

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 115/116 (1940)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Hydrologische und chemische Vorarbeiten für eine Grundwasserfassung im Reusstal  
**Autor:** Wegenstein, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-51261>

### **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:** 02.10.2025

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

bleibt uns unsere politische Freiheit in der europäischen Umgestaltung erhalten, und daran wollen wir bis zuletzt glauben, weil sie für uns das Höchste ist, und solches Glauben Pflicht gegenüber unserer Geschichte bedeutet, so stehen wir vor den schönsten Aufgaben, vor denen ein Volk stehen kann. Sie in grosser, freier Gemeinschaft zu lösen, sie, die sich bei dem gewaltigen Gären und dem unverkennbaren Auftrieb stellen, der Europa zur Zeit noch erschüttert, aber so oder so dereinst geklärt erfassen und leiten wird, und der uns hoffentlich mit nachhaltigen Erfahrungen bereichert, *in unserer Art* mit-reissen wird, sei unser Ziel und unser Streben. Ich muss Ihnen gestehen, ich würde mich darauf freuen, mittun zu dürfen, sofern die Voraussetzungen so sind, dass uns freie Entschliessungen im Rahmen des Ganzen möglich bleiben. Wir dürfen an dieser Stelle, so scheint mir, jetzt einmal unbescheiden sein, und feststellen, dass die schweizerische Maschinenindustrie gute Vorarbeit geleistet und dem Lande auf wirtschaftlichem und sozialem Gebiet vorbildlich gedient hat. Wir sind gewillt, es weiterhin zu tun, und zwar aus tiefstem Pflichtbewusstsein heraus und aus Liebe zu unserem Land, ohne uns deshalb das Geringste einzubilden, ohne Ueberhebung noch

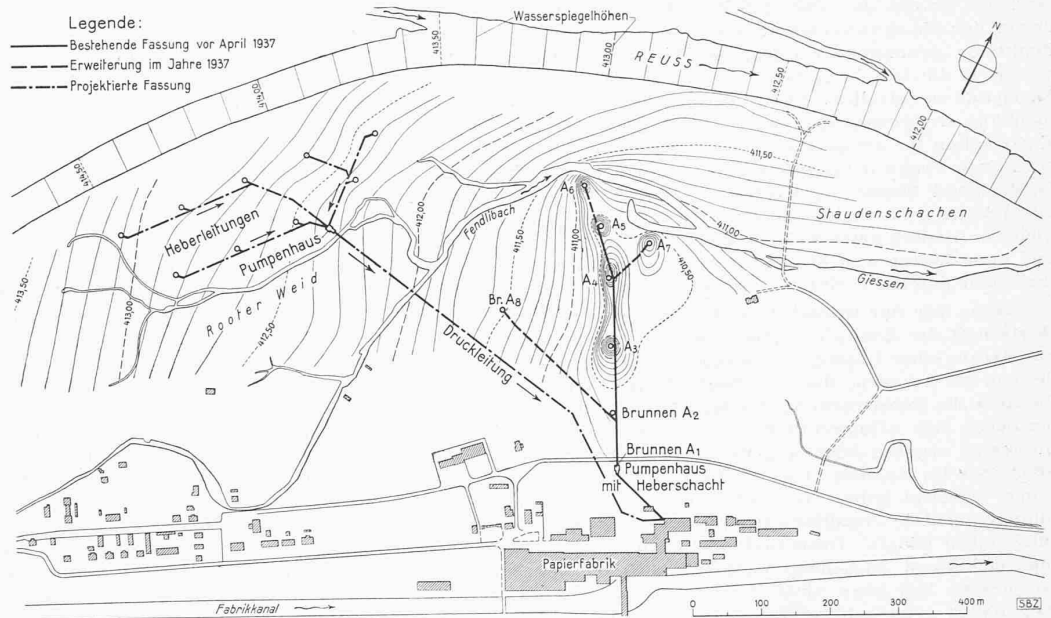


Abb. 1. Grundwasserversorgung der Papierfabrik Perlen. Lageplan 1: 10000 mit Betriebswasserspiegel bei voller Beanspruchung der bestehenden Grundwasser-Fassung (nach der Erweiterung von 1937)

Hochmut, um uns nicht die schwere, nackenbeugende Last Dantes aufzubürden und nie mit dem 10. Gesang des Fegfeuers weinend ausruhen zu müssen: «Ich vermag nicht mehr!»

Ich schliesse, meine verehrten Herren, mit der Bitte, in meinen Ausführungen nicht eine Belehrung, wohl aber ein persönliches Bekenntnis zu erblicken, das abzulegen ich Ihnen schuldig bin, weil ich meine Tätigkeit an der Spitze des Arbeitgeberverbandes schweizerischer Maschinen- und Metall-Industrieller von ihm nicht trennen kann.

### Hydrologische und chemische Vorarbeiten für eine Grundwasserfassung im Reusstal

Von Dipl. Ing. M. WEGENSTEIN, Berat. Ingenieur, Zürich<sup>1)</sup>

#### Allgemeines

Etwa 10 km stromabwärts ihres Ausflusses aus dem Vierwaldstättersee beschreibt die Reuss einen Bogen nach Nordwesten, der durch den 3,1 km langen Wasserwerkkanal der Papierfabrik Perlen abgeschnitten wird. Das Reusstal liegt an jener Stelle noch im Gebiet eines eiszeitlichen Sees, der sich von Bremgarten bis oberhalb Perlen erstreckt haben muss. Auf den schlammigen Lehm Boden dieses Sees sind dann in einer späteren Zeit die groben und durchlässigen Kiese verfrachtet worden, die von der Endmoräne des Reussgletschers bei Luzern stammen. In diesen, den eigentlichen Talboden in einer Stärke von 8 bis 13 m füllenden Kiesträger, findet in der Gegend von Emmen eine starke Infiltration durch die Reuss statt, sodass sich von dort an ein starker Grundwasserstrom bildet, der bei Perlen schon über die ganze, mehr als 1 km betragende Talbreite festgestellt werden kann. Die lokale Einengung des Talprofils nordwestlich Root im Zusammenhang mit einem leichten Ansteigen der undurchlässigen, lehmigen Sohle des Grundwasserträgers bewirkt ein Austreten eines Teiles des Grundwasserstromes an die Oberfläche. In der Gegend von Perlen bilden sich daher mehrere Grundwasseraufstösse, die in verschiedenen Gerinnen oberflächlich abfließen und weiter stromabwärts entweder wieder in den Kiesträger versickern, oder sich direkt in die Reuss ergiessen.

Die allgemeine Situation des Grundwassergebietes von Perlen ist aus Abbildung 1 ersichtlich. In diesem Plan sind auch die Gebäude der Papierfabrik Perlen

ingezeichnet, die seit ihrem Bestehen das notwendige Trink- und Betriebswasser dem Grundwasserstrom des Reusstales entnimmt. Nachdem zwei alte Kesselbrunnen dem ständig zunehmenden Betriebswasserbedarf der Fabrik nicht mehr gewachsen waren, wurde im Jahre 1928 der ganze, zwischen der Fabrik und dem Fendlibach-Giessen liegende Teil des Grundwasserträgers durch eine Gruppenfassung von fünf modernen Rohrbrunnen A<sub>1</sub> bis A<sub>5</sub> erschlossen.

Nachdem diese neue Fassung in den ersten Betriebsjahren genügte, zeigte sich mit zunehmender Belastung der Brunnen im gepumpten Grundwasser eine periodisch auftretende Verschmutzung. Im April 1937 erfolgte ein rasches Ansteigen des Kaliumpermanganat-Verbrauches (KMnO<sub>4</sub>), ein allgemeiner Indikator für den Gehalt des Wassers an reduzierenden Stoffen. Der Eisengehalt im geförderten Betriebswasser schwankte zwischen 0,3 und 0,8 mg/l, wogegen z. B. Klut in seiner «Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle» (5. Auflage, Seite 66) angibt,

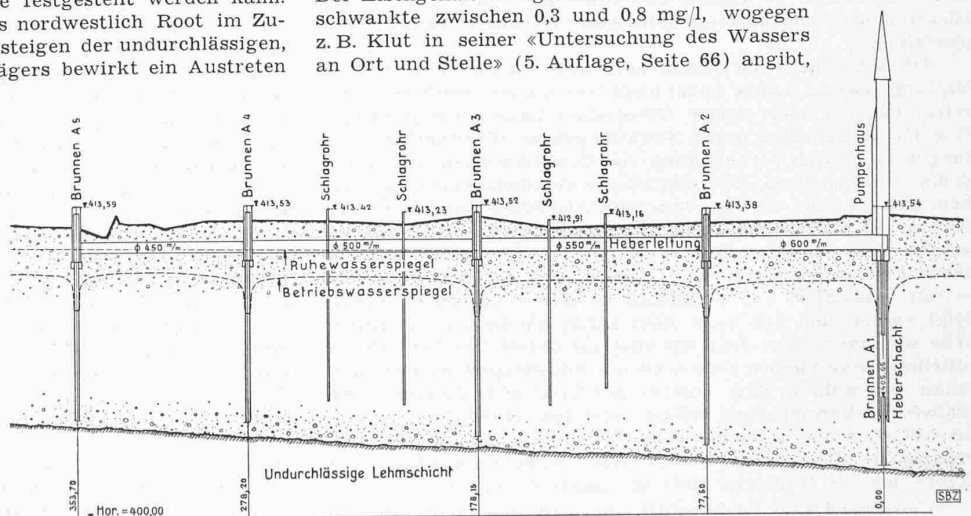


Abb. 2. Schnitt durch die bestehende Grundwasserversorgung der Fabrik. Längen 1: 3000, Höhen 1: 300

<sup>1)</sup> Die chemischen Untersuchungen wurden in meinem Auftrag durch das Laboratorium der Beratungsstelle für Trinkwasserversorgung und Abwasserreinigung der E. T. H. in Zürich ausgeführt.

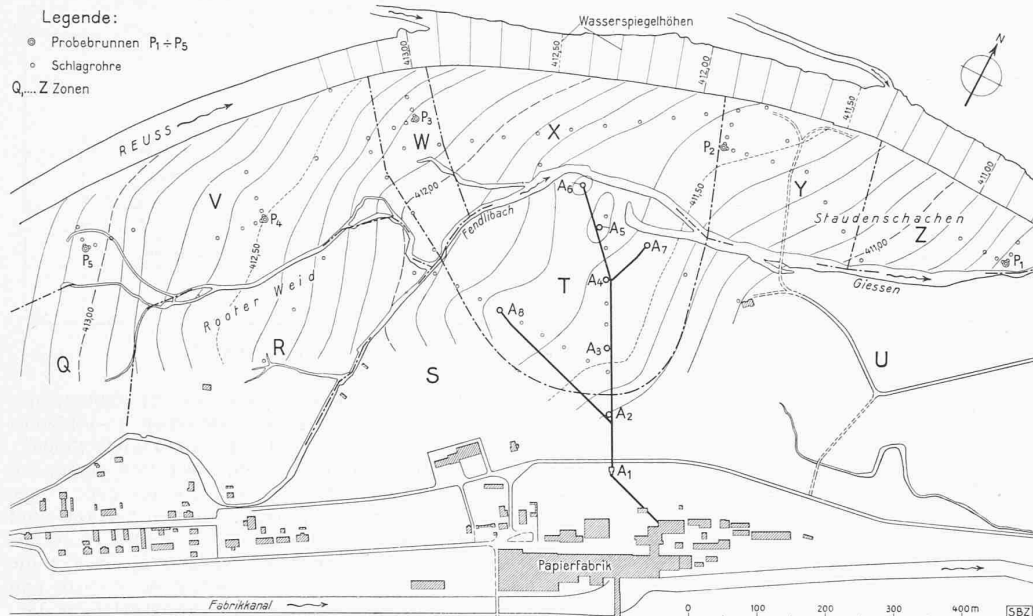


Abb. 3. Grundwasserspiegel bei stark reduzierter Beanspruchung der bestehenden Fassung A Betriebsbrunnen, P Probebrunnen, Q bis Z Untersuchungszone

Die zur Lösung dieser Aufgabe notwendigen Grundlagen mussten zuerst durch Untersuchungen des Fabrikwassers und der zu seiner Fassung dienenden Brunnenanlage auf einer viel breiteren Basis als bisher geschaffen werden, wofür ich folgendes systematisches Arbeitsprogramm aufstellte:

1. Möglichst eindeutige Feststellung der Beschaffenheit der im Brauchwasser periodisch und unregelmässig auftretenden Verschmutzungs-Erscheinungen.
2. Vorschlag der Massnahmen, die zu ergreifen sind, um ein Wiederauftreten dieser Verschmutzungen des Betriebswassers zu vermeiden.
3. Untersuchung des Grundwasserträgers von Perlen auf die Möglichkeit, an einer andern Stelle zusätzliches Wasser zu erschliessen.

dass für die Herstellung sehr feiner, weisser Papiere nur ein nahezu eisenfreies Wasser, mit höchstens 0,05 mg/l, brauchbar ist. Diese für die Fabrikation katastrophale Verschlechterung der Wasserqualität bedingte umgehende und durchgreifende Massnahmen, um die endgültige Beseitigung dieser lästigen, zu Betriebsstörungen führenden Verschmutzung sicherzustellen.

*Untersuchung der bestehenden Fassung und des aus ihr bezogenen Wassers*

Die allgemeine Anordnung der Fassungsanlage geht aus Abb. 2 hervor, einem Schnitt durch die auch im Plan (Abb. 1) eingetragenen fünf Brunnen mit dazugehöriger Heberleitung. Brunnen A<sub>1</sub> ist hierbei als Heber- und Pumpenschacht ausgebildet.

**Analysen des Wassers aus Brunnen A<sub>1</sub> bis A<sub>5</sub> im April 1937**  
ausgeführt durch die Beratungsstelle für Trinkwasserversorgung an der E. T. H.

Die Wasseruntersuchungen mussten sich auf jedes der fünf verschiedenen Fassungsorgane getrennt erstrecken und es wurden zur abklärenden Bestimmung der Qualität des Wassers und der in ihm enthaltenen Schmutzstoffe die umfangreichen Untersuchungen durchgeführt, wie sie aus den Ergebnissen vom 12. April 1937 hervorgehen.

Eine zweite ebenso gründliche Untersuchung ist, bei ungefähr auf die Hälfte ihrer Fördermenge gedrosselten Pumpen, am 19. April durchgeführt worden. Ein Teil der anlässlich dieser beiden Untersuchungen erhaltenen Resultate ist in nebenstehender Tabelle aufgeführt.

Aus diesen ersten Untersuchungen ergeben sich die folgenden wesentlichen Feststellungen:

1. Die Qualität des Wassers aus den einzelnen Brunnen ist ausserordentlich verschieden. Das Wasser aus den Brunnen A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> ist stark mit eisen- und manganhaltigen Stoffen angereichert. Das Wasser aus Brunnen A<sub>3</sub> enthält einen hohen Gehalt an suspendierten rostähnlichen Stoffen im Gemisch mit Sand, weist aber im übrigen schon eine viel bessere Zusammensetzung auf. Das Wasser aus den Brunnen A<sub>4</sub> und A<sub>5</sub> ist ein ausgeglichenes, durchmineralisiertes Grundwasser ohne besondere Merkmale.

2. Die Intensität der Verschmutzungserscheinungen ist in starkem Masse von der Belastung der Brunnenfassungen abhängig. So ergeben die bei ungefähr Halblast der Pumpen durchgeführten Wasseruntersuchungen vom 19. April eindeutig, dass einerseits die Härte, der Gesamteisengehalt, der Manganengehalt und die Oxydierbarkeit stark zurückgegangen sind, dass aber andererseits der Sauerstoffgehalt eine Steigerung von nahezu 100% erfahren hat.

*Massnahmen zur Behebung der Verschmutzung*

Da aus den Ergebnissen der chemischen Untersuchung die Zunahme der Verschmutzung mit steigender Beanspruchung der Brunnen bewiesen werden konnte, ergab sich die Möglichkeit der Entlastung der bestehenden Fassung durch den Bau weiterer Rohrbrunnen. Diese mussten aber so verteilt werden, dass sie in Zonen möglichst reinen Grundwassers zu liegen kommen, eine genügende Ergiebigkeit aufweisen, die bestehenden Fassungen in ihrem Ertrag möglichst wenig beeinträchtigen und doch in der Nähe der bestehenden Heberleitung liegen, um lange, kostspielige Zuleitungen zu vermeiden. Um eine in chemischer und hydrologischer Beziehung günstige Zone des Grundwasserträgers zu finden, wurde vorerst ein System von 24 Schlagrohren über das ganze in Frage kommende Gebiet verteilt. Die Lage dieser

Brunnen	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>		A <sub>4</sub>		A <sub>5</sub>	
	12.	19.	12.	19.	12.	19.	12.	19.	12.	19.
Probe-Entnahme in der Tiefe von: m	0,50	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00
<b>Sinnesprüfung:</b>										
a) Wasser										
Aussehen	klar	opalesc	trüb	klar	trüb	klar	trüb	klar	l. trüb	klar
Trübung	gering	gering	stark	keine	stark	keine	flock.	keine	flock.	keine
Farbe	braun	grau	braun	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Geruch	erdig	keiner	erdig	keiner	schwach	keiner	keiner	keiner	keiner	keiner
Geschmack	torfig	torfig	hinrig	torfig	hinrig	bitter	erdig	keiner	keiner	keiner
b) Bodensatz										
Aussehen	Brocken	Flockig	Brocken	faserig	sandig	sandig	sandig	sandig	sandig	sandig
Farbe	braun	braun	braun	braun	röhl. br.	röhl.	rosig	röhl.	röhl. grau	rot-
Menge in mg/l	gering	gering	63	gering	88	gering	22	gering	4	gering
<b>Physikal. Untersuchung:</b>										
Temp. in °C	9,3	9,1	10,2	10,0	9,3	9,7	7,5	7,5	8,2	8,0
pH-Wert	7,7	7,65	7,75	7,65	7,8	7,7	7,7	7,65	7,7	7,6
<b>Chem. Untersuchung</b>										
Karbonathärte frz.H <sup>+</sup>	19,25	18,50	17,75	18,00	16,25	15,75	18,50	16,25	19,50	18,00
Gesamthärte	28,30	23,60	27,80	23,10	19,85	19,60	23,50	20,00	25,00	20,50
Nichkarbonathärte	9,05	5,10	10,05	5,10	3,60	3,85	5,00	3,75	5,50	2,50
aggressive Kohlensäure	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
Trockenrückstand: (105°C) mg/l	260	220	260	210	270	170	230	175	250	205
Glühverlust: (600°C) CaCO <sub>3</sub> regen. mg/l	60	45	35	75	35	45	30	40	30	50
gelöstes Eisen: mg Fe/L	0,15	0,25	0,10	0,10	0,30	0,05	0,03	0,06	0,01	0,07
Gesamteisen im Trockenrückstand: (unfiltriert) mg Fe/L	—	0,30	12,00	0,125	60,00	0,10	2,00	0,25	0,20	0,15
Mangan-Jon: mg/L	0,05	Spur	Spur	Spur	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ammoniak: mg NH <sub>3</sub> /L	0,25	0,10	0,05	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,06	0,05
Nitrate: mg NO <sub>3</sub> /L	1,47	0,90	1,47	1,30	0,67	0,47	0,67	0,40	3,30	0,70
Nitrite: mg NO <sub>2</sub> /L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfate: mg SO <sub>4</sub> /L	26,5	30,0	14,8	20,0	14,6	14,5	14,6	15,1	14,8	14,3
Oxydierbarkeit: mg KMnO <sub>4</sub> /L	56,0	34,7	39,0	24,3	12,6	2,2	1,3	1,6	1,3	1,6
Sauerstoffgehalt mg O <sub>2</sub> /l in % der Sättigung	3,83 34,0	4,85 42,0	5,72 51,0	3,17 27,0	6,25 55,0	6,1 54,0	5,94 50,0	6,54 49,0	4,62 39,0	6,9 50,0
Sauerstoffdefizit mg O <sub>2</sub> /l	7,5	6,45	5,5	8,5	5,0	5,2	5,2	6,9	6,6	6,9
Sauerstoffverzehr mg O <sub>2</sub> /l in 48 Std	0,6	0,67	0,3	0,09	1,8	0,82	0,8	0,2	0,6	1,65

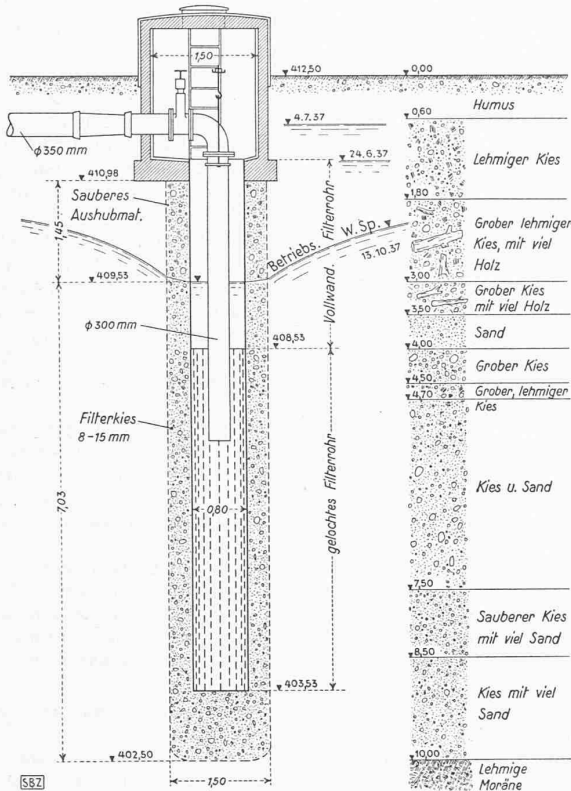


Abb. 4. Brunnen A<sub>7</sub>, Schnitt und Bodenprofil 1 : 100

einzelnen Schlagrohre ist in Abb. 3 dargestellt. Die aus 2" Rohren bestehenden, in den untersten 2 m gelochten und unten mit einer Eisenspitze versehenen Schlagrohre sind in die Tiefe von 6 bis 8 m unter Boden gerammt. Vor Entnahme der Wasserprobe ist jedes einzelne Schlagrohr mittels einer Hand-Membran-Pumpe während einer halben Stunde gründlich durchgespült worden.

Die chemische Untersuchung der aus jedem der 24 Schlagrohre zahlreich entnommenen Wasserproben wurde in ähnlicher Weise wie bei der Untersuchung der Wasserproben aus den Brunnen A<sub>1</sub> bis A<sub>5</sub> durchgeführt. Auf Grund der hierbei erhaltenen Ergebnisse konnte die bestehende Fassung durch Erbohrung und Anschluss von drei neuen Brunnen A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> und A<sub>8</sub> erfolgreich erweitert werden. Diese drei neuen Brunnen mit ihren entsprechenden Anschluss-Heberleitungen sind in Abb. 1 gestrichelt eingetragen. Die Detail-Konstruktion eines dieser Brunnen geht aus Abb. 4 hervor, in der auch ein für den Grundwasserträger von Perlen typisches Bohrprofil zur Darstellung gebracht ist. Ein Vergleich der spezifischen Ergiebigkeit der einzelnen Brunnen in Funktion der jeweiligen Spiegelabsenkung, wie er in Abb. 5 graphisch dargestellt ist, lässt die mit Bezug auf Durchlässigkeit gleichmässige Beschaffenheit des Grundwasserträgers von Perlen deutlich erkennen. Nach den durchgeführten chemischen Untersuchungen des Wassers aus dem Gebiet der Brunnen A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> ist dieses für Trink- und Fabrikationszwecke ungeeignet, sodass diese zwei Brunnen von einer weiteren Benutzung ausgeschlossen wurden. Hierzu wurde in den als Heber- und Pumpenschacht gebauten Brunnen A<sub>1</sub> eine unter Wasser gegossene Betonsohle eingezogen. Brunnen A<sub>2</sub> konnte einfach durch Schliessen eines Schiebers in der Anschlussleitung abgeschaltet werden.

*Bau einer neuen Fassung*

Hiefür musste eine Zone gefunden werden, in der 1. qualitativ absolut sauberes Wasser entnommen werden kann, 2. eine neue Fassung die im Betrieb stehenden Brunnen A<sub>3</sub> bis A<sub>5</sub> nicht oder nur unwesentlich in ihrer Ergiebigkeit beeinträchtigt, 3. der Grundwasserträger eine möglichst grosse spezifische Durchlässigkeit besitzt, und die 4. in nicht allzu grosser Entfernung von den Fabrikgebäuden liegt, um lange und kostspielige Zuleitungen zu vermeiden.

1. *Aufsuchen einer Zone möglichst sauberen Grundwassers.* Der Grundwasserträger zwischen Fabrik und Fendlibach-Giessen wird durch die Brunnen A<sub>3</sub> bis A<sub>5</sub> der bestehenden Fassung weitgehend beansprucht, sodass sich die Untersuchungen für die Erschliessung von neuem Grundwasser auf eine weitere Umge-

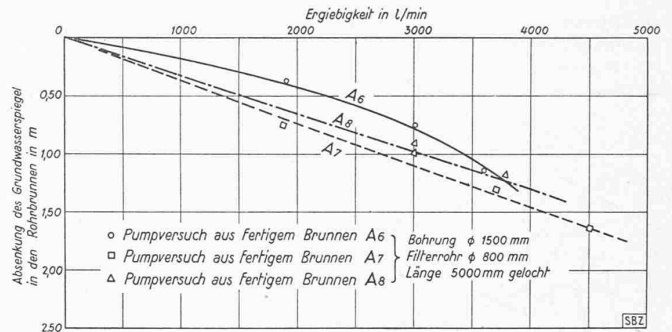


Abb. 5. Ergiebigkeit der Rohrbrunnen A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> und A<sub>8</sub>

bung erstrecken mussten. Das erste System der 24 Schlagrohre ist daher durch weitere 74 Schlagrohre zwischen Fendlibach-Giessen und Reuss erweitert worden (Abb. 3). Aus allen 98 Schlagrohren sind verschiedene Wasserproben chemisch und biologisch untersucht worden. Die Zahl der von der Beratungstelle der E. T. H. durchgeführten einzelnen Untersuchungen beträgt rund 1500, wobei ein grosser Teil feldmässig, an Ort und Stelle, durchgeführt werden konnte. Als wesentliches Resultat ergab sich die Erkenntnis, dass das Grundwasserfeld zwischen der Fabrik und der Reuss keinen einheitlichen kiesigen Grundwasserträger darstellt, sondern dass es sich um ein von überdeckten alten Reuss-Flussläufen durchzogenes, mit Linsen lehmiger, sandiger und torfiger Natur durchsetztes Gebiet handeln muss. Die Qualität des Grundwassers ist von diesen Einlagerungen verschiedenster geologischer Herkunft und dem jeweiligen Grundwasserstand sehr stark abhängig, sodass es unmöglich erscheint, trotz der grossen Anzahl von Einzeluntersuchungen, eine irgendwie geordnete oder planmässige Uebersicht zu erhalten.

2. *Untersuchung der Beeinflussung der bestehenden Fassung durch neue Wasserentnahme.* Hierzu war es notwendig, in erster Linie die Beeinflussung der bestehenden Fassung auf den natürlichen, unabgesenkten Grundwasserspiegel festzustellen. Vermittelt Abstichmessungen in den Brunnen der bestehenden Fassung und den 98 Schlagrohren wurde ein Kurvenplan des Grundwasserhorizontes mit einer Aequidistanz von 10 cm aufgenommen und zwar erstmals am 11. Oktober 1937, bei voller Beanspruchung der Brunnen A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> und A<sub>7</sub> (Abb. 1). Dann wurde versucht, einen Kurvenplan des ungestörten Grundwasserspiegels zu erhalten, indem die Pumpen auf etwa 1/10 ihrer normalen Fördermenge gedrosselt wurden (ein gänzlich Stilllegen war aus betriebstechnischen Gründen nicht möglich). Die Verhältnisse bei dem derart stark reduzierten Betrieb und somit praktisch ungestörten Grundwasserspiegel sind aus Abb. 3 ersichtlich. Ein Vergleich dieser beiden Kurvenpläne zeigt deutlich, dass bei der normalen Wasserentnahme aus den Brunnen A<sub>3</sub> bis A<sub>7</sub>, in der Grössenordnung von rd. 25 000 l/min, das Wasser, ausser der direkten Umgebung, in der Hauptsache den Gebieten zwischen Fassungsanlage und Reuss entnommen wird, wobei sich diese Zone der intensiven Wasserentnahme bis etwa 500 m stromaufwärts erstreckt. Beweis hierfür sind die stark abgedrehten Höhenkurven des Grundwasserspiegels im Gebiet des «Staudenschachen» während der Messung vom 11. Oktober 1937 (Abb. 1). Dagegen wirkt sich die Beeinflussung des natürlichen Grundwasserspiegels stromaufwärts bedeutend weniger weit aus und schon der Verlauf der Niveau-Kurven im Gebiet der Rooter Weid zeigt keine wesentliche Aenderung mehr.

3. *Feststellung der Durchlässigkeits-Verhältnisse.* Zur Abklärung der Mächtigkeit und der spezifischen Durchlässigkeit des Grundwasserträgers zwischen Fendlibach-Giessen und der Reuss sind in etwa 75 m Entfernung vom rechten Reussufer die Probebrunnen P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> und P<sub>5</sub> abgeteuft worden. Im Verlauf dieser hydrologischen Untersuchung zeigte sich dann die Notwendigkeit, noch einen weiteren Probebrunnen P<sub>4</sub> zu erstellen; die Lage aller fünf Probebrunnen geht aus Abb. 3 hervor. Aus jedem dieser Probebrunnen wurde ein Pumpversuch in der mittleren Dauer von etwa 160 Stunden durchgeführt, wobei zur Ermittlung der Thiem'schen Absenkungskurve auf zwei zueinander senkrechten Axen je vier Schlagrohre in Abständen von 3, 15, 35 und 75 m vom Probebrunnen angeordnet wurden. Auf diese Weise konnten die Durchlässigkeits-Koeffizienten *k* für den Grundwasserträger am Ort der fünf verschiedenen Probebrunnen ermittelt werden. Ich verwendete hierzu die aus dem von Darcy-Dupuit aufgestellten Fliessgesetz abgeleitete Formel:

$$k = \frac{Q \ln x_2 - \ln x_1}{\pi (z_2^2 - z_1^2)}$$

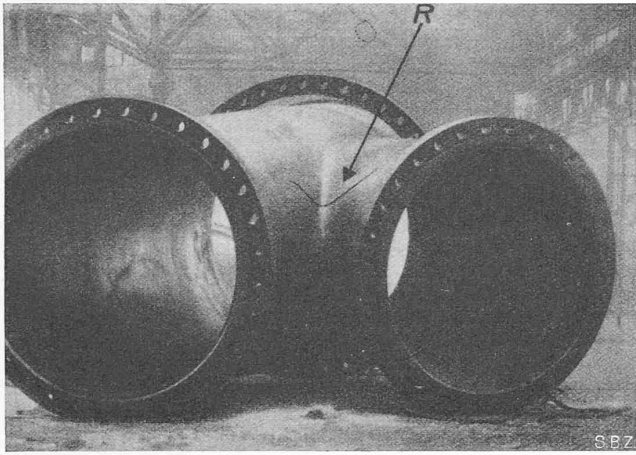


Abb. 1. Verteilrohr eines hydraul. Kraftwerkes. Bei der Werkstatt-Druckprobe erlitt es den Riss «R», als der Druck erst die Hälfte des vorgeschriebenen Prüfdruckes betrug

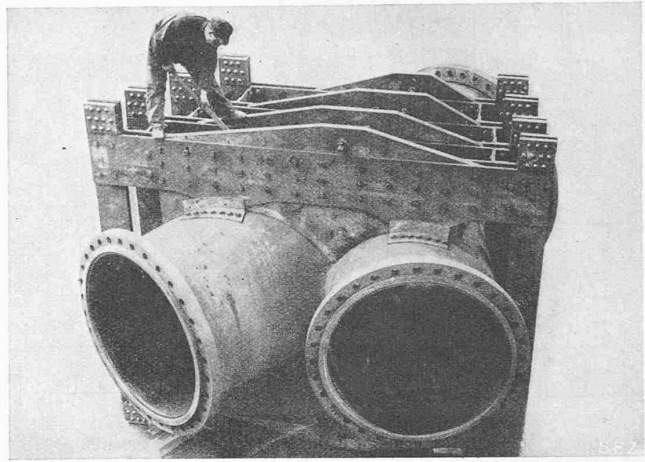


Abb. 2. Verteilrohr von Abb. 1 mit nachträglich angebrachter Verstärkungsstruktur

wobei  $Q$  Entnahmemenge in  $m^3/s$ , in natürlicher Logarithmus,  $x_1, x_2$  Abstände der beiden Schlagrohre von der Brunnenaxe,  $z_1, z_2$  Abstand zwischen den beobachteten Grundwasserspiegeln und der undurchlässigen Sohle bedeutet.

Für die einzelnen Probebrunnen ergaben sich die nachfolgenden, mittleren Ergiebigkeitswerte:

Probebrunnen	Mittlerer $k$ -Wert bei den einzelnen Probebrunnen	Mittlere $k$ -Werte der Gebiete «Staudenschachen» und «Rooter Weid»
$P_1$	0,0076	«Staudenschachen» $k = 0,0105$
$P_2$	0,0134	
$P_3$	0,0203	«Rooter Weid» $k = 0,0213$
$P_4$	0,0186	
$P_5$	0,0250	

Hieraus ergeben sich eindeutig die mit Bezug auf Durchlässigkeit günstigeren Verhältnisse im Gebiet der «Rooter Weid».

4. Wahl der günstigsten Zone für die neue Fassung. Um die verschiedenen Vor- und Nachteile der einzelnen Gebiete des Grundwasserträgers eindeutig gegeneinander abwägen zu können, ist der ganze Talboden zwischen Fabrik und Reuss in zehn Zonen Q bis Z eingeteilt worden (Abb. 3). Die Ergebnisse aller Untersuchungen betreffend Qualität, gegenseitige Beeinflussung und Durchlässigkeit aus den für eine Fassung überhaupt in Frage kommenden Gebieten zwischen Fabrik und Reuss sind nachfolgend zusammengestellt:

Zone	Befund	Beurteilung
Q	Chemisch nicht einwandfrei.	Scheidet als Gebiet für eine neue Grundwasserfassung aus.
R	Chemisch günstig, jedoch im selben Grundwasserstrom gelegen wie Gebiet Q.	Kommt nach Abklärung der Beeinflussung von der Zone Q her bei günstigem Befund als Ort für die neue Fassung in Betracht.
S	Chemisch nicht einwandfrei.	Scheidet aus.
T	Gebiet der heutigen Fassung.	Scheidet aus.
U	Chemisch nicht einwandfrei.	Scheidet aus.
V	Chemisch und hydrologisch günstig.	Kommt als Ort für die neue Fassung in Betracht.
W	Chemisch nicht einwandfrei.	Scheidet aus.
X	Einzugsgebiet der bestehenden Fassung.	Scheidet aus.
Y	Chemisch und hydrologisch günstig.	Da diese Zone zur Entnahme der geforderten Betriebswassermenge von 20 000 l/min zu klein ist, könnte sie höchstens als Ort einer Teilfassung in Frage kommen. Es dürfte möglich sein, diesem Gebiet eine Wassermenge von 6000 bis 8000 l/min zu entnehmen, dessen Qualität nach den vorliegenden Messungen befriedigen würde.
Z	Chemisch und hydrologisch ungünstig.	Scheidet aus.

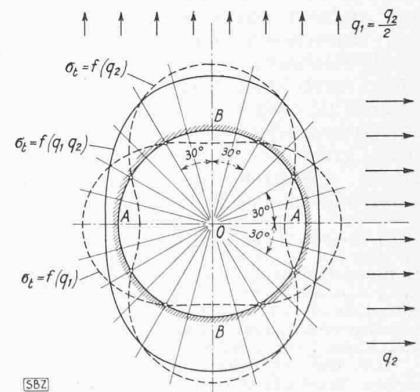
Unter Berücksichtigung aller hydraulischen, hydrologischen, chemischen und geologischen Belange ergibt sich nun als günstigstes Gebiet für die neue Fassung die Zone V. Diese, aus neun Rohrbrunnen, den zugehörigen Heberleitungen und einer zentralen Pumpenstation bestehende neue Fassung ist daher endgültig zum Bau in dieser Zone V vorgesehen worden (Abb. 1). Seit Erweiterung der bestehenden Fassung zwischen Fabrik und Fendlibach-Giessen durch Anschluss der neuen Brunnen  $A_6, A_7$  und  $A_8$ , unter Ausschalten der Brunnen  $A_1$  und  $A_2$ , sind die Verschmutzungserscheinungen im Betriebswasser der Fabrik nicht

mehr aufgetreten. Es ist daher wahrscheinlich, dass auch die neue Fassung die zusätzlich benötigte Wassermenge von 20 000 l/min in einwandfreiem Zustand und ohne nennenswerte Beeinträchtigung der vorhandenen Fassungsanlage liefern wird.

### Die Sulzer'sche Kragenverstärkung für Hochdruck-Rohrleitungen

Seit vielen Jahren ist die Lieferung von Hochdruckrohrleitungen für hydraulische Kraftwerke eine Spezialität der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Gestaltung und Ausführung der Verteilstücke gewidmet. Die nachstehenden Beobachtungen an zwei von einem ausländischen Werk gelieferten Druckrohrverteilstücken veranlassten Gebrüder Sulzer zu besonderen Untersuchungen auf diesem Gebiet. Anlässlich der Werkprüfung rissen nämlich die von einer fremden Firma hergestellten, für ein schweizerisches Kraftwerk bestimmten Druckrohrverteilstücke, und zwar zeigten sich die Risse im spitzen Winkel zwischen den Abzweigungen und verliefen senkrecht zur Durchdringungskurve. Abb. 1 zeigt ein solches Verteilstück; das Hauptrohr ist konisch mit 2200 mm Eintritt- und 1550 mm Austrittweite und 27 mm Blechdicke, während der Abzweigstützen bei einer konstanten lichten Weite von 1550 mm 30 mm Wandstärke aufweist. Es wurde in dieser unverstärkten Form gebaut für einen Betriebsdruck von knapp 20 at, für einen Probedruck von 30 at und wog 10,8 t. Der Riss ist in der Abb. 1 sichtbar und mit «R» angezeichnet; nachdem der Schaden durch Schweissung behoben war, wurde das Rohrformstück in der aus Abb. 2 ersichtlichen Art kräftig verstärkt und in dieser Form hat es sich seit seinem Einbau bewährt. Zu dem obengenannten Eigengewicht von 10,8 t kamen aber 23,2 t dazu für die Verstärkungen. Die hieran anschliessenden Untersuchungen führten zu der der Firma Gebrüder Sulzer patentierten «Kragenverstärkung», deren Vorteil u. a. daraus zu erkennen ist, dass bei der Verstärkung eines Abzweigstützens mit sehr ähnlichen Verhältnissen wie bei dem in Abb. 2 dargestellten Stück, der Kragen nur ein Gewicht von 2,8 t aufwies. Die etwas ungewöhnlich anmutende Form der Versteifung ist theoretisch wohl begründet und auch zweckmässig, wie eingehende Nachrechnungen und Messungen erster Fachleute bewiesen haben.

Zur Abklärung der verschiedenen Fragen wurden von Gebr. Sulzer eingehende Deformations- und Dehnungsmessungen an einem Abzweigrohr für das Kraftwerk Etzel der SBB vorgesehen, deren Durch-



[567]

Abb. 3. Spannungen  $\sigma_t$  längs des Randes eines runden Loches für das Kraftfeld  $q_2$  und das orthogonale  $q_1 = \frac{1}{2} q_2$ , sowie für das zusammengesetzte Kraftfeld