

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 47/48 (1906)
Heft: 25

Artikel: Ueber die Verbauungen am Flibach
Autor: Heim, Alb.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-26206>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

INHALT: Die katholische Pfarrkirche zu Küsnacht bei Zürich. — Ueber die Verbauungen am Flibach. — Die Bestimmung der Kranzprofile und der Schaufelformen für Turbinen und Kreiselpumpen. (Schluss.) — Bebauungsplan für das Quartier de la Maladière in Neuchâtel. — Der ägyptische Dampfzug. — Miscellanea: Strassenbrücke über das Sitterobel bei Gmünd. Schweiz. Bundesrat. Eidg. Wasserrechtsgesetzgebung. Eidg. Polytechnikum. — Konkurrenzen: Universität in Sofia. — Nekrologie;

† Jacques Bosc. — Literatur: Von der Staatsbauverwaltung in Bayern ausgeführte Strassen-, Brücken- und Wasserbauten. Handzeichnungen schweiz. Meister des XV.—XVIII. Jahrhunderts. Schweiz. Jahrbuch 1906. Altschweiz. Baukunst. Musenkinder und Kinder der Muse. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung. Hiezu Tafel XIV: Verbauungen am Flibach bei Weesen.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

Die katholische Pfarrkirche zu Küsnacht bei Zürich.

Erbaut von Baudirektor Max Meckel in Freiburg i. B.

I.

An dem so abwechslungsreichen rechten Ufer des Zürichsees erhebt sich, schon von Zürich aus sichtbar, zwischen Obstbaumgruppen und einzelnen Häusern ein schlanker Turm, der sich mit seinen weiss verputzten Mauerflächen, den weiten Klangarkaden und dem hohen roten Ziegeldach gar trefflich von dem leicht bewaldeten Hintergrund abhebt und die Silhouette des ausgedehnten Dorfes Küsnacht wirkungsvoll belebt. Er überragt die neue katholische Pfarrkirche daselbst, die in den Jahren 1903 bis 1904 nach den Plänen und Angaben des erzbischöflichen Baudirektors Max Meckel in Freiburg i. B. durch Baumeister Brunner in Erlenbach erbaut wurde. Als Baudirektor Meckel den Auftrag zur Ausarbeitung der Pläne erhielt, war der Bau schon begonnen und das Mauerwerk, wie die Abbildungen des Aeussern zeigen, bereits so hoch geführt, als der schottische Verband reicht. Es war ein einschiffiger Kirchenraum geplant mit einem quadratischen Vorchor, einer halbkreisförmigen Apsis und einem seitlich des Chors angebauten Turm. Die Hauptschwierigkeit bestand nun für den planliefernden Architekten darin, [unter Beibehaltung der einmal vorhandenen Mauerzüge doch etwas

auch ästhetisch zufriedenstellendes zu erreichen. Und das ist ihm vortrefflich gelungen. Im Grundriss (S. 296) sind die durch Meckel hinzugefügten neuen Bauteile schraffiert eingezeichnet. Darnach zerlegte er durch Einbauten von Säulen und Mauerverstärkungen den weiten Kirchenraum in drei durch Säulenarkaden getrennte Schiffe, wobei allerdings die Seitenschiffe etwas zu schmal werden mussten, da die Breite des Mittelschiffes durch den Triumphbogen bestimmt war. Im Westen wurde eine geräumige Empore eingebaut und die Apsis durch vorgelegte innere Wandpfeiler mit Nischen, Ziersäulchen und

Arkaden über den Rundbogenfenstern zu einem überaus malerischen und stimmungsvollen Innenraum ausgestaltet.

Im Aeussern des Langhauses, das ganz in ernsten romanischen Formen ausgestaltet wurde, kommt die Einteilung des Innern im Mittel- und Seitenschiffe deutlich zum Ausdruck. Der quadratische Vorchor, flankiert von dem

gleichfalls quadratischen Turm, ist bis zum First des Mittelschiffes hochgeführt und für sich mit einem nach allen vier Seiten abfallenden Zeldach abgedeckt. An ihn lehnt sich die niedrige Apsis an, deren Wandfläch durch in Kleeblattbogen geschlossene Wandarkaden geziert wird. Namentlich der Aufbau

dieser Ostpartie ist durch den malerischen Zusammenschluss von Turm, Chor und Apsis von besonders reizvoller Wirkung.

Das in einer Mauernische liegende Hauptportal mit Säulen und kräftigem Wulst erhebt sich über einer Doppeltreppe, unter der der Eingang zu ausgedehnten Kelleranlagen liegt. Das schlichtere Seitenportal ist durch einen einfachen Vorbau geschützt und hervorgehoben. Alle Mauerflächen, soweit sie nicht bereits in schottischem Mauerwerk ausgeführt waren, sind glatt weiss verputzt, durch Lisenen gegliedert, an den Ecken durch Eckquader geschützt und teilweise unter den Dachgesimsen mit Rundbogenfriesen abgeschlossen. Die Fenster-

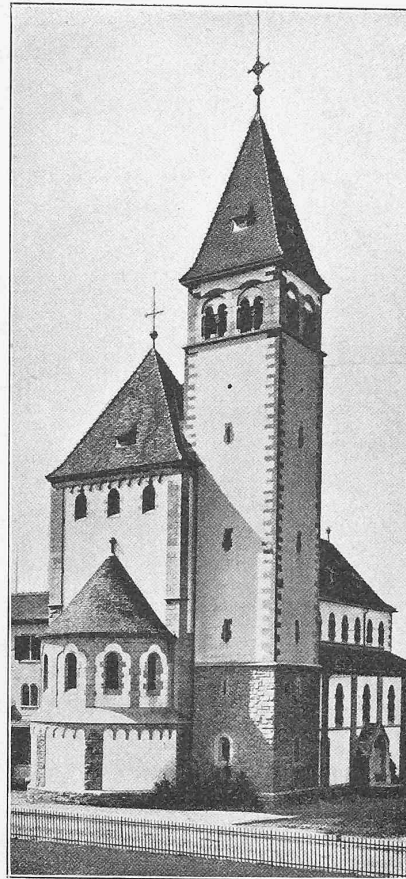


Abb. 1. Ansicht der Chorpartie der katholischen Pfarrkirche in Küsnacht.

öffnungen werden von schmalen Hausteumrahmungen umgeben. Zu dem Steinwerk fand Bolligersandstein Verwendung, dessen liches Grau sich mit dem Weiss der Putzfassaden, den kräftig roten Ziegeldächern, den rot gestrichenen Türen und dem Blau des Holzwerkes an den Dachgauben zu einer ungemein farbenfrohen Gesamtwirkung vereint. (Schluss folgt.)

Ueber die Verbauungen am Flibach.

Erwiderung auf den Artikel von Prof. Dr. Alb. Heim in Zürich. (Mit Tafel XIV.)

In dem Artikel von Prof. Dr. Heim¹⁾ ist die Zerstörung am Flibach teilweise unrichtig geschildert. Man bekommt dadurch ein ganz anderes Bild von der Verbauung, als es in Wirklichkeit war. Seine Schilderung scheint sich nur auf einen Augenschein und Angaben von Leuten, die die Verbauung selber kaum kannten, zu stützen. Auf Grund derselben kommt er zu teilweise andern Grundsätzen in der Wildbachverbauung, als sie in den Werken des frühern eidg. Oberbauinspektors Ad. v. Salis, der immer noch als

¹⁾ Siehe Seite 231 des laufenden Bandes.

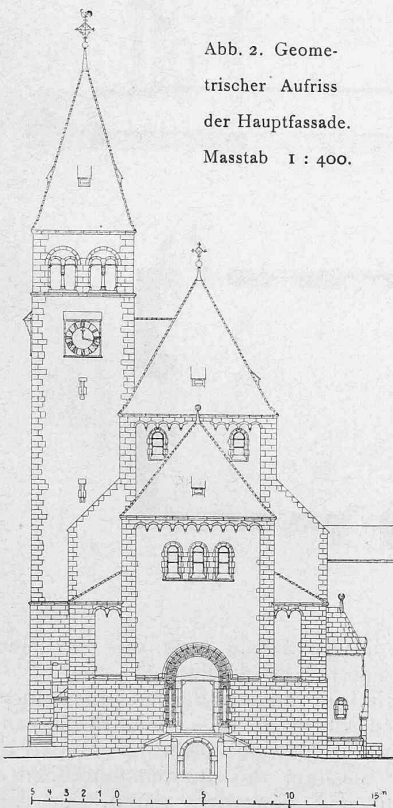


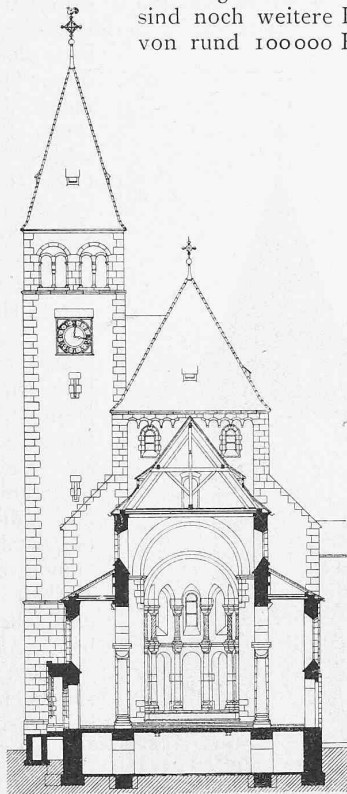
Abb. 2. Geometrischer Aufriss der Hauptfassade. Masstab 1 : 400.

massgebendster Wildbachverbauer in der Schweiz anerkannt ist, niedergelegt worden sind. Es scheint mir daher unerlässlich, auf obigen Artikel näher einzutreten.

Die Flibachverbauung kam erst in Frage, nachdem der grosse Rutsch im Jahre 1896 erfolgt war. Derselbe füllte das Bachbett stellenweise bis zu 7 m Höhe mit Schutt auf. Der Bach brachte infolge dieser Rutschung alljährlich so viel Geschiebe zu Tal, dass die unten befindlichen Liegenschaften mit solchem überführt und die Ortschaft Fly gefährdet wurde. Die Verbauung, die noch nicht vollendet ist, hat bis jetzt rund 250 000 Fr. gekostet, und es sind noch weitere Bauten im Betrage von rund 100 000 Fr. vorgesehen.

liegendes Gewölbe gebaut war, durch einen Muhrang auf die angegebene Weise zerstört wurde. Der Grund der Zerstörung ist also nicht darin zu suchen, dass die Sperren geradlinig gebaut waren.

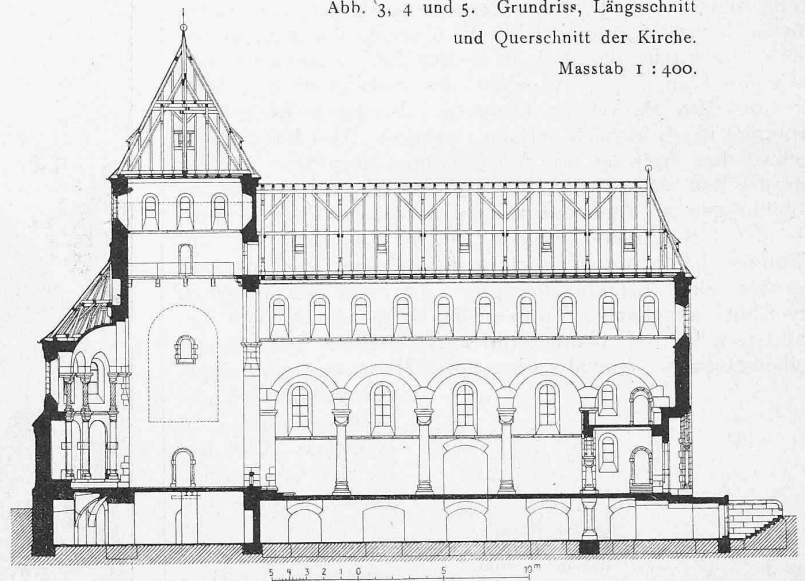
Anfangs Juli erfolgte die zweite Katastrophe, verursacht durch ein gewaltiges Hochwasser des Hauptbaches. Nach seitherigen Messungen muss die sekundlich niedergelassene Wassermenge etwa 6 m³ auf den km² vom Einzugsgebiet betragen haben. Dieses Hochwasser brachte Blöcke von weiter oben in der Grösse von 3 bis 4 m³, verstopfte damit die zwei Schalen und zerstörte dieselben. Der Vorgang ist so zu erklären, dass das Wasser aus den Schalen herausschoss und dieselben von der Seite anpakte.



Die katholische Pfarrkirche zu Küsnacht bei Zürich.

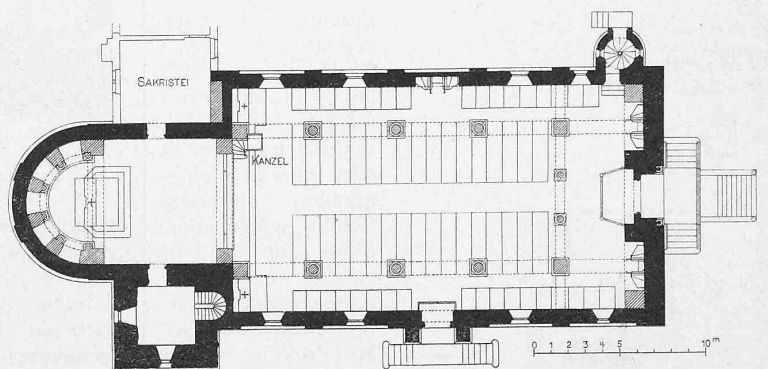
Erbaut von Baudirektor Max Meckel in Freiburg i. B.

Abb. 3, 4 und 5. Grundriss, Längsschnitt und Querschnitt der Kirche.
Masstab 1 : 400.



Im verflossenen Sommer haben nun zwei aufeinander folgende Hochwasser an diesen Verbauungen arge Verwüstungen angerichtet, an deren Bild man genau abwägen kann, welches die Ursachen der Zerstörungen sind, sowie welche Konstruktionen sich hier bewährt und welche sich nicht bewährt haben. Der Charakter der Wildbäche ist bekanntlich so verschieden, dass man bei jedem derselben wieder neue Erfahrungen sammeln muss und man nicht nach einer Schablone arbeiten kann.

Die erste Katastrophe Ende Juni 1906 wurde verursacht durch einen Muhrang des Renzletenbaches, der nach Prof. Heim keine Verheerungen gebracht haben soll und von ihm als unschuldig bezeichnet wird. Derselbe ist im untern Teil wirklich im Felsen eingeschnitten, im obern Teil aber bestehen die Sohle und die Gehänge aus Schutt. Der Muhrang schob die Sperren Nr. 3 und 5 (Numerierung nach Herrn Prof. Heim auf Seite 153 des laufenden Bandes) in der Mitte heraus, weil dieselben auf der obern Seite noch nicht mit Material ausgefüllt waren. Die dazwischen liegende Sperre 4 blieb unversehrt, weil sie hinterfüllt war. Einen weitem Schaden richtete dieses Hochwasser nicht an. Dass Sperren in der Mitte herausgeschoben werden, ist äusserst selten und im Kanton St. Gallen noch nicht vorgekommen; meistens wurden dieselben auf der Seite umgangen oder am Fusse unterspült und so zu Fall gebracht. In Vorarlberg ist mir indes ein Beispiel bekannt, wo in der Schesha eine Sperre, die als



Dabei wurden in der untern Schale auch die oben und unten anschliessenden Sperren beschädigt.

Solche Schalen sind in andern Bächen, Bärschnerbach, Guppenruns, Haslerdorfbach u. a. mit Erfolg angewendet worden. Beim Flibach sind solche aus Ersparnisrücksichten anstatt der Sperren, die an den betreffenden Stellen ausserordentlich lang geworden wären, zur Anwendung gekommen, haben sich aber nicht bewährt. Sie bildeten nicht die Verbindung von Sperren, sondern traten an Stelle derselben. Die oberste Talsperre, die Herr Prof. Heim schildert, hat gar nicht existiert. Was dort noch vorhanden ist, ist der Abschluss der Schale, den man auf einen Holzrost gelegt hat. Ebenso spricht er von Schalen zwischen Nr. 3 und 4, 4 und 5 und unterhalb Nr. 10, die



Verbauungen am Flibach bei Weesen.

Unterer Teil der Bergpartie.

Seite / page

296 (3)

leer / vide /
blank

gar nie vorhanden waren. Es würde mich zu weit führen, auf die Korrektur der andern Unrichtigkeiten in der Beschreibung einzutreten, da diese Details den Leser kaum interessieren dürften.

Ueber den nördlichen Nachbar des Flibaches, den Dürrenbach, dessen Verbauung nach Prof. Heim auch dem Untergang geweiht sein soll, ist dasselbe Hochwasser niedergegangen; doch hat es dort keine Verheerungen verursacht, weil die Sperren durch das Geschiebe, das frühere, kleinere Hochwasser gebracht hatten, hinterfüllt waren, und weil kein so grobes Geschiebe im Einzugsgebiet vorhanden ist, das die Schalen hätte verstopfen können.

Dass die Sperren, die hinterfüllt waren, sich gut bewährt haben, zeigt übrigens die Partie weiter unten, von der Herr Prof. Heim keine Notizen mehr gemacht hat, und die in beiliegender Tafel XIV wiedergegeben ist.

Der Gesamtschaden an der ganzen Verbauung beträgt etwa 40 000 Fr., also 16 % der ganzen Bausumme. Die Wiederherstellung derselben wird sich, da man in der Schuttkegelverbauung die Ufermauern bedeutend erhöht, in der Bergverbauung an die Stelle der Schalen, Sperren treten, die zudem wegen Mangel an grossen Steinen in Mörtel gesetzt werden müssen, auf etwa 80 000 Fr. belaufen.

Aus der Katastrophe am Flibach leitet Herr Prof. Heim eine Anzahl von Lehrsätzen ab, die einmal mit den in den Werken von Salis niedergelegten Prinzipien und sodann mit den seither an den vielen ausgeführten Verbauungen gemachten Erfahrungen nicht im Einklange stehen:

1. Die Fixierung einzelner Punkte im Längenprofil.

Diese Methode der Verbauung kann nur in ausnahmsweise günstigen Fällen angewendet werden, weil dieselbe den Zweck verfolgt, das Geschiebe zurückzuhalten, nicht aber die Geschiebebildung zu verhindern.¹⁾ Infolgedessen müssen die Sperren sehr hoch gebaut werden; auch ist es nur dann möglich sie zu halten, wenn sie allseitig auf Fels gestellt werden können. In ganz seltenen Fällen bestehen jedoch die Bachsohle und die Hänge aus Felsen. Ein Bach muss meistens auch nur dann verbaut werden, wenn der Untergrund aus Schutt besteht und zu verhindern ist, dass sich die Sohle vertieft. Würde aber eine solche einzelne Sperre auf Schutt aufgestellt, so wäre es nie möglich, den Fuss so zu schützen, dass er nicht unterkolkelt wird, auch mit dem besten Fallbette. Fast überall in grössern Bächen, wo

früher solche Fallbette angewendet wurden, sind dieselben zerstört worden. Geht dann noch die Talsperre selbst zugrunde, so wird die Katastrophe um so grösser. Im fernern erfüllen solche isolierte Sperren ihren Zweck auch nur solange, als die hinter ihnen aufgefüllte Schuttmasse eine flache Böschung behält.

Diese Art Verbauung ist im untern Teile der Nolla angewendet worden und mag dort, weil das Gefälle klein ist, gute Dienste leisten. Im Flibach ist indes das Gefälle

ein ganz bedeutendes, und ich wüsste dort keine Punkte, an denen man solche Talsperren zur Anwendung bringen könnte, die, wenn sie wirken sollten, nicht viel mehr kosten würden, als die ganze jetzige Verbauung. Es ist daher hier das Prinzip, die *Geschiebebildung zu verhindern*, allein zweckmässig und angezeigt.

2. Mit dem von Herrn Prof. Heim aufgestellten Prinzip der Fixierung einzelner Punkte hängt auch die von ihm empfohlene Konstruktionsart der Sperren zusammen. Sobald in einem Bach einzelne Punkte fixiert werden sollen, so werden die Sperren sehr hoch und ist es zweckmässig, dieselben als *liegende Gewölbe* zu bauen. Dann muss man seitwärts und in der Sohle so weit hineinfahren, bis man Fels findet. Sobald man aber das Prinzip, die Geschiebebildung zu verhindern, als richtig anerkennt, kommt man zu einer Sperrentreppe, die aus niedern Sperren zusammengesetzt ist, wobei eine Sperre den Fuss der andern schützt. Da ist es nicht notwendig, jede einzelne Sperre auf Felsen zu fundieren, da ein Unterspülen des Fusses nicht möglich ist.

Auch würde es zu weit

führen, jede Sperre als liegendes Gewölbe zu bauen, was bei der Ausführung in Trockenmauerwerk sehr teuer zu stehen kommt, und die Widerlager seitwärts auf Felsen abzustützen. Man hat dabei die Sperren nur etwas stärker zu machen und durch Leitwerke und Verlängerung der Flügel bis in den Hang hinein dafür zu sorgen, dass die Sperren nicht hinterspült werden können.

Gegen die Ausführung als liegendes Gewölbe sprechen ausser der Kostspieligkeit auch noch andere Gründe.

Oft kommt es vor, und dies war auch beim Flibach der Fall, dass die Sperren zwischen Hänge hineingestellt werden müssen, die noch in Bewegung sind. Hier ist nun die Gefahr vorhanden, dass liegende Gewölbe einfach von der Seite zusammengeschoben werden. Auf diese Weise wurden Sperren in der schwarzen Nolla zerstört, weshalb man dieselben jetzt geradlinig baut. Ausserdem muss man, wenn das Gewölbe wirken soll, die Wider-

Die katholische Pfarrkirche zu Küsnacht bei Zürich.

Erbaut von Baudirektor Max Meckel in Freiburg i. B.



Abb. 6. Gesamtansicht der Kirche von Nordwest.

¹⁾ Vergleiche v. Salis: «Die Wildbachverbauung der Schweiz», Band I, Seite 8 und 15.

lager auf Fels abstützen, und da könnte man manchmal sehr lange suchen.

3. Die *muldenförmige Anlage der Sperrenkrone* (nach meiner Meinung übrigens ein untergeordneter Punkt) wird schon durch Salis¹⁾ bekämpft, weil durch eine breite horizontale Anlage der Krone der Fuss der Sperre weniger zu leiden hat, als wenn das Wasser auf die Mitte konzentriert wird. Ebenso ist Salis gegen eine *muldenförmige* Konstruktion der Schalen²⁾, wie sie Prof. Heim befürwortet, weil die Schale durch die Konzentration des Wassers in der Mitte am schnellsten durchgesägt wird.

Vorstehende Ausführungen kurz zusammengefasst, gelange ich zu folgenden Resultaten:

Die Mängel, die an der Flibachverbauung zutage getreten sind, bestanden darin, dass Schalen anstatt Sperren angewendet wurden und dass einzelne Sperren nicht hinterfüllt waren.

Das Prinzip der Fixierung einzelner Punkte ist am Flibach nicht angebracht.

Der zur Anwendung gekommene Grundsatz, die Geschiebebildung zu verhindern, ist der einzig richtige.

St. Gallen, im Dezember 1906.

F. Bersinger, Kantonsingenieur.

Unserer Uebung gemäss brachten wir die Erwiderung des Herrn Kantonsingenieurs Bersinger zur Kenntnis des Verfassers des Artikels, Professor Dr. Albert Heim, der uns ersucht, folgende darauf bezügliche, tunlichst kurz gehaltene Bemerkungen aufzunehmen:

„1. Herr Bersinger sagt, es sei im Kanton St. Gallen noch nicht vorgekommen, dass Sperren in der Mitte herausgedrückt wurden. Am Flibach sind aber von den acht obersten, geraden Sperren tatsächlich sechs in der Mitte herausgedrückt worden, wobei in fünf Fällen Sohle und Flanken unzerstört geblieben sind. Es war weder Unterspülung noch Hinterspülung vorhanden; an dieser Tatsache ist nichts zu ändern.“

2. Zwischen den zum Teil gebliebenen und zum Teil gestürzten Talsperren 3, 4, 5 usw. und unterhalb No. 10 stehen tatsächlich heute noch viele Stücke vertikaler Parallelmauern erhalten. Aus den Worten des Herrn Bersinger muss ich schliessen, dass dies zum Teil nicht Reste von eigentlichen „Schalen“, wie ich angenommen hatte, sondern nur von Längsmauern zwischen den Talsperren sind. Nach meiner Ueberzeugung wird der begangene Fehler dadurch nicht geringer.

3. Gewiss handelt es sich im Flibach-Sammelgebiete darum, „die Geschiebebildung zu verhindern“. Das eben sollen und können richtig gebaute Talsperren tun. Herr Bersinger weiss doch, dass wir die Talsperren nicht wegen dem Bischen Geschiebe bauen, das dahinter liegen bleibt, sondern wegen der dadurch erlangten Erhöhung und Sicherung der Talsohle vor Einscheiden und dadurch Verhinderung der geschiebeliefernden Nachrutschung der Gehänge.

4. Indem ich den Baurest No. 1 meines Bildes für den Rest einer obersten Talsperre, statt bloß des Einlaufes der zerstörten Schale angesehen habe, war ich im Irrtum. Im Uebrigen halte ich an meiner Darstellung in No. 21 der „Bauzeitung“ fest, ohne noch mehr auf das Einzelne einzutreten.

5. Es freut mich sehr, dass Herr Bersinger nun zugeibt, dass die Anlage von Schalen anstatt Sperren im Sammelgebiet ein Fehler war, und dass die Verbauung nicht wieder so hergestellt werden soll, wie sie vor der Zerstörung gewesen ist.

Alb. Heim, Prof.“

¹⁾ Das schweiz. Wasserbauwesen, Seite 39, Absatz 2.

²⁾ Das schweiz. Wasserbauwesen, Seite 51, Absatz 2.

Die Bestimmung der Kranzprofile und der Schaufelformen für Turbinen und Kreisel-pumpen.

Von Professor Dr. F. Prážil in Zürich.

(Schluss.)

Ausser dieser einfachen Bewegungsform gibt es noch eine Reihe anderer Formen, die unter die oben erwähnten Lösungen der zweidimensionalen Probleme zählen; auf diese kann jedoch hier nicht näher eingetreten, sondern nur noch eine Serie von Bewegungsformen besprochen werden, die in Folgendem weitere Verwendung finden sollen.

Diese Serie wird dadurch charakterisiert, dass bei jeder ihrer Formen das Geschwindigkeitspotential eine Funktion von ur ist.

Es sei $F = f(ur)$ diese Funktion. Dann folgt:

$$v = \frac{\partial F}{\partial r} = f' \cdot \frac{\partial ur}{\partial r}; \quad \frac{\partial v}{\partial r} = f' \cdot \frac{\partial^2 ur}{\partial r^2} + f'' \cdot \left(\frac{\partial ur}{\partial r} \right)^2$$

$$u = \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial \varphi} = f' \cdot \frac{1}{r} \frac{\partial ur}{\partial \varphi}; \quad \frac{\partial u}{\partial \varphi} = f' \cdot \frac{1}{r} \frac{\partial^2 ur}{\partial \varphi^2} + f'' \cdot \frac{1}{r} \left(\frac{\partial ur}{\partial \varphi} \right)^2$$

Diese Werte in die Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} = 0$$

eingesetzt, gibt:

$$f' \frac{\partial^2 ur}{\partial r^2} + f'' \left(\frac{\partial ur}{\partial r} \right)^2 + \frac{1}{r} f' \frac{\partial ur}{\partial r} + \frac{1}{r^2} f' \frac{\partial^2 ur}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r^2} f'' \left(\frac{\partial ur}{\partial \varphi} \right)^2 = 0.$$

Diese Gleichung wird erfüllt, wenn gleichzeitig:

$$f'' \cdot \left[\left(\frac{\partial ur}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial ur}{\partial \varphi} \right)^2 \right] = 0 \text{ und}$$

$$f' \cdot \left[\frac{\partial^2 ur}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial ur}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 ur}{\partial \varphi^2} \right] = 0 \text{ werden.}$$

Die beiden Produkte werden gleichzeitig = Null mit $f' = 0$, also $f' = k = \text{konstant}$ und

$$\frac{\partial^2 ur}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial ur}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 ur}{\partial \varphi^2} = 0 \quad (a)$$

Mit $f' = k$ folgt $f(ur) = k(ur) = F$.

Nun ist $ur = \frac{\partial F}{\partial \varphi}$, also $ur = k \frac{\partial ur}{\partial \varphi}$, woraus sich durch

Integration $ur = \lambda \cdot e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}}$ ergibt mit λ als eine noch zu bestimmende Funktion von r allein. λ wird bestimmt durch Einsetzen von ur in die Gleichung a ; es ergibt sich:

$$\lambda'' e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} + \frac{\lambda'}{r} \cdot e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} + \frac{\lambda}{r^2} \cdot \frac{1}{k^2} e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} = 0 \text{ oder}$$

$$\lambda'' + \frac{\lambda'}{r} + \frac{\lambda}{k^2 r^2} = 0 \quad (b)$$

Man erhält somit als allgemeine Gleichung für das Geschwindigkeitspotential der durch $F = f(ur)$ charakterisierten Serie von ebenen Bewegungsformen

$$F = k \cdot \lambda \cdot e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} \quad IX$$

mit $k = \text{konstant}$ und λ aus der Gleichung b bestimmt.

Ist k eine reelle positive oder negative Zahl, so folgt durch Integration von b

$$\lambda = a \left[\sin \left(\frac{1}{k} \lg. \text{nat} \frac{r}{\varrho} \right) \right],$$

wobei a und ϱ die Integrationskonstanten sind, und wenn man $ak = A$ einführt:

$$F = A \cdot \left[\sin \left(\frac{1}{k} \lg. \text{nat} \frac{r}{\varrho} \right) \right] e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} \quad X.$$

Hieraus folgt unter Anwendung derselben Operationen wie früher:

$$v = \frac{\partial F}{\partial r} = \frac{A}{r \cdot k} \left[\cos \left(\frac{1}{k} \lg. \text{nat} \frac{r}{\varrho} \right) \right] \cdot e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} \quad XI$$

$$u = \frac{\partial F}{r \partial \varphi} = \frac{A}{r \cdot k} \left[\sin \left(\frac{1}{k} \lg. \text{nat} \frac{r}{\varrho} \right) \right] e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{k}} \quad XII$$