strömt das Wasser ein und reisst gleichzeitig Bodenteile, vorwiegend die feineren Kornfraktionen, mit. Aus dem natürlichen Boden baut sich dabei ein Stützgerüst auf, das mit der späteren intensiven Entsandung des fertigen Stranges noch verbessert wird. In diese aufgelockerte Zone wird dabei ständig die Verrohrung nachgepresst. Das Erstellen der Horizontalbohrungen einer solchen Wasserfassung ist also gar kein Bohren im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern nur ein Ausspülen von Boden bei gleichzeitigem Rohrvorschub.

Für diesen Arbeitsgang unterscheidet man grundsätzlich zwei Verfahren, die einige Abwandlungen erfahren haben. Das sind einmal das *Ranney*-Verfahren, das die Filterrohre direkt vorpresst, und zum anderen das *Fehlmann*-Verfahren, das zunächst Bohrrohre vortreibt und dann in diese die Filterrohre versetzt, wobei je nach den angetroffenen Verhältnissen Filterart und ihre Schlitzweite gewählt werden können. Dieser Vorgang ist vom verrohrten Vertikal-Brunnen gut bekannt. Meine Ausführungen werden sich, soweit sie diesen Unterschied berühren, vor allem auf das Fehlmann-Verfahren beziehen.

Ich sagte, dass Höhe und Richtung der Fassungsstränge vor Arbeitsbeginn mittels Untersuchungen festgelegt werden sollen. Zur Beantwortung dieser Fragen sind aussagekräftige Voruntersuchungen unerlässlich; eine Bedingung, die eigentlich für jede neue Grundwasserfassung erfüllt sein sollte. Für den Horizontalfilterbrunnen ist nicht nur wichtig, grundrissmässig zu arbeiten, sondern gleichzeitig in der Schichtung, also in vertikaler Richtung, die notwendigen Kennwerte zu ermitteln. Unter diesen Kennwerten verstehen wir im wesentlichen:

— die Mächtigkeit der wasserführenden Schichten H (m),
— die Bodendurchlässigkeit k (m/s),
— den Kornaufbau des Bodens, soweit er für eine Nutzung in Frage kommt,
— die Qualität des Grundwassers sowie
— die allgemeinen Angaben über Fliessrichtung, Einzugsgebiet und andere.

Für die gleichzeitige Beantwortung all dieser Fragen besitzen wir kein in jedem Fall umfassend aussagekräftiges Verfahren. Ich möchte deshalb kurz auf die Aufschlussbohrungen eingehen. Wir haben auch kein Bohrverfahren, das alle Forderungen gleichzeitig erfüllt, doch bleiben wir bei der hauptsächlichsten Zielstellung: dem Bau einer Grundwasserfassung mit möglichst grosser Ergiebigkeit bei optimaler Wasserqualität. Dafür interessieren primär die Werte H, k und die Wasserqualität.

Wir haben in der Schweiz nur selten ein ausgedehntes und in seiner Zusammensetzung halbwegs homogenes Grundwassergebiet vor uns. Wenn wir beim Vertikalbrunnen für die Bestimmung der Kiesschüttung letztlich nur das Bohrprofil und die Bodenproben der eigentlichen Brunnenbohrung als Grundlage anerkennen, so können wir das beim Horizontalfilterbrunnen durch nachträgliche Wahl der Filterschlitzweite ebenfalls tun und den Faktor der Kornzusammensetzung des Bodens bei den ersten Voruntersuchungen zunächst ausklammern. Dann gilt es, die Untersuchungsbohrungen so auszuführen, dass die hydrologischen Werte H und k sowie die Grundwasserqualität bestimmt werden können. Mit Rotary-Bohrungen im Durchmesser zwischen 5 und 8″ haben wir gute Ergebnisse erzielt. Vor allem geben die durch Kleinpumpversuche in verschiedenen Tiefen ermittelten Durchlässigkeiten brauchbare Werte.

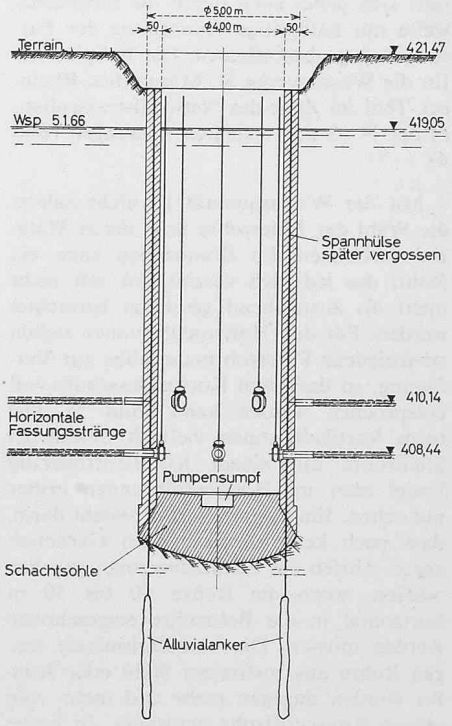


Bild 3. Horizontalfilterbrunnen mit Alluvialanker gegen Auftrieb gesichert

Zu wenig wird die oft recht unterschiedliche Durchlässigkeit der schichtweise abgelagerten Alluvionen für die höhenmässige Anordnung der Fassungsstränge beachtet. Ein Pumpversuch, ausgeführt aus einer den ganzen Grundwasserleiter erfassenden vertikalen Sondierbohrung, kann zweifellos vorhandene Unterschiede nicht erkennen lassen. Hierzu sind Einzelversuche in den verschiedenen Tiefen notwendig. Sich nur auf gewonnene Bodenproben und deren Zusammensetzung zu verlassen, führt leicht zu Fehldispositionen. Wird versucht, aus der Siebanalyse auf die Durchlässigkeit des Bodens zu schliessen, ist besonders darauf zu achten, dass auch die der jeweiligen Formel zugrunde liegenden Bedingungen erfüllt sind.

Bestimmt man durch Pumpversuche in verschiedenen Tiefen die Durchlässigkeit, so können durch Entnahme und Untersuchung von Wasserproben gleichzeitig allfällige Unterschiede der Wasserqualitäten festgestellt werden. Ein Grossteil der Grundwasserfassungen ist in den Grundwasserströmen der Schotter und Kiese der Hauptabflusstäler zu erstellen, die je nach den Wasserständen mit den Vorflutern korrespondieren. Dabei wird oft angestrebt, mehr Uferfiltrat zu fördern und dem landseitigen Zufluss auszuweichen, da dieses zum Beispiel besonders hart oder eisenhaltig ist. Ein landseitiger Zufluss kann über oder unter dem Infiltrationswasser verlaufen. Bei unterschiedlichen Durchlässigkeiten ermöglicht die Anordnung der Fassungsstränge eines Horizontalfilterbrunnens, die Gesamtqualität des geförderten Wassers zu beeinflussen.

Dagegen ist an Orten, wo der Grundwasserleiter flach ist, und auch bei ziemlich gleichmässiger Zusammensetzung des Bodens, die richtige Standortwahl des Brunnens wichtig. Der Zufluss zum Brunnen lässt sich dabei auch durch die möglicherweise nur halbseitige Anordnung der Fassungsstränge beeinflussen. Ein Beispiel: die für die Wasserwerke St. Margrethen-Rheineck-Thal im Zuge des Nationalstrassenbaues der N 13 neu erstellten Fassungen (Bild 4).

Mit der Wasserqualität ist nicht zuletzt die Wahl der Filterrohre bzw. deren Material verbunden. Im Brunnenbau kann ein Rohr, das lediglich verzinkt ist, oft nicht mehr als ausreichend geschützt betrachtet werden. Für den Horizontalbrunnen stehen verschiedene Filterrohrmaterialien zur Verfügung, so dass dem Korrosionsschutz voll entsprochen werden kann (Bild 5). Die beim Vertikalbrunnen vielfach bewährten Stahlrohre mit einem Kunststoffüberzug findet man im Horizontalbrunnen bisher nur selten. Ein Grund hierfür besteht darin, dass noch keine ausreichenden Garantien gegen Abrieb des Schutzüberzuges gegeben werden, wenn die Rohre 30 bis 50 m horizontal in die Bohrrohre eingeschoben werden müssen. Die verhältnismässig teuren Rohre aus rostfreiem Stahl oder Kupfer wurden dagegen mehr und mehr vom reinen Kunststoffrohr verdrängt. In bezug auf die Festigkeit dieser Rohre bestehen keine Schwierigkeiten. Durch geschickten konstruktiven Aufbau der Filterrohre wurden gute Festigkeiten erzielt (Bild 6). Die sich um den Horizontalfilterstrang aufbauende Stützzone des Bodens bringt durch ihre Gewölbewirkung zusätzliche Sicherheit. Die Verwendung von Kunststoff-Filterrohren im Horizontalbrunnen ist somit auch in grosser Tiefe möglich, wie z. B. bei einem Horizontalbrunnen in Oensingen in 45 m Tiefe.

Die Auswirkungen aggressiven Grundwassers zeigt Bild 7. Diese Filterrohre wur-

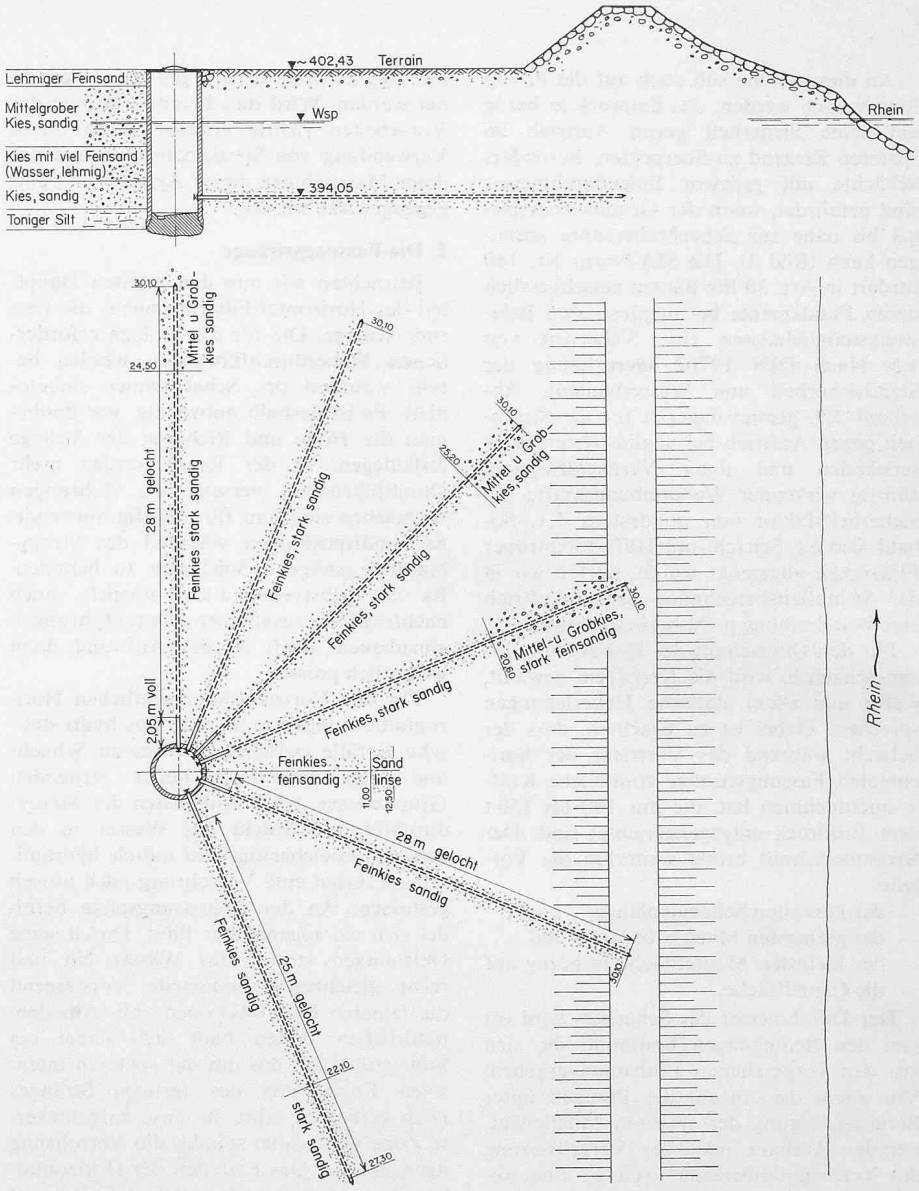
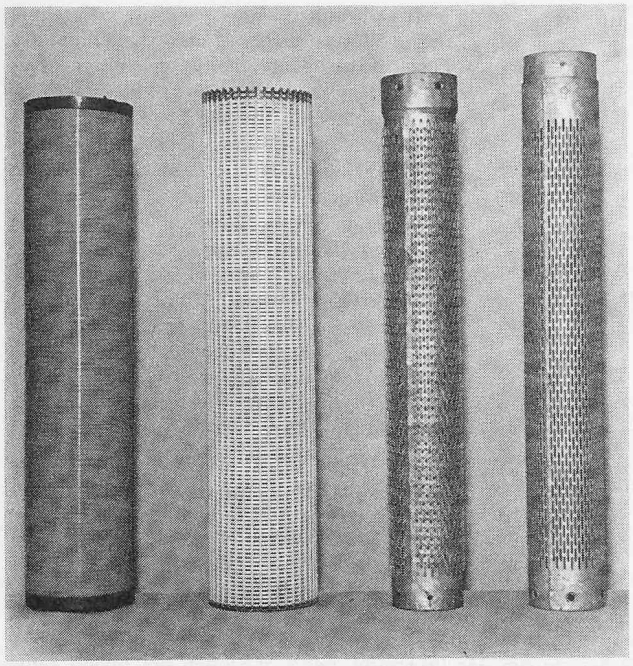


Bild 4. Fassungsschacht mit einseitiger Anordnung der Stränge (Wasserwerk St. Margrethen-Rheineck-Thal, Horizontalfilterbrunnen II)

Tabelle 1. Bakteriologische Analysen von Horizontalbrunnen mit Kunststoff-Filterrohren

Fassung	Baujahr	Keimzahl in 1 ml	Colif. Keime in 100 ml	Datum der Probe
WV Köniz Pumpwerk Belpmoos	1955	5-25 2-12 1 } mit Wassertemperatur schwankend	0	6. 9. 68 18. 12. 69 9. 4. 68
WV Lyss Pumpwerk Schachen	1959	10—20	selten (wenig Überdeckung der Fassungsstränge)	Schnitt mehrerer Proben
Commune de Corcelles près Payerne	1964	2	0	15. 6. 68
Stadtwerke Lahr	1965	2—3	0	Durchschnitt 1968
WV Sursee	1966	20 32	0 1	2. 7. 68 3. 9. 68



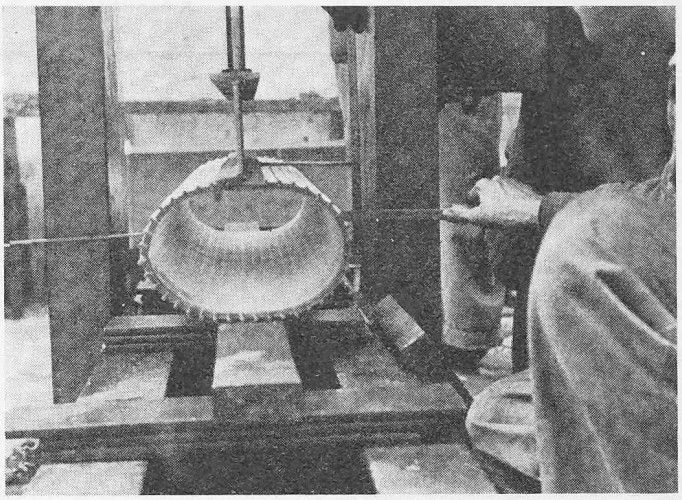


Bild 6. Kunststoff-Filterrohr bei einer Belastung von 90 kg/m-Rohr

Links:

Bild 5. Filterrohre. Von links nach rechts: zwei Kunststoff-Filterrohre. Schlitzbrücken- und einfache Schlitzlochung in Stahl verzinkt oder aus Kupfer

den zur provisorischen Aussteifung eines zerbrochenen Vertikalbrunnens aus Steinzeugrohren eingebaut und nach 1½ Jahren durch einen Kupferfilter ersetzt. Die verzinkten und zusätzlich mehrfach gegen Korrosion gestrichenen Eisenrohre konnten nur mit grosser Sorgfalt und viel Glück nach etwa 17 Monaten wieder gezogen werden.

Vereinzelt geäusserte Befürchtungen wegen einer allfälligen Begünstigung des Keimwachstums sind für die für Horizontalfilterbrunnen verwendeten Kunststoffrohre unbegründet. Das beweist die grosse Anzahl völlig einwandfreier Fassungen, die lediglich mit Kunststoff-Filterrohren ausgebaut worden sind, von denen Tabelle 1 einen Ausschnitt enthält.

3. Die Ergiebigkeit

Eine Frage, die immer wieder vor oder während des Brunnenbaues gestellt wird, lautet: Wieviel Wasser kann aus dem Brunnen gefördert werden? Wenn schon die Schwierigkeiten der Grundwasserhydraulik allgemein viele davon abhalten, sich auf vorherige rechnerische Prognosen einzulassen, so wird das Ausweichen vor dem komplexen Problem des Horizontalfilterbrunnens noch verständlicher. Um in dieser Beziehung weiterzukommen, ist es notwendig, dass zunächst die Brauchbarkeit von Berechnungen in der Hydrologie für die Praxis allgemeine Bestätigung findet. Der Drang zu einer Präzisionsrechnung, wie man sie von einem Statiker verlangen muss, ist hier sicher fehl am Platz. Es werden in der Geohydrologie wohl kaum alle Bedingungen, die der Ableitung einer Formel zugrunde liegen, in der Natur exakt erfüllt sein, und die Abweichung der Werte wird von uns durch die Aufschlussarbeiten auch nicht immer restlos ermittelt werden können. Erfahrung kann uns hier oft zum Ziel verhelfen, und ich bin überzeugt, dass es eines Tages gelingt, einen Zuverlässigkeitsgrad der Ergebnisse zu erreichen, wie wir ihn aus der Erdbaumechanik kennen.

Für die Berechnung der Ergiebigkeit eines Horizontalfilterbrunnens möchte ich hier vor allem die Arbeit von *Falcke* erwähnen. Die Potentialströmung am Horizontalfilterbrunnen wird gemäss nachstehender Gleichung durch mindestens folgende Randbedingungen beeinflusst:

$Q = Q\,(H, k, s, R, L, n, D, D_g, \lambda, h_R, F)$, wobei

H = Grundwassermächtigkeit
k = Durchlässigkeitsbeiwert
s = Absenkung
R = Reichweite
L = Stranglänge
n = Strangzahl
D = Durchmesser der Filterstränge
D_g = Durchmesser der Filtergalerie
λ = Reibungswert der Filterrohre
h_R = Höhe der Fassungsstränge über der undurchlässigen Schicht
F = freie Öffnung der Filterrohre

Die Schwierigkeit, hiermit eine Vorausbestimmung der Leistungsfähigkeit einer zu erstellenden Fassung zu machen, ist eindeutig. Für die Praxis suchen wir zunächst nach einer handlichen und doch zuverlässigen Näherungsformel. So hat *Nöring* den Horizontalfilterbrunnen wie einen Vertikalbrunnen betrachtet und dabei den Brunnenradius r durch einen Ersatzradius ersetzt, der ⅔ der mittleren Stranglänge des Horizontalbrunnens entspricht (Bild 8). Dieser Vereinfachung wird vielfach widersprochen. Trotzdem hat die Annäherung eine gewisse Berechtigung, da die obere Strömungslinie eines Horizontalfilterbrunnens sich der des Vertikalbrunnens nähert, sobald man die unmittelbare Nähe der Fassung verlässt.

Für eine Mehrbrunnenanlage treffen wir ähnliche Vereinfachungen. Wie bei jeder Berechnungsformel müssen wir auch hier darauf achten, dass ihre Ausgangsbedingungen annähernd erfüllt sind, d. h. in unserem Fall, dass die Fassungsstränge radial und möglichst allseitig und gleich lang sein sollten und ihre Zahl und Grösse den Filterwiderstand weitgehend herabsetzt. Dass die Grösse R (die Reichweite) immer wieder umstritten bleibt und Gegenstand verschiedener Untersuchungen war und noch sein wird, darf ich als bekannt voraussetzen.

Aus der Bauart des Horizontalfilterbrunnens, charakterisiert durch die in beliebiger Tiefe möglichen Fassungsstränge, ergeben sich die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten des Brunnens. Seine Filterfläche steht auch während kritischer Perioden geringer Grundwasserstände voll als Fassungsfläche zur Verfügung. Die Vorteile des Horizontalbrunnens gegenüber dem

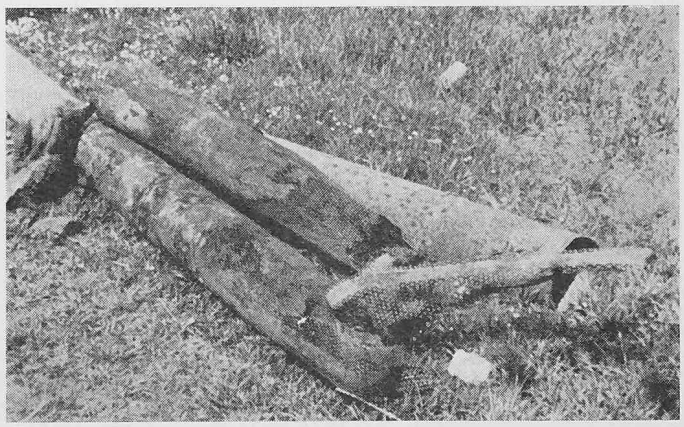


Bild 7. Auswirkungen von aggressivem Grundwasser auf verzinkte Stahlrohre

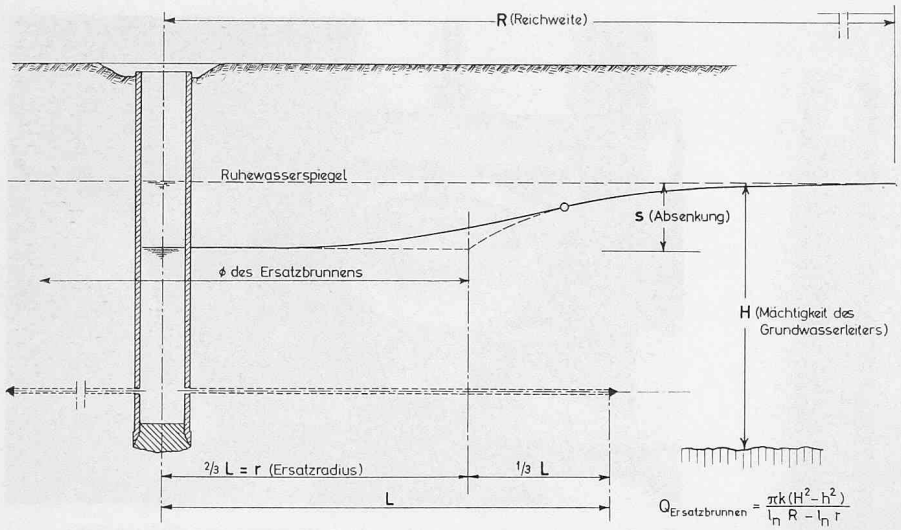


Bild 8. Abschätzung der Ergiebigkeit eines Horizontalbrunnens

Vertikalbrunnen wachsen mit Abnahme des *k*-Wertes und mit der Abnahme der Grundwassermächtigkeit. Des weiteren bietet der Horizontalbrunnen bei grossen Wasserentnahmen (z. B. 300 bis 500 l / s) und seiner im Vergleich zu einer Vertikalbrunnenreihe konzentrierten Bauweise oft eine wirtschaftliche Lösung.

Allein in der Schweiz sind bis jetzt 100 Horizontalfilterbrunnen nach dem System Fehlmann gebaut worden, so dass die Gesamtzahl der Horizontalfilterbrunnen grösser ist. Wenn sich somit der Horizontalfilterbrunnen während der letzten Jahrzehnte einen festen Platz in der Wasserversorgung erobert hat, und das trotz der noch nicht vollständig gelösten hydraulischen Probleme, so spricht das um so mehr für ihn.

Adresse des Verfassers: *Reinhold Blasche*, dipl. Ing., Fehlmann Grundwasserbauten AG, 3001 Bern, Monbijoustrasse 16.

Umschau

Aus dem Jahresbericht des Battelle-Instituts. Das Jahr 1968 darf als ein Jahr der Expansion auf allen Gebieten bezeichnet werden. Mit der Fertigstellung eines neuen Gebäudes beläuft sich nunmehr die nutzbare Fläche der Laboratorien auf 19 700 m². Der Personalbestand stieg um 45 Personen. Zurzeit beschäftigt das Institut 507 Personen, wovon 251 Schweizer sind. Der Anteil der Forscher mit Hochschulbildung beträgt 39 %. Die Gesamtsumme der dem Battelle-Institut in Genf von dessen Auftraggebern oder Mandanten zugeteilten Forschungsbudgets stieg gegenüber dem Vorjahr um 17 %. An erster Stelle steht Frankreich (33 %), unmittelbar gefolgt von der Schweiz (29 %); an dritter Stelle steht Grossbritannien. Die wissenschaftliche Bilanz des Jahres 1968 fiel besonders ertragreich aus: 68 Erfindungen wurden zum Patent angemeldet. Mehr als die Hälfte dieser Erfindungen stammen aus den Bereichen der Mechanik, der Elektromechanik und der Elektronik. Andere betreffen die Gebiete der Kunststoffe, der Metallurgie, der Elektrochemie, der Ingenieur-Chemie und der Nahrungsmittel. Mehrere Forschungsarbeiten, die auf Ideen von Ingenieuren des Instituts zurückgehen, haben ein fortgeschrittenes Stadium der praktischen Verwirklichung oder sogar der kommerziellen Auswertung erreicht. Dies gilt beispielsweise für einen Spinnstuhl ohne Laufring, eine neuartige Kühlanlage, verschiedene Transport- und Bewegungsmittel sowie Instrumentierungen für die automatische Steuerung industrieller Einrichtungen. Die von der Eidgenossenschaft finanzierten Forschungsarbeiten an einem M.H.D.-Generator für die direkte Umwandlung von Wärme in elektrische Energie machten befriedigende Fortschritte. Schliesslich verzeichnete die Abteilung «Angewandte Wirtschaftswissenschaft» eine beträchtliche Entwicklung ihrer Tätigkeit sowohl im Bereiche der industriellen Wirtschaft durch Prospektionsstudien für zahlreiche Produkte, als auch im Bereiche der Ökonometrie und der Sozio-Ökonomie. DK 061.6

Die am höchsten automatisierte Untergrundbahn der Welt wurde am 7. März in London eröffnet. Es handelt sich um die *Victoria Line,* die den Hauptbahnhof Victoria nahe dem Zentrum Londons mit einem etwa 17 km entfernten Vorstadtbahnhof im Nordosten verbindet. Die Arbeiten an einer 4,5 km langen Erweiterungsstrecke der neuen Linie in Richtung Süden sind bereits weit vorangeschritten und dürften Anfang der siebziger Jahre abgeschlossen werden. Die neueröffnete Linie, die in der Vorstadt Walthamstow endet, besteht aus Doppeltunnels, die in einer Tiefe von durchschnittlich 22 m unter dem Londoner Strassennetz verlaufen. Bau- und Ausrüstungskosten betrugen rund 70 Mio £. Auf der neuen Strecke können 25 000 Personen/h in jeder der beiden Richtungen befördert werden; ausserdem bietet sie eine direkte Schnellverbindung zwischen vier von Londons Hauptbahnhöfen Victoria, Euston, King's Cross und St. Pancras. Die automatisch gesteuerten Züge haben nur einen Zugführer und sind 20 % schneller als bisherige Züge. Sie «gehorchen» automatischen Kommandos, die laufend als Signalkodes von den Gleisen abgegeben werden. Automatische Fahrkartenausgaben, gekoppelt mit elektronischen Fahrkartenkontrollen an den Ein- und Ausgängen, sind bereits bei einigen der insgesamt zwölf Stationen der neuen Linie eingeführt. Zur Abfahrt braucht der Zugführer lediglich zwei Druckschalter zu betätigen: einen zum Schliessen der Türen und den anderen zum Start. Der Zug setzt sich dann automatisch in Bewegung, fährt bis zur nächsten Station und öffnet automatisch seine Türen. Der Fahrbetrieb der ganzen Linie wird automatisch von einem zentralen Kontrollraum aus gesteuert, der von nur zwei Beamten überwacht wird. Mit einer kodierten Fassung des Fahrplans versehene Programmiermaschinen regeln den gesamten Zugverkehr. Beleuchtete Schautafeln zeigen den Aufsichtsbeamten die jeweilige Position eines jeden Zugs. Fallen Züge aus bzw. werden zusätzliche eingesetzt, dann erhalten die Programmiermaschinen entsprechende «Anweisung». Vom Kontrollraum aus besteht über eine Trägerfrequenz-Telephonanlage Sprechverbindung zu den Zugführern. DK 625.42.002

Die der IATA angeschlossenen Luftverkehrsunternehmen haben im Jahr 1968 208 Mio Passagiere, entsprechend 274 Mrd Passagier-km befördert. Auf internationale Strecken entfielen davon 49 Mio Passagiere bzw. 105 Mrd Passagier-km. Die Zuwachsraten gegenüber dem Vorjahr betrugen 12 bzw. 9 %. Auf dem Frachtgebiet wurden über 7,4 Mrd t-km befördert, entsprechend einer Zunahme von 24 % gegenüber 1967 (auf dem Nordatlantik betrug die Zunahme auf diesem Gebiet sogar 31 %). Diese Entwicklung führte zum zunehmenden Einsatz von Nur-Fracht-Flugzeugen. Interessant ist die Feststellung, dass den geschätzten Einnahmen aus dem Luftverkehr in Höhe von rund 13,9 Mrd US $ ein Betriebsüberschuss von nur etwa 550 Mio US $, entsprechend 3,9 %, gegenübersteht. Dieser vermochte die anfallenden Kapitalzinsen und Steuern knapp zu decken. Die Umstellung auf Düsenflugzeuge hielt unverändert an; der Flugzeugpark der IATA-Mitglieder umfasste Ende 1968 3903 Einheiten, wovon 2471 oder 63 % Düsenflugzeuge. Im Verlaufe des Berichtsjahres wurden 500 neue solche Maschinen in Betrieb genommen. Trotz dieser Entwicklung standen immer noch über 320 DC-3-Flugzeuge im Einsatz. Zum gleichen Zeitpunkt beschäftigten die IATA-Mitglieder 40 000 Piloten und 14 000 andere Flugdeckangestellte; das Kabinenpersonal betrug 50 000 Personen. Gesamthaft waren Ende 1968 676 000 Personen bei den IATA-Mitglied-Unternehmen beschäftigt. Die der International Air Transport Association angeschlossenen Luftverkehrsgesellschaften führen 91 % des weltweiten Linienverkehrs mit starrem Flugplan durch. DK 656.7:93

Vergaberichtlinien für Fertigteilbauten in Deutschland. Der Arbeitskreis der Studiengemeinschaft für Fertigbau e. V. bei der RG-Bau im RKW «Vergaberichtlinien für Fertigteilbauten» hat unter der Obmannschaft von Min.-Rat a. D. *Daub* einen abschliessenden Bericht über seine Tätigkeit vorgelegt. Die Neufassung der «Vergaberichtlinien für Fertigteilbauten» kann bezogen werden durch die Studiengemeinschaft für Fertigbau e. V., D-6200 Wiesbaden, Bahnhofstrasse 34. DK 69.002.22