

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 11/12 (1888)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Notice sur la filtration des eaux de la Sarine pour l'alimentation de la ville de Fribourg  
**Autor:** Crausaz, Simon  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-14932>

### **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:** 14.01.2026

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

INHALT: Notice sur la filtration des eaux de la Sarine pour l'alimentation de la ville de Fribourg. Par M. Simon Crausaz, ing. à Fribourg. — Preisbewerbung für ein Gemeindehaus in Ennenda. — Schweizerischer Bau- und Ingenieur-Kalender. — Miscellanea: Vermehrung der Adhäsion von Locomotivrädern durch Electricität. Für den dritten internationalen Binnenschiffahrtcongress in Frankfurt a. M. Ueber die Spurweite der Eisenbahnen. Rechenschieber aus Celluloid. Heizung

mit überhitztem Wasser in Boston. — Concurrenzen: Frankfurter Bank. Geschäftshaus in Lüdenscheld. Monumentaler Candelaber in Frankfurt am Main. Centralbahnhof in Cöln. Linoleum-Muster. Transportable Baracke für Militär-Mannschaften. Palast für den Congress der Argentinischen Republik. — Correspondenz. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittlung.

## Notice sur la filtration des eaux de la Sarine pour l'alimentation de la ville de Fribourg.

(Par M. Simon Crausaz, ingénieur à Fribourg.)

Les eaux de la Sarine distribuées dans la ville de Fribourg avec une pression de 6 à 15 atmosphères sont, comme celles de beaucoup de rivières torrentueuses fréquemment troublées par les orages et la fonte des neiges. L'un des affluents, la Gêrine, roule souvent des eaux *épaissies* par les faciles érosions des terrains du Flysch dans lesquels il prend sa source. On peut admettre en moyenne, qu'à Fribourg, la Sarine n'est limpide que 180 jours environ par année \*).

Dans de telles conditions on comprend quelle est l'importance de la filtration des eaux de la rivière. Nous allons exposer sommairement les travaux successifs qui ont été entrepris jusqu'à ce que ce but ait été atteint d'une manière convenable.

**I. Système primitif.** L'auteur du projet et l'exécuteur des vastes constructions de la société des eaux et forêts Mr. l'ingénieur G. Ritter avait opéré le captage des eaux au fond du lac artificiel de Pérolles dans les graviers de l'ancien lit de la Sarine. Des canaux de drainage amenaient les eaux dans un réservoir cylindrique de 5.60 m de diamètre en tôle, ouvert par le bas et terminé en haut par une cheminée d'aération. L'eau *filtrée naturellement* arrivait dans ce cylindre soit directement par le fond, soit en suivant les canaux précités. L'orifice de sortie étant à 10 m en dessous du niveau du lac, la filtration était puissamment activée par la différence des pressions de l'eau dans le lac et dans le cylindre. Cependant les limons déposés sur les couches filtrantes, c. à d. au fond du lac, ne tardèrent pas à paralyser la filtration. En outre, dit on, lors d'une crue extraordinaire, l'eau trouble aurait pénétré par la cheminée dans le cylindre. L'appareil cessa dès lors de fonctionner.

Ce système aurait certainement donné de bons résultats dans une eau courante où les dépôts de limon ne peuvent se former. Cela moyennant que les matériaux qui composent le lit soient assez fins pour opérer la filtration sans cependant se laisser entraîner par la pression de l'eau.

Mais l'envasement du lac de Pérolles s'est produit d'autant plus rapidement que vers 1875/76 pendant le laps de temps où, ensuite de circonstances malheureuses, l'entreprise est restée sans direction technique, les vannes ménagées au pied du barrage pour le vidage du lac ont été paralysées. Le filtre primitif s'est trouvé au bout de quelques années recouvert de vase sur une hauteur de 6 à 9 m. Il ne fallait donc pas songer à le rétablir.

**II. Système transitoire.** Mr. l'ingénieur F. Herzog fut alors chargé d'étudier et de construire un *filtre naturel* en aval de l'usine hydraulique dans le pré de la Maigrange. Ce filtre, E F, Fig. 1, établi selon le type de ceux de Toulouse fonctionna assez bien au début soit en 1878 et quelques années plus tard. Mais d'un côté l'augmentation dans la consommation d'eau et de l'autre l'approfondissement graduel de la rivière par l'effet du barrage et, partant, l'abaissement de la nappe d'eau souterraine rendirent ce nouveau filtre insuffisant. Mr. l'ingénieur R. de Montenach alors directeur de la société des eaux et forêts avait dès le début émis des doutes sur la permanence du débit du filtre. En basses eaux il fallut utiliser l'appareil comme

filtre artificiel en amenant l'eau sur la couche superficielle de filtration. Mais la construction n'ayant pas été faite dans ce but, les eaux n'étaient guère clarifiées.

De nouvelles études furent entreprises soit par Mr. de Montenach soit, en 1883 et 1884, par l'auteur de ces lignes. L'idée la plus naturelle était d'approfondir le filtre et d'en abaisser la galerie de captation en dessous du lit de la rivière. Mais ce travail, comme on peut s'en convaincre par l'examen des fig. 3 et 4, aurait été inutile en raison du roc sur lequel repose la galerie.

Les expériences faites sur le rendement d'une galerie de drainage projetée entre le filtre et la rivière eurent un résultat absolument négatif. Il fallut donc renoncer à augmenter la filtration naturelle en utilisant directement l'eau de la rivière.

**III. Système actuel.** C'est en 1884 que les études du projet définitif ont été faites. Ce projet, approuvé par l'autorité communale le 1<sup>er</sup> décembre de la même année est basé sur un système mixte de filtration naturelle et artificielle avec addition d'eau de source. Les travaux furent exécutés en 1885. Voici en quoi ils consistent.

**1. Filtration naturelle.** Une galerie, K N, fig. 1, 4 et 5, est creusée en amont du filtre de 1878 parallèlement à celui-ci sur une longueur de 120 m. Cette galerie, appelée *source artificielle*, est creusée à une profondeur de 2 à 4 m sur une largeur de 1,50 m jusque dans la couche de gravier du sous-sol; elle est remplie de cailloux.

L'eau du lac est amenée sur les cailloux, où elle est distribuée sur toute la longueur de la galerie par une double conduite, D D, fig. 5, de 150 mm en terre cuite et percée de trous latéraux de 30 en 30 cm.

Or, comme le fond du filtre de 1878 se trouve de 1 à 2 m en dessous du niveau du fond de la galerie en question et que le gravier du sous-sol repose sur la molasse, l'eau qui circule parmi les cailloux de la galerie sous une pression de 1 m et plus arrive partiellement dans le filtre E F après s'être clarifiée en traversant une couche naturelle de gravier et de sable. Une conduite de décharge aboutissant à la rivière permet de maintenir un courant d'eau constant dans la galerie. La filtration naturelle utile que produit la galerie K N est de 880 m<sup>3</sup> en 24 heures environ.

**2. Filtration artificielle.** Le filtre construit par Mr. Herzog en 1878 consiste en une tranchée de 147 m de long sur 11 à 13 m d'ouverture en gueule et de 4 m à 4,60 m de profondeur en dessous du terrain naturel. Les parois latérales sont à fruit de 2/3; devant servir à la filtration naturelle elles n'ont pas de revêtement. Dans l'axe de la tranchée règne une galerie de captation en briques de ciment à joints ouverts longue de 140 m et munie de deux cheminées terminales. La tranchée a été remplie de cailloux, gravier et sable.

Pour faire servir cette construction à la filtration artificielle et verticale il fallait naturellement transformer les couches filtrantes, les disposer convenablement et leur donner la puissance nécessaire.

Voici la composition de ces couches en commençant par le haut pour finir sur la couverture de la galerie.

Sable soigneusement criblé	0,30 m d'épaisseur
Sable mélangé de petit gravier	0,50 " "
Gravier de moyenne grosseur	0,90 " "

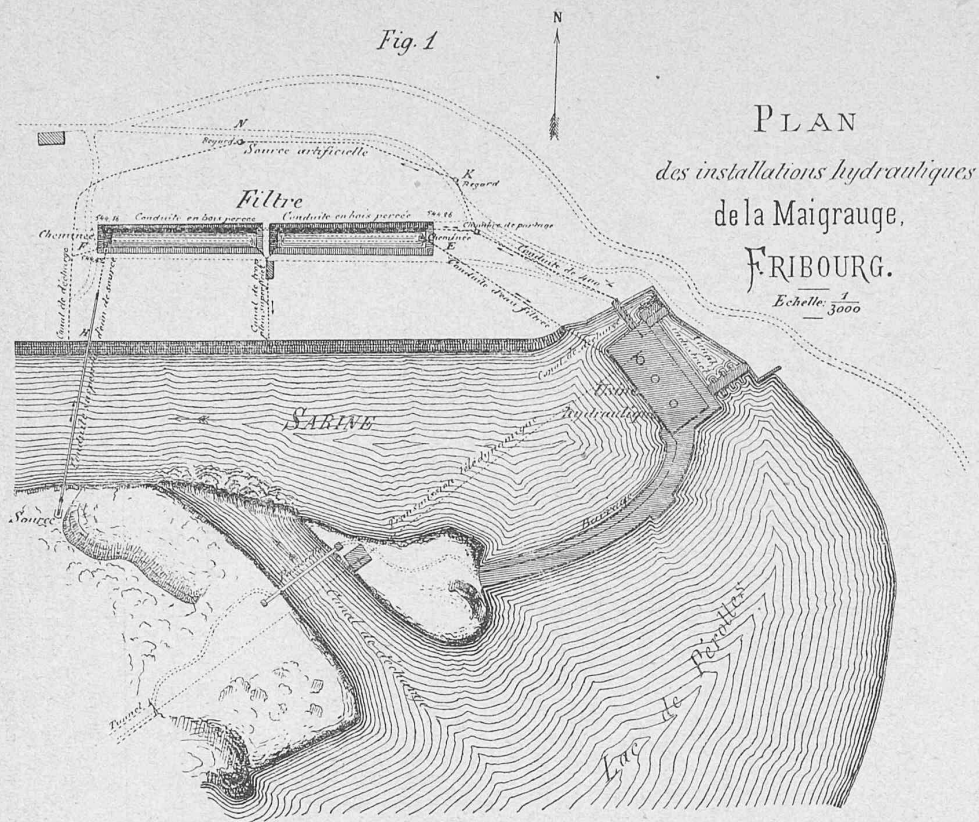
Total 1,70 m d'épaisseur.

La partie située en dessous de la couverture à droite et à gauche de la galerie est remplie de grossier gravier et de cailloux comme précédemment.

L'eau est distribuée à la surface du filtre au moyen de chéneaux en bois percés latéralement. La surface filtrante est divisée en deux bassins dont chacun a 455 m<sup>2</sup> et peut

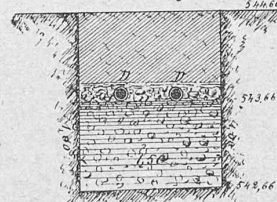
\*) En 1887 p. ex. la Sarine a été claire 113 jours, louche 103, trouble 100 et très trouble 49.

## La filtration des eaux de la Sarine pour l'alimentation de la ville de Fribourg.



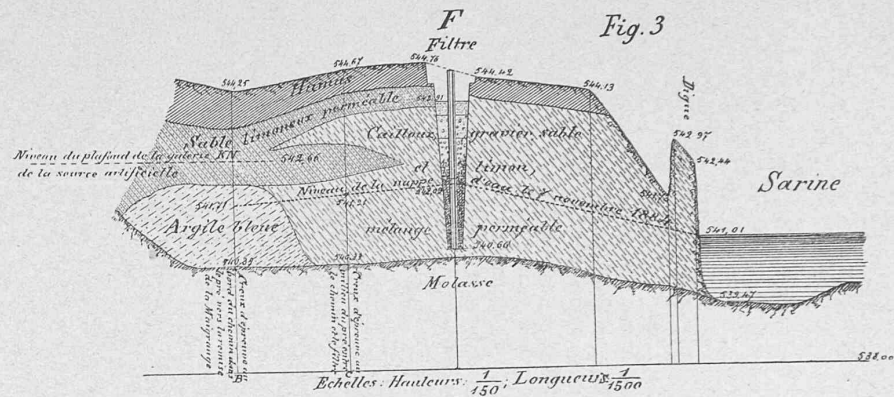
Galerie de la source artificielle (KN).

Coupe en travers (profil minimum)

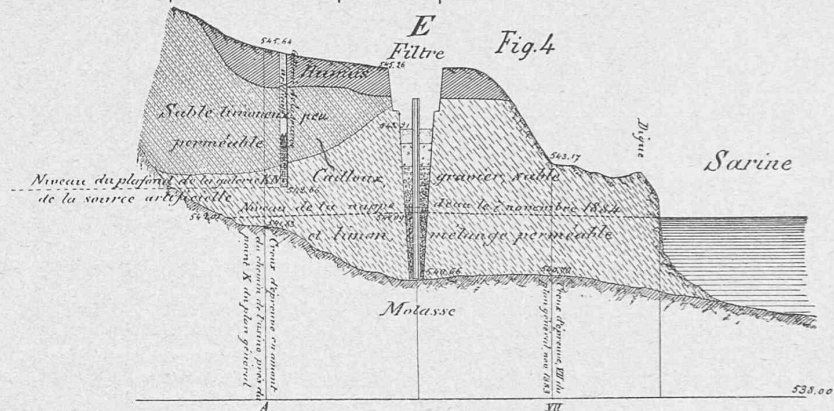
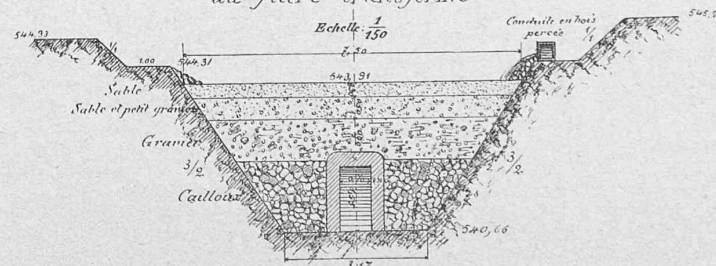
Echelle:  $\frac{1}{75}$ 

D.D. Tuyaux (diamètre 150<sup>mm</sup>) percés latéralement pour la distribution de l'eau sur la longueur de la galerie.

Coupe en travers passant par la cheminée aval (F) du Filtre de la Maigrauge.



Coupe en travers passant par la cheminée amont (E)

Fig. 2  
Profil en travers  
du filtre transformé



filtrer en moyenne 200 m<sup>3</sup> par heure. Les bassins sont utilisés alternativement afin de ne pas interrompre le service pendant le nettoyage.

Des canaux de trop plein empêchent la lame d'eau sur le filtre de s'élever à une hauteur plus grande que  $h = 20$  cm, car une pression plus considérable pourrait occasionner des érosions notamment sur les parois latérales qui sont comme nous l'avons dit sans revêtement.

*Vitesse de filtration.* La surface  $S_0$  d'un bassin est, comme nous l'avons dit, de 455 m<sup>2</sup>; son débit de 200 m<sup>3</sup> à l'heure, ou  $Q = 0,0555$  m<sup>3</sup> par seconde. Or comme on a la relation

$$V_0 = \frac{Q}{S_0}$$

on trouve pour la vitesse de filtration

$$V_0 = \frac{0,0555}{455} = 0,000122 \text{ m}$$

$$= \frac{1}{10} \text{ de mm par seconde.}$$

Il ne faudrait pas confondre la vitesse de filtration avec la vitesse absolue de l'eau. Cette dernière est en effet plus grande puisque la surface utile d'écoulement  $S_1$ , n'est formée que par les vides compris entre les grains de sable et gravier. Nous avons constaté par une série d'expériences que les sables et graviers employés au filtre artificiel présentent des vides variant de 20 à 34 0/0; on a donc en moyenne

$$\frac{S_1}{S_0} = 0,27,$$

d'où l'on tire la valeur  $V_1$ , de la vitesse absolue

$$V_1 = \frac{0,000122}{0,27}$$

$$= 0,000452 = \frac{1}{2} \text{ mm.}$$

Si maintenant nous appliquons la formule de Darcy:

$$q = k \frac{h}{e}$$

à ces expériences, il faut poser

$$S_0 = 1 \text{ m}^2; \text{ d'où } q = V_0$$

$$= 0,000122.$$

$h = 0,2$  = pression maxima sur la couche filtrante,

$e = 1,7$  = épaisseur des couches filtrantes au dessus de la couverture de la galerie. (Nous négligeons la hauteur des parties latérales en dessous de la couverture attendu qu'elles ne peuvent pas être traitées comme couche filtrante en raison des cailloux qui s'y trouvent.)

Pour obtenir le résultat ci-dessus,  $q = 0,000122$  m<sup>3</sup>, il faudrait donc prendre

$$k = q \frac{e}{h} = \frac{0,000122 \times 1,7}{0,2} = 0,001.$$

Or Darcy a trouvé avec du sable renfermant 38 0/0 de vides, la valeur du coefficient  $k$  égale à 0,0003.

Il est à remarquer que la filtration dépend d'une quantité de facteurs tels que la nature des couches filtrantes,

la grosseur des matières en suspension dans l'eau à filtrer, la température de l'eau etc. Hagen a trouvé que, entre 10 et 13° R., chaque degré de chaleur augmente le rendement de 4 0/0. — Comme le filtre a pour effet mécanique: 1. de ralentir la vitesse de l'eau jusqu'au dépôt des matières charriées, 2. d'opposer au passage de ces matières des ouvertures d'un diamètre plus petit que le leur; il est clair que les couches filtrantes doivent, dans chaque cas, être appropriées à la nature de l'eau. L'eau claire a une vitesse de filtration plus grande que l'eau trouble. Enfin il est

évident que l'activité de la filtration diminue au fur et à mesure de la formation de dépôts.

Tout cela rend l'application d'une formule incertaine. Cela explique aussi les écarts de 1,7 à 15 mètres cubes par mètres carrés et par 24 heures que l'on rencontre en consultant les expériences faites sur d'anciens filtres\*).

Kirkwood admet, d'après les expériences d'ingénieurs anglais, que le rendement moyen des filtres à grand débit en sable et gravier, peut être évalué à 3,66 mètres cubes par mètre carré de surface en 24 heures.

Le filtre de Fribourg a un rendement de 0,000122

$\times 60 \times 60 \times 24$   
 $= 10,541 \text{ m}^3 \text{ par m}^2 \text{ en}$   
 24 heures, donc bien supérieur à la moyenne précitée. Son fonctionnement est irréprochable. Quelque soit l'état des eaux de la Sarine elles sortent du filtre

parfaitement limpides. Cette limpidité subsiste encore observée à travers une épaisseur de 4 à 5 m d'eau et probablement bien au-delà.

Le lavage de la couche superficielle du filtre se fait toutes les fois que le rendement devient insuffisant. A cet effet on enlève, selon le degré d'envasement, une épaisseur de 2 à 15 cm de sable que l'on lave au moyen d'une machine à contre-courants système *Gresly & Ruge*\*\* mue par un moteur hydraulique Schmid et qui rend d'excellents services. Le sable lavé est ensuite remis en place en y ajoutant la quantité

de sable frais nécessaire pour remplacer le déchet.

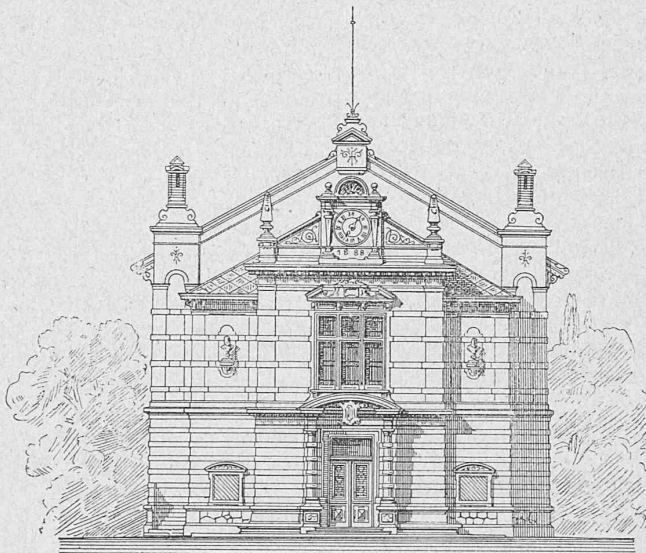
Les frais de la filtration, y compris la valeur du sable nouveau et l'entretien du filtre, n'ont pas dépassé jusqu'ici 1/4 de centime par mètre cube d'eau filtrée. Ce chiffre est bien inférieur au prix moyen admis généralement et qui est de 4/10 de centimes.

3. *Sources.* La qualité de l'eau est encore améliorée au point de vue de la température et des sels minéraux par la captation de deux très bonnes sources débitant au minimum 376 m cubes en 24 heures. L'une de ces sources

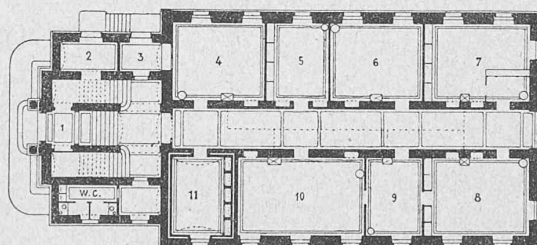
### Preisbewerbung für ein Gemeinhehaus in Ennenda.

Entwurf von J. SIMMLER & H. KNOBEL, Architekten in Zürich.

Motto: „Am Schilt“. Zweiter Preis.



Giebelansicht.



Grundriss vom Erdgeschoss.

Legende: 1. Eingang. 2. Keller-Eingang. 3. Vorzimmer. 4. Post und Telegraph. 5. Waisenamtzimmer. 6. Civilstandszimmer. 7. Verwaltungszimmer. 8. Gemeinde-Canzlei. 9. Abstandszimmer. 10. Gemeinderathszimmer. 11. Archiv.

\* Franzius et Sonne, Wasserbau, 1<sup>er</sup> partie, chapitre V.

\*\* Voir Bauzeitung 1886 Bd. VIII Nr. 20 page 119.

se déverse directement dans un des puisards de l'usine hydraulique. L'autre, située sur la rive gauche de la Sarine, est amenée dans la galerie du filtre au moyen d'une conduite en fer *H* (Fig. 1) suspendue par câbles à travers la rivière.

En résumé voici la quantité d'eau potable dont on peut disposer en 24 heures en n'utilisant qu'un des bassins du filtre artificiel.

1. Par filtration naturelle (galerie <i>K N</i> Fig. 1)	880 m <sup>3</sup>
2. Par filtration artificielle, un seul bassin (200 m <sup>3</sup> × 24 h)	4800
3. Eau de source minimum	376
Total en 24 heures	6056 m <sup>3</sup>

Comme on le voit, ce volume suffirait largement à l'alimentation complète d'une ville de 18 à 20 000 âmes.

Les figures 3 et 4 font voir qu'en temps d'étiage, au fur et à mesure que le filtre se remplit, une partie de l'eau tend à s'écouler vers la rivière. Ce fait ne présente pas de grands inconvénients pour le moment; la moyenne de la consommation d'eau en 24 heures étant, encore en 1887, de 2486 m<sup>3</sup>. Par contre pendant les crues de la Sarine, il y a apport d'eau filtrée naturellement de la rivière au filtre.

Si plus tard on se trouvait dans le cas d'utiliser toute l'eau que pourraient débiter les filtres il serait facile de construire une retenue à peu de frais. Il y aurait économie dans le service.

Enfin, en cas de besoin, l'exploitation pourrait être dirigée de manière à augmenter considérablement le débit du filtre artificiel.

## Preisbewerbung für ein Gemeindehaus in Ennenda.

(Hiezu die Zeichnungen auf Seite 65).

### II.

Auf gleichen Rang, wie das Project von Arch. Alex. Koch & C. W. English hat das Preisgericht den Entwurf der Architecten J. Simmler und H. Knobel in Zürich gestellt und deren Arbeit ebenfalls mit einem zweiten Preise ausgezeichnet. Ueber den Entwurf selbst geben die auf vorstehender Seite veröffentlichten Zeichnungen, sowie das preisgerichtliche Gutachten hinreichende Auskunft.

## Schweizerischer Bau- und Ingenieur-Kalender.

(Corr.) Mit Genugthuung ersahen wir im diesjährigen Bau- und Ingenieur-Kalender die mehrfachen, zweckmässigen, theils schon seit langer Zeit vielseitig gewünschten guten Veränderungen und Erweiterungen, welche hier zu wiederholen überflüssig wäre, indem sie unter gleicher Ueberschrift in voriger Nummer dieser Fachzeitung einzeln erwähnt worden sind.

Mit grösster Genugthuung begrüsst wir aber auch den rügenden Schlussatz jenes Artikels in voriger Nummer und es drängt uns, von unserer Seite zu bestätigen, dass leider einer der grössten Mängel immer noch nicht beseitigt worden, nämlich das alljährlich viel zu späte Erscheinen des Kalenders. (Dieses Jahr wieder erst Ende Februar, voriges Jahr im März!) Wir betonen, dass dies der Verbreitung desselben und somit auch dem Unternehmen weit mehr zum Schaden gereicht, als man so obenhin annehmen mag. Man entfremdet sich dem Kalender nach und nach und findet ihn entbehrlich! Schreiber dieser Zeilen kennt Viele, welche selbst dieses Jahr, trotz der willkommenen Verbesserungen, mit „zu spät“ refüsirten, weil sie schon versehen waren. Man trägt eben seine technischen und geschäftlichen Jahres-Notizen, Baulermine, Zahltermine und Anderes nicht gern erst nach Ablauf des sechsten oder vierten Theils des Jahres ein! — Wir meinen es sollte auch im Interesse des Verlegers liegen, hier Abhilfe zu schaffen und glauben obige Begründungen sollten ihn von der Dringlichkeit leicht überzeugen. Wir erlauben uns auch im Interesse

des Kalenders die Frage, ob nicht der Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein geeignete Schritte thun wollte, auch diesem allseitigen und gerechten Wunsch für rechtzeitiges Erscheinen, wie alle anderen Kalender, je kurz vor Jahresschluss, zur Erfüllung zu verhelfen? R. R. in B.

## Miscellanea.

### Vermehrung der Adhäsion von Locomotivrädern durch Electricität.

Ueber die in Bd. X, Nr. 17 erwähnten Versuche von Elias E. Ries giebt das Märzheft der „Electrotechnischen Zeitschrift“ genauere Einzelheiten. Ries brachte zuerst seine Versuche vor das Meeting der American Association, das im August zu New-York abgehalten ward. Die vergrösserte Adhäsion zwischen Rad und Schiene zeigt sich z. B. in der electrischen Bahn zu Baltimore, die nach Daft's Dreischienensystem eingerichtet ist und Steigungen von 350 Fuss auf 1 Meile (1:15 oder 66 ‰) überwindet, was unter ähnlichen Umständen mit anderen Motoren nicht erreichbar ist. Ries beansprucht, mit schwachen Strömen, welche nur unbedeutende Kosten veranlassen, die Anziehung um 100 ‰ vermehrt zu haben. Die Verstärkung lässt sich auf zwei Wegen erreichen. Erstens unmittelbar auf electrischem Wege. Sie zeigt sich hier besonders in Eisen, Stahl und anderen Metallen, und beruht zunächst darauf, dass durch die an den Berührungstellen freiwerdende Wärme die Metalle eine moleculare Umwandlung erfahren. Da indess diese Wärme meist kaum bemerklich ist, so scheint der Strom selbst noch in anderer Weise zu wirken. Die besten Resultate erhalte man mit Strömen von sehr schwacher E. M. K. (1/2 bis 1 V), aber von grosser Intensität. Das von Ries gezeigte Motormodell benutzte Wechselströme, welchen mittels eines Transformators die nöthige Intensität gegeben ward. Das eine Vorderrad ist von seiner Axe isolirt; der Strom geht von dem Transformator nach diesem Rade, durch die Schiene zu dem Hinterrade, durch dieses und dessen Axe über nach der anderen Schiene und durch das andere Vorderrad und dessen Axe zurück nach dem Transformator, welcher den Strom durch eine auf der Axe schleifende Bürste aufnimmt. Der Strom ist also durch diese vier Räder vollständig in sich geschlossen und das Berühren der Schienen hinter und vor diesen ist gänzlich gefahrlos; die geringe E. M. K. bringt überdies den Vortheil, dass die Leckverluste durch die Schienen keine Bedeutung haben können. Der Locomotivführer würde eine Schalteinrichtung zur Regulirung des Stromes vor sich haben; mit vollem Strom könnten dann die nassen Schienen auch bei schnellster Fahrt trocknen, ohne die Schienen und Räder durch die entwickelte Wärme zu beschädigen. Bringt man Wechselstrommaschine und Transformator auf der Locomotive an, so kann man den Strom entweder nur auf starken Steigungen oder besonders in den Stunden anstellen, in welchen die Belastung der Wagen sehr gross ist. — Die andere Methode benutzt den Electromagnetismus. Das hierzu gehörige Modell hatte gleichfalls ein solches Vierräder-Stromsystem. Die Axen sind ausserdem mit Spulen umwunden, und zwar so, dass die magnetischen Kraftlinien die Axen, Vorderräder, Schienen und Hinterräder in einer Richtung durchlaufen. Der Strom wirkt also an vier Stellen. Das Modell ermöglichte dynamometrische Messungen, nach denen das Einschalten des Stromes die Adhäsion um 200 ‰ erhöhte. Nach Ries wäre diese Wirkung nur theilweise der unmittelbaren Anziehung zuzuschreiben; wahrscheinlich sei die moleculare Umwandlung, in Folge deren die Moleküle an den Contacten gleichsam in einander greifen, von grösserem Belang. In dem Modelle waren die Spulen auf den Axen befestigt; man kann auch die Axen innerhalb der Spulen rotieren lassen und für besondere Zwecke die einzelnen Spulen besonders schalten. Ohne Strom konnte das Motormodell eine Steigung von 5 Zoll auf 3 Fuss (139 ‰) nicht überwinden; wenn der Strom dagegen circulierte, war noch eine Steigung von 13 1/2 Zoll (375 ‰) zulässig, und der Motor konnte auch dann nur mit Mühe zurückgestossen werden, was sonst sehr leicht war. Zwei oder drei Accumulatoren und Spulen von 2 Ω Widerstand würden in der Praxis genügen. Da die sich drehenden Räder den Schienen jeden Augenblick ein neues Polstück bieten, so werde dadurch die Fahrgeschwindigkeit nicht beeinträchtigt, so dass also die vermehrte Adhäsion keinerlei Nachtheile mit sich führen werde. — Das Modell hatte ferner eine Backenbremse, und der Strom circulierte gewöhnlich so um die Bremsstange, dass zwischen Bremsbacke und Rad Abstossung erfolgt; durch einfache Umstellung des Schalters kann man diese Abstossung in Anziehung umwandeln und also auch die Bremskraft verstärken. — Die erste Methode eigne sich