

Grundwasseranreicherung: Bericht der SIA-Kommission für Wasserwissenschaft-Wassertechnik

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 50

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73802>

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.

$\mu_{\min} = 0,15\%$ liegt diese erzielbare Ersparnis deutlich höher und kann 40% und mehr erreichen.

Weitere Vorteile

Neben der direkten Einsparung an Armierungskosten weisen die Decken ohne obere Armierung weitere Vorteile auf, die indirekte Kosteneinsparungen mit sich bringen und von ausschlaggebender Bedeutung sind. *Sämtliche Arbeitsgänge* von der Projektierung bis zur Abrechnung werden *vereinfacht*. Insbesondere wird das Verlegen von elektrischen und sanitären Leitungen in der Decke und überhaupt das Arbeiten auf der Decke vor dem Betonieren wesentlich erleichtert; selbst das Einbringen und Vibrieren des Betons wird einfacher und erfolgt daher schneller.

Ferner weist die obere Armierung oft, besonders bei Netzen zweiachsig tragender Decken, eine grössere Anzahl Positionen auf als die untere. Das hat nicht nur *Positionszuschläge* in den Armierungskosten zur Folge, sondern es erfordert bei Netzen auf der Baustelle erheblich mehr Lagerplatz für die verschiedenen Netztypen, was den ganzen Baustellenbetrieb erschwert.

Mit dem Wegfall der oberen Armierung entfällt ein ganzer Arbeitsgang des Eisenlegers bei jeder Decke, was besonders bei mehrgeschossigen Wohnhäusern zu einer merklichen *Beschleunigung des Arbeitsrhythmus* führt.

Der Verzicht auf die obere Armierung bringt somit ausser der direkten Armierungskosten-Ersparnis viele Erleichterungen für andere Arbeiten auf dem Bauplatz, die sich schliesslich als *Bauzeit-Verkürzung* auswirken. Diese kann in manchen Fällen für die Realisierung des Bauvorhabens überhaupt primäre Bedeutung haben. In allen Fällen aber bedeutet die Bauzeitverkürzung in zweifacher Hinsicht einen finanziellen Gewinn: die Bauinstallationen werden besser ausgenützt und die Baukreditverzinsung reduziert sich.

Ausmass des wirtschaftlichen Gewinns

Die direkte Armierungskosten-Ersparnis ist zuvor durch einige abgrenzende Beispiele für ein- und zweiachsige Decken zu 5 bis 37% ermittelt worden. Nun kommen im Wohnungsbau einachsige gespannte Decken mit geringerer Ersparnis seltener vor als zweiachsige gespannte, und der zulässige Spannweiten-Bereich der Tabelle 2 wird auch eher selten überschritten. Daher dürfte eine direkte Armierungskosten-Ersparnis von 25% einen angemessenen Durchschnitt für die Gesamtheit

aller Decken des Wohnungsbaues darstellen. Mit einem durchschnittlichen Armierungsbedarf von 5 kg/m² und 1.80 Fr./kg Einheitspreis ergibt sich eine direkte Armierungskosten-Ersparnis von 2.25 Fr./m² Wohnungsfläche. Noch kommt dazu der schon erwähnte indirekte finanzielle Gewinn, der durch Bauzeitverkürzungen erzielt wird und nur fallweise quantitativ geschätzt werden kann. Nimmt man diesen Gewinnanteil näherungsweise gleich gross an wie die direkte Armierungskosten-Ersparnis, so ergibt sich der gesamte finanzielle Gewinn zu 4.50 Fr./m².

Damit lässt sich die erzielbare gesamtschweizerische, volkswirtschaftliche Ersparnis schätzen. Mit einer jährlichen Wohnungsbau-Produktion in der Schweiz von 40000 Einheiten zu 80 m² im Durchschnitt, d.h. mit einer Wohnungsflächen-Produktion von 3,2 Mio m² beträgt die gesamte volkswirtschaftliche Ersparnis etwa 14 Mio Franken jährlich. Andererseits lässt sich der finanzielle Gewinn von 4.50 Fr./m² Deckenfläche in Prozent der Deckenkosten ausdrücken. Mit einer mittleren Deckenstärke von 18 cm und Einheitspreisen von 100 Fr./m³ für Beton und 16 Fr./m² für Schalung ergibt sich eine *Ersparnis von etwa 10% der Deckenkosten*.

Die genannten Gewinnzahlen könnten noch vergrössert werden, falls nach entsprechenden Untersuchungen mit Versuchen eine Erweiterung des hier empfohlenen Bereichs für Decken ohne obere Bewehrung verantwortet werden kann. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze solcher Decken liegt nämlich noch weiter, wie dies am Beispiel einachsige gespannter 18-cm-Decken aus Bild 4 zu ersehen ist.

Literaturverzeichnis

- [1] Leonhardt F.: B. und St. 9/1961
- [2] Norm SIA 162: (1968), Art. 3.21⁶
- [3] Laengle E.O.: Schweiz. Techn. Zeitschrift, 67. Jg. (1970), S. 965
- [4] Franz G.: Konstruktionslehre des Stahlbetons. I. Band, 1970, S. 303 und 336
- [5] Leonhardt F.: Beitrag in Beton-Kalender 1973, Bd. II, S. 355
- [6] Leonhardt F.: Vorlesung über Massivbau, I. Teil, S. 171, 1973
- [7] Bachmann H.: Vorlesung Stahlbeton II, S. 11. ETH-Zürich 1972
- [8] Leonhardt F.: B. und St. 8/1965
- [9] Dilger W., Walther R., Leonhardt F.: B. und St. 5/1069
- [10] Mohamed F.: Forschungsbericht der Gruner AG, Nr. R. 9013-03

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. F. Mohamed, dipl. Ing. ETH Gruner AG, Ingenieurunternehmung, Nauenstr. 7, 4002 Basel.

Grundwasseranreicherung

Bericht der SIA-Kommission für Wasserwissenschaft-Wassertechnik

II. *)

Anlage- und Betriebskosten

Anlage-Kosten

- a) Landerwerb
- b) Bau- und Ausrüstungskosten einschliesslich allfälliger Versuche und Expertisen
- c) Einmalige Konzessionsgebühren für die Wasserentnahme bzw. Abgeltung für andere bestehende Wasserrechte
- d) Einmalige Entschädigungen an Dritte für neu geschaffene Nachteile (Hebung des Grundwasserspiegels über das natürliche Niveau, Bau- oder Bewirtschaftungseinschränkungen, Schutzzonen usw.)

- e) Kosten der ersten Inbetriebsetzung
- f) Bauzinsen.

Betriebskosten

- a) Amortisation der Landkosten (pro memoria aufgeführt). Normalerweise sollten die Landkosten nicht amortisiert werden, da der Landwert mindestens erhalten bleibt
- b) Amortisation der Bau- und Ausrüstungskosten; spezifische Vorschriften vorbehalten
 - Amortisationsdauer für rein bauliche Anlagen: 50 Jahre (evtl. Konzessionsdauer)
 - Amortisationsdauer für mechanisch-elektrische Anlagen: 25 bis 30 Jahre

*) Fortsetzung und Schluss. Vgl. Schweizerische Bauzeitung, Heft 49, Seiten 935-946

- Amortisationsdauer von Filterfüllstoffen: je nach Anlage 5 bis 20 Jahre
- c) Kapitalverzinsung
- d) Amortisation der Kosten Pos. I.c. bis f (Konzessionsdauer)
- e) Eigentliche Betriebskosten
 - Energiekosten
 - Personalkosten
 - Verwaltungskosten
 - Filterreinigung (sofern dazu besondere Aktionen notwendig sind, sonst sind diese in den Energie- und Personalkosten enthalten)
 - Unterhalt etwa 0,5% der Anlagekosten, Pos. 1.2
 - Erneuerung der mechanisch-elektrischen Einrichtungen, etwa 2% und der Filterfüllstoffe etwa 5 bis 10% der Anlagekosten
 - Allfällige Entnahmegebühren für das Rohwasser
 - Allfällige periodische Entschädigungen
 - Gärtner- und andere Unterhaltsarbeiten, sofern diese nicht vom Personal der Anlage ausgeführt werden.

Kosten je m³ Wasser

Die Betriebskosten sind auf den m³ wiedergewonnenen Wassers umzulegen, damit die Versickerungsverluste eingeschlossen sind. Bei einer Anlage, die ohne Gewinn (und Verlust) arbeitet — was die Regel sein dürfte — können deshalb die Kosten je m³ erst nach Abschluss des Rechnungsjahres angegeben werden, da erst dann die nötigen Zahlen bekannt sind.

Juristische und administrative Probleme

1. Das Eidgenössische Gewässerschutzgesetz vom 8. Oktober 1971 samt seinen Ausführungsbestimmungen enthält

die wichtigsten Rechtsgrundlagen für die Ausscheidung und Behandlung von Anreicherungsanlagen wie auch für die damit verbundenen Nutzungsbeschränkungen. Von besonderer Bedeutung sind Artikel 29–31 GSchG und Artikel 8–13 VWF.

2. Für die Entnahme des Rohwassers aus einem Oberflächengewässer bedarf es einer kantonalen Konzession; verleihe dazu die kantonale Gesetzgebung wie auch das Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom 22. Dezember 1916.

3. Bei der Standortwahl von Anreicherungsanlagen sind neben den geologischen und hydrologischen Gegebenheiten folgende Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen:

- Bestehende Nutzungsrechte (Wasserkraft, Wasserrechte, Fischerei)
- Bestehende oder bevorstehende Nutzungsordnung (Bauzonen) in der Umgebung
- Notwendigkeit zusätzlicher Nutzungsbeschränkungen und allfällig zu erwartende Entschädigungsbegehren
- Gefährdung bestehender Anlagen (Hoch- und Tiefbauten) durch ein Ansteigen des Grundwasserspiegels.

4. Bei der Projektierung und dem Bau der Anlage sind die allgemeinen Sorgfaltspflichten (berufsspezifische Kenntnisse und Regeln) zu beachten. Kommt es zu Schadenfällen, können unter Umständen die projektierenden und ausführenden Ingenieure und Geologen zur Rechenschaft gezogen werden. Bei Gewässerverunreinigungen richtet sich die Haftung nach Artikel 36 GSchG (reine Kausalhaftung); bei anderen Schäden nach Obligationenrecht (insbesondere Artikel 41 gegenüber Dritten und Artikel 364 bzw. 398 gegenüber dem Vertragspartner).

Beispiele

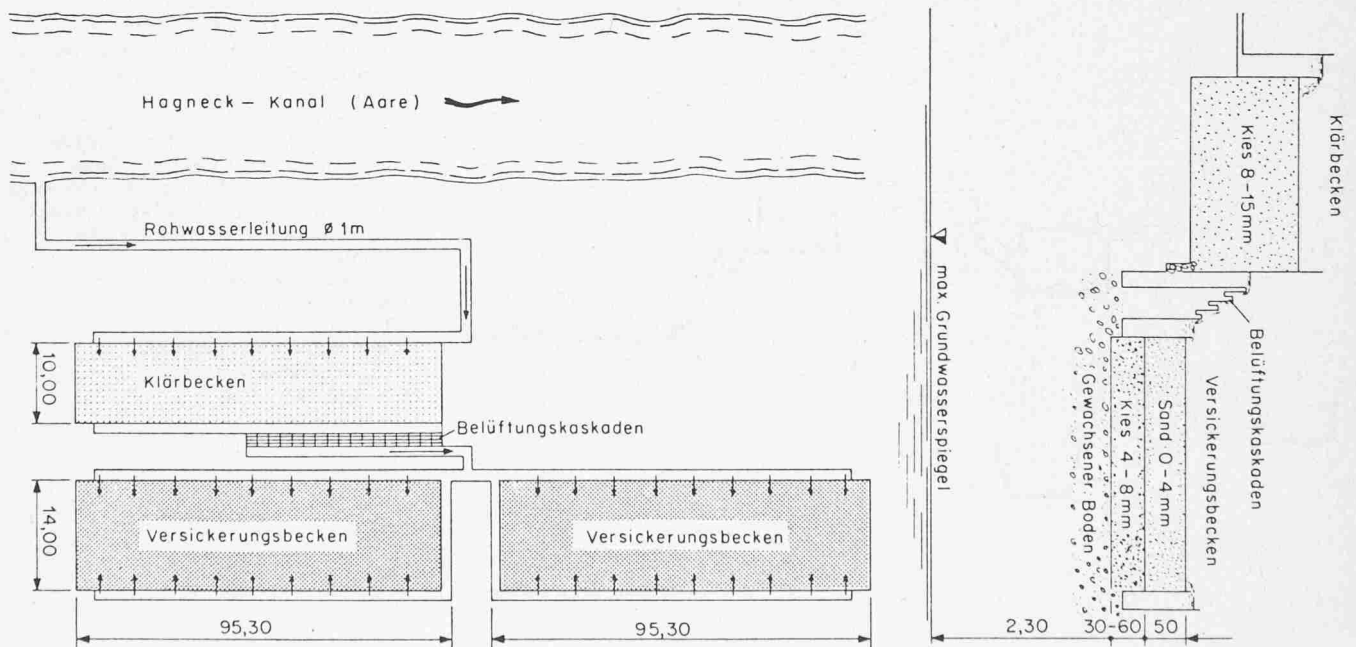
Das Kapitel enthält vorerst eine tabellarische Zusammenstellung von Grundwasseraufbereitungsanlagen in der Schweiz,

darauf erfolgt teilweise ihre graphische Darstellung aufgrund werkeigener Veröffentlichungen, kombiniert mit einigen wesentlichen Kenndaten.

GRUNDWASSER-ANREICHERUNGS-ANLAGE (Name und Standort)	INBETRIEB-NAHME	ROHWASSER-BEZUG	ROHWASSER-AUFBEREITUNG	ROHWASSER-ÜBERWACHUNG	SPEZ. VERSICKERUNGS-LEISTUNG, VERSICKERUNGSSYSTEM
<i>GWA Aarberg der BKW, Aarberg/Bargen</i> (am rechten Ufer des Hagneckkanals)	1971	Aare 0,2 m ³ /s	Sandfang, Kiesfilter	elektronische Trübungsmesser	2,5 m/Tag Langsamfilter (2 offene Becken)
<i>GWA Aesch</i> (Kuhweid/Weidenweg), <i>Aesch BL</i>	1976	Birs max. 0,5 m ³ /s	Absetzbecken, Kiesfilter, Kaskaden, Versickerung, Langsamfilter, Schluckbrunnen	automatische pH, O ₂ , elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Trübung, chem.- bakt. Untersuchung	je nach Vorwahl: 155, 280, 390 oder 500 l/s Schluckbrunnen
<i>GWA Lange Erlen,</i> <i>Basel/Riehen</i>	1920	Rhein 120000 m ³ /Tag	Schnellfilter	keine	1 bis 2 m/Tag Überflutete Waldparzellen
<i>GWA Breitfeld,</i> <i>St. Gallen-Winkeln</i>	1976	Gübsensee 0,2 m ³ /s	keine	Trübungsmessung, periodisch	(Spitzendeckung saisonal) Sandfilter
<i>GWA Dornach,</i> <i>Metallwerke AG,</i> <i>4143 Dornach</i>	1957	Birs 0,02 bis 0,067 m ³ /s	Grobrechen, Absetzbecken	visuell	1,5 bis 8,5 m/Tag Becken mit Sand und Kiesauskleidung
<i>Station-pilote</i> <i>de Genève-Vessy</i>	1968 bis 1975	Arve 0,05 bis 0,15 m ³ /s	entsprechend dem Versuchs- programm	kontinuierlich	Beregnung 10 l/s m ² , Versickerungsbecken 4,3 m/Tag, Versickerungsrohre 10 m ³ /m Tag

GRUNDWASSER-ANREICHERUNGS-ANLAGE (Name und Standort)	INBETRIEB-NAHME	ROHWASSER-BEZUG	ROHWASSER-AUFBEREITUNG	ROHWASSER-ÜBERWACHUNG	SPEZ. VERSICKERUNGS-LEISTUNG, VER-SICKERUNGSSYSTEM
<i>Genève-Vessy, Station de réalimentation</i>	1979	Arve 0,6 m ³ /s	Sandfang, Flockung, Filtration, Chlorung	Laborunter-suchungen: Temperatur, Trübung, Cl, Kohlenwasser, org. C, Hg, Cr, Cd, Detergenzien	10 m ³ /Tag m Sickerrohre
<i>Réalimentation artifi-cielle des nappes aquifères, Gorges de l'Areuse (Saut-de-Brot) La Chaux-de-Fonds</i>	1958	Areuse	Filtration	Probenahme	20 l/s Beregnung
<i>Hardwasser, Pratteln, Muttenser Hard</i>	1956	Rhein 2,0 m ³ /s	Sedimentation, Flockung, Schnellfiltration	kontinuierlich Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Trübung	8,0 m/Tag aus Gräben, 15,0 m/Tag aus den Weihern
<i>Verzasca, Tenero</i>	1965	Dotierzentrale Tenero			offene Becken im Flussbett (für die Erhaltung des min. Grundwasserspiegels)
<i>Oberwinterthur, Winterthur</i>	1965, erweitert 1971	Eulach 0,033 m ³ /s	Dortmunder Kiesvorfilter	Trübung	2,4 m/Tag Hauptfilter als Langsam-sandfilter
<i>GWW Hardhof, Zürich-Altsteffen</i>	1979 bis 1980	Limmat 0,926 m ³ /s	Vorchlorung	Chlor- und biol. Überwachung	6,0 bis 12,0 m/Tag, Langsamsandfilter mit Aktivkohleschicht

Grundwasseranreicherungsanlage Aarberg



Bauherr: Bernische Kraftwerk AG

Bauherr: Bernische Kraftwerke AG

Zweck der Anlage: Ausgleich der durch die Vertiefung des Hagneckkanals verursachten Versickerungs-Minderung

Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 4,0 m

Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: —

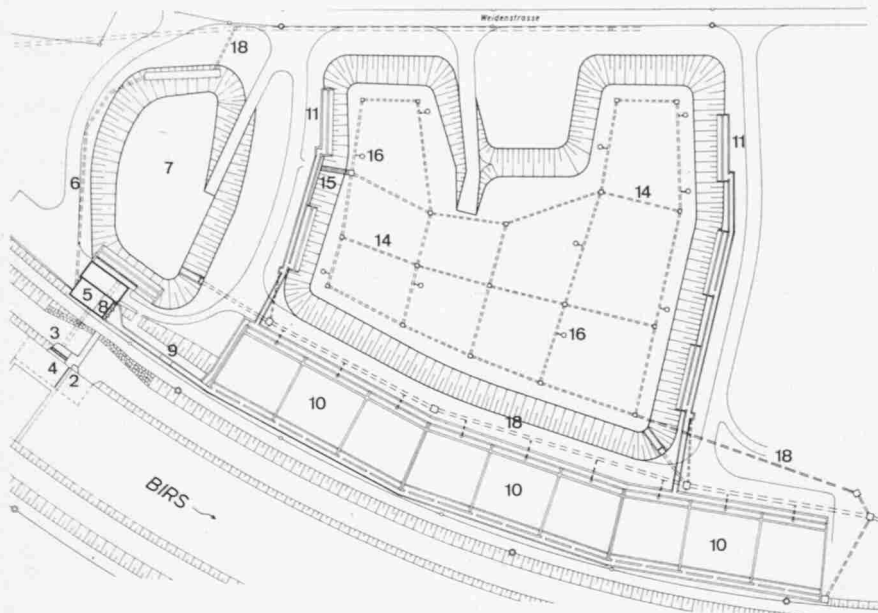
Nachbehandlung: —

Investitionskosten: Anlage 2 Mio Fr., Land 130 000 Fr.

Jahreskosten: 190 000 Fr.

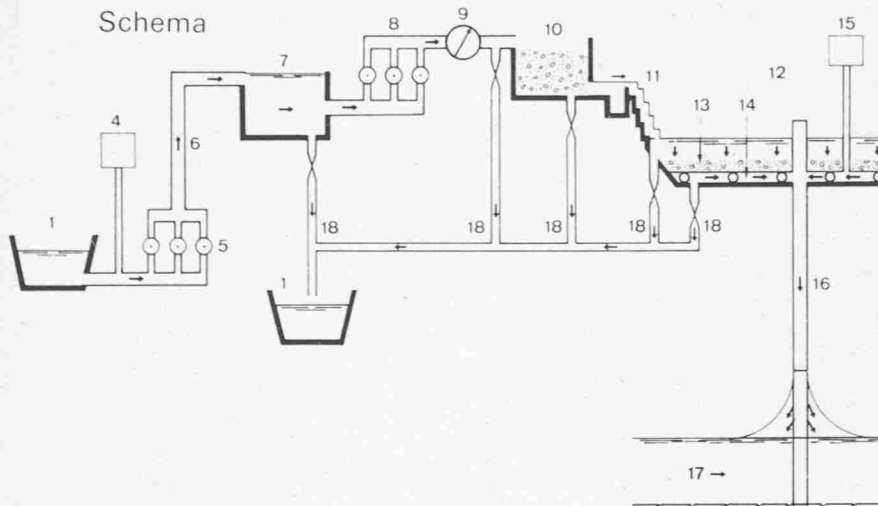
Jahresdurchsatz: 1 500 000 m³

Grundwasseranreicherungsanlage Aesch BL



- 1 Birs
- 2 Stauklappe
- 3 Rohwasserentnahme (max. 5000 l/s)
- 4 Automatische Rohwasserüberwachung
- 5 Pumpwerk 1. Stufe
- 6 Zuleitung zum Absetzbecken
- 7 Absetzbecken. Absetzung der groben Schmutzteile, Wassertiefe 2,50 m
- 8 Pumpwerk 2. Stufe
- 9 Wassermessung
- 10 Kiesfilter. Horizontales Durchströmen der 1 m starken Kiesschicht. Sickerstrecke 15 m. Rückhalten eines Grossteils der Schwebstoffe und teilweiser Abbau der organischen Verunreinigungen
- 11 Belüftung
- 12 Versickerungsbecken
- 13 Sandflächenfilter
- 14 Drainage-Sammelleitung
- 15 Automatische Überwachung des Versickerungswassers
- 16 10 Schluckbrunnen
- 17 Grundwasser
- 18 Entleerungsleitungen

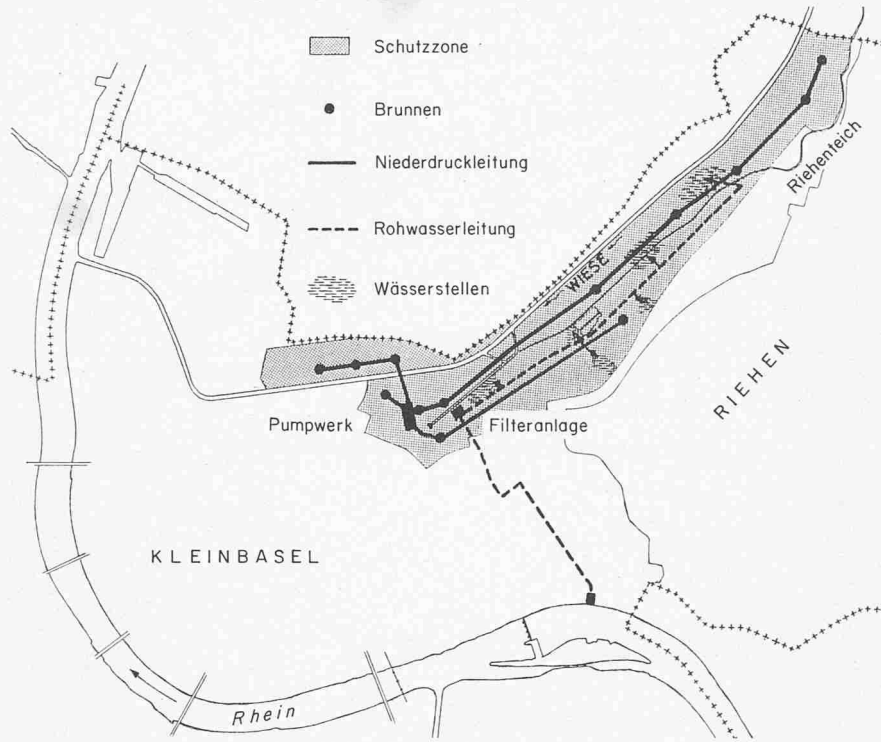
Schema



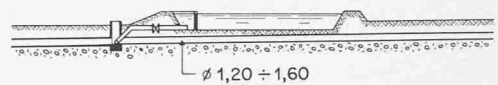
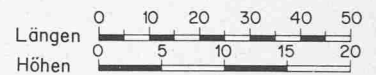
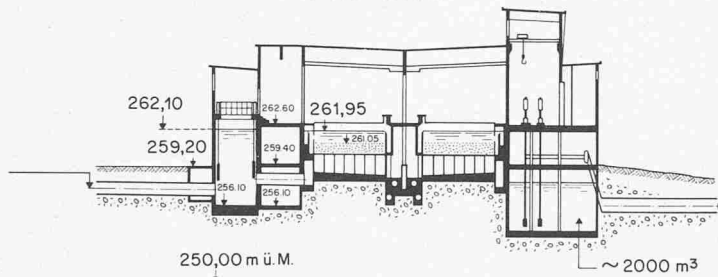
Bauherr: Baudirektion Kanton Basel-Landschaft
 Projektverfasser: Ingenieurbüro A. Aegerter & Dr. Bosshardt, Basel
 Zweck der Anlage: Steigerung der Grundwasserergiebigkeit im Birstal
 Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: etwa 7,0 m

Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 2000 m
 Nachbehandlung: vereinzelt Chlorierung in den Pumpwerken
 Investitionskosten: Anlage 4,5 Mio Fr., Land 2 Mio Fr.
 Jahreskosten: 600 000 Fr.
 Jahresdurchsatz: 7,7 Mio m³ bei 300 l/s an 300 Tagen

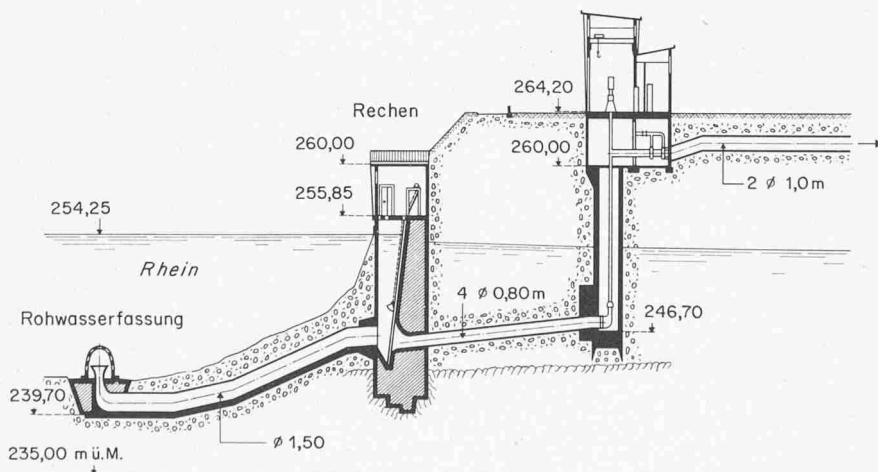
Grundwasseranreicherungsanlage Lange Erlen (Basel)



10 · 100 = 1000 m²



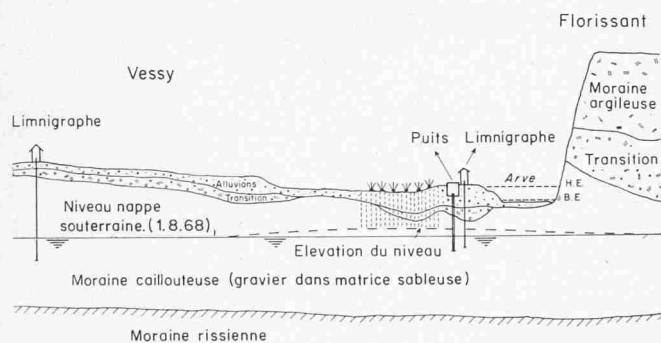
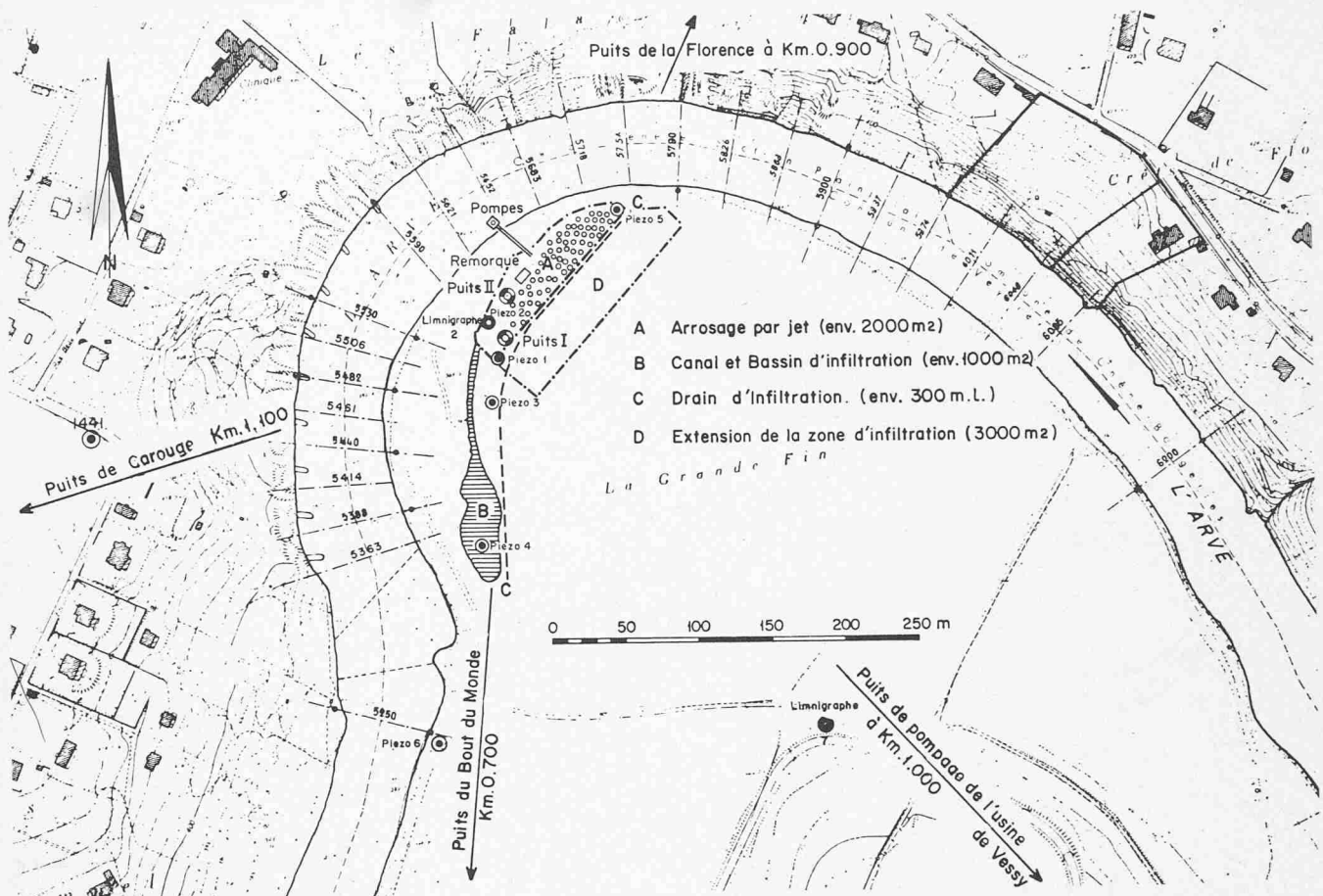
4 Pumpen à 75 l/s



Bauherr: Gas- und Wasserwerk Basel
Projektverfasser: Wasserwerk Basel
Zweck der Anlage: Grundwasseranreicherung zur Trinkwassergewinnung
Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 5,0 m
Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 100—300 m

Nachbehandlung: Chlordioxid, Fluoridierung, Entsäuerung
Investitionskosten: unbekannt, da in Etappen mit grossen zeitlichen Zwischenräumen erstellt
Jahreskosten: unbekannt, da in Etappen mit grossen zeitlichen Zwischenräumen erstellt
Jahresdurchsatz: 40 Mio m³

Grundwasseranreicherungsanlage (station de la réalimentation de la nappe) Vessy-Genève



Bauherr: Etat de Genève

Projektverfasser: Service cantonal de géologie, Bourquin & Stencek, ing.

Zweck der Anlage: Trinkwassergewinnung

Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 8–12 m

Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 0,7–10 km

Nachbehandlung: —

Investitionskosten: Anlage 15,5 Mio Fr., Land —

Jahreskosten: 900 000 Fr.

Jahresdurchsatz: 12 Mio m³

Grundwasseranreicherungsanlage Breitfeld, St. Gallen-Winkeln

Bauherr: St. Galler Stadwerke

Projektverfasser: Spalt & Schäublin, St. Gallen

Zweck der Anlage: Spitzendeckung

Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 10,0 m

Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 120 m

Nachbehandlung: notfalls Chlorierung

Grundwasseranreicherungsanlage Verzasca S.A., Tenero TI

Bauherr: Verzasca S.A., Lugano

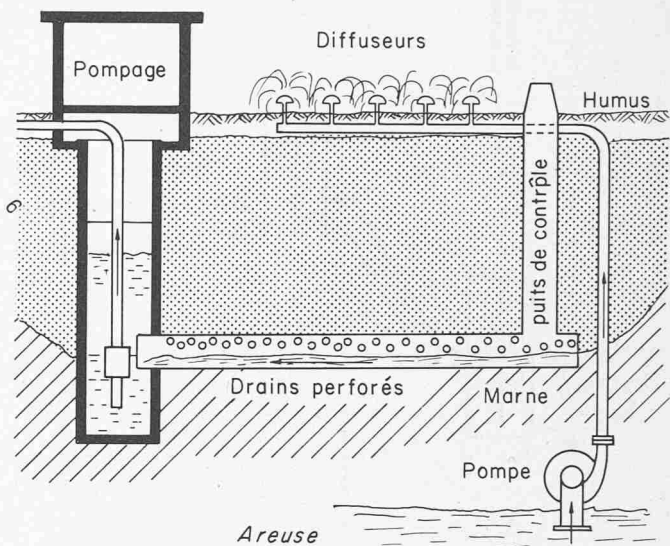
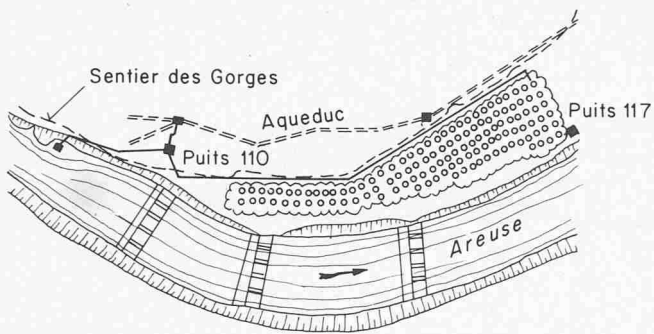
Projektverfasser: Dr. P. Nänny, EAWAG

Zweck der Anlage: Erhaltung des minimalen Grundwasserspiegels

Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 2,0 m

Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 500 m

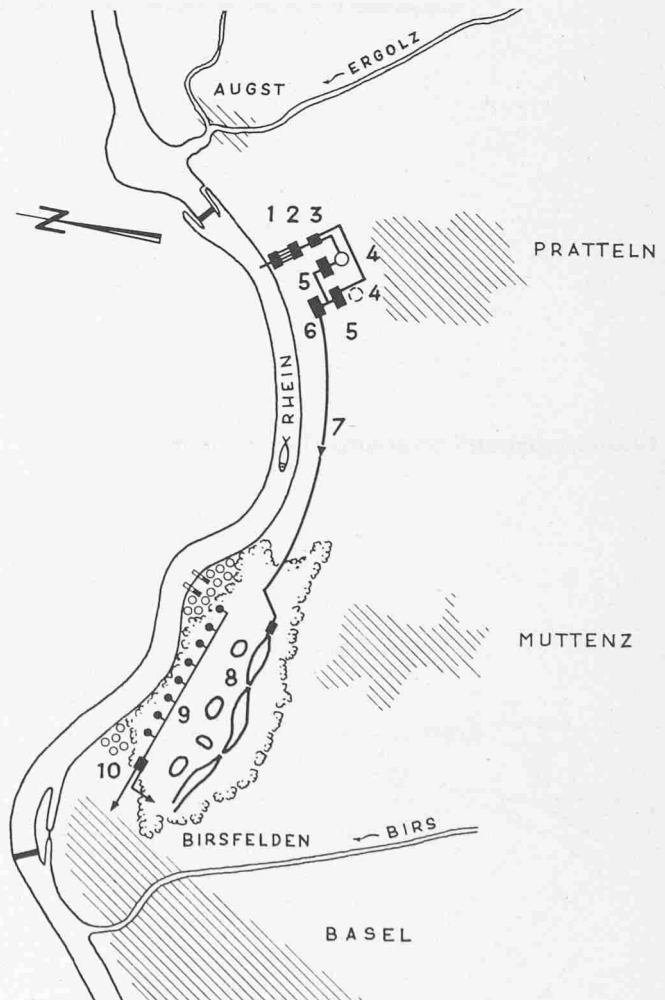
Grundwasseranreicherungsanlage Gorges de l'Areuse NE



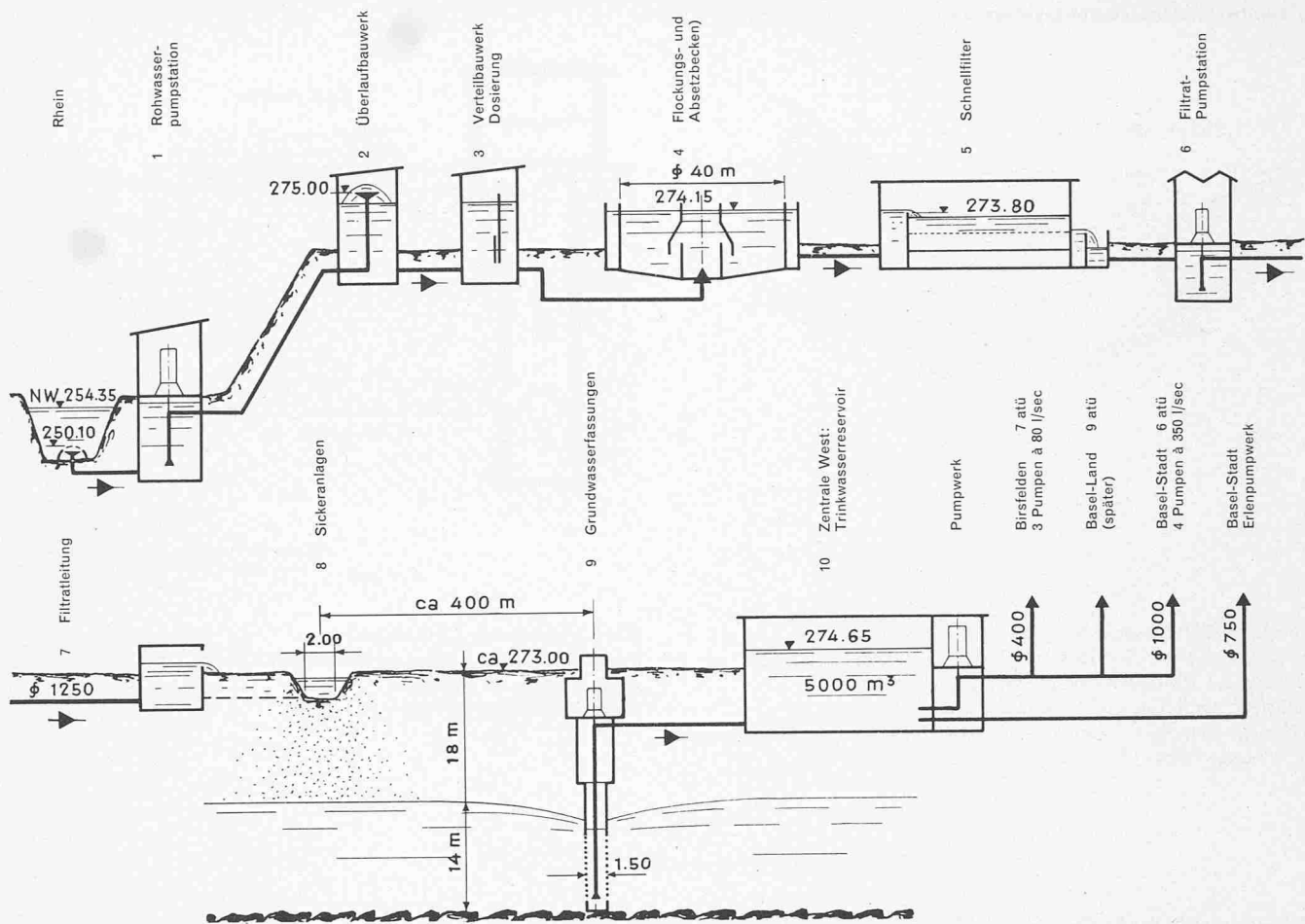
Bauherr: Service des eaux, La Chaux-de-Fonds
Projektverfasser: Services Industriels, La Chaux-de-Fonds
Zweck der Anlage: Grundwasseranreicherung
Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 5,0 m
Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 50 m

Nachbehandlung: Chlordioxid
Investitionskosten: Anlage 200 000 Fr., Land 6000 Fr.
Jahreskosten: 12 000 Fr.
Jahresdurchsatz: 400 000 m³

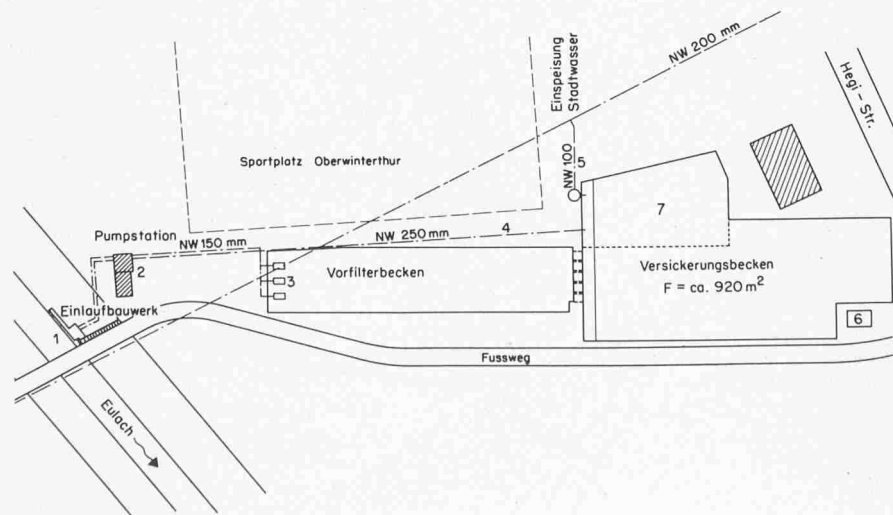
Grundwasseranreicherungsanlage Hardwasser, Pratteln (Muttener Hard)



Bauherr: Hardwasser AG
Projektverfasser: Hardwasser AG
Zweck der Anlage: Trinkwassergewinnung
Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 20,0 m
Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 400 m
Nachbehandlung:
Investitionskosten: Anlage 26 Mio Fr., Land 2,3 Mio Fr.
Jahreskosten: 4,5 Mio Fr.
Jahresdurchsatz: 20 Mio m³

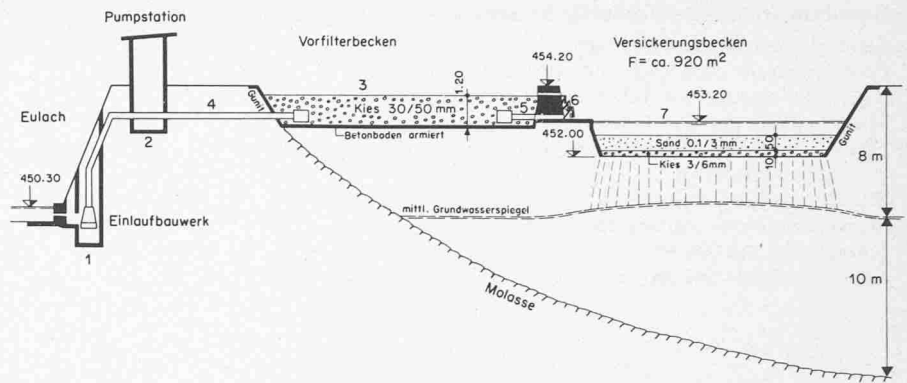


Grundwasseranreicherungsanlage Oberwinterthur



- 1 Einlaufbauwerk und Pumpenschacht
- 2 Pump- und Schaltstation
- 3 Zuleitung Eulachwasser NW 150 mm mit 3 Seihern NW 100 mm
- 4 Überlaufleitung NW 250 mm
- 5 Zuleitung NW 100/80 mm von Stadtwasser (Trinkwasser)
- 6 Sandfang für Abschlammmaschine
- 7 1. Ausbautappe Versickerungsbecken, Filterfläche 220 m²

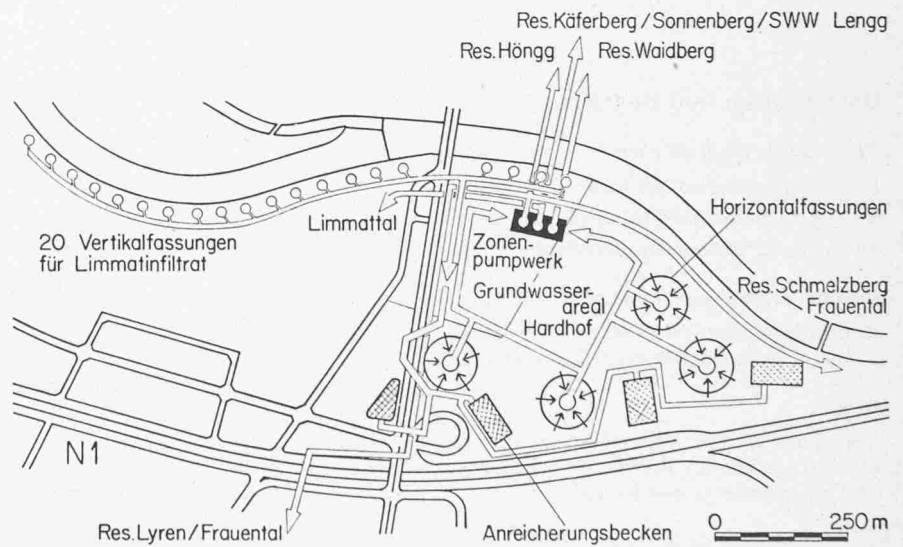
- 1 Einlaufbauwerk und Pumpenschacht
 - 2 Pump- und Schaltstation mit Trübungsüberwachung Eulach
 - 3 Vorfilterbecken
 - 4 Zuleitung Eulachwasser NW 150 mm mit 3 Seiern NW 100 mm
 - 5 Verbindungsleitung NW 250 mm für Entleerung Vorfilterbecken
 - 6 Belüftungsbecken
 - 7 Versickerungsbecken
Sickerleistung: $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- Disposition Horizontal- und Vertikal-fassungen, Anreicherungsbecken, Zonen-pumpwerk



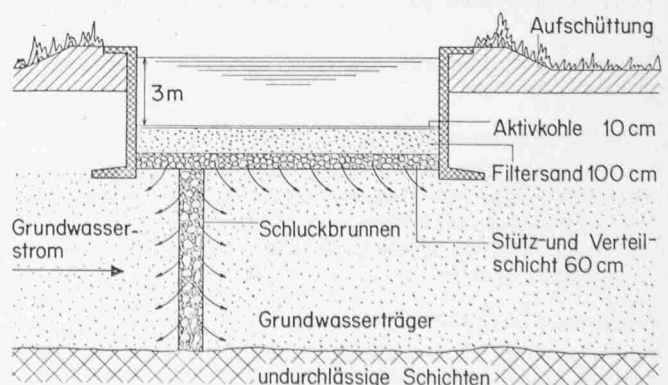
Bauherr: Städtische Werke Winterthur
Projektverfasser: Städtische Werke Winterthur
Zweck der Anlage: Grundwasseranreicherung
Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 6,0—16,0 m
Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 2,3 km

Nachbehandlung: —
Investitionskosten: Anlage 600 000 Fr.
Jahreskosten: —
Jahresdurchsatz: 0,5 Mio m^3

Grundwasserwerk Hardhof, Zürich

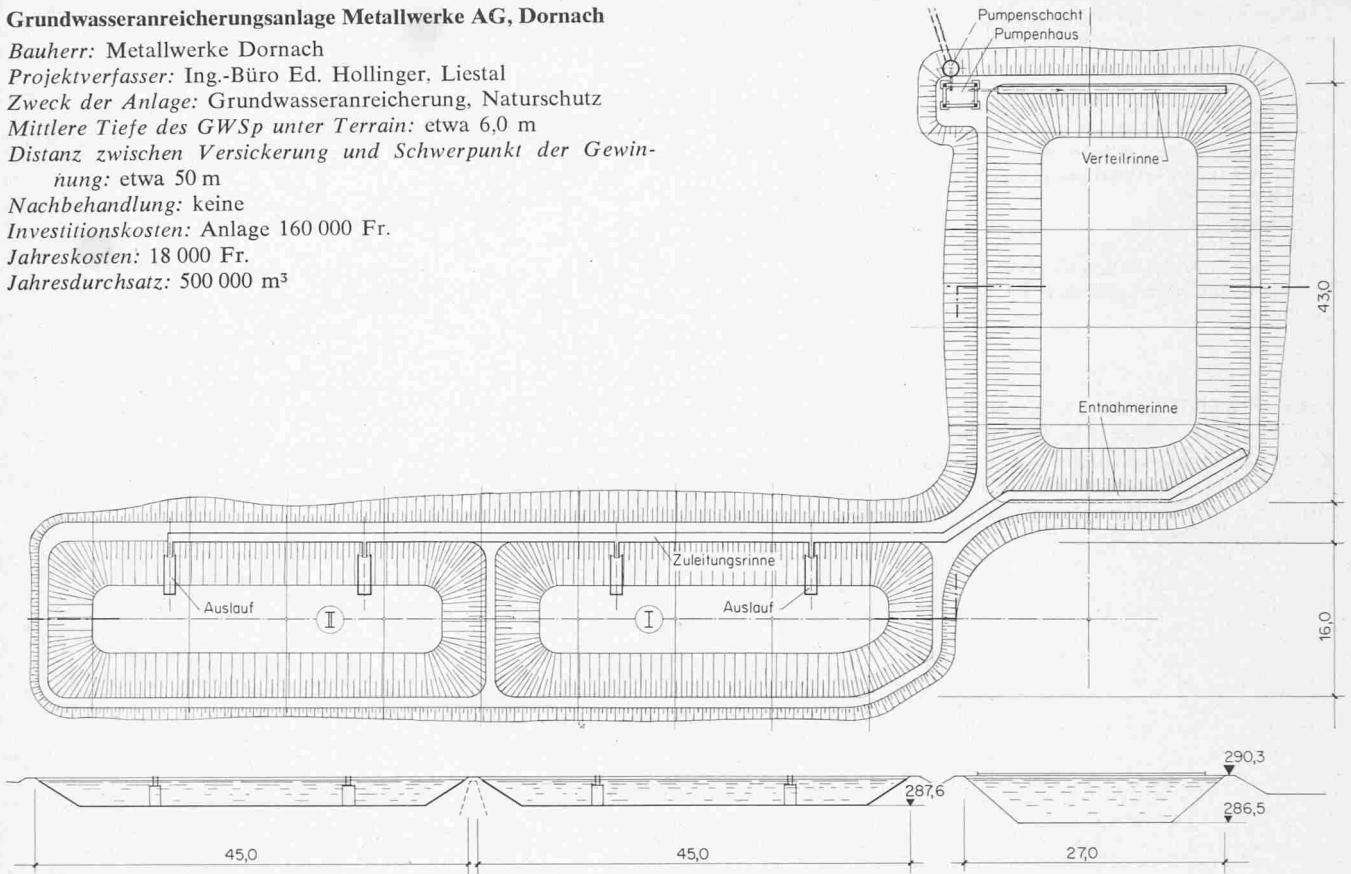


Bauherr: Wasserversorgung Zürich
Projektverfasser: Elektrowatt AG, Zürich, Wasserversorgung der Stadt Zürich
Zweck der Anlage: Produktionssteigerung von bestehenden Grundwasseranlagen
Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 3—4 m
Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 1100 m
Nachbehandlung: Belüftung, Neutralisation, Chlordioxid
Investitionskosten: Anlage: 18 Mio Fr.
Jahreskosten: zurzeit im Bau
Jahresdurchsatz: 15 Mio m^3



Grundwasseranreicherungsanlage Metallwerke AG, Dornach

Bauherr: Metallwerke Dornach
 Projektverfasser: Ing.-Büro Ed. Hollinger, Liestal
 Zweck der Anlage: Grundwasseranreicherung, Naturschutz
 Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: etwa 6,0 m
 Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: etwa 50 m
 Nachbehandlung: keine
 Investitionskosten: Anlage 160 000 Fr.
 Jahreskosten: 18 000 Fr.
 Jahresdurchsatz: 500 000 m³



Definitionen und Begriffe

Dimensionen, Basiseinheiten

- L = Länge, Basiseinheit Meter
- T = Zeit, Basiseinheit Sekunde
- M = Masse, Basiseinheit Kilogramm

Poröses Medium, poröse Matrix

Jeder Körper, der verteilt Hohlräume enthält (Lockergesteine, konsolidierte Sedimentgesteine, zerklüfteter Fels)

Poren

Hohlräume im Innern einer Festsubstanz, in welchen Kapillarkräfte wirksam sein können. Poren können isoliert voneinander vorkommen oder miteinander verbunden sein

Grundwasserleiter (Bild 11, 12, 13)

- a) Unbedeckter Grundwasserleiter.
- b) Grundwasserleiter mit undurchlässiger Deckschicht, gespannt oder nicht.
- c) Grundwasserleiter mit «undichter» Deckschicht bzw. Stauer, gespannt oder nicht.

Undichter Grundwasserleiter

Ein «undichter Grundwasserleiter» (leaky aquifer) liegt vor wenn die Durchlässigkeit der Deckschicht oder des Grundwasserstauers viel kleiner als die des Leiters ist, aber gross genug, um eine nicht zu vernachlässigende Speisung des Leiters oder einen Austritt aus dem Leiter zu gestatten.

Grundwasser-Stockwerke

Liegen verschiedene Grundwasser-Leiter übereinander, so spricht man von Grundwasser-Stockwerken.

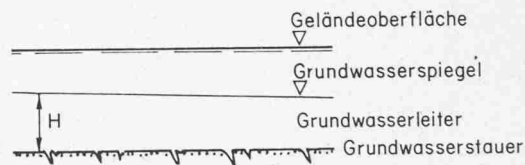


Bild 11. Unbedeckter Grundwasserleiter

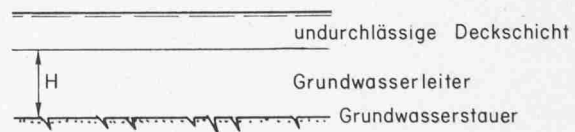


Bild 12. Grundwasserleiter mit undurchlässiger Deckschicht

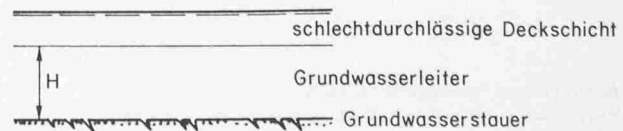


Bild 13. Grundwasserleiter mit «undichter» Deckschicht bzw. Stauer, gespannt oder nicht

Erscheinungsformen des unterirdischen Wassers (Bild 14)

Die Darstellung beschränkt sich auf die Erscheinungsformen, die für die Behandlung der Grundwasseranreicherung von Bedeutung sind. Die Verteilung des Wassers im Boden wird vom Gesichtspunkt seiner Beweglichkeit bei Einwirken der Gravitation klassifiziert.

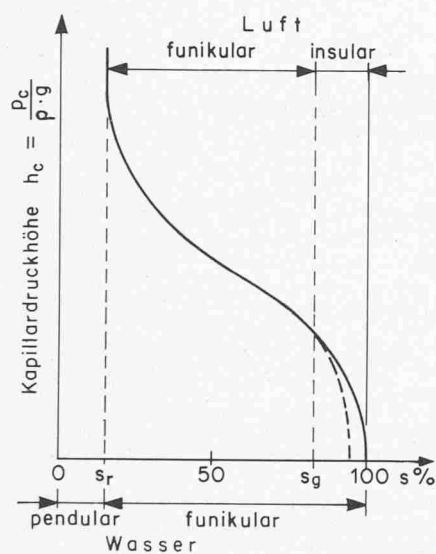
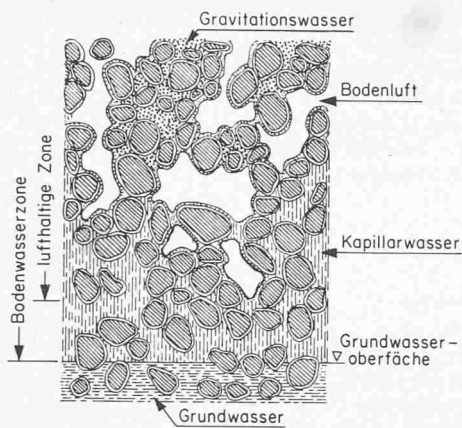


Bild 14. Erscheinungsformen des unterirdischen Wassers

Pendulares Wasser

Das Wasser (die benetzende Flüssigkeit) wird in isolierten Winkelräumen durch die Kapillarkräfte zurückgehalten und bewegt sich unter Einwirkung der Gravitation nicht.

Funikulares Wasser oder Luft

Das Wasser bzw. Luft (das benetzende bzw. das nicht benetzende Fluid) sind im Porenraum zusammenhängend verteilt und können sich unter Einwirkung eines hydraulischen Gefälles bewegen.

Insulare Luft

Die Luft (das nicht benetzende Fluid) kommt in isolierten Blasen innerhalb des Porenraumes vor und ist deshalb unbeweglich

Infiltration, Einsickerung

Strömen von Wasser durch die Bodenoberfläche in den Untergrund

Perkolation

Strömen von Wasser im ungesättigten Porenraum

Direkte Infiltration

Infiltration in den gesättigten Untergrund mit direkter Verbindung zwischen Oberflächen- und Grundwasser

- Rückgestaute Infiltration (Bild 15)
Infiltration wird durch die Lage des natürlichen Grundwasser-Spiegels beeinflusst.
- Freie Infiltration (Bild 16)
Infiltration wird durch die Lage des natürlichen Grundwasser-spiegels nicht beeinflusst.

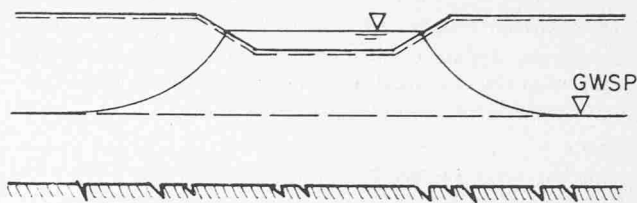


Bild 15. Rückgestaute Infiltration

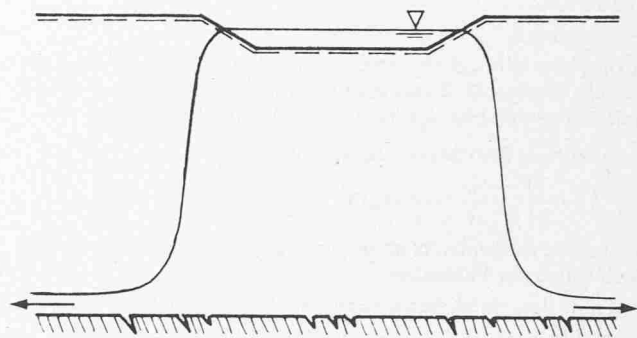


Bild 16. Freie Infiltration

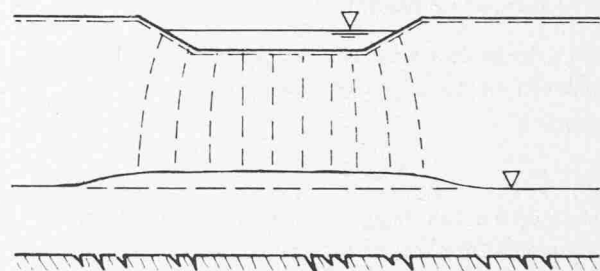


Bild 17. Perkulative Infiltration

Perkulative Infiltration (Bild 17)

Versickern von Oberflächenwasser durch einen ungesättigten Bodenbereich zum Grundwasser.

Flurabstand

Vertikalabstand zwischen Bodenoberfläche und Grundwasserspiegel.

Exfiltration

Austritt von Grundwasser durch die Bodenoberfläche ins Freie oder in einen Vorfluter.

Untergrund-Passage

Durchfließen einer Untergrundstrecke vom Infiltrationsort bis zur Entnahme.

Porosität n

Verhältnis des Porenvolumens zum Raumvolumen (dimensionslos).

Absolute Porosität

Porosität unter Berücksichtigung des Volumens aller Poren, unabhängig davon, ob sie isoliert oder zusammenhängend vorkommen (dimensionslos).

Effektive Porosität

Porosität bei Berücksichtigung der zusammenhängenden Poren allein (dimensionslos).

Entwässerbare Porosität, wirksame Porosität

Teil der Porosität, der sich unter Einwirkung der Gravitation entwässern lässt.

Speicherkoeffizient (storage coefficient) S

Wasservolumen, das ein Grundwasserleiter aufnimmt oder abgibt je Einheit seiner Oberfläche bei Abnahme oder Zunahme der Druckhöhe um eine Längeneinheit (dimensionslos).

Sättigung s

Verhältnis des wassergefüllten Porenvolumens zum effektiven Porenvolumen (dimensionslos).

Residualsättigung, Restsättigung s_r

Sättigung, bei der das Wasser (das benetzende Fluid) bei Dränung unbeweglich wird. Obere Grenze des pendularen Bereiches (dimensionslos).

Grenzsättigung s_g

Sättigung des Wassers (des benetzenden Fluids), bei der die Luft (das nicht benetzende Fluid) bei Imbibition beginnt, insular verteilt zu sein. Untere Grenze des Insularbereiches (dimensionslos).

Durchlässigkeit, hydraulische Konduktivität k

$$k = \frac{Q}{F \cdot i} = \frac{q}{i} = \frac{v}{i} \quad [\text{L/T}]$$

Strömungswiderstand, abhängig vom porösen Medium und den Eigenschaften der Flüssigkeit.

Q = Durchfluss durch den Querschnitt F eines Grundwasserleiters [L^3/T]

F = Voller Querschnitt (Festschubstanz und Poren enthaltend) [L^2]

$q = \frac{Q}{F}$: Fluss, Flux oder spezifischer Durchfluss [L/T]

$v = \frac{Q}{F}$: Filtergeschwindigkeit [L/T]

i = grad φ : hydraulisches Gefälle oder Gradient (dimensionslos)

φ = totales Kraftpotential je Gewichtseinheit [L]

Permeabilität K

$$K = \frac{\mu}{\rho \cdot g} \cdot k = \frac{v}{g} \cdot k \quad [\text{L}^2]$$

Strömungswiderstand abhängig vom porösen Medium allein.

μ = dynamische Zähigkeit der Flüssigkeit [$\text{M}/\text{T} \cdot \text{L}$]

v = kinematische Zähigkeit der Flüssigkeit [L^2/T]

ρ = Dichte der Flüssigkeit [M/L^3]

g = Erdbeschleunigung [L/T^2]

Relative Durchlässigkeit bzw. Permeabilität k_r

$$k_r(s) \text{ bzw. } k_r(p_c)$$

Verhältnis der Durchlässigkeit oder Permeabilität bei einer bestimmten Sättigung bzw. Kapillardruck, zur Durchlässigkeit oder Permeabilität bei voller Sättigung bzw. Kapillardruck Null (dimensionslos).

Transmissivität T

$$T = k \cdot H \quad [\text{L}^2/\text{T}]$$

H = Mächtigkeit des Grundwasserleiters [L]

Totales Potential je Gewichtseinheit φ :

$$\varphi = z + \frac{p}{\rho \cdot g} \quad [\text{L}]$$

z = Lage des betrachteten Punktes über einem Bezugshorizont (= Lagepotential) [L]

$$\frac{p}{\rho \cdot g} = \text{Druckpotential}$$

Bei teilgesättigtem Medium ist $p = p_a - p_c$

p_a = Luftdruck [$\text{M}/\text{T}^2 \cdot \text{F}$]

p_c = Kapillardruck [$\text{M}/\text{T}^2 \cdot \text{L}$]

Freie Oberfläche, Grundwasserspiegel

Ort, an dem $p = 0$ bzw. $p_c = 0$ ist.

Liste der benutzten Symbole

D	Wassertiefe
H	Mächtigkeit des Grundwasser-Leiters
L	Länge
M	Masse

Q_A	Abflussmenge je Zeiteinheit
Q_D	Fehlmenge je Zeiteinheit
Q_E	Entnahmemenge je Zeiteinheit
Q_G	Dargebot je Zeiteinheit
Q_I	Infiltrationsmenge je Zeiteinheit
$+Q_R$	Neubildung bzw. Zehrung je Zeiteinheit
Q_Z	Zuflussmenge je Zeiteinheit
T	Zeit
d	Schichtstärke
g	Erdbeschleunigung
h	Druckhöhe
h_c	Kapillardruck-Höhe
k	Durchlässigkeit
k_B	Durchlässigkeit des Untergrundes
k_F	Durchlässigkeit des Filters
k_r	relative Durchlässigkeit
$k_{r,B}$	relative Durchlässigkeit des Untergrundes
$k_{r,F}$	relative Durchlässigkeit des Filters
n	Porosität
p	Druck
p_a	Luftdruck
p_c	Kapillardruck
q	spezifischer Durchfluss
q_B	spezifischer Durchfluss des Untergrundes
q_F	spezifischer Durchfluss des Filters
s	Sättigung
s_g	Grenzsättigung
s_r	Residualsättigung
x	} Ortskoordinaten
y	
z	
φ	Kraftpotential je Gewichtseinheit
ρ	Dichte

Literaturverzeichnis

1. *Association internationale d'hydrologie scientifique*. Symposium de Haifa. «Alimentation artificielle et aménagement des nappes aquifères.» Gentbrugge 1967.
2. *Association internationale d'hydrologie scientifique*: «Inventaire Internationale des Installations Existants, Alimentation artificielle des nappes souterraines.» Gentbrugge 1970.
3. *Bize J., Bouquet L., Lemoine J.*: «L'alimentation artificielle des nappes souterraines.» Masson, Paris 1972.
4. *Dortmunder Stadtwerke*: «Die künstliche Grundwasseranreicherung.» Veröffentlichungen der Hydrologischen Forschungsabteilung der Dortmunder Stadtwerke AG, Nr. 9, Dortmund 1966.
5. *SIA-SVGW-Tagung*: «Künstliche Anreicherung des Grundwassers.» Gas, Wasser, Abwasser Nr. 12, 1975, Zürich.
6. *United Nations, Dept. of Economic and Social Affairs*: «Ground-Water Storage and Artificial Recharge.» Natural Resources, Water Series Nr. 2, United Nations, New York 1975.
7. *Verordnung über Abwassereinleitungen* (vom 8.12.1975) des Schweizerischen Bundesrates.
8. *Bear J.*: «Dynamics of Fluids in Porous Media.» American Elsevier, 1972.
9. *Schweizerisches Lebensmittelbuch*, EDMZ, Bern 1964.
10. «Richtlinien für die künstliche Anreicherung (Neubildung) von Grundwasser», ORL-Richtlinien, Blatt 516 023, 1976.
11. *Busch K.F., Luckner L.*: «Geohydraulik.» Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1973.

Kommission für Wasserwissenschaft und Wassertechnik

Präsident: *Werner Hänggi*, dipl. Ing. ETH, Dir. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG, Malzgasse 32, 4052 Basel

Arbeitsgruppe für Grundwasseranreicherung

Präsident: *Dr. Niklaus Sieber*, Geologe, Colombi, Schmutz, Dorthe AG, Grenzweg 1, 3097 Liebfeld BE

Mitglieder der Arbeitsgruppe

D. Baroni, R. Blasche, Th. Dracos, R. Favre, P. Germann, Ch. Haefeli, A. Hagmann, W. Hänggi, J. Kamm, H. R. Keusen, B. Novak, F. Richard, F. Ryser, W. Schafner, H. O. Schiegg, N. Sieber (Präsident), F. Stauffer, P. Stucky, E. Trüb, G. Wiener, G. Iselin (juristische Aspekte).