

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93/94 (1929)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Das projektierte Etzelwerk  
**Autor:** Eggenberger, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-43472>

#### 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:** 17.02.2026

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

INHALT: Das projektierte Etzelwerk. — Ueber das Verfahren von Gibson für die Wassermengenmessung in Druckleitungen veränderlichen Querschnitts. — Zwei Stahlskelettbauten in Basel (Tafeln 21 bis 24). — Mitteilungen: Versuchs- und Lehrlaufzug des Deutschen Aufzugs-Ausschusses. Ueber das Verhalten von Leichtmetallen im Meerwasser. Die schweizerische Aluminium-Industrie. Basler Rhein-

hafenverkehr. Die älteste eiserne Eisenbahnbrücke. Luftschiff „Graf Zeppelin“. — Wettbewerbe: Neubau des Kunstmuseums in Basel. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender. — Abonnements-Einladung.

## Band 94

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

## Nr. 24

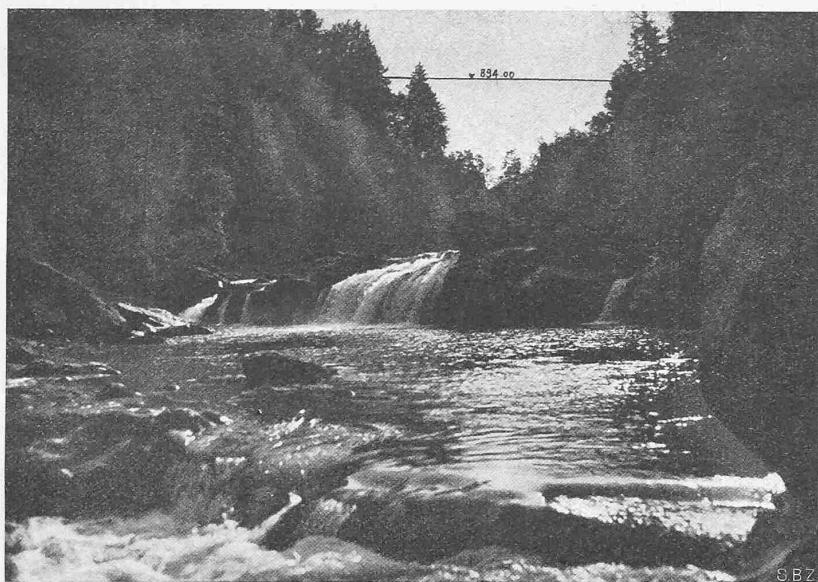


Abb. 3. Abschlussstelle in der Schlagen (vergl. die Uebersichtskarte auf Seite 301).

### Das projektierte Etzelwerk.

Von H. EGGENBERGER, Oberingenieur der S.B.B., Bern.

Das Etzelwerkprojekt, nach dem die Sihl im Hochtale östlich von Einsiedeln gestaut und in den Zürichsee abgeleitet werden soll, stammt vom verstorbenen Ingenieur L. Kürsteiner in St. Gallen. Er stellte Mitte der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts ein generelles Projekt auf<sup>1)</sup> und trat in Verbindung mit der Maschinenfabrik Oerlikon. Gestützt auf ein günstiges Gutachten von Professor Dr. A. Heim (Zürich) über die Ausführbarkeit des Stauses, schloss diese mit den Bezirken Einsiedeln und Höfe im Jahre 1900 Konzessionsverträge ab und betraute Ingenieur Kürsteiner mit der Aufstellung eines Bauprojektes. Im Jahre 1902 begann auch der Kanton Zürich, sich für das Etzelwerk zu interessieren, nachdem der Regierungsrat durch eine Motion von Dr. O. Wettstein im Kantonsrat eingeladen wurde, zu prüfen, ob nicht die Ausführung des Etzelwerkes als im Interesse des Kantons Zürich liegend durch den Staat, oder mit dessen Beteiligung, erfolgen sollte. Im Auftrag der Regierung fand eine weitere eingehende Begutachtung des Projektes in technischer, geologischer und wirtschaftlicher Hinsicht statt, und es setzten Unterhandlungen mit den Regierungen der Kantone Schwyz und Zug ein, um die Bedingungen festzustellen, unter denen diese der Ausführung des Projektes ihre Zustimmung geben würden. Während das Gutachten der Experten in jeder Beziehung günstig ausfiel, führten die Unterhandlungen mit dem Kanton Schwyz zu keinem nützlichen Ergebnis, sodass die zürcher Regierung sich entschliessen musste, auf eine weitere Verfolgung des Projektes zu verzichten.

Vor diesem Entschluss, schon am 19. Mai 1904, hatten Regierungsrat und Stadtrat von Zürich an den Bundesrat das Gesuch gestellt, er möge im Hinblick auf die Elektrifizierung der Schweizer Bundesbahnen die Frage in Erwägung ziehen, ob es nicht im Interesse der Eidgenossenschaft oder eines grossen Teiles derselben liege, sich am Bau und Betrieb des Etzelwerkes finanziell zu beteiligen. Hierauf hatte das Eidg. Departement des Innern am 31. Dez.

1904 geantwortet, dass der Bundesrat im Einverständnis mit der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen es als seine Pflicht erachte, sich die erforderlichen Wasserkräfte für den elektrischen Bahnbetrieb zu sichern, und dass er sich aus diesem Grunde in erster Linie für das Etzelwerk interessiere. In der Folge haben auch die Bundesbahnen das Etzelwerkprojekt einer eingehenden Prüfung unterzogen und sind dabei zum Schlusse gelangt, dass sich dieses Werk, dank seiner Lage und Speicherfähigkeit, als Bahnkraftwerk vorzüglich eigne. Die Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen schloss deshalb mit der Maschinenfabrik Oerlikon im Jahre 1909 einen Vertrag betreffend die Abtretung des Projektes mit sämtlichen Studien und Untersuchungen für das Etzelwerk und Verzichtleistung auf die Konzession der schwyzerischen Bezirke Einsiedeln und Höfe ab, dem der Verwaltungsrat am 26. November 1909 zustimmte. Die vorhandenen Konzessionen liefen jedoch am 1. Oktober 1910 unbenutzt ab, weil sie verschiedener Bestimmungen wegen

den Bundesbahnen nicht übernommen werden konnten und für die Erstellung des Werkes auch nicht genügten. Seither haben mit den Regierungen der Kantone Zürich, Schwyz und Zug Konzessionsverhandlungen stattgefunden, die während des Krieges mehrere Jahre unterbrochen werden mussten. Erst im Jahre 1919 gelang es, die schwierigen Verhandlungen mit den Vertretern der genannten Kantonsregierungen zu einem vorläufigen Abschluss zu bringen. Der damals aufgestellte Vertrag wurde von den Regierungen von Zürich und Zug auch sofort genehmigt, während die Regierung des Kantons Schwyz wegen Widerständen, die sich im Bezirk Einsiedeln geltend machten, die Genehmigung verweigerte. Die Verhandlungen mussten mit den im Kanton Schwyz für die Konzessionserteilung zuständigen Bezirken Einsiedeln und Höfe neuerdings aufgenommen werden und führten im November 1926 zum Abschluss von Zusatzverträgen, in denen den besondern Verhältnissen im Bezirk Einsiedeln, für den die Erstellung des Stauses unstrittig einen starken Eingriff in die Lebensverhältnisse der Bevölkerung bedeutet, Rechnung getragen worden ist. Gleichzeitig wurden auch Kaufversprechen mit den Grundeigentümern im Stauesegebiet für den Fall des Zustandekommens des Etzelwerkes getätigt, um ein genaues Bild über die Kosten des Landerwerbes zu erhalten.

Damit glaubte man, sämtliche Hindernisse, die der Konzessionserteilung durch den Kanton Schwyz entgegstanden, beseitigt zu haben. Allein auch der Regierungsrat des Kantons Schwyz verlangte den Abschluss eines Zusatzvertrages, in dem noch verschiedene kantonale Fragen zu regeln seien, bevor er den Konzessionsvertrag dem Kantonsrat zur Genehmigung vorlegen könne. Der Standpunkt der Bezirke Schwyz und March, dass sie konzessionsberechtigt seien und demnach auch ein Mitspracherecht beanspruchten, wurde von den Bundesbahnen abgelehnt, weil die für die Erstellung des Etzelwerkes im Kanton Schwyz in Betracht fallende Gewässerstrecke ausschliesslich in den Bezirken Einsiedeln und Höfe liegt. Nach Einholung eines juristischen Gutachtens machte der Regierungsrat des Kantons Schwyz diese Auffassung zu der seinigen und

<sup>1)</sup> Vergl. Band 33, Seite 138\* (22. April 1899).

beschloss, dem Begehrungen der Bezirke Schwyz und March keine Folge zu geben. Die übrigen berechtigten Forderungen dieser Bezirke wie auch der Gemeinde Altendorf, auf deren Gebiet Maschinenhaus und Druckleitung zu liegen kommen, sind in einem Zusatzvertrag geregelt worden.

\*

Das heutige Projekt (Abb. 1 und 2) weist gegenüber dem der Maschinenfabrik Oerlikon in der technischen Gesamtanlage keine wesentlichen Änderungen auf. Es bezieht die Ausnutzung der Sihl durch eine Stauung in den Schlägen nördlich von Einsiedeln, auf 892,60 m ü. M., und Ableitung des Wassers in den oberen Zürichsee 409,30 m ü. M., mit Zentrale bei Weinberg, Gemeinde Altendorf.

*Einzugsgebiet, Wassermengen und Gefälle.* Das Einzugsgebiet an der Abschlussstelle des Staausees misst 156 km<sup>2</sup>. Das zu überstauende Gebiet von 11 km<sup>2</sup> ist ein flaches, grösstenteils versumpftes Hochtal auf 880 m u. M. Die seit dem Jahre 1901 durchgeföhrten Wassermessungen der Sihl bei Untersiten ergeben eine durchschnittlich nutzbare Wassermenge von 5,0 m<sup>3</sup>/sek. Mit dem zur Verfügung stehenden Bruttogefälle von 483 m erhält man eine durchschnittliche 24 stündige Bruttoleistung von 32 000 PS.

*Stausee* (Abb. 3, 4 und 5). Der Talabschluss für die Stauung der Sihl ist in den Schlägen vorgesehen, wo sich der Fluss in einem Molasse-Felsriegel eingefressen hat. Die projektierte Gewichtsmauer erreicht eine Höhe von rund 28 m und weist einen Kubikinhalt von blos 22 000 m<sup>3</sup> auf, während bei den Kraftwerken Barberine, Oberhasli und Wäggital mehr als das 10 fache an Beton für die Talsperren verwendet werden musste. Die ausserordentlich geringen Aufwendungen für die Staumauer des Etzelwerkes sind es nun gerade, die die übermässigen Ausgaben an Landerwerb und Kunstbauten im Seengebiet als erträglich erscheinen lassen.

Damit der vorgeschriebene Stauspiegel nicht wesentlich überschritten werde, erhält die Mauer in der Krone automatisch wirkende Stauklappen oder Saugüberfälle, die die vorkommenden Hochwasser abzuführen vermögen. Der entstehende künstliche Stausee hat bei rund 9 km Länge und einer durchschnittlichen Breite von 1,3 km eine Ober-

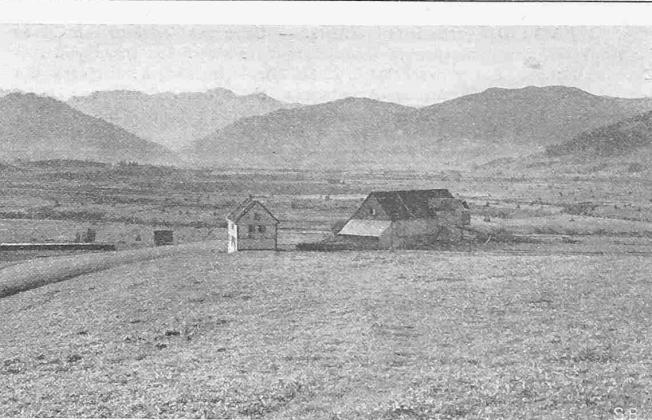
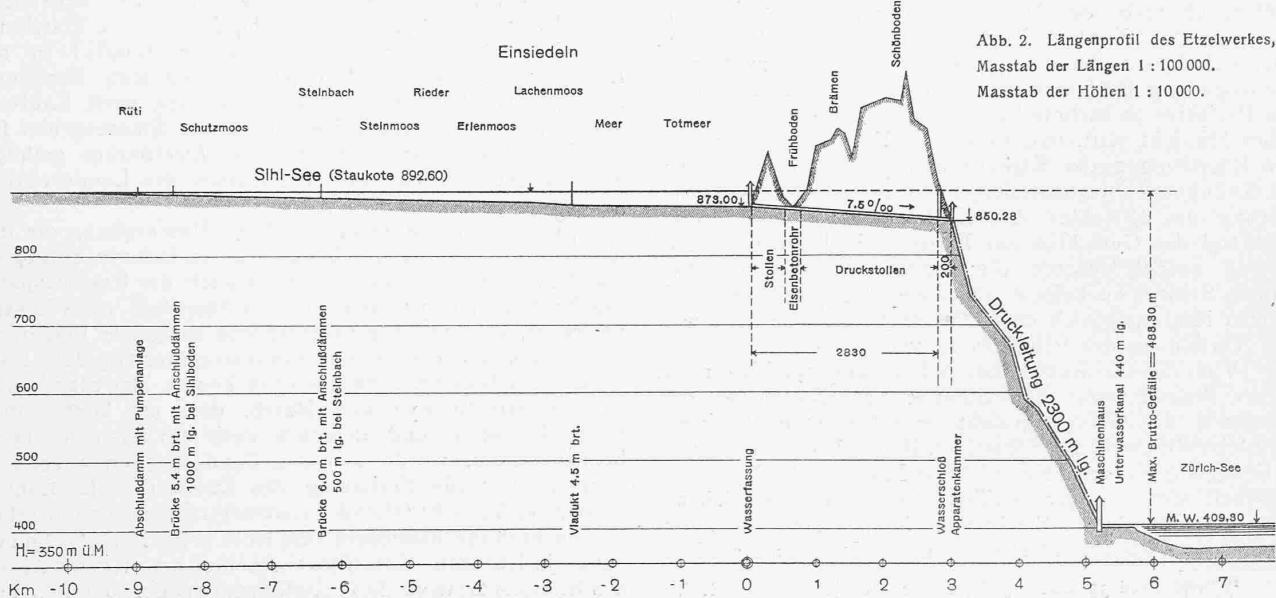


Abb. 4. Das Gebiet des künftigen Staausees, aus Norden gesehen.



Abb. 5. Der künftige Etzel-Stausee, aus Norden gesehen.

fläche von 11,0 km<sup>2</sup> und einen Inhalt von 96,5 Mill. m<sup>3</sup>, von denen bei der in den Zusatzverträgen vorgesehenen grössten Absenkung auf Kote 880,00 91,6 Mill. nutzbar sind. In der Einsenkung gegen das Alptal bei der Hühnermatt ist der See durch einen 14 m hohen Erddamm abgeschlossen. Im weitern sind gemäss Zusatzvertrag mit dem Bezirk Einsiedeln Abschlussdämme vor den Ortschaften Willerzell und Euthal sowie am hintern See-Ende beim sog. Schützenried zu erstellen, bei denen ein Teil des Vorlandes durch Pumpenanlagen künstlich entwässert werden muss. Endlich ist bei Gross eine Materialauffüllung in Aussicht genommen. Diese Massnahmen haben den Zweck, die seichten Partien des Sees in der Nähe der Ortschaften zu eliminieren und damit unangenehmen Ausdünstungen zu begegnen. Am hintern See-Ende musste das Schützen-



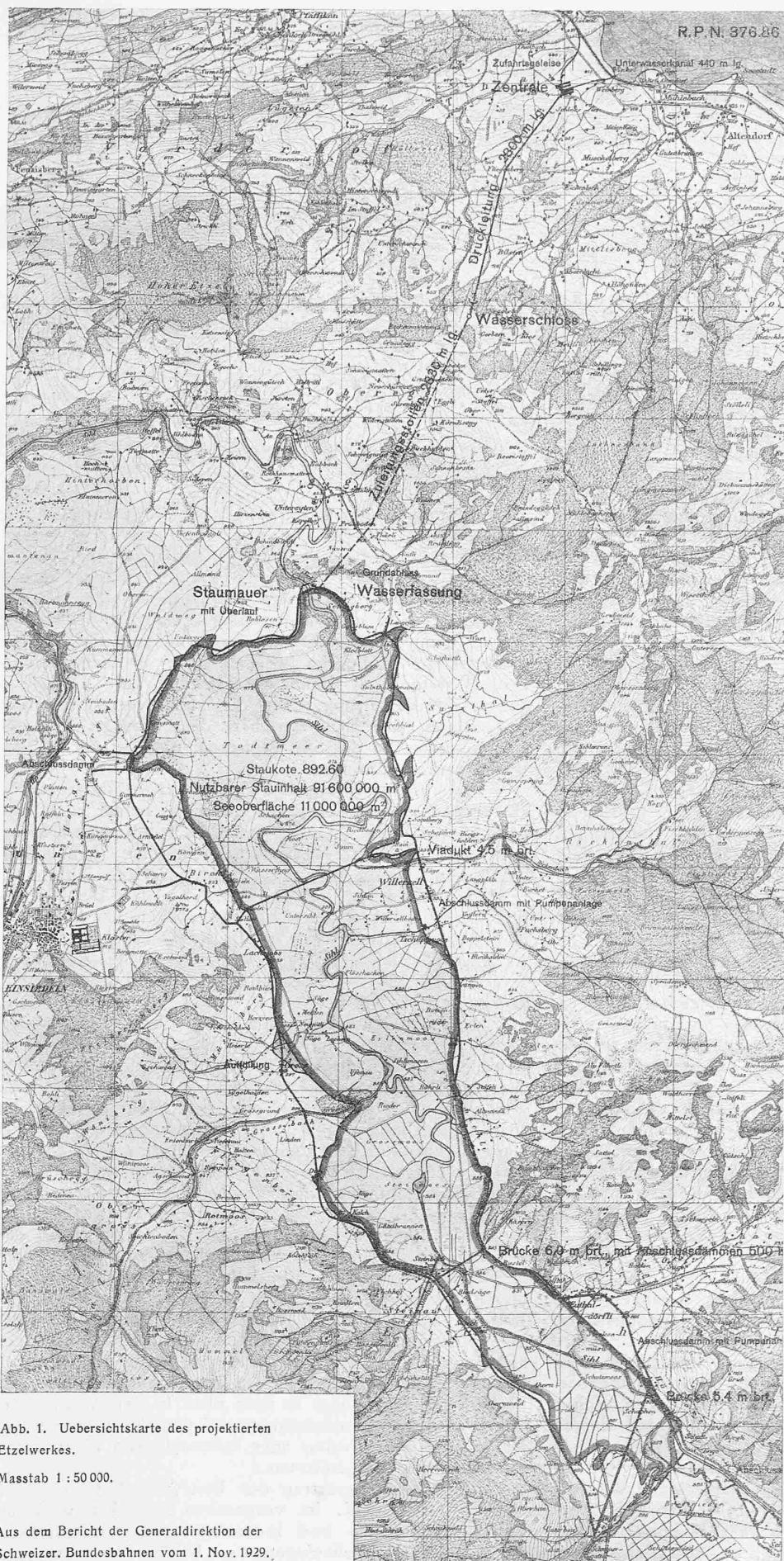


Abb. 1. Uebersichtskarte des projektierten Etzelwerkes.

Masstab 1 : 50000.

Aus dem Bericht der Generaldirektion der Schweizer. Bundesbahnen vom 1. Nov. 1929.

ried, das eigentliche Kartoffel-Pflanzland der Gemeinden Ober- und Unter-Iberg, vor Untergusssetzung und Versumpfung gerettet werden. Dadurch konnte auch eine grosse Entschädigungsforderung dieser Gemeinden gegenstandslos gemacht werden.

Eine Frage für sich bildete bei den Verhandlungen mit den Behörden die unschädliche Ablagerung des Geschiebes der in den See mündenden Flüsse und Bäche. Diese wurde in der Weise gelöst, dass die Minster, der Eubach, der Steinbach, der Grossbach und der Rickenbach im Unterlauf korrigiert werden sollen, soweit dies nicht bereits geschehen, um die Stosskraft des Wassers so zu vergrössern, dass die Ablagerung des Geschiebes im Seebecken stattfinden kann. Eine fühlbare Verminderung des Seeinhaltes während der Konzessionsdauer ist nicht zu befürchten, sodass in der Hauptsache von Kiessammern Umgang genommen werden konnte, deren Bau und Unterhalt zu kostspielig ist. Einzig bei der Sihl erwies sich die Anlage eines solchen als notwendig; hierzu eignet sich ganz besonders der Ochsenboden. Da mit dem Kiessammler auch die Gegend und ganz besonders die Ortschaft Studen in Zukunft von Ueberschwemmungen infolge von Geschiebestauungen bewahrt werden soll, erklärte sich der Kanton bereit, den Sammler mit Hilfe eines Beitrages der Bundesbahnen von 40 bis 45 % selbst zu erstellen.

Der Sihlsee bedingt endlich weitgehende Verlegungen der längs des Tales verlaufenden Strassenzüge, wie auch die Anlage von Querverbindungen. Alle diese Strassen sind in der nebenstehenden Uebersichtskarte zu erkennen.

Was die Sicherheit der Anlage des grossen Stauteses anbetrifft, können wir feststellen, dass das geologische Gutachten der Herren Prof. Mühlberg, Schmidt und Gutzwiller vom Jahre 1904 das Becken als absolut wasserdicht bezeichnet. Die Baustelle für die Staumauer in den Schlagen wird als durchaus günstig dargestellt; der Damm in der Hühnermatt könnte mit Sicherheit auf un durchlässigen Untergrund gesetzt werden. Ein im Jahre 1923 eingeholtes geologisches Gutachten von Dr. J. Hug in Zürich nennt sogar die Schlagen eine Abschlusstelle, die in bezug auf

Dichtigkeit die denkbar günstigsten Voraussetzungen biete. Es kann somit festgestellt werden, dass hinsichtlich Wasserverluste, sowohl aus dem Seebecken als auch bei den Abschlussstellen, unangenehme Überraschungen nicht zu erwarten sind.

*Stollen und Druckleitung.* Die Wasserentnahme aus dem See erfolgt etwas oberhalb der Staumauer auf dem rechten Ufer, von wo aus das Betriebswasser durch einen Druckstollen von 2830 m Länge (wovon im Frühboden 170 m Rohrleitung oder Eisenbetonrohr) dem Wasserschloss oberhalb Bilsten zugeleitet wird. Hier beginnt die Druckleitung, die nach dem Austritt aus dem Berge (200 m) mit nur einem Richtungsbruch auf dem Fliegenberg zum Maschinenhaus am Weinberg führt. Sie besteht aus zwei Rohrsträngen von 1,80 m Durchmesser und je 2100 m Länge in der offenen Strecke. Eine Standseilbahn wird zum Legen der Druckleitung, dem Transport von Baumaterialien und später während des Betriebes des Werkes zu Revisions- und Unterhaltungszwecken dienen. Das bereits genannte Gutachten von Dr. Hug, das sich auf im Jahre 1922 ausgeführte Grabungen und Schürfungen stützt, spricht sich über die vorgesehene Führung durchaus günstig aus, auf jeden Fall günstiger als über die ebenfalls untersuchte frühere Linie. Außerdem weist die Druckleitung bei ungefähr gleicher Länge ein günstigeres Längenprofil auf.

*Zentrale und Unterwasserkanal.* Zahlreiche Probebohrungen, die im Jahre 1922 ausgeführt wurden, veranlassten die Bundesbahnen, die in den Projekten Kürsteiner und Locher & Cie. vorgesehene Baustelle für das Maschinenhaus östlich des Weinberges zu verlassen und an den westlichen Hang des Weinberges zu verschieben, wo die Zentrale ungefähr auf der Spiegelhöhe des Zürichsees auf Sandsteinfelsen zu stehen kommt. Die in Hallenbauten unterzubringenden Transformatoren- und Schaltanlagen können, dank ihrer ruhenden Belastung des Baugrundes, daneben auf dem kiesigen Talboden zur Aufstellung gelangen. Ein 440 m langer Unterwasserkanal gibt das Betriebswasser nach Unterfahrung der Kantonstrasse und der Bahnlinie in den oberen Zürichsee ab.

Diese Wasserabgabe wird im ungünstigsten Falle, gemäss Gutachten des Sekretariates des Linth-Limmat-Verbandes, eine Erhöhung des Wasserspiegels des Obersees von nur 2,7 mm zur Folge haben, was praktisch belanglos ist, sodass von schädigenden Einflüssen auf die Seeufer und das angrenzende Land im Ernst nicht gesprochen werden kann.

*Dotierung der Sihl.* Nach dem vom ehemaligen Chef des hydrometrischen Bureaus, Dr. J. Epper, im Jahre 1904 ausgearbeiteten Gutachten, dürfte allen gerechten Anforderungen, die seitens der unterhalb der Stauanlage im Sihltal in Frage kommenden Wasserwerk-Besitzer so lange geltend gemacht werden können, als ihnen nicht auf anderem Wege eine Kompensation geboten wird, vollauf Genüge geleistet sein, wenn seitens des Etzelwerkes stets dafür gesorgt wird, dass in Sihlbrugg die Wasserführung der Sihl nicht unter 2,5 m<sup>3</sup>/sek herabgeht. Die Verdoppelung des bisherigen Minimalwasserquants und die damit in Verbindung stehende Ermöglichung eines viel sichereren und regelmässigeren Betriebes allein, seien für die betreffenden Werkbesitzer von weittragender Bedeutung. Inzwischen haben sich freilich die Verhältnisse im Sihltal hinsichtlich der Wasserausnutzung bei einigen Werken durch Vergrösserung der Anlagen geändert. Allein die neuesten Erhebungen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft über die Ausnutzung der Wasserkräfte der Sihl zeigen, dass nur bei einigen wenigen Werken von einem Energieausfall und zwar vornehmlich Sommerkraft gesprochen werden kann, wenn wie im Konzessionsvertrag

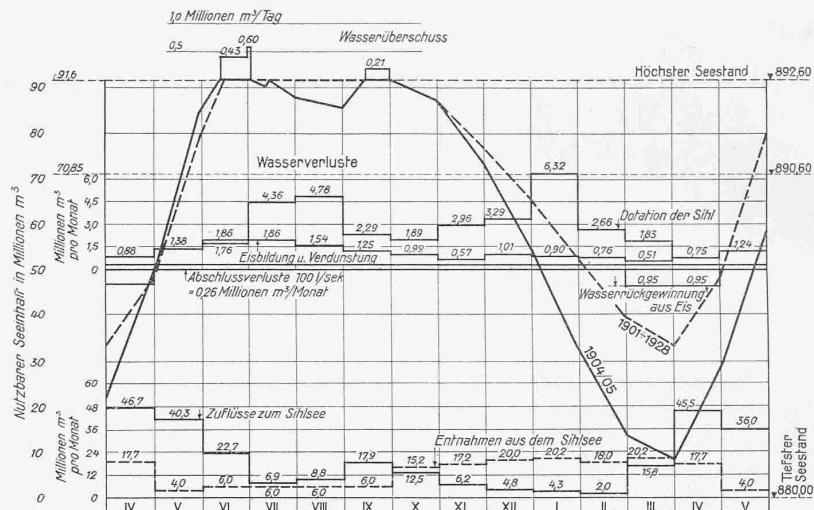


Abb. 6. Diagramm des Wasserhaushaltes des künftigen Sihlsees des Etzelwerkes für das Jahr 1904/05 mit geringem Wasserzufluss.

in Anlehnung an das Gutachten Epper vorgesehen ist, die Sihl aus dem Stausee so dotiert wird, dass ihre Wassermenge beim Eintritt in den Kanton Zürich oberhalb Hütten nie unter 2,5 m<sup>3</sup>/sek zurückgeht. Dabei ist nicht ausser acht zu lassen, dass infolge der Dotierung die Wasserführung der Sihl eine regelmässigere wird und dass alle Werke ohne Ausnahme aus der Erhöhung der Niederschwermenge profitieren werden. Die im Konzessionsvertrag festgelegte Minimalwassermenge von 2,5 m<sup>3</sup>/sek hat zur Voraussetzung, dass die Abflussverhältnisse der Seitenbäche, die sich zwischen dem Stausee und der Kantongrenze in die Sihl ergießen, nicht in nachteiliger Weise verändert werden.

*Bauausführung und Werkbetrieb.* Die Bundesbahnen, als Inhaber der Etzelwerk-Konzession, haben nicht die Absicht, das Werk allein zu erstellen, sondern gemeinsam mit der A.-G. der Nordostschweizerischen Kraftwerke. Diese Kombination ist im Konzessionsvertrag bereits angekündigt, indem es heißt: „Falls Bau und Betrieb des Etzelwerkes einer aus den Schweizerischen Bundesbahnen und den Nordostschweizerischen Kraftwerken gebildeten Aktiengesellschaft übertragen wird, ist die Konzessionärin berechtigt, dieser Gesellschaft eine Subkonzession einzuräumen.“

Die Kombination mit den N.O.K. hat gegenüber dem Eigenbau den grossen Vorteil, dass sie schon von der Betriebseröffnung des Werkes an eine gute Ausnutzung des den Bundesbahnen zufallenden Anteils am Etzelwerk ermöglicht und zwar mit Hilfe eines vorübergehenden, bis zur Fertigstellung des Werkes zunehmenden und alsdann stark abfallenden Energiebezuges von den N.O.K. über eine beim Unterwerk Seebach aufzustellende Umformeranlage. Der Energiebedarf des Bundesbahnennetzes nimmt eben trotz der Verkehrssteigerung und Fortsetzung der Elektrifizierung nicht mehr in dem Masse zu wie in den vergangenen Jahren, sodass bei Erstellung des ganzen Etzelwerkes durch die Bundesbahnen, auch wenn dies etappenweise geschehen würde, während einer Reihe von Jahren namhafte Energieüberschüsse vorhanden wären, die erfahrungsgemäss nur zu ungünstigen Bedingungen abgesetzt werden könnten. Dadurch würde die im Bahnbetrieb verbrauchte Energie in unzulässiger Weise verfeuert. Uebrigens liegt es auch nicht in der Aufgabe der Schweizerischen Bundesbahnen, auf dem Energiemarkt als Konkurrent der privaten oder halbstaatlichen Elektrizitätsunternehmungen aufzutreten.

Im Gründungsvertrag der Etzelwerk A.-G. zwischen S.B.B. und N.O.K. ist vorgesehen, das Etzelwerk als kombiniertes Bahn- und Industriekraftwerk auszuführen, wobei aber die Teilanlagen der beiden Vertragskontra-

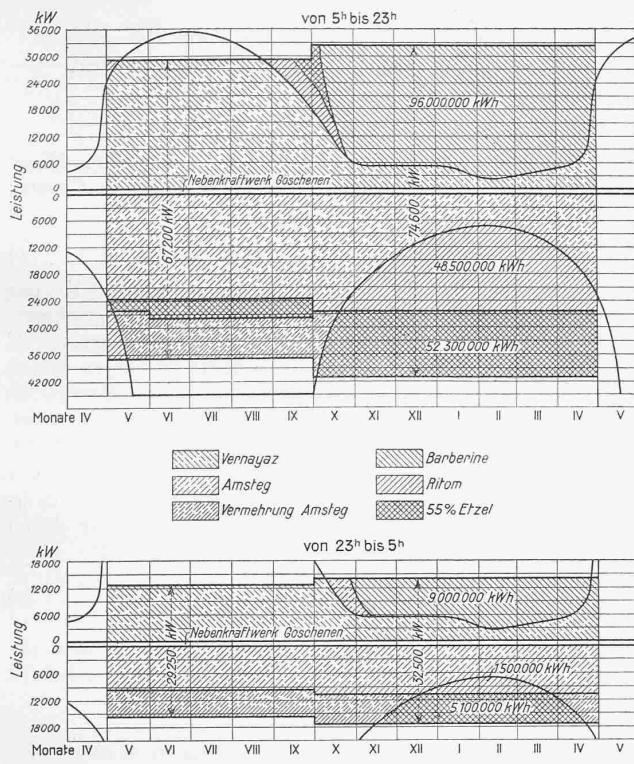


Abb. 7. Graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke Vernayaz-Barberine und Amsteg-Ritom mit 55% Etzelwerk entsprechend den Energieverbrauchs-Verhältnissen.

henten nicht über das praktische Bedürfnis hinaus von einander getrennt werden sollen. Bei einer Baukostensumme von 62 Mill. Fr. ist das Aktienkapital der Etzelwerk A.-G. auf 20 Mill. Fr. festgesetzt worden, wovon die Bundesbahnen 55 % (11 Mill. Fr.) und die Nordostschweizerischen Kraftwerke 45 % (9 Mill. Fr.) zu übernehmen haben. Die darüber hinaus erforderlichen Geldmittel sollen durch Anleihen oder durch Vorschüsse beschafft werden. Entsprechend der Beteiligung am Aktienkapital haben die S. B. B. Anspruch auf 55 % des zufließenden Wassers und des Akkumulierwerkes, d. h. auf 55 % der Energie des Etzelwerkes, während den N. O. K. 45 % zufallen. Nach den Berechnungen, denen das trockene Jahr 1904/05 zugrunde gelegt ist, werden die entsprechenden Energiemengen 7400000 kWh, bezw. 6100000 kWh betragen.

Die Etzelwerk A.-G. hat für eine rationelle und möglichst weitgehende Ausnützung des Werkes zu sorgen. So hat jede Vertragspartei das Recht, die Zuteilung der von der andern nicht ausgenützten Quote des zufließenden Wassers gegen Uebernahme des entsprechenden Teils der Jahreskosten der Gemeinschaftsanlage (Stausee, Stollen, Druckleitung, Maschinenhaus, Unterwasserkanal) zu beanspruchen. Sie kann auch den Akkumulierraum der andern, soweit er von ihr nicht benutzt wird, ohne Vergütung in Anspruch nehmen, wobei aber Wasserverluste durch Ueberlaufen des Sees bis zum Ausgleich auf Konto derjenigen Partei gehen, die den Stauraum der andern in Anspruch genommen hat. Die Etzelwerk A.-G. hat ferner für eine möglichst weitgehende Aushilfe bei Störungen in den Kraftwerken oder Leitungen der einen oder andern Partei zu sorgen. Nach Ablauf von 20 Jahren nach der Inbetriebsetzung des Werkes können die Schweizerischen Bundesbahnen auf 10jährige Voranzeige hin auch den Anteil der Nordostschweizerischen Kraftwerke am Etzelwerk in Anspruch nehmen.

**Bau- und Betriebskosten.** Die Baukosten des Etzelwerkes betragen für einen Ausbau auf 110000 PS Einphasen- und Drehstrom 62000000 Fr., welche Summe sich aus folgenden Hauptposten zusammensetzen:

### I. Gemeinschaftsanlage.

1. Verwaltung und Bauleitung . . . . .	1 670 000 Fr.
2. Verzinsung des Baukapitals . . . . .	3 130 000 "
3. Erwerb von Grund und Rechten . . . . .	18 600 000 "
4. Baulicher Teil . . . . .	27 900 000 "
	51 300 000 Fr.

### II. Sonderanlagen.

1. Maschinell-elektrische Anlage der S. B. B. (60 000 PS) . . . . .	5 900 000 Fr.
2. Maschinell-elektrische Anlage der N. O. K. (50 000 PS) . . . . .	4 800 000 "
	Totale Baukosten 62 000 000 Fr.

Von diesen Baukosten entfallen auf die Bundesbahnen:

1. 55 % der Gemeinschaftsanlage (51 300 000) . . . . .	28 215 000 Fr.
2. Maschinell-elektrische Anlage S. B. B. . . . .	5 900 000 "
	Zusammen 34 115 000 Fr.

Die im folgenden angegebenen jährlichen Betriebskosten beziehen sich nur auf den Anteil der S. B. B., weil die Industrieanlage hinsichtlich Verzinsung des Baukapitals und der zu entrichtenden kantonalen und kommunalen Steuern etwas andere Verhältnisse aufweist. Sie betragen:

1. Verwaltung und Personal, 55 % von 250 000 Fr. . . . .	137 500 Fr,
2. Unterhalt, Reparaturen u. Ersatz, 55 % von 327 000 Fr. . . . .	141 500 "
3. Verschiedene allgemeine Kosten wie Wasserzinsen, Energieersatz, Bureukosten, Konsummaterial, Versicherungen usw., 55 % von 327 000 Fr. . . . .	179 800 "
4. Abschreibungen und Einlagen in den Erneuerungsfonds:	
a) Kapitaltilgung 0,181 % von 34 115 000 Fr. . . . .	61 750 "
b) Einlagen in den Erneuerungsfonds . . . . .	330 450 "
5. Kapitalverzinsung:	
a) 6 % von 11 000 000 Fr. (Aktienkapital) . . . . .	660 000 "
b) 5 % von 23 115 000 Fr. (Obligationenkapital) . . . . .	1 155 700 "
Zur Aufrundung . . . . .	3300 "
	Zusammen 2 670 000 Fr.

oder 7,8 % des Anlagekapitals von 34 115 000 Fr.

**Leistungsfähigkeit des Werkes.** Während zur Berechnung der in S. B. B.-Kraftwerken verfügbaren Energie mangels Reserven die hydrologischen Verhältnisse des wasserarmen Jahres 1908/09 zugrunde gelegt werden, wurde für die Erweiterung der Leistungsfähigkeit des Etzelwerkes das etwas wasserreichere, aber immerhin noch trockene Jahr 1904/05 benutzt, unter der Voraussetzung, dass im Unterwerk Seebach zum Bezug der bis zur Inbetriebsetzung des Etzelwerkes erforderlichen Ergänzungsenergie von den N. O. K. eine Umformergruppe von 6000 kW zur Aufstellung gelange. Diese Umformeranlage soll auch nach Erstellung des Etzelwerkes als Reserve bestehen bleiben, um in Fällen von grösseren Störungen in den Energieerzeugungsanlagen der S. S. B. ober bei Energieknappheit benutzt werden zu können. Nach den vorliegenden 28jährigen Beobachtungen (1901 bis 1928) dürfte eine ähnliche oder noch geringere Wasserführung, als das Jahr 1904/05 aufweist, etwa alle sechs Jahre einmal vorkommen. Der Wasserhaushalt des Sihlsees ist für dieses Jahr in Abbildung 6 dargestellt. Zum Vergleich ist gestrichelt auch die Kurve der Seeinhalte für das Mitteljahr der 28jährigen Beobachtungsperiode bei gleichen Wasseraufnahmen wie im Jahre 1904/05 eingezeichnet, wobei sich eine erheblich geringere Seeabsenkung ergibt. Während im Jahre 1904/05 die Bestimmung im Einsiedler Zusatzvertrag, wonach der See am 1. Juni jeden Jahres auf Kote 890,60, d. h. 2 m über Ueberlaufkante angefüllt sein soll, nicht ganz erfüllt wird, erreicht der Seespiegel im Mitteljahr diese Kote schon in der zweiten Hälfte des Monats Mai.

Die jährliche Wasserentnahme aus dem Sihlsee beträgt gemäss Abbildung 6 156,5 Millionen m<sup>3</sup>, die sich entsprechend den Bedürfnissen der Bundesbahnen auf die einzelnen Monate wie folgt verteilt:

Mai	4,0	Mill. m <sup>3</sup>	November	17,2	Mill. m <sup>3</sup>
Juni	6,0	"	Dezember	20,0	"
Juli	6,0	"	Januar	20,2	"
August	6,0	"	Februar	18,0	"
September	6,0	"	März	20,2	"
Oktober	15,2	"	April	17,7	"
Sommer	43,2	Mill. m <sup>3</sup>	Winter	113,3	Mill. m <sup>3</sup>

Da im Etzelwerk mit einem m<sup>3</sup> Wasser 0,86 kWh erzeugt werden können, beträgt die Jahresenergie  $156,5 \times 0,86 = 135$  Mill. kWh, wovon 97 Mill. kWh auf den Winter und 38 Mill. kWh auf den Sommer entfallen. Wird das Etzelwerk gemeinsam mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken gebaut und betrieben, so beträgt der Anteil der Bahnanlage jährlich 74 Mill. kWh, wovon 53,5 Mill. kWh als Winterenergie und 20,5 kWh als Sommerenergie verwertbar sind, wenn man das Etzelwerk für sich allein betrachtet. Von diesen 74 Mill. kWh sind allerdings 2,2 Mill. kWh als Vorzugsenergie (1,9 Mill. kWh als Selbstkostenenergie und 0,3 Mill. kWh Gratisenergie) an den Kanton Schwyz und an die Bezirke Einsiedeln und Höfe abzugeben, sodass für die Bahn nur 71,8 Mill. kWh verbleiben. Den S.B.B. stehen aber im Kraftwerk Amsteg noch bedeutende Sommerwassermengen zur Verfügung, die, zum Teil wenigstens, dank der grossen Leistungsfähigkeit des Etzelwerkes im Winter für den Bahnbetrieb nutzbar gemacht werden können (Abb. 7). Auf diese Weise erhöht sich die mit dem Etzelwerk bei Vollausnutzung für die Bahn verbleibende Jahresenergie von 71,8 Mill. kWh auf 100 Mill. kWh, ohne dass im Kraftwerk Amsteg irgendwelche bauliche Auffwendungen und Kosten verursacht werden.

*Gestehungskosten der Energie.* Bringt man die jährlichen Betriebskosten mit der Arbeit des Werkes zu Bahnzwecken (71,8 Mill. kWh, erhöht um die im Kanton Schwyz abzugebende Selbstkostenenergie von 1,9 Mill. kWh) in Zusammenhang, so ergeben sich die Gestehungskosten der Kilowattstunde. Diese Gestehungskosten sind verschieden, je nachdem man das Etzelwerk für sich allein betrachtet, oder sein Zusammenarbeiten mit dem Amsteger Werk berücksichtigt.

a) Etzelwerk allein (Anteil der S. B. B.):

Jährliche Betriebskosten . . .	2670000 Fr.
Jahresenergie zu Bahnzwecken	
erhöht um die im Kanton Schwyz abzugebende Selbstkostenenergie . . . .	73700000 kWh
Gestehungskosten der kWh	$\frac{2670000 \times 100}{73700000} = 3,6$ Rp.

b) Etzelwerk (Anteil der S. B. B.) in Verbindung mit dem Kraftwerk Amsteg:

Jährliche Betriebskosten . . .	2670000 Fr.
Jahresenergie zu Bahnzwecken	
erhöht um die im Kanton Schwyz abzugebende Selbstkostenenergie . . . .	101900000 kWh
Gestehungskosten pro kWh	$\frac{2670000 \times 100}{101900000} = 2,6$ Rp.

Der Preis von 2,6 Rp./kWh ist besonders deshalb als günstig zu bezeichnen, weil das Etzelwerk in die Nähe leistungsfähiger Uebertragungsleitungen (Altendorf-Steinen, Altendorf-Rapperswil-Seebach und Altendorf-Rapperswil-Gossau) zu liegen kommt, mit denen die erzeugte Energie ohne weiteres in die für die Abgabe an den Fahrdrähten in Betracht fallenden Unterwerke geleitet werden kann. Es tritt somit für die Energie, gemessen ab Unterwerk, nur noch eine kleine Verteuerung infolge der unvermeidlichen Uebertragungsverluste ein.

Das Etzelwerk soll im Herbst 1934 betriebsbereit sein; die Bauarbeiten sind daher im Jahre 1931 in Angriff zu nehmen.

## Ueber das Verfahren von Gibson für die Wassermengenmessung in Druckleitungen veränderlichen Querschnitts.

Von Dipl.-Ing. B. PAVLOV, Moskau.

Die theoretische Grundlage des Gibsonschen Messverfahrens bildet, wie bekannt<sup>1)</sup>, das Newtonsche Gesetz: Kraft = Masse  $\times$  Beschleunigung oder

$$P = M \frac{dv}{dt} \dots \dots \dots \quad (1)$$

Da wir es im gegebenen Fall mit einem flüssigen Körper zu tun haben, bedeutet hier  $v$  die Geschwindigkeit des Schwerpunktes des in der Rohrleitung strömenden Wassers,  $M$  die Masse dieses Wassers. Was  $P$  anbetrifft, ist es gleich  $\rho f_1$ , wobei  $\rho$  die mittlere Druckerhöhung im Messpunkt (Anschlusstelle der Messvorrichtung) infolge des hydraulischen Stosses,  $f_1$  den Rohrquerschnitt daselbst bedeutet.

Wenn wir mit  $T$  die Schliesszeit und mit  $v_0$  die vor dem Schliessen vorhandene Geschwindigkeit des Schwerpunktes der Masse  $M$  bezeichnen, so erhalten wir durch Integrieren der Gleichung (1)

$$\int_0^T \rho f dt = M v_0 \dots \dots \dots \quad (2)$$

weil für die Schliesszeit  $T$  die Geschwindigkeit  $v = 0$  ist.

Anderseits, wenn wir die Bezeichnungen einführen  $g$  = Erdbeschleunigung,

$\gamma$  = spezifisches Gewicht des Wassers,

$v_n$  = mittlere Geschwindigkeit im normalen Querschnitt,

$f$  = Querschnitt,

$Q = f v_n$  = Wassermenge pro sec,

$L$  = Länge der Rohrleitung,

$ds$  = Element der Länge  $L$ ,

so haben wir selbstverständlich

$$M v_0 = \sum m v_n = \frac{\gamma}{g} \int_0^L f v_n ds = \frac{\gamma}{g} Q L$$

Setzen wir in die Gleichung (2) anstatt  $M v_0$  den eben gefundenen Wert ein, so erhalten wir

$$Q = \frac{g}{\gamma} \frac{f_1}{L} A \dots \dots \dots \quad (3)$$

wobei  $A$  das Integral  $\int_0^T f dt$  bedeutet.

Die Formel (3) besteht wie für den veränderlichen, so auch für konstanten Querschnitt der Rohrleitung. Dagegen hat N. R. Gibson für den veränderlichen Querschnitt eine andere Formel vorgeschlagen. Nehmen wir zum Beispiel an, die Rohrleitung bestehe aus mehreren Rohrstücken von der Länge  $l_1, l_2, l_3, \dots$  und dem Querschnitt  $f_1, f_2, f_3, \dots$ , so gilt nach Gibson für diesen Fall die Formel

$$Q = \frac{g}{\gamma} \frac{A}{F} \dots \dots \dots \quad (4)$$

wobei

$$F = \frac{l_1}{f_1} + \frac{l_2}{f_2} + \frac{l_3}{f_3} + \dots \dots \dots \quad (5)$$

Die Formel (4) ist aber falsch, wie im folgenden dargelegt werden soll.

Bezeichnen wir mit  $v_1$  die mittlere Geschwindigkeit im Messquerschnitt, so kann die Gleichung (3) umgeformt werden zu

$$A = \frac{\gamma}{g} L v_1 \dots \dots \dots \quad (6)$$

Nach Gibson<sup>2)</sup> besteht diese Formel auch für das kombinierte Rohr. Dann haben wir

$$A = \frac{\gamma}{g} (l_1 v_1 + l_2 v_2 + l_3 v_3 + \dots)$$

<sup>1)</sup> Norman R. Gibson. "The Gibson method and apparatus for measuring the flow of water in closed conduits". Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 1923. S. a. Bd. 78, S. 41 (23. Juli 1921) und S. 205 (22. Oktober 1921), ferner Bd. 79, S. 27 (14. Januar 1922).

<sup>2)</sup> I. a. c. § 79.