

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 96 (1978)  
**Heft:** 50

**Artikel:** Grundwasseranreicherung: Bericht der SIA-Kommission für Wasserwissenschaft-Wassertechnik  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73802>

#### **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:** 22.02.2026

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

$\mu_{\min} = 0,15\%$  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 *Positions-zuschläge* 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 ausgenutzt und die Baukreditverzinsung reduziert sich.

#### Ausmass des wirtschaftlichen Gewinns

Die direkte Armierungskosten-Ersparnis ist zuvor durch einige abgrenzende Beispiele für ein- und zweiachsigendeckten zu 5 bis 37% ermittelt worden. Nun kommen im Wohnungsbau einachsig gespannte Decken mit geringerer Ersparnis seltener vor als zweiachsig 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/m<sup>2</sup> und 1.80 Fr./kg Einheitspreis ergibt sich eine direkte Armierungskosten-Ersparnis von 2.25 Fr./m<sup>2</sup> 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./m<sup>2</sup>.

Damit lässt sich die erzielbare gesamtschweizerische, volkswirtschaftliche Ersparnis schätzen. Mit einer jährlichen Wohnungsbau-Produktion in der Schweiz von 40000 Einheiten zu 80 m<sup>2</sup> im Durchschnitt, d.h. mit einer Wohnungsflächen-Produktion von 3,2 Mio m<sup>2</sup> beträgt die gesamte volkswirtschaftliche Ersparnis etwa 14 Mio Franken jährlich. Andererseits lässt sich der finanzielle Gewinn von 4.50 Fr./m<sup>2</sup> Deckenfläche in Prozent der Deckenkosten ausdrücken. Mit einer mittleren Deckenstärke von 18 cm und Einheitspreisen von 100 Fr./m<sup>3</sup> für Beton und 16 Fr./m<sup>2</sup> 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 einachsig 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. 3.21<sup>6</sup>
- [3] Laengle E.O.: Schweiz. Techn. Zeitschrift, 67. Jg. (1970), S. 965
- [4] Franz G.: Konstruktionslehre des Stahlbetons. 1. Band, 1970, S. 303 und 336
- [5] Leonhardt F.: Beitrag in Beton-Kalender 1973, Bd. II, S. 355
- [6] Leonhardt F.: Vorlesung über Massivbau, 1. 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. \*)

- 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 Entnahmgebühren für das Rohwasser
  - Allfällige periodische Entschädigungen
  - Gärtner- und andere Unterhaltsarbeiten, sofern diese nicht vom Personal der Anlage ausgeführt werden.

#### Kosten je $m^3$ Wasser

Die Betriebskosten sind auf den  $m^3$  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  $m^3$  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

#### Beispiele

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

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; vergleiche 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 (Wasser Kraft, 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.

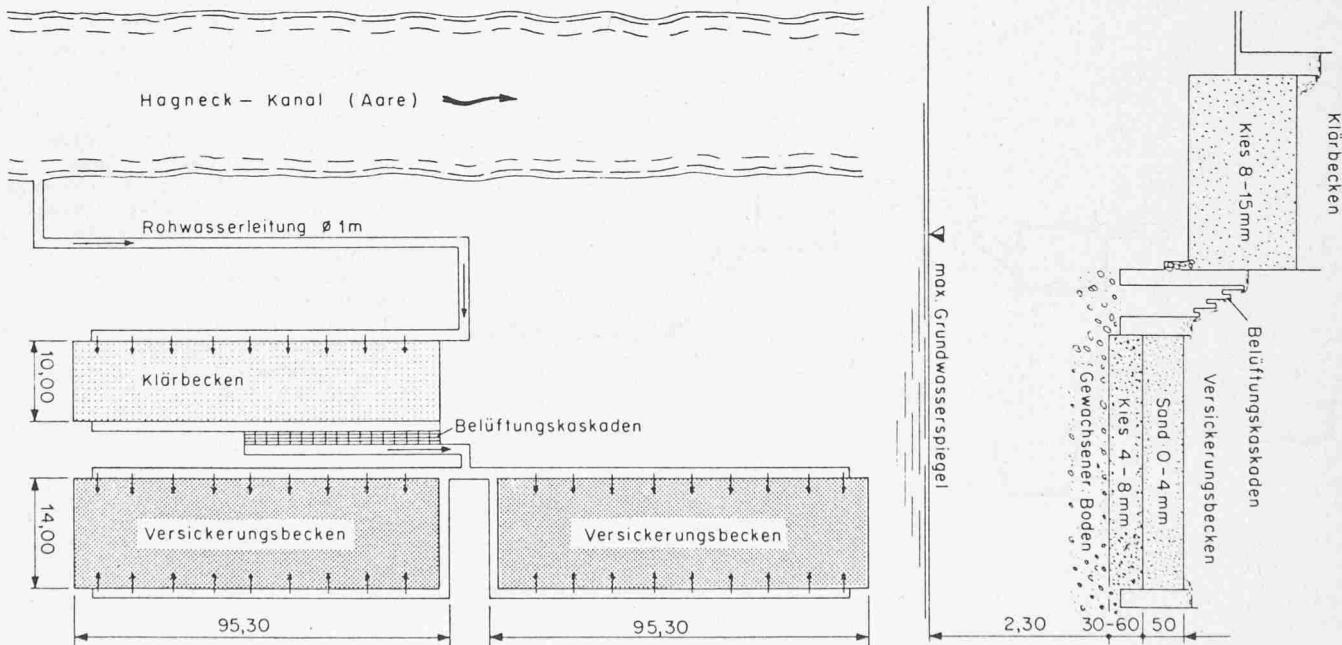
4. Bei der Projektierung und dem Bau der Anlage sind die allgemeinen Sorgfaltspflichten (berufsspezifische Kenntnisse und Regeln) zu beachten. Kommt es zu Schadensfällen, können unter Umständen die projektierenden und ausführenden Ingenieure und Geologen zur Rechenschaft gezogen werden. Bei Gewässerverunreinigungen 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).

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-AUFBEREI-TUNG	ROHWASSER-ÜBERWACHUNG	SPEZ. VERSICKERUNGS-LEISTUNG, VER-SICKERUNGSSYSTEM
<i>GWA Aarberg der BKW, Aarberg/Bargen (am rechten Ufer des Hagneckkanals)</i>	1971	Aare 0,2 $m^3/s$	Sandfang, Kiesfilter	elektronische Trübungsmesser	2,5 m/Tag Langsamfilter (2 offene Becken)
<i>GWA Aesch (Kuhweid/Weidenweg), Aesch BL</i>	1976	Birs max. 0,5 $m^3/s$	Absetzbecken, Kiesfilter, Kaskaden, Versickerung, Langsamfilter, Schluckbrunnen	automatische pH, O <sub>2</sub> , elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Trübung, chem.-bakt. Untersuchung	je nach Vorwahl: 155, 280, 390 oder 500 l/s Schluckbrunnen
<i>GWA Lange Erlen, Basel/Riehen</i>	1920	Rhein 120000 $m^3/Tag$	Schnellfilter	keine	1 bis 2 m/Tag Überflutete Waldparzellen
<i>GWA Breitfeld, St. Gallen-Winkel</i>	1976	Gübsensee 0,2 $m^3/s$	keine	Trübungsmessung, periodisch	(Spitzendeckung saisonal) Sandfilter
<i>GWA Dornach, Metallwerke AG, 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 de Genève-Vessy</i>	1968 bis 1975	Arve 0,05 bis 0,15 $m^3/s$	entsprechend dem Versuchs- programm	kontinuierlich	Berechnung 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-AUFBEREI-TUNG	ROHWASSER-ÜBERWACHUNG	SPEZ. VERSICKERUNGS-LEISTUNG, VER-SICKERUNGSSYSTEM
Genève-Vessy, Station de réalimentation	1979	Arve 0,6 m <sup>3</sup> /s	Sandfang, Flockung, Filtration, Chlorung	Laborunter- suchungen: Temperatur, Trübung, Cl, Kohlenwasser, org. C, Hg, Cr, Cd, Detergenzien	10 m <sup>3</sup> /Tag m Sickerrohre
Réalimentation artifi- cielle des nappes aquifères, Gorges de l'Areuse (Saut-de-Brot) La Chaux-de-Fonds	1958	Areuse	Filtration	Probenahme	20 l/s Beregnung
Hardwasser, Pratteln, Muttenzer Hard	1956	Rhein 2,0 m <sup>3</sup> /s	Sedimentation, Flockung, Schnellfiltration	kontinuierlich Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Trübung	8,0 m/Tag aus Gräben, 15,0 m/Tag aus den Weiichern
Verzasca, Tenero	1965	Dotierzentrale Tenero			offene Becken im Flussbett (für die Erhaltung des min. Grundwasserspiegels)
Oberwinterthur, Winterthur	1965, erweitert 1971	Eulach 0,033 m <sup>3</sup> /s	Dortmunder Kiesvorfilter	Trübung	2,4 m/Tag Hauptfilter als Langsam- sandfilter
GWW Hardhof, Zürich-Altstetten	1979 bis 1980	Limmat 0,926 m <sup>3</sup> /s	Vorchlorung	Chlor- und biol. Überwachung	6,0 bis 12,0 m/Tag, Langsam sandfilter 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 Gewin-  
nung: —

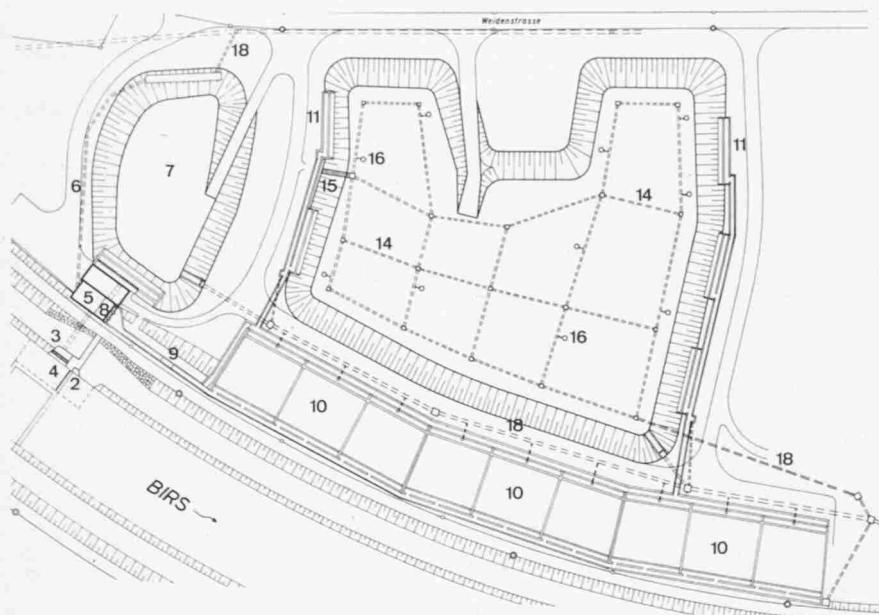
Nachbehandlung: —

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

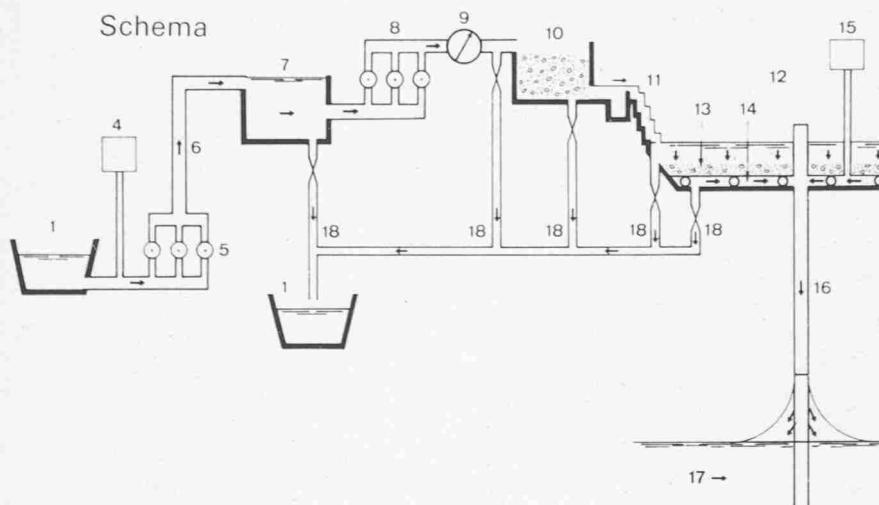
Jahreskosten: 190 000 Fr.

Jahresdurchsatz: 1 500 000 m<sup>3</sup>

Grundwasseranreicherungsanlage Aesch BL



## Schema

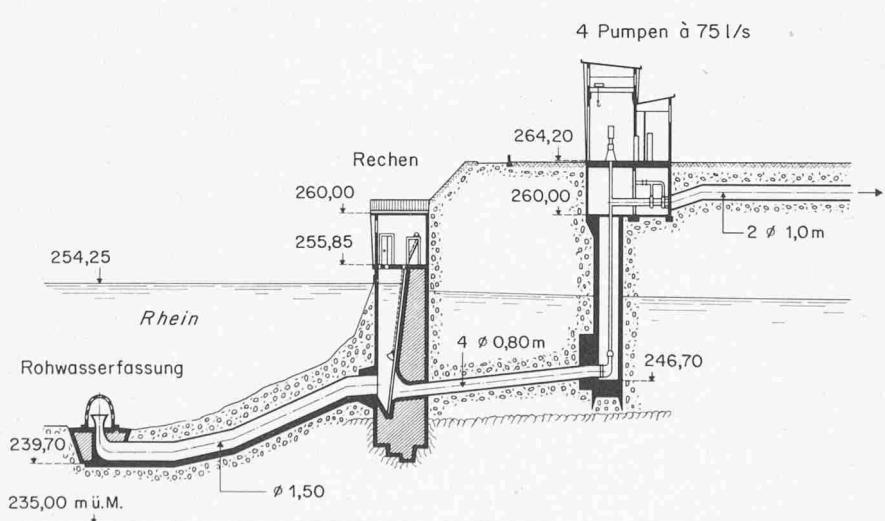
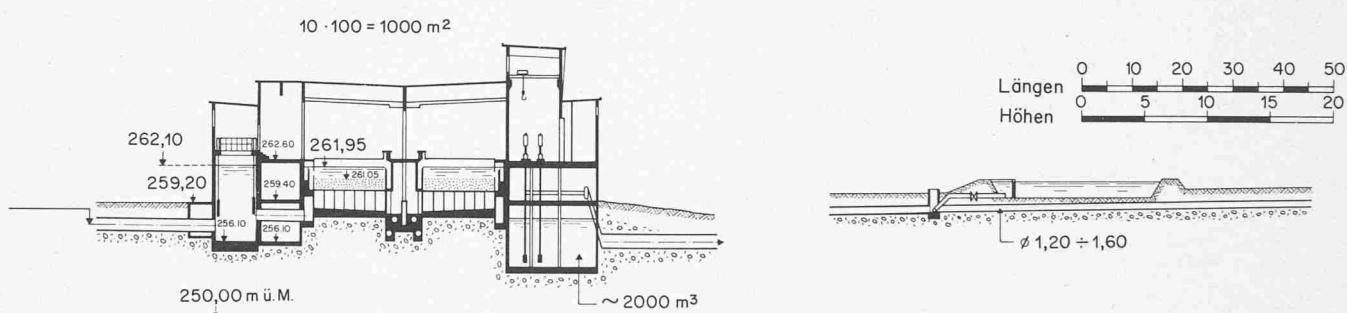
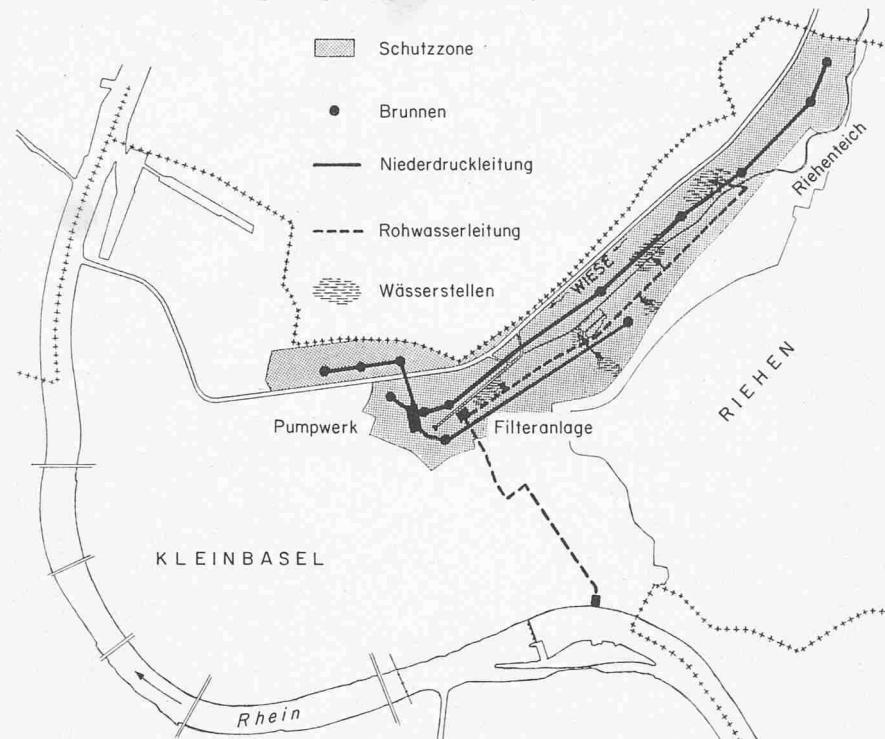


- 1 Birs
  - 2 Stauklappe
  - 3 Rohwasserentnahme (max. 5000 l/s)
  - 4 Automatische Rohwasserüberwachung
  - 5 Pumpwerk 1. Stufe
  - 6 Zuleitung zum Absetzbecken
  - 7 Absetzbecken. Absetzung der groben Schmutzteile, Wassertiefe 2,50 m
  - 8 Pumpwerk 2. Stufe
  - 9 Wassermessung
  - 10 Kiesfilter. Horizontales 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

*Bauherr:* Baudirektion Kanton Basel-Landschaft  
*Projektverfasser:* Ingenieurbüro A. Aegerter & Dr. Bosshardt,  
Basel  
*Zweck der Anlage:* Steigerung der Grundwasserergiebigkeit in  
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 m<sup>3</sup> bei 300 l/s an 300 Tagen

## Grundwasseranreicherungsanlage Lange Erlen (Basel)



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

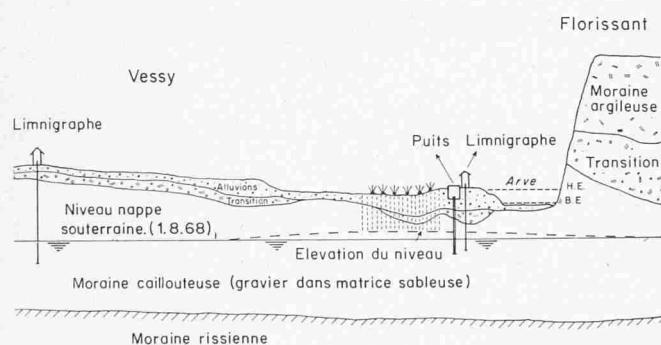
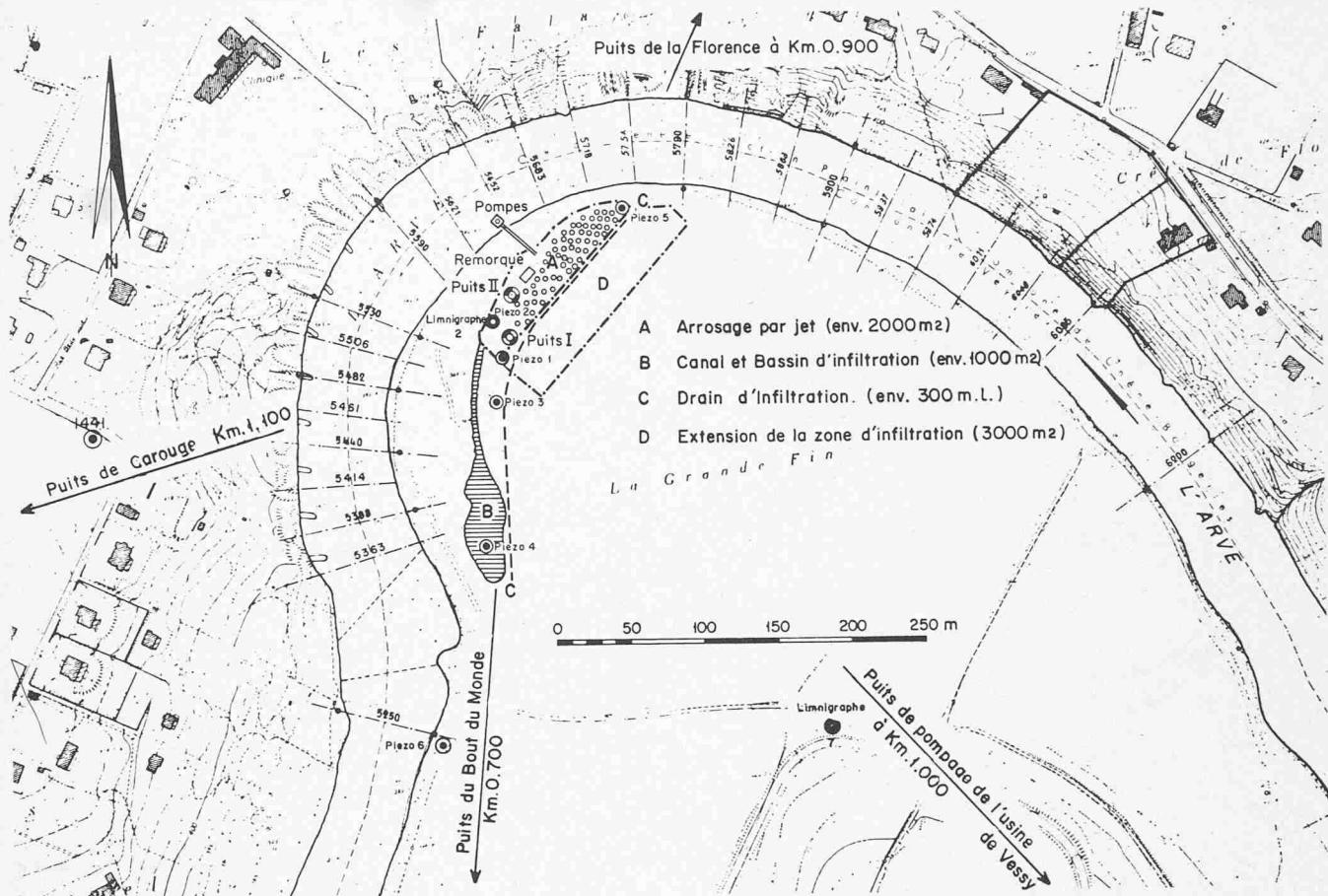
Nachbehandlung: Chlordioxid, Fluoridierung, Entsäuerung

**Nachbehandlung:** Chloroform, 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 m<sup>3</sup>

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 m<sup>3</sup>

Grundwasseranreicherungsanlage Breitfeld, St. Gallen-Winkel

**Bauherr:** St. Galler Stadtwerke

**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

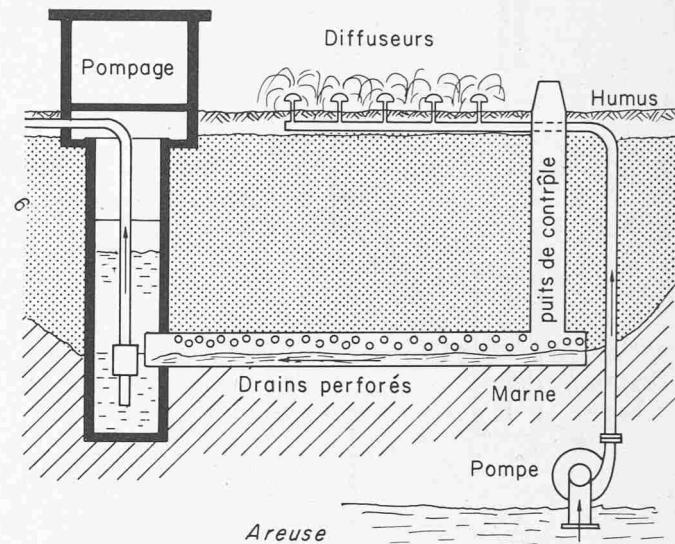
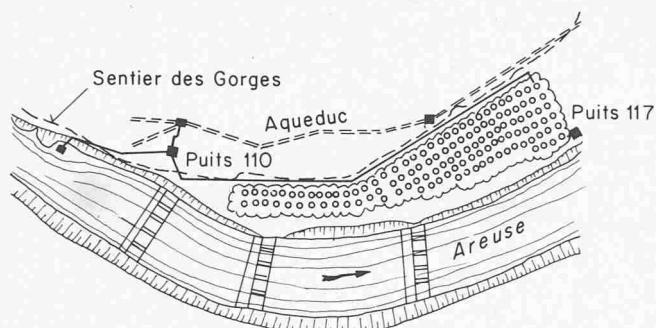
**Projektverfasser:** Dr. P. Nannay, EAWAG

**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

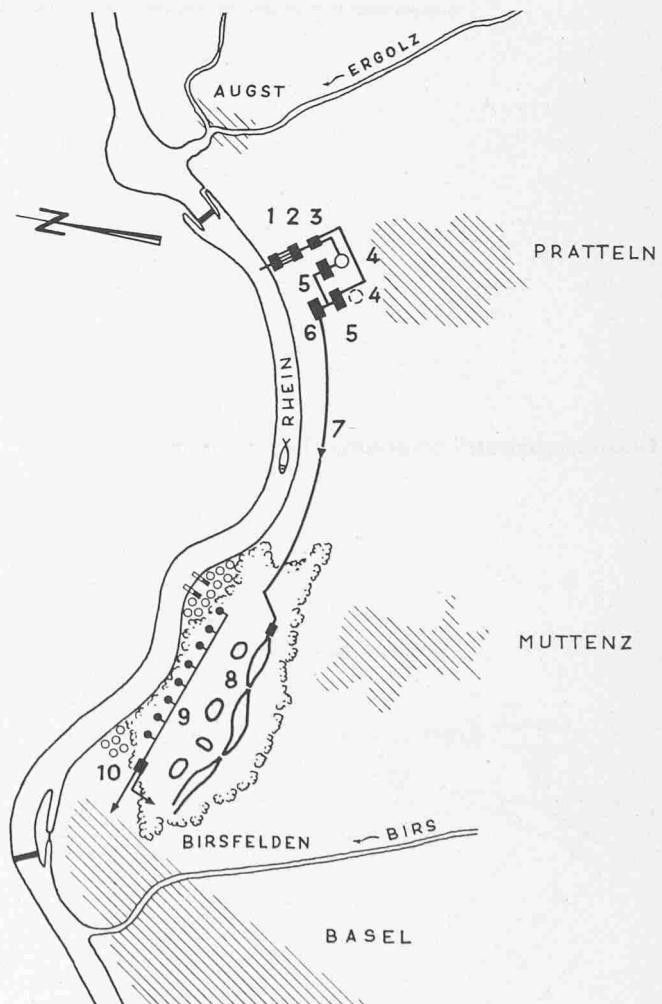
### Grundwasseranreicherungsanlage Gorges de l'Areuse NE



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

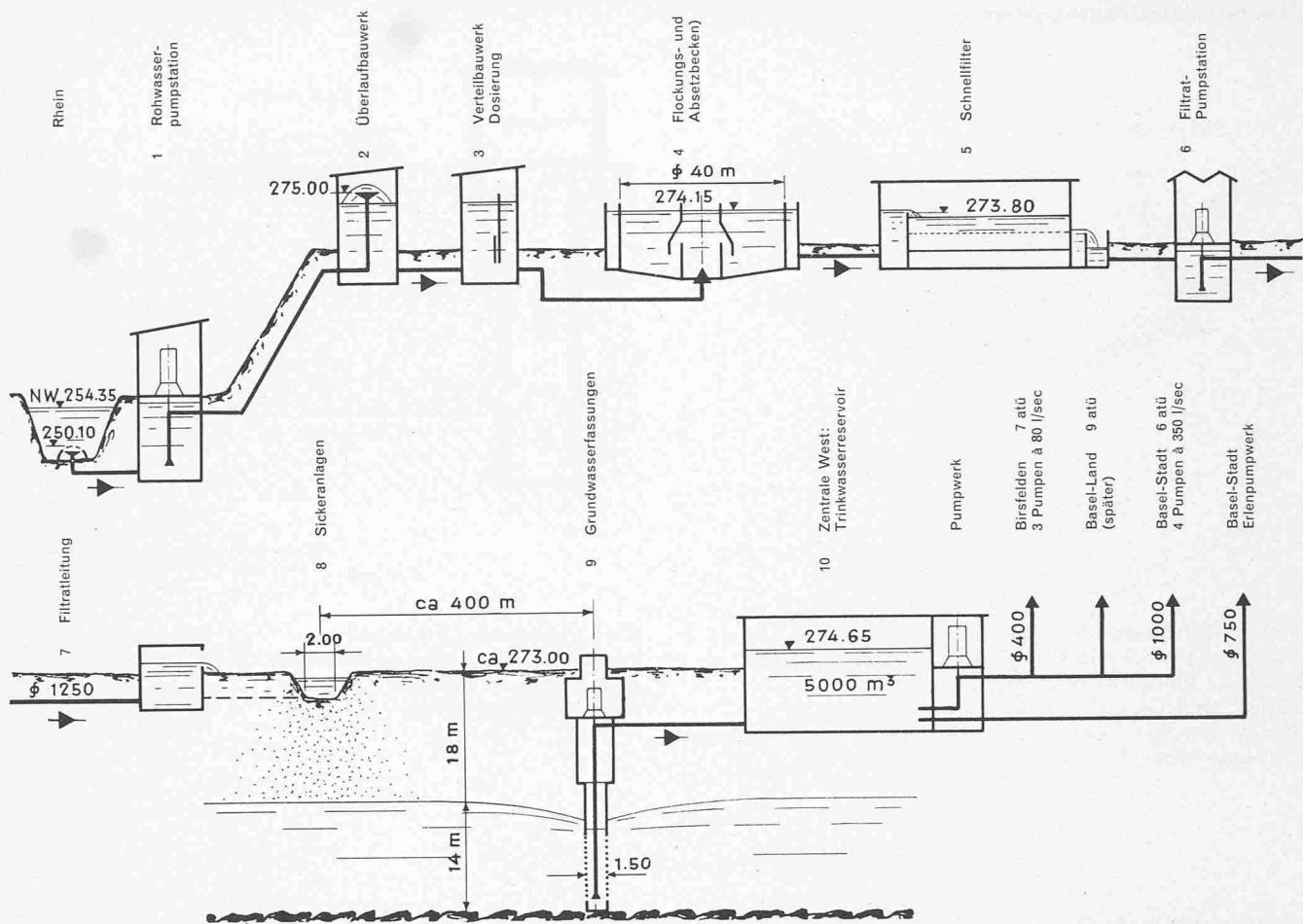
Nachbehandlung: Chlordinoxid  
 Investitionskosten: Anlage 200 000 Fr., Land 6000 Fr.  
 Jahreskosten: 12 000 Fr.  
 Jahresdurchsatz: 400 000 m<sup>3</sup>

### Grundwasseranreicherungsanlage Hardwasser, Pratteln (Muttenzer Hard)

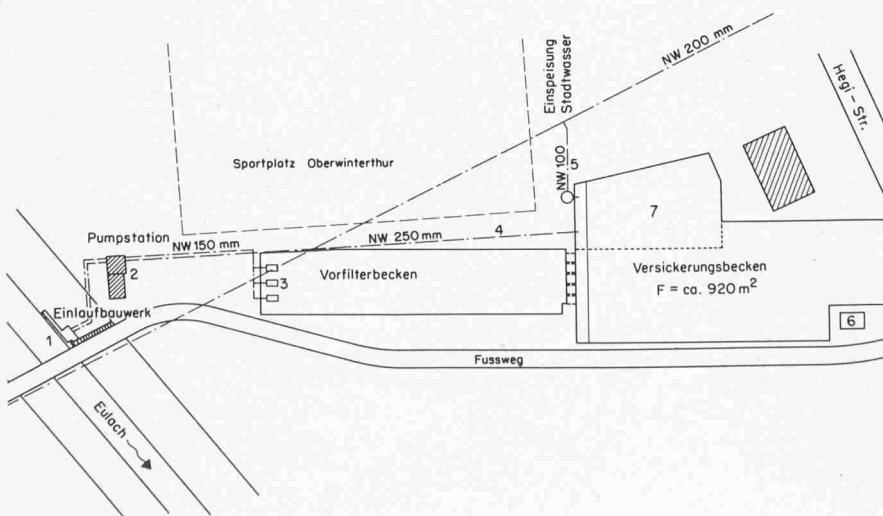


Bauherr: Hardwasser AG  
 Projektverfasser: Hardwasser AG  
 Zweck der Anlage: Trinkwassergewinnung  
 Mittlere Tiefe des GWSp unter Terrain: 20,0 m  
 Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: 400 m

Nachbehandlung:  
 Investitionskosten: Anlage 26 Mio Fr., Land 2,3 Mio Fr.  
 Jahreskosten: 4,5 Mio Fr.  
 Jahresdurchsatz: 20 Mio m<sup>3</sup>

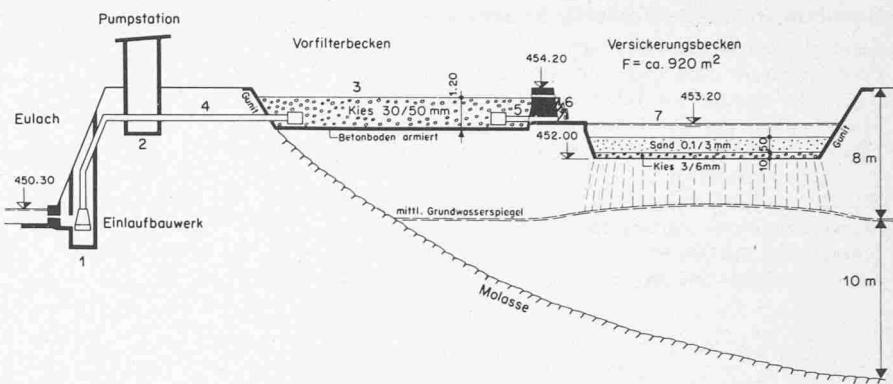


Grundwasseranreicherungsanlage Oberwinterthur



- 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. Ausbauetappe Versickerungsbecken, Filterfläche 220 m²

- 1 Einlaufbauwerk und Pumpenschacht
  - 2 Pump- und Schaltstation mit Trübungsoverwachung Eulach
  - 3 Vorfilterbecken
  - 4 Zuleitung Eulachwasser NW 150 mm mit 3 Seihern 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 Vertikalfassungen, Anreicherungsbecken, Zonenpumpwerk



**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

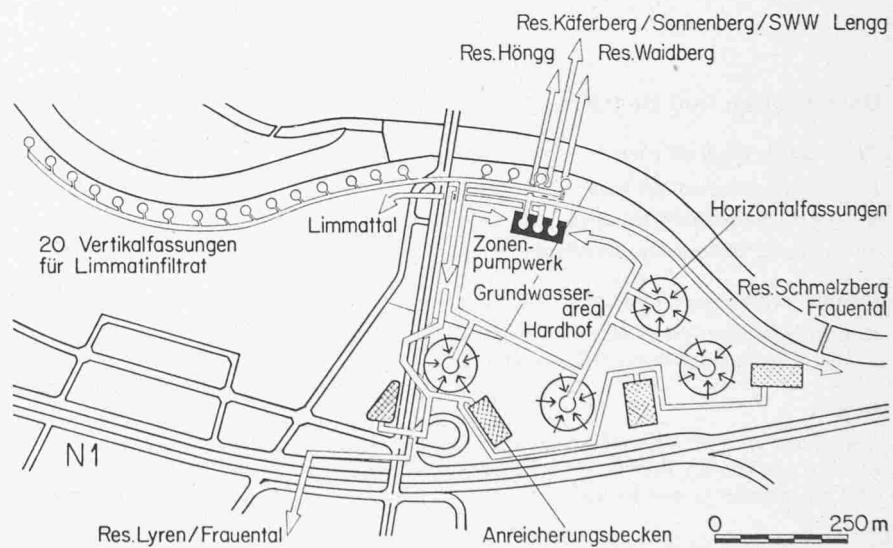
**Nachbehandlung:** —

**Investitionskosten:** Anlage 600 000 Fr.

**Jahreskosten:** —

**Jahresdurchsatz:** 0,5 Mio  $\text{m}^3$

### 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

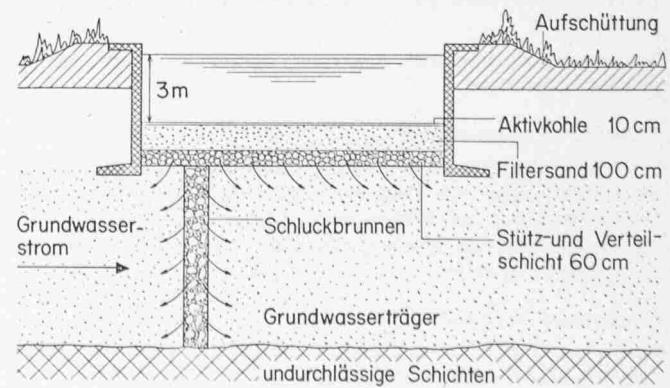
**Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung:** 1100 m

**Nachbehandlung:** Belüftung, Neutralisation, Chlordioxid

**Investitionskosten:** Anlage: 18 Mio Fr.

**Jahreskosten:** zurzeit im Bau

**Jahresdurchsatz:** 15 Mio  $\text{m}^3$



## 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

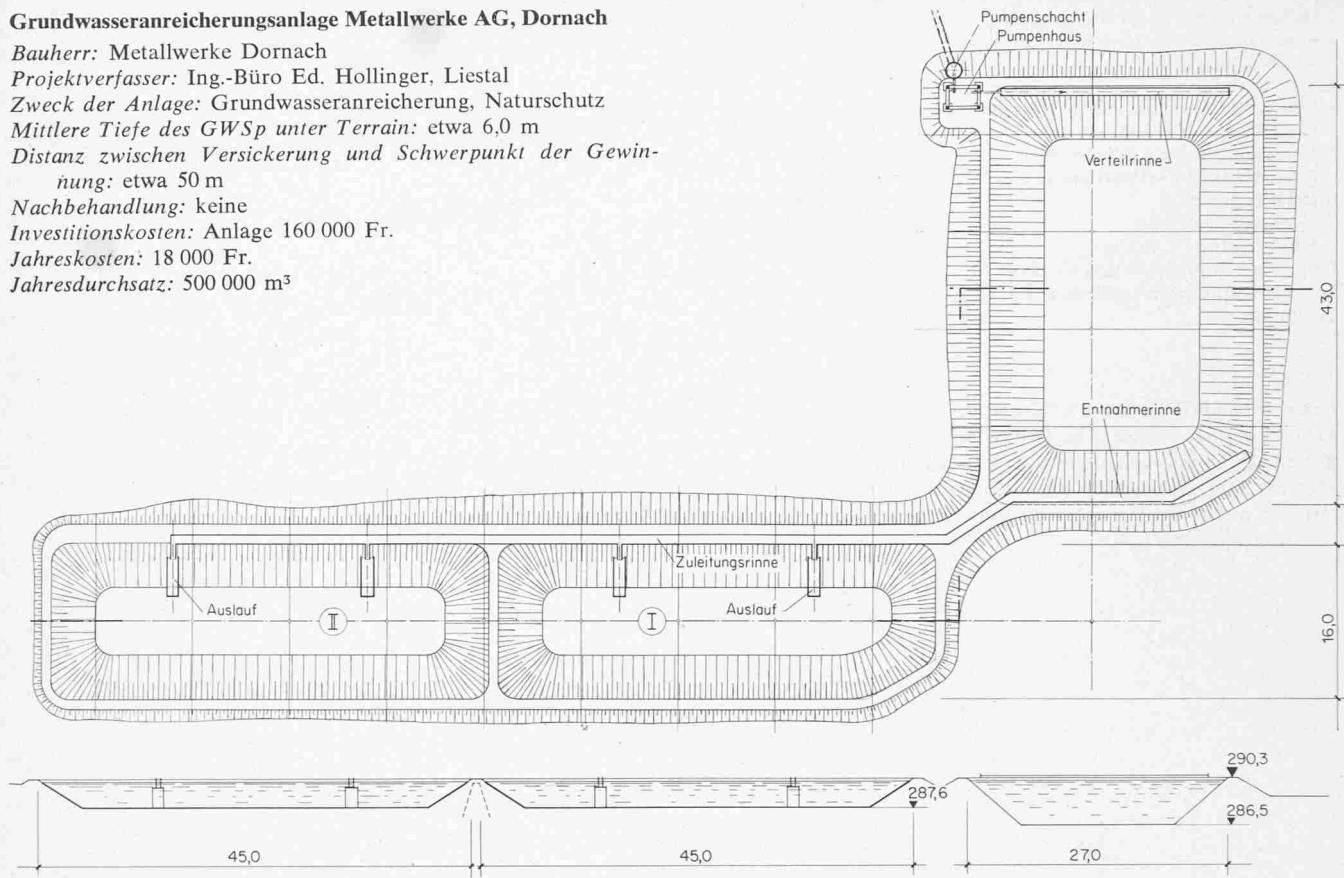
Distanz zwischen Versickerung und Schwerpunkt der Gewinnung: etwa 50 m

Nachbehandlung: keine

Investitionskosten: Anlage 160 000 Fr.

Jahreskosten: 18 000 Fr.

Jahresdurchsatz: 500 000 m<sup>3</sup>



## 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.

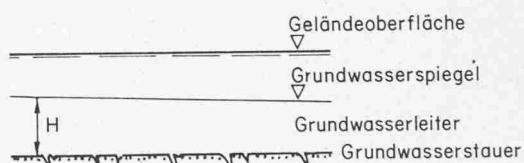


Bild 11. Unbedeckter Grundwasserleiter

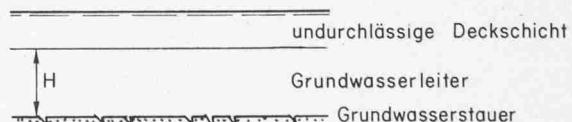


Bild 12. Grundwasserleiter mit undurchlässiger Deckschicht

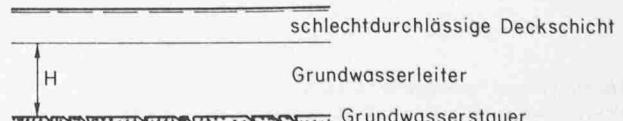


Bild 13. Grundwasserleiter mit «undichter» Deckschicht bzw. Stauer, gespannt oder nicht

### 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.

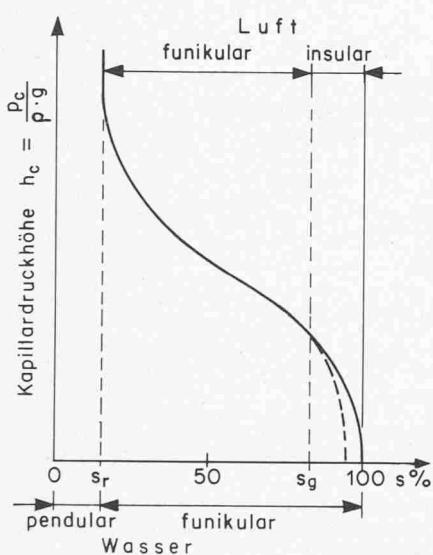
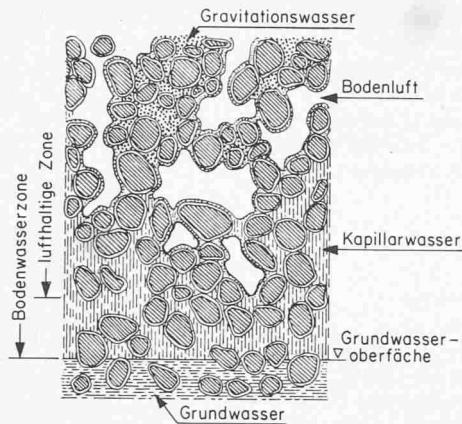


Bild 14. Erscheinungsformen des unterirdischen Wassers

#### Pendulares Wasser

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

#### Insulare Luft

Die Luft (das nicht benetzungende 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

##### a) Rückgestaute Infiltration (Bild 15)

Infiltration wird durch die Lage des natürlichen Grundwasserspiegels beeinflusst.

##### b) Freie Infiltration (Bild 16)

Infiltration wird durch die Lage des natürlichen Grundwasserspiegels nicht beeinflusst.

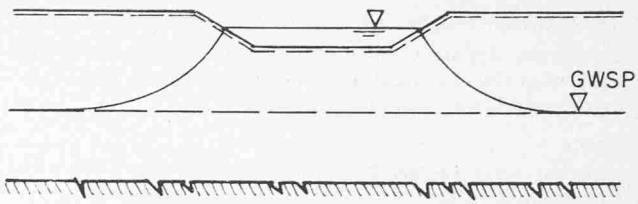


Bild 15. Rückgestaute Infiltration

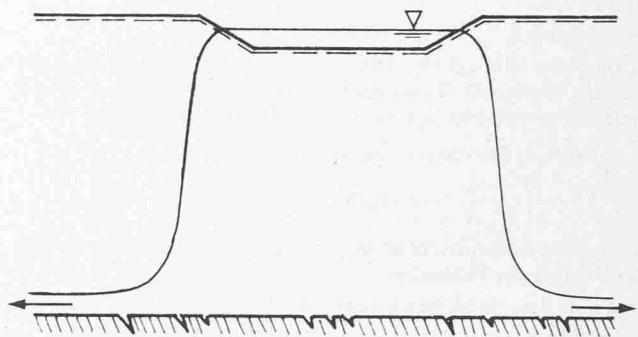


Bild 16. Freie Infiltration

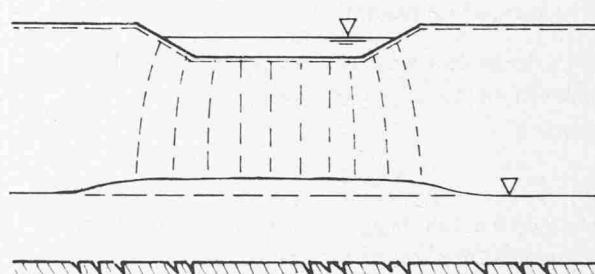


Bild 17. Perkolative Infiltration

#### Perkolative Infiltration (Bild 17)

Versickern von Oberflächenwasser durch einen ungesättigten Bodenbereich zum Grundwasser.

#### Flurabstand

Vertikalanstand 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 Längeneinhheit (dimensionslos).

### Sättigung $s$

Verhältnis des wassergefälten 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 $k$

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

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

$Q$  = Durchfluss durch den Querschnitt  $F$  eines Grundwasserleiters  $[\text{L}^3/\text{T}]$

$F$  = Voller Querschnitt (Festsubstanz und Poren enthaltend)  $[\text{L}^2]$

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

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

$i$  = grad  $\varphi$ : hydraulisches Gefälle oder Gradient (dimensionslos)

$\varphi$  = totales Kraftpotential je Gewichtseinheit  $[\text{L}]$

### Permeabilität $K$

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

Strömungswiderstand abhängig vom porösen Medium allein.

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

$v$  = kinematische Zähigkeit der Flüssigkeit  $[\text{L}^2/\text{T}]$

$\varrho$  = Dichte der Flüssigkeit  $[\text{M}/\text{L}^3]$

$g$  = Erdbeschleunigung  $[\text{L}/\text{T}^2]$

### Relative Durchlässigkeit bzw. Permeabilität $k_r$

$k_r$  ( $s$ ) 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  $[\text{L}]$

### Totales Potential je Gewichtseinheit $\varphi$ :

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

$z$  = Lage des betrachteten Punktes über einem Bezugshorizont (= Lagedifferential)  $[\text{L}]$

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

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
$y$	
$z$	
$\varphi$	Kraftpotential je Gewichtseinheit
$\rho$	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. Aegester & Dr. O. Bosshardt AG, Malzgasse 32, 4052 Basel

### Arbeitsgruppe für Grundwasseranreicherung

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

### Mitglieder der Arbeitsgruppe

D. Baroni, R. Blasche, Th. Dracos, R. Favre, P. Germann, Ch. Haefeli, A. Hagnmann, 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).