Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 6 (1913-1914)

Heft: 2

Artikel: Die Regulierung des Luganersees

Autor: Ghezzi, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920689

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: 24.08.2025

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

konnten*), die den einzelnen Jahrgängen eine mehr oder minder stärkere positive Temperaturabweichung von der normalen erbrachten. Prüft man diese Temperaturschwankungen an den einzelnen Jahresmitteln von passend gewählten Stationen unseres nördlichen Gebirgsfusses, so ergibt sich etwa von 1856 bis 1877 eine Periode von zwei Dezennien, während welchen die jährliche Temperaturabweichung vom normalen Durchschnitt zumeist einen etwas stärkeren positiven Wert besass. Es folgt darauf die Periode von 1878 bis 1891, während welcher Zeit die Jahresmittel zum grössten Teil unter der normalen sich befanden, worauf dann von 1892 bis 1907 meist wieder relativ wärmere Jahre folgen; den Abschluss dieser letzteren warm-trockenen Periode ergibt das Jahr 1911 mit seinem bedeutenden Temperaturüberschuss und entsprechend grössern Niederschlagsdefizit. Konform der bereits oben erwähnten, nun bevorstehenden feuchtern Periode dürfte auch die Temperatur der einzelnen Jahrgänge in der Folge wieder mehr unter der normalen liegen.

Summierte Temperaturabweichungen von der normalen Jahrestemperatur (von 1856—1911) am Alpennordfuss.

1856—1877	1878—1891	1892—1911
(warm-trocken)	(kühl-feuchter)	(trocken-wärmer)
+ 5,5 °	— 6,0 °	+ 2,5 °

(Die letzte Periode von 1892—1911 ist in ihrem Temperatureffekt bedeutend geringer wie diejenige von 1856—1877.)

Die Temperatur- und Niederschlagsschwankungen in den respektiven kürzeren und längeren Perioden sollen aber noch ein anderes Phänomen von grosser Bedeutung markieren: es sind die Gletscherschwankungen. Hier jedoch zeigt sich gerade während der letzten 50—60 Jahre kein ersichtlich klarer Zusammenhang. Wir haben an den meisten grössern Gletschern, nehmen wir nur zum Beispiel den Hüfi- und Rhonegletscher unseres Zentralalpen-Massivs, einen konstant stärkeren Rückgang; die längere feucht-kühle Periode von 1876—1891 vermochte diese beiden mächtigen Gletscherreservoire durchaus nicht zu einem entsprechend stärkeren Vorstosse zu bringen. Von irgend einer befriedigenden Koinzidenz mit unseren Temperatur- und Niederschlagsschwankungen ist keine Rede, und namentlich von einer bestimmten Periode von zirka 30 Jahren, die des öftern von Geologen erwähnt wird, darf nicht gesprochen werden. Obgleich auch diese phänomenale Erscheinung der Gletscherschwankung in einem Gebiete unserer Alpen vor sich geht, von dem man glauben möchte, dass genügend meteorologische Beobachtungen für Vergleichung, räumlich und zeitlich, vorliegen, ist es bis heute doch nicht gelungen, einen wirklich befriedigenden, ins einzelne gehenden Zusammenhang zwischen den Variationen der meteorologischen Elemente und den Schwankungen der Gletscher unzweideutig nachzuweisen.

Betrachtet man die jetzige, riesige Rückzugsperiode, speziell unserer mächtigen Schweizergletscher, so hat sie seit Ende der 50er Jahre vergangenen Jahrhunderts Millionen von Kubikmeter Eis verschwinden und Hunderte von Quadratkilometer Terrain aper werden lassen, und bis in die letzten Jahre dauerte sie immer noch kräftig fort. Wie überaus armselig nimmt sich diesem kaum vorstellbaren Energieprozess gegenüber jene ausserordentlich schwächliche Markierung im Temperaturüberschuss aus, der gerade für die zweite Hauptperiode des Vorstosses von 1892—1911 wenig über 2 ° C. beträgt. Sicher ist, dass die jetzige Abnahme der Gletscher diejenige von 1830—40, welche die beiden Vorstösse von 1820 und von 1850 voneinander getrennt hat, um ein ganz bedeutendes überragt. Soll nun der nächstbevorstehende Gletschervorstoss all das aper gewordene Terrain wieder überdecken, so müssen es zweifellos ganz bedeutende Temperatur- und Niederschlagseffekte sein, die da mitwirken, wenn anders eine stetig fortschreitende Verringerung in der Länge unserer Eisströme nicht eintreten soll. Die feuchtkühlere Periode, die letztmals von 1878—1891 eingetreten ist, hat auf unsere grossen Gletscherreservoire gar keinen erheblichen Eindruck hinterlassen bezüglich ihres Vorstossens. Daraus wäre abzuleiten, dass die bevorstehende kühlfeuchte Periode des laufenden Jahrzehntes jedenfalls im Niederschlags- und Temperaturelement sich weit eindrucksvoller gestalten muss, wie die letzterwähnte von 1878—1891, soll der jetzige Gletscherschwund kräftig überwunden werden, und unsere Gletscherwelt wieder eine tüchtige Reserve von gefrorenem Wasser aufsparen können. Auch das wird dann in letzter Instanz unseren Flüssen, die mit den Gletscherreservoiren kommunizieren, also unserer Wasserwirtschaft, voll zugute kommen müssen. Wir dürfen somit den folgenden Jahren bezüglich ihres meteorologischen Verhaltens gewiss mit Spannung entgegensehen.

*) Auffällig namentlich durch die bemerkenswert warmen Sommer von 1857 und 1859, 1861 und 1862, 1865, 1867 und 1868, ferner diejenigen der Jahrgänge 1873—1875.

Die Regulierung des Luganersees.

Auszug aus dem Bericht des Regulierungsprojektes von C. Ghezzi, Ingenieur, mit Genehmigung des Direktors der schweizerischen Landeshydrographie.*)

Mit einer Planbeilage.

Einleitung.

Die Frage der Regulierung des Luganersees kam erstmals im Jahre 1874 zur Sprache, als der Grosse

*) Das Projekt der Regulierung des Luganersees wird gegenwärtig als besondere Publikation herausgegeben und

Rat des Kantons Tessin an die Ingenieure Villoresi und Meraviglia die Konzession für die Ableitung des Wassers des Luganersees zu Bewässerungszwecken erteilte; dieses Projekt kam aber nie zur Ausführung.

In der Folgezeit tauchten andere Projekte auf und im Jahre 1897 arbeitete das kantonale Bauamt selbst ein Korrektionsprojekt aus. Später bildete sich zum Zwecke der Ausnutzung der Tresawasserkräfte, verbunden mit der Seeregulierung, die „Società della Tresa", welche ein Konzessionsgesuch nebst Projekt, welches aber grosse Opposition hervorrief, einreichte. Schliesslich fand auf Verlangen der beiden beteiligten Staaten, der Schweiz und Italien, vom 9. bis 11. März 1910 in Lugano eine internationale Konferenz statt, in welcher die Aufstellung eines Regulierungsprojektes in Aussicht genommen und mit dessen Abfassung die schweizerische Landeshydrographie betraut wurde.

I. Grundlagen für die Aufstellung des Regulierungsprojektes gemäss den Beschlüssen der vom 9.—11. März 1909 in Lugano abgehaltenen Konferenz.

1. Aufstellung eines Projektes für die Regulierung, ohne aber dadurch die allfällige spätere Ausnutzung der Wasserkräfte der Tresa zu präjudizieren.
2. Bestimmung der Grenzwerte im neuen Projekt nach folgenden Grundlagen:
   a) Als Grenze der höchsten Wasserstände soll mit Rücksicht auf die Seeufer, wenn möglich, 1,80 m über dem Nullpunkt des Pegels zu Ponte Tresa angenommen werden, was der Kote von 275,16 m über Meer entspricht.
   b) Für die Schiffahrt auf dem See ist im Minimum eine lichte Höhe von 4,40 m bei den Durchfahrten bei Bissone und Melide am Damm von Melide nötig.
   c) Die Kote der Oberkante des festen Grundwehres am Wehr von Ponte Tresa soll mit der Höhe des Pegelnullpunktes daselbst übereinstimmen (273,36 m über Meer).
   d) Bei der Ausarbeitung des Projektes soll darauf Bedacht genommen werden, dass zur Ausgleichung des Wassermangels während der Niederwasserzeit die künstliche Aufstauung des Wasserspiegels die Höhe von 1,10 m über dem Nullpunkt des Pegels von Ponte Tresa, wenn möglich, nicht überschreite.
   e) Die grösste Abflussmenge der Tresa soll während der Hochwasserzeit die bisher beobachtete Maximal-Wassermenge nicht überschreiten. Sollte es sich aus den Berechnungen ergeben, dass diese Grenzen nicht eingehalten werden können, so wird es nötig sein, dafür zu sorgen, dass deswegen an den Ufern der Tresa kein Schaden entstehe.

II. Regulierung des Seeabflusses bei Ponte Tresa, Berechnung der Durchflussprofile.

Zur Verhütung des Sinkens des Sees auf einen zu niedrigen Stand (bis jetzt beobachtetes Minimum 0,16 m unter dem Nullpunkt) ist 18 m oberhalb der Brücke in Ponte Tresa ein festes Wehr vorgesehen, dessen Oberkante auf Höhe des Pegelnullpunktes in Ponte Tresa (eiserner Pegel = 273,36 m) sich befindet.

Um einer zu grossen Anschwellung des Sees zu begegnen, ist in erster Linie das Abflussvermögen der Tresa durch eine Korrektion zu verbessern; diese muss sich zur Erlangung eines gleichmässigen Gefälles bis unterhalb der ersten Peschiera ausdehnen; eine Korrektion dieser 2,8 km langen Strecke ist unbedingt notwendig und war schon in früheren Projekten vorgesehen. Bei ihrem Ausfluss aus dem See verengert sich die Tresa allmählich bis zirka 50 m unterhalb der Brücke. Von hier an bis 350 m unterhalb der Brücke wird ein Normalprofil von 45 m Sohlenbreite, Ufermauern mit Anzug 1 : 5 und Sohle in Erde vorgesehen. Der aus den später ersichtlichen Berechnungen nach der Regulierung sich ergebenden maximalen Abflussmenge von 252 m^3 entspricht eine Tiefe von 1,90 m. Unter der Annahme, dass das feste Wehr eine Absturzhöhe von zirka 1 m erhalten würde, wie es sich aus der Berechnung ergibt, erhält man bei Erstreckung der Korrektion bis unterhalb der Peschiera ein konstantes Sohlengefälle von 2,5 ‰.

Für das Querprofil bei km + 0,050 wurde der Rauhigkeitsgrad **n** zu 0,025 angenommen (Sohle in Erde, Ufermauern 1 : 5). Nach der Formel von Ganguillet und Kutter

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

wurde für verschiedene Stände die Wassermenge gerechnet und die Abflussmengenkurve für Profil + 0,050 aufgestellt.

Von km 0,050 bis zum Wehr ist die Sohle gepflastert, um auf dieser Strecke eine bessere Versicherung und günstigere Abflussverhältnisse zu schaffen. Die Sohlenbreite von 45 m vergrössert sich allmählich, die Ufermauern sind auch in 1 : 5 gehalten. Als Rauhigkeitsgrad ist 0,020 angenommen worden und für eine Wassermenge von 252 m^3 ergäbe sich im Profil + 0,050 eine Tiefe von 1,67 m. Bei km + 0,050, wo eine Profiländerung (gepflasterte Sohle oberhalb und Sohle in Erde unterhalb) stattfindet, ergibt sich ein Unterschied in der Wasserspiegelhöhe von 23 cm, wodurch ungleich-

dürfte im Laufe des Monats November erscheinen unter dem Titel: „Comunicazioni della Divisione dell'Idrografia nazionale, No. 4. Progetto per la sistemazione del Ceresio (Lago di Lugano), di C. Ghezzi ingegnere. Testo con allegati ed atlante con tavole."

förmige Bewegung und eine Staukurve erzeugt wird; durch Rechnung der letzteren wurde der Wasserspiegel unmittelbar unterhalb der Brücke ermittelt und die Wassermengenkurven für die betreffenden Profile aufgestellt.

Im weitern wurde der Stau der Brücke für verschiedene Wassermengen rechnerisch ermittelt, woraus sich die oberhalb der Brücke abfliessenden Wassermengen und Wasserspiegelhöhen ergeben, die als Grundlage für die weiteren Berechnungen des Seestandes und des Wehres dienen.

Von der Brücke bis zum Wehr ist der Wasserspiegel mit einem der Sohle parallel laufenden Gefälle von 2,5 ‰ angenommen worden. Die Distanz zwischen Wehr und Brücke beträgt nur 18 m, die Wassergeschwindigkeit über der Wehrkante ist grösser als die Geschwindigkeit unmittelbar oberhalb der Brücke, es findet somit eine Vergrösserung der Geschwindigkeit gegen das Wehr, folglich eher eine Verminderung als eine Zunahme der Wassertiefe statt; die Annahme gleicher Wassertiefe ist also gerechtfertigt.

Mit Hülfe der für das oberhalb der Brücke gelegene Profil gültigen Abflussmengenkurve IV sind wir nun in der Lage, die über das Wehr abfliessende Wassermenge zu bestimmen. Da die Wehrkante (auf Höhe des Pegelnullpunktes = 273,36 m) für höhere Stände tiefer liegt als der Unterwasserspiegel, so bildet das Wehr einen unvollkommenen Überfall, und es wurde die Formel benutzt:

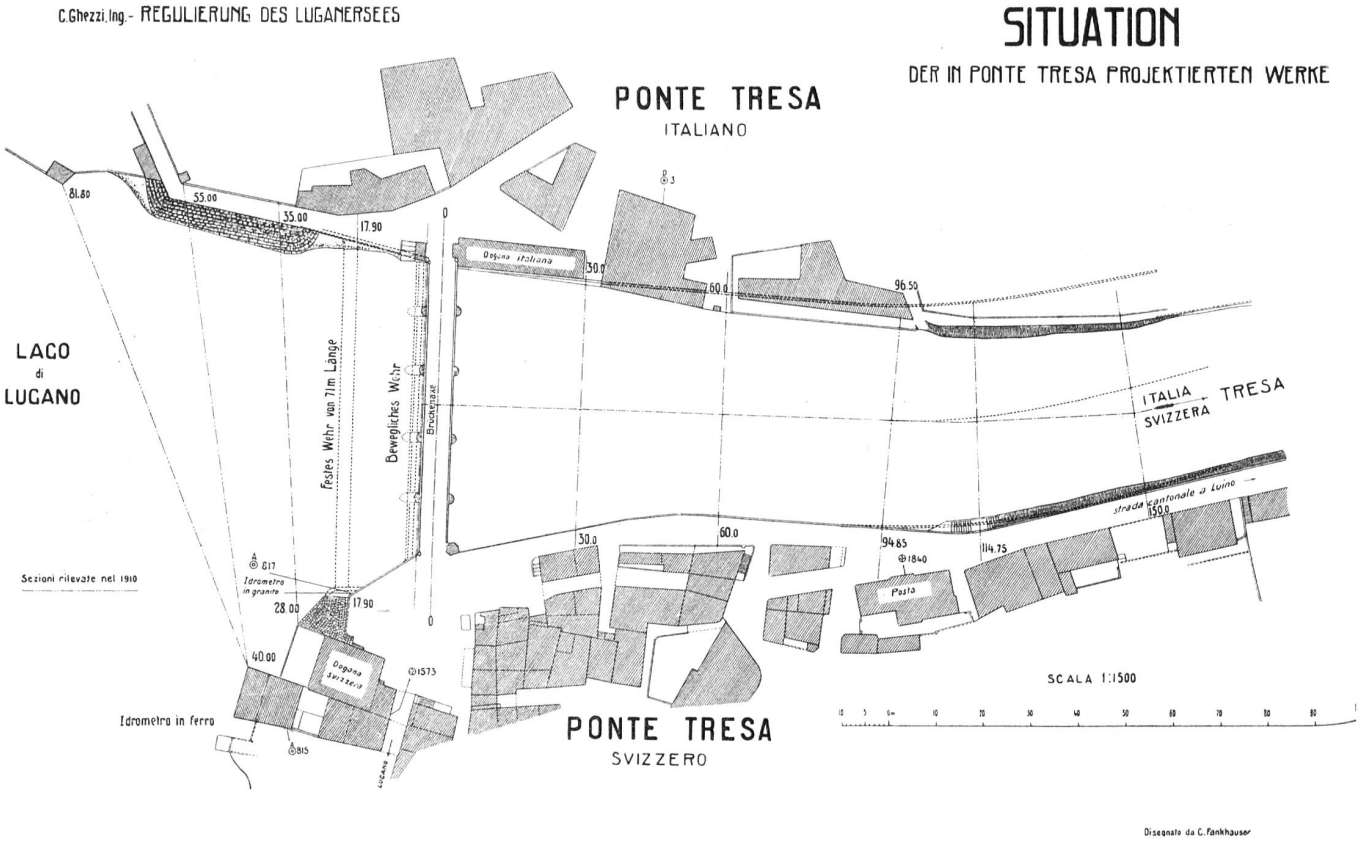
$$Q = 71\,(0{,}55 \cdot h + 0{,}62\,a)\sqrt{2\,gh}\ ^{*)}$$

(h = Pegelstände in Ponte Tresa)

Für den Pegelstand von 1,80 m ergibt sich eine Wassermenge von 252 m³. Unter einem Pegelstand von 0,567 m ist der Überfall ein vollkommener und die Formel lautet:

$$Q = 71 \cdot 0{,}55 \cdot h\sqrt{2\,gh}.$$

Durch Einsetzung der betreffenden Werte erhalten wir die Abflussmengenkurve für die Seestände nach der Regulierung, bezogen auf den Pegel in Ponte Tresa. Die Länge des 18 m oberhalb der Brücke liegenden Wehres wurde durch Rechnung zu 71 m bestimmt.



III. Die Wirkung der Korrektion und Regulierung der Seestände.

An Hand der alten und der neuen Abflussmengenkurve und der täglichen Variation der Seestände wurde zuerst die Wirkung der Korrektion, unter Annahme der Erstellung des festen Wehres ohne bewegliche Teile, für das Jahr 1896, welches am Anfang eine langandauernde Niederwasserperiode und im Herbst das grösstbekannte Hochwasser (Pegelstand 2,84 m, entsprechende Abflussmenge = 222 m³) aufwies, durchgerechnet. Der maximale Stand wäre am 25. Oktober mit 1,80 m eingetreten und die entsprechende Wassermenge hätte 252 m³ betragen. Die

*) Koeffizienten: $^2/_3\,\mu_1 = 0{,}55$ und $^2/_3\,\mu_2 = 0{,}62$ nach Tolkmitt. Länge des Wehres = 71 m.

Senkung des Hochwassers in Ponte Tresa würde somit 1,04 m erreicht haben, dagegen hätte die Wassermenge einen um 30 m³ grösseren Betrag aufgewiesen als die vor der Korrektion abgeflossene, wobei sich die Dauer der Wassermenge über 222 m³ auf sechs Tage ausgedehnt hätte. Das Niederwasser würde von — 0,04 auf 0,07, also um 11 cm erhöht. Die Minimalwassermenge wäre aber von 4,5 m³ auf 3,5 m³ herabgesunken und in dieser Niederwasserperiode die Wassermenge 12 Tage unter 4 m³, 18 Tage unter dem beobachteten Minimum von 1896 (4,5 m³) geblieben.

Auch in der langandauernden Niederwasserperiode des Jahres 1893 hätte man einen Stand von + 0,06 m und eine Abflussmenge von 3 m³, aber mit einer Dauer von nur sieben Tagen unter 4,5 m³; im September-Oktober 1906 ebenfalls 20 Tage unter 4,5 m³ und ein Minimum von 3 m³ erreicht. Für die unterhalb liegenden Wasserkraftbesitzer hätte diese Verminderung natürlich unangenehme Folgen und um diesem Übelstande zu begegnen, ist die Aufspeicherung des Wassers im See und eine Regulierung des Abflusses mittelst eines beweglichen Wehres erforderlich.

Als einfachste Lösung möchten wir in diesem Falle vorschlagen, die Absperrung des Sees und dessen Regulierung — unter Belassung des festen Wehres und als Ergänzung desselben — durch Nadeln, die leicht eingesetzt und entfernt werden können und auf der obern Seite der Brücke von Ponte Tresa angebracht werden müssten, zu bewirken. Es ist nicht als unsere Aufgabe erachtet worden, die Einzelheiten dieser Konstruktion zu studieren oder zu untersuchen, ob eine andere Art von Wehr (Rollladen-, Klappenwehr) rationeller wäre; die Frage soll später behandelt werden.

Der Regulierung mittels eines beweglichen Wehrs wurde eine Staugrenze von 1,10 m (Beschluss der Internationalen Kommission) und eine konstante Wasserentnahme von 10 m³/sek. zugrunde gelegt. Es sind nun an Hand der Pegelbeobachtungen von Ponte Tresa in der Periode 1864—1911 die ungünstigsten Niederwasser- und Hochwasserperioden ausgewählt und auf Grund obiger Annahmen die Wirkung der Regulierung gerechnet worden; es mögen im folgenden die Ergebnisse der Untersuchung dieser Jahre wiedergegeben werden.

Jahr 1870. Seit Ende Januar ist der Pegelstand immer unter 0,40 m geblieben, erst Ende November trat ein kleines Hochwasser ein, das aber den Seestand nur bis 0,72 m zu heben vermochte, der niedrigste Stand 0,00 trat am 7.—9. November ein. Der niedrigste Stand nach der Regulierung wäre 0,62 gewesen trotz einer konstanten Entnahme von 10 m³.

Jahr 1893. Durch die Dauer des ausserordentlich niedrigen Standes ist 1893 eines der ungünstigsten Jahre. Vom 1. Januar bis 29. September, also volle 272 Tage, hat der Seestand nie die Höhe von 21 cm überschritten, das Minimum 0,00 trat am 7. bis 8. Mai, am 30.—31. August und am 17. September ein. Erst anfangs Oktober stieg der See und erreichte am 8.-10. den höchsten Stand von 0,74. Der See würde sich nach der Regulierung am 1. Januar 1893 auf einem Stand von 1,04 befunden haben, da die Aufspeicherung bereits am 1. November 1892 begonnen hätte. Bis zum 8. August, mit Ausnahme von 13 Tagen, Mitte Juni und Ende Juli, an denen der Abfluss weniger als 10 m³ (7—9 m³) beträgt, ist die Entnahme konstant 10 m³, nachher richtet sich der Abfluss, weil das Wehr vollständig offen ist, ohne Regulierungsmöglichkeit nach dem Zufluss. Die Folge ist ein rasches Sinken und das Minimum tritt am 30. August mit einem Stand von 0,06 m und einer Wassermenge von 3 m³ ein; erst am 21. September können wieder 10 m³ entnommen werden; sieben Tage lang bleibt der Abfluss unter 4,5 m³, wie für das feste Wehr allein. Es wurde ferner ausgerechnet, dass für diese Periode vom 1. Januar bis 20. September (263 Tage) die konstant zu entnehmende Wassermenge 9,1 m³ nicht hätte überschreiten sollen (entsprechender Stand 0,135 m).

Jahr 1894. Dieses Jahr würde eine konstante Entnahme von über 10 m³ gestatten, der Wasserstand wäre nicht unter 0,84 m gesunken.

Das Jahr 1896 weist eine Niederwasserperiode (unter 0,20 m) vom 3. Januar bis 5. Juni = 124 Tagen auf mit einem Minimum von — 0,04 m Ende April. Die konstante Entnahme von 10 m³ kann auch nicht eingehalten werden, vom 25. April bis 2. Juni bleibt sie 36 Tage unter 10 m³ mit einem Minimum von 5,8 m³ (Stand = 0,10 m).

Das Jahr 1899 ist ein sehr trockenes und charakteristisch ist das Fehlen des Herbsthochwassers. Der maximale Stand erreichte nur 0,70 m am Pegel, da aber die Niederwasserperiode durch das Steigen des Sees im April unterbrochen wurde, ermöglichte die Aufspeicherung eine Entnahme von 10 m³ bis zum Januar 1900; der Wasserspiegel wäre aber schon bis auf 0,20 m gesunken, und wenn wie gewöhnlich ein trockener Winter gefolgt wäre, so hätte der Wasservorrat nicht mehr lange gereicht.

In den Jahren 1906 und 1907 traten die tiefsten bisher beobachteten Stände auf, eine Folge der im Jahre 1903 ausgeführten Ausbaggerung des Tresabettes. Während für diese zwei Jahre die Aufspeicherung einen konstanten Abfluss von 10 m³ gestattet (Minimalstand 1906: 0,40 und 1907: 0,16), wäre beim freien Abfluss (ohne bewegliches Wehr) die Wassermenge im September bis Oktober 1906 (20 Tage unter 4,5 m³) und im März bis April 1907 (32 Tage unter 4,5 m³) wiederum auf 3 m³ (Stand 0,06 m) herabgesunken.

Auf die Hochwasser von 1882 und 1896 hätte die Staugrenze von 1,10 m insofern Einfluss, als

der maximale Stand, in beiden Jahren gleich hoch, auf 1,84 m (257 m^3) gestiegen wäre; dem könnte vorgebeugt werden, indem man vor den Herbsthochwassern die Staugrenze auf 0,80 reduziert; der maximale Stand würde dann im Jahre 1882 1,65 m und im Jahre 1896 1,81 m betragen haben.

Nach unserer Ansicht wäre es für die Seeortschaften vorteilhafter, wenn die Staugrenze höchstens 0,80 m betragen würde; 0,60 m wäre der günstigste Stand und es bliebe immer soviel Wasservorrat, um eine Verbesserung der jetzigen Abflussverhältnisse bei Niederwasser zu erlangen, so dass in den ungünstigsten Jahren der Seestand nicht unter + 0,13 m am Pegel und die Wassermenge nicht unter 8 m^3 herabsinken würde.

Eine Verminderung der abfliessenden Wassermenge von 258 auf 222 m^3 könnte nur durch die Erhöhung der Absturzhöhe des festen Wehres von 1,00 auf 1,20 m und die Handhabung des beweglichen Wehres auch bei den aussergewöhnlichen Hochwassern geschehen. Der Seestand würde dann nur eine maximale Höhe von 1,69 m am Pegel in Ponte Tresa erreichen, es könnte somit ein Teil des Wassers im See zurückgehalten werden, um dann bei abnehmendem Seestand wieder abgelassen zu werden. Abgesehen von den höheren Kosten für die feste Schwelle und das bewegliche Wehr und für die Verstärkung der Brückenpfeiler ist ein solches Verfahren immerhin etwas gefährlich, die Handhabung des Wehrs ist bei solchem Stand schwierig. Im Falle des Eintreffens eines noch grösseren Hochwassers als desjenigen von 1896 wären dann die Folgen dieser Retention umso fühlbarer.

Vom 12.—27. Oktober 1896 (maximales Hochwasser) wäre die totale sekundliche Wassermenge der Tresa nach der Korrektion um 321 m^3 grösser gewesen als die wirkliche, während dieser Zeit abgeflossene. Dieser Mehrabfluss hätte eine Erhöhung des Seespiegels des Langensees von 4 cm am 25. Oktober 1896, 3,64 statt 3,60 m, verursacht*); der höchste Pegelstand des Langensees im Jahre 1896 wäre aber nur 1 cm höher gewesen, das heisst 3,86 statt 3,85 m, am 1. November.

IV. Verbreiterung und Vertiefung der See-Enge von Lavena.

Die See-Enge von Lavena besitzt eine Länge von rund 450 m, bei Hochwasser kann sie als eigentlicher Flusslauf betrachtet werden; die Strömung ist sehr stark und unregelmässig, wobei grosse, durch die veränderliche Tiefe und Breite und die Krümmungen des Wasserlaufes verursachte Wirbelbildungen auftreten. Bei Niederwasser ist die Strömung nicht bemerkbar.

Beim Hochwasser 1896 ist zwischen dem obern und untern Ende der Enge am 24. Oktober ein Gefälle von 136 mm und am 2. November von 138 mm gemessen worden*). Unserseits wurde bei einem Pegelstande von 1,80 m in Lugano am 17. Dezember 1910 ein Gefälle von 72 mm und bei einem Stand von 0,41 m am 14. September 1910 ein solches von 23 mm ermittelt.

Die Kote, bis zu welcher die Sohle der See-Enge vertieft werden muss, ist zu 271,00 m angenommen worden; auf dieser Kote beträgt die Sohlenbreite 60 m; auf einer Strecke von zirka 80 m unmittelbar nach Beginn des Kanals ist die Breite geringer, im Minimum 48 m, die aber durch die grössere Tiefe ausgeglichen wird. Die Wirbelbildung wird beseitigt und die mittlere Geschwindigkeit vermindert; für das maximale Hochwasser von 252 m^3 wird sie 1 m nicht überschreiten.

Mittels der Formel der Staukurve:

$$h = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \left\{ v^2 \cdot v^1 \cdot \frac{1}{2} l \left(\frac{p^2}{F^2} + \frac{p^1}{F^1} \right) \right.$$

ist für die maximale Wasserspiegelhöhe das Gefälle zwischen dem Beginn und dem Ende der Enge zu 0,073 m (vor der Korrektion 0,138 m) berechnet worden.

Die Vertiefung kann am besten durch Ausbaggerung geschehen.

Die Korrektion der Enge von Lavena ist gleichzeitig mit der Erstellung des Wehres in Ponte Tresa und der Tresakorrektion durchzuführen, da sonst durch die Senkung des Seespiegels bei Hochwasser die Strömung und der Stau in der Enge sich in noch viel grösserem Masse bemerkbar machen würden, was schlimme Folgen für die Schiffahrt hätte und ein Hindernis für einen guten Abfluss bilden würde.

V. Korrektion der Durchflussöffnungen beim Damm Melide-Bissone.

Infolge der Trennung des Seebeckens durch den Damm von Melide und des kleinen Durchflussvermögens des letzteren, kann der Seespiegel oberhalb des Dammes höher, gleich oder niedriger sein als unterhalb, je nach dem Wasserzufluss in das Becken von Lugano und von Morcote. Das Verhältnis der Oberfläche des Seebeckens zu seinem Einzugsgebiet ist für das Becken von Morcote ungünstiger als für dasjenige von Lugano (für das erste 9,2 %, für das zweite 6,5 %). Bei gleichem Zufluss in beide Becken oder bei grösseren Regengüssen im Einzugsgebiet des Vedeggio und der Magliasina würde der Wasserspiegel im Becken von Morcote höher steigen als in demjenigen von Lugano; es würden somit die Wassermassen vom ersteren in das zweite

*) Oberfläche des Langensees = 212,012 km^2. Die erforderliche sekundliche Wassermenge um eine Variation des Seespiegels von 0,01 m hervorzurufen, beträgt:

$$\frac{212012000 \cdot 0{,}01}{86{,}400} = 24{,}5 \ m^3/sek.$$

*) Siehe „Relazione von Ingenieur Veladini 1898", Seite 7.

fliessen. Gewöhnlich findet aber bei Hochwasser ein Erguss der Wassermassen vom nördlichen in das südliche Becken statt.

Bei Anlass des Hochwassers vom Dezember 1910 sind von der Schweizerischen Landeshydrographie genaue Seespiegelbeobachtungen zwischen der oberen und unteren Seite des Seedammes in Melide, sowie in Bissone vorgenommen worden. Es stellte sich für einen Seestand von 1,72 m (17. Dezember 1910) ein Gefälle in Melide von 11 mm (275,083—275,072), in Bissone von 13 mm (275,087—275,074) heraus.

Beim Hochwasser von 1896 ist am Seedamm ein Gefälle von 42 mm am 24. Oktober und von 32 mm am 2. November gemessen worden*). Dagegen ist unserseits, durch genaue Seespiegelbeobachtungen bei verschiedenen Ständen zwischen Lugano und Bissone (oberhalb des Seedammes) und von Bissone (unterhalb des Seedammes) bis Lavena (oberhalb der See-Enge) kein Seegefälle konstatiert worden, entgegen früherer Behauptung vom Vorhandensein eines Seegefälles (ausser dem Stau von Melide und Lavena) von 24 mm zwischen Lugano und Ponte Tresa.

Eine Messung der Oberflächengeschwindigkeit in der Axe der Durchfahrten von Melide bei einem Pegelstand von 1,70 m in Lugano (17. Dezember 1910) ergab folgende Geschwindigkeiten:

1. Öffnung (vom Lande an gezählt)	0,23	m/sek.
2. „	0,25	„
3. „	0,30	„
4. „	0,35	„

Bei Bissone, unter der Strassenbrücke, betrug bei gleichem Stand die Oberflächengeschwindigkeit (in drei Punkten gemessen, linkes und rechtes Ufer und Mitte) im Mittel 0,32 m/sek.

Da man den Seespiegel für das maximale Hochwasser um 1,04 m senkt, ist es notwendig, auch wenn die Interessen der Schiffahrt ausser Acht gelassen werden sollten, den Seegrund bei den Durchfahrten von Melide und Bissone zu vertiefen, damit das Gleichgewicht der Wassermassen in den zwei Becken von Lugano und Morcote unbehindert, ohne einen übergrossen Stau zu verursachen, eintreten kann.

In Melide würde man die Sohle der zwei seewärts gelegenen Durchfahrten auf Kote 271,50 m, diejenige der zwei landwärts gelegenen auf Kote 272,00 m vertiefen. Für das grösste Hochwasser erhielte man eine Durchflussfläche von 191 m², während sie vor der Korrektion 202 m² betrug. Die Gewölbeunterkannte der seewärts gelegenen Öffnung, durch welche die Dampfschiffe verkehren, besitzt an der untern Seite eine Kote von 279,323 m, der höchste Stand erreicht nach der Korrektion die Kote von 275,26 m (Lugano), es verbleibt also eine lichte Höhe von 4,06 m; da nun die Dampfschiffe einen Abstand von 4,40 m bis zur Tauchlinie benötigen, wäre die Schiffahrt unterbrochen, sobald der Wasserspiegel am Pegel von Lugano eine Höhe von 1,56 m anzeigt*).

Bei Niederwasser ist die Tiefe für die Durchfahrt der Dampfschiffe unter der seewärts gelegenen Öffnung genügend, auch ohne Vertiefung der Sohle.

Um unter den Öffnungen von Bissone die gleiche Durchflussfläche zu erhalten, ist es notwendig, die Sohle auf Kote 271,00 m zu senken; für die freie Durchfahrt der Dampfschiffe würde eine höhere Kote genügen. Da die Gewölbeunterkante der Strassenbrücke sich auf Kote 280,16 m (grössere Lichthöhe gegenüber Melide um 84 cm) befindet, hat man für das grösste Hochwasser nach der Korrektion eine lichte Höhe von 4,90 m; unter der Eisenbahnbrücke ist die lichte Höhe 4,78 m, die Schiffahrt wäre somit zu jeder Zeit ermöglicht. Ein Hindernis für die Durchfahrt der grössten Dampfschiffe unter den Öffnungen von Bissone besteht in den verschiedenen Richtungen der nur 40 m voneinander entfernten Brücken der Strasse und der schweizerischen Bundesbahnen, sowie in der Enge des dazwischen liegenden gebogenen Kanals. Aus diesem Grunde hatte schon die Schiffahrtsgesellschaft eine Verbreiterung der Durchfahrt unter der Strasse und die Sohlenvertiefung projektiert.

Die schweizerischen Bundesbahnen sind jetzt mit der Ausarbeitung von verschiedenen Projekten für die Legung des zweiten Geleises beschäftigt; diese Studien sind aber noch nicht zum Abschluss gelangt. Bevor definitive Vorschläge für die Verbesserung der Durchfluss- und Durchfahrtsverhältnisse am Seedamm von Melide-Bissone vorgelegt werden können, muss man zuerst abwarten, bis die schweizerischen Bundesbahnen die Ausführung des einen oder des andern Projektes beschlossen haben.

Das maximale absolute Gefälle zwischen dem Becken von Lugano und demjenigen von Morcote ist nach der Regulierung zu 3 cm angenommen worden; da die Durchflussfläche unverändert bleibt und die Abflussverhältnisse verbessert werden, wird der Stau nicht mehr die Höhe von 4 cm, wie beim Hochwasser von 1896 beobachtet wurde, erreichen **).

*) Siehe „Relazione von Ingenieur Veladini 1898", Seite 7.

*) In Wirklichkeit verkehren die grossen Dampfschiffe unter der Brücke von Melide schon bei einem Stand von zirka 1,25 am Pegel in Lugano nicht mehr.

**) Inzwischen wurde am 28. August 1912 unter den verschiedenen schweizerischen Interessenten in Bern eine Konferenz abgehalten, betreffend die Verbesserung der Durchfahrten für die Dampfschiffe des Luganersees beim Damm Melide-Bissone anlässlich der Erstellung der Doppelspur der schweizerischen Bundesbahnen. Nach Prüfung der von der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen vorgelegten Projekten kam man einstimmig zur Ansicht, dass die Erstellung einer Mittelöffnung von mindestens 25 m Lichtweite mit 5,84—6,04 m lichter Höhe und einer Sohlentiefe auf Kote 271,50 m ü. M., sowohl hinsichtlich der Durchfahrtsverhältnisse für Schiffe als auch mit Rücksicht auf die Regulierung des Sees als die zweckmässigste Lösung anzusehen sei. Diese Stellungnahme wurde der am 4. September 1912

VI. Korrektion der Tresa.

Wie schon bemerkt, erstreckt sich die Korrektion des Tresabettes bis unterhalb der ersten Peschiera. Von km 0,050—0,350 im Bereiche von Ponte Tresa sind die Ufer durch Mauern mit Anzug 1 : 5 begrenzt; von 0,350 km an bis Ende der Korrektion sind sie dagegen mit Steinwurf 1 : $1^1/_2$ bekleidet; die Sohlenbreite beträgt 45 m, die nach dem ersten Kilometer durch Tieferlegung der Sohle auf 40 oder 35 m reduziert werden könnte. Der durch Profilwechsel bei km 0,350 verursachte Stau reicht beim höchsten Stand, nach rechnerischer Ermittlung, bis km 0,060 zurück, macht sich also beim Profil 0,050 nicht mehr bemerkbar. In der vorliegenden Studie hat man sich beschränkt, die Korrektion der Tresa anzudeuten, ohne sich auf Details einzulassen, wie Versicherung der Sohle, der Ufer, Einführung der Bäche usw.

VII. Bestimmung der maximalen Seespiegelhöhe in Lugano.

Für das grösste Hochwasser haben wir in Ponte Tresa einen Pegelstand von 1,80 m oder die Kote von 275,16 m gefunden; wenn wir den Stau von 7 cm, verursacht durch die Enge von Lavena, und von 3 cm, durch den Damm von Melide, berücksichtigen, so erhalten wir für Lugano die maximale Wasserspiegelhöhe von 275,26 m oder eine Pegelhöhe von 275,26 weniger 273,38 m*) = 1,88 m. Der Quai von Lugano, welcher sich im Mittel auf Kote 275,30 m befindet, würde nicht mehr überschwemmt werden.

Schlussfolgerungen.

An Hand der durchgeführten Berechnungen und in Würdigung der vorstehenden Erwägungen kommen wir zu folgenden Schlüssen:

Die Regulierung des Luganersees erfordert die nachstehend bezeichneten Werke:

1. Erstellung einer festen Grundschwelle am Seeausflusse, 18 m oberhalb der Brücke über die Tresa, von 71 m Länge und 1 m Absturzhöhe.
2. Erstellung eines an die obere Seite der genannten Brücke sich anlehnenden beweglichen Wehres, zur Regulierung des Abflusses während der Niederwasserperiode. Die Stauhöhe würde 60 cm am Pegel nicht überschreiten.
3. Korrektion der Tresa bis zur ersten Peschiera, unter Beseitigung der letzteren zur Erzielung eines konstanten Gefälles von 2,5 ‰.
4. Verbreiterung der See-Enge von Lavena und Vertiefung der Sohle bis auf Kote 271,00 m.
5. Vertiefung der Sohle unter den Durchfahrten von Melide-Bissone. Es ist jetzt die Erstellung einer neuen mittleren Durchfahrt unter Belassung der jetzigen Durchgangsöffnungen in Aussicht genommen.

Mit der Ausführung der geplanten Werke würden folgende Vorteile erzielt:

1. Senkung des höchsten bekannten Seestandes um 1,04 m in Ponte Tresa und 1,06 m in Lugano. Maximaler Stand nach der Regulierung: 1,80 m in Ponte Tresa, 1,88 m in Lugano.
2. Erhöhung des niedrigsten Seestandes um 29 cm. Niedrigster Stand nach der Regulierung: 0,13 m über Null.
3. Ermöglichung der Schiffahrt auch für die grössten Dampfschiffe, sowohl in der Enge von Lavena als unter den Durchfahrten von Melide-Bissone.
4. Erhöhung der aussergewöhnlichen Minimalwassermenge der Tresa von 4,5 m^3/sek. auf 8 m^3/sek.

in Lugano stattgefundenen internationalen Konferenz betreffend die Regulierung des Luganersees durch die schweizerische Abordnung unterbreitet.

*) Kote des Nullpunktes des Schwimmerpegels, nach der im Dezember 1910 erfolgten Bestimmung.

Hydraulische Akkumulierungs- und Pumpenanlagen.

Von Diplom-Ingenieur J. Lüchinger in Firma Locher & Cie., Zürich.

Es lassen sich im allgemeinen zweierlei hydraulische Akkumulierungsanlagen für Wasserkraftanlagen unterscheiden:

1. Dauerakkumulierung mit beliebigen Betriebspausen,
2. die periodischen Akkumulierungs-Staubehälter.

Diese letztern lassen sich wieder in zwei grundsätzlich verschiedene Arten einteilen, nämlich:

a) Die periodische Akummulierung ohne besondere Nebeneinrichtungen, Stauweiher für das Oberwasser,

b) die periodische Akkumulierung unter Zuhilfenahme von Pumpwerken, das heisst Anlagen, bei denen die Sammelbecken durch Maschinen ganz oder nur nachgefüllt werden, je nachdem das Sammelbecken oder auch Druckbecken genannt, ein künstliches oder natürliches ist.

In neuerer Zeit sind nachfolgende periodische Akkumulierungs-Anlagen ausgeführt und dem Betrieb übergeben worden:

Die erste und älteste Anlage ist vom Elektrizitätswerk Olten-Aarburg im Jahre 1904 erstellt worden, mit einem Gefälle von zirka 315 m und einem künstlichen Druckbecken-Inhalt von 12,000 m^3. Der Durchmesser der Druckleitung beträgt durchwegs 450 mm, der obere Teil besteht aus gusseisernen Muffenröhren und der untere aus wassergasgeschweissten Siemens-Martin-Stahlröhren. Die Maschinengruppe besteht aus einem Wechselstrommotor als Mittelstück, der auch als Dynamo betrieben werden kann, rechts und links davon auf derselben Welle befinden sich die Hochdruckpumpe und die Hochdruckturbine.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Schaffhausen erstellte in den Jahren 1907/09 eine hydraulische Akkumulierungsanlage mit einem künstlichen