

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 50 (1958)
Heft: 8-9

Artikel: Die Regulierung der Seen im Einzugsgebiet der Reuss
Autor: Chavaz, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921910>

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: 19.02.2026

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

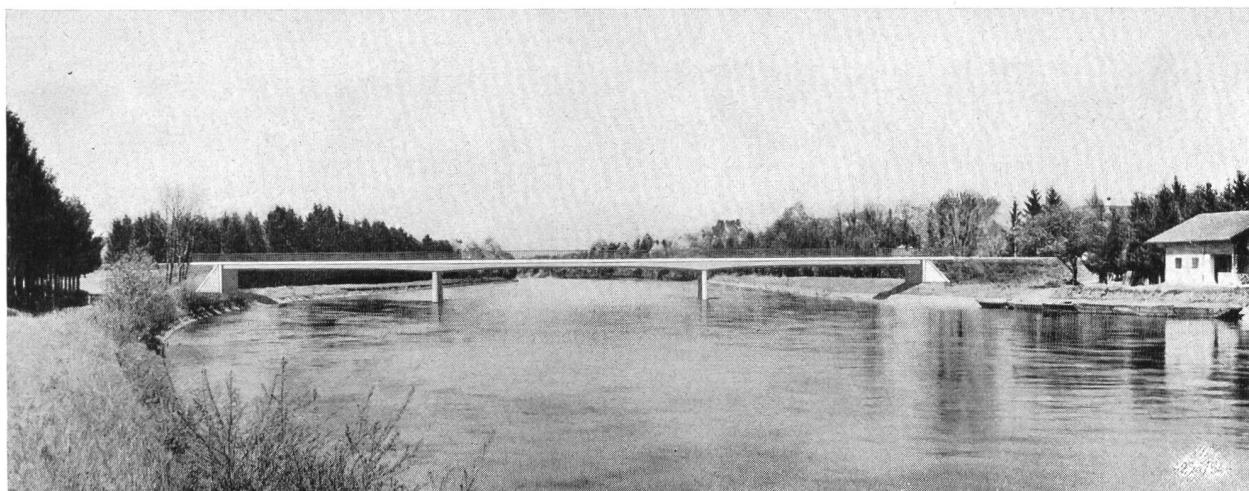


Bild 18 Neue Straßenbrücke über die Reuß bei Ottenbach, Blick flussabwärts; linkes Ufer Kanton Aargau, rechtes Ufer Kanton Zürich. Die Ufer sind durch Betonplatten bzw. Betonblöcke geschützt

Verhältnisse sowie über die früheren und neueren Verbauungs- bzw. Korrektionswerke. Sie können anhand der betreffenden Daten, über die nötigenfalls das Eidg. Oberbauinspektorat Auskunft erteilt, in der Sammlung der Bundesblätter (BBl) nachgeschlagen werden.

Bildernachweis:

- 1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 14, 16, 17: Aufnahmen des Autors
- 4, 11: Eidg. Landestopographie
- 12, 13, 15: Kantonsingenieurbüro Obwalden
- 18: Tiefbauamt des Kantons Zürich

Die Regulierung der Seen im Einzugsgebiet der Reuß

Dipl.-Ing. F. Chavaz, Vizedirektor, und Dipl.-Ing. E. Lanker, Sektionschef, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

1. Der Vierwaldstättersee

Allgemeines

Im vorangegangenen Aufsatz über «Die Niederschlags- und Abflußverhältnisse im Einzugsgebiet der Reuß» hat Sektionschef E. Walser bereits Angaben über das gegenwärtige Regime des Vierwaldstättersees und seines Ausflusses gegeben. Insbesondere hat er hervorgehoben, daß die Differenz zwischen den Mittelwerten der jährlichen höchsten und tiefsten Stände des Vier-

waldstättersees mit 1.12 m zu den kleinsten Werten aller unserer großen Seen gehört, indem von den letzteren nur der Zuger-, Thuner-, Genfer- und Zürichsee eine kleinere Schwankung aufweisen (Bild 1). Bild 7¹ des

¹ «Vierwaldstättersee, mittlere Jahrgangslinie, bestimmt auf Grund der Jahresreihe 1910—1957, Umhüllende der höchsten und tiefsten in den Jahren 1867—1957 aufgetretenen Seestände» (siehe Seite 199).

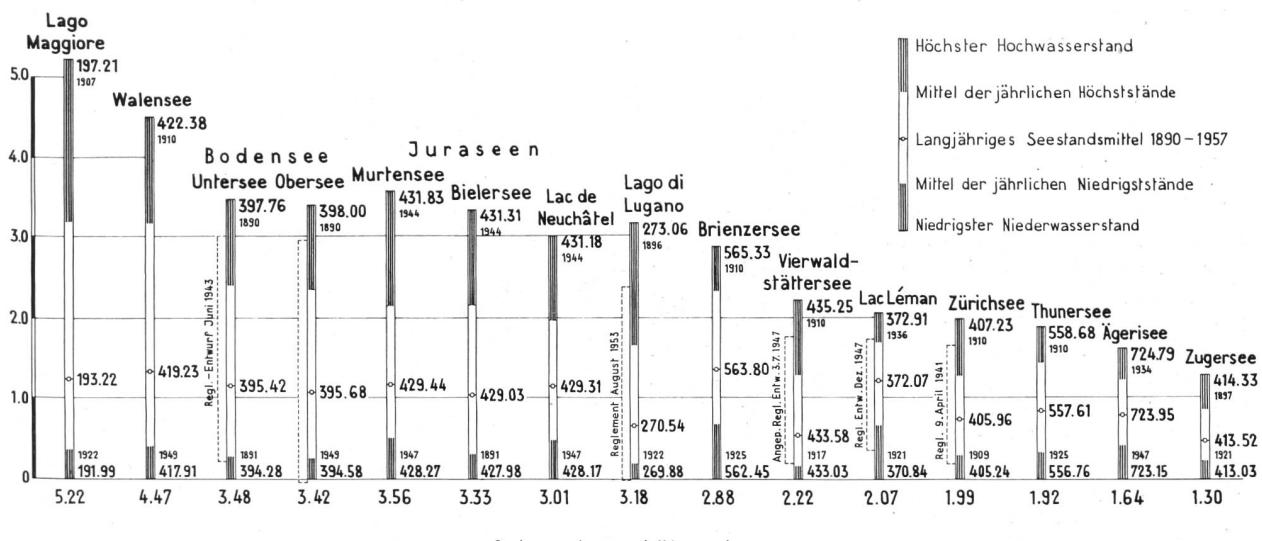


Bild 1 Schwankungshöhen der extremen Wasserstände der schweizerischen Seen über 20 km² und des Ägerisees, aufgestellt nach Beobachtungen von 1890—1957 (für alle Höhenangaben RPN = 373.60 m)

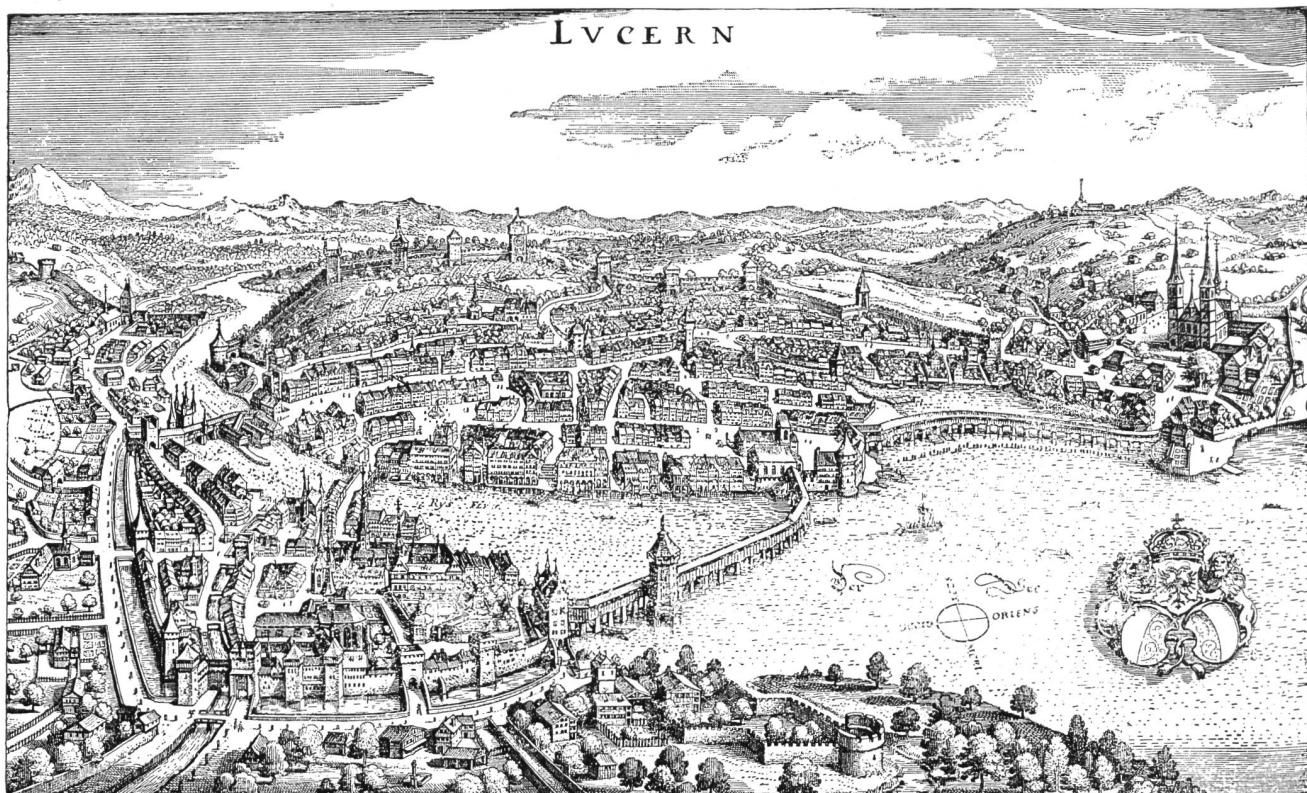


Bild 2 Übersichtsplan von Luzern (um 1600), reproduziert nach dem Original in der Stadtbibliothek Zürich
Cliché Raeber & Cie., Luzern

vorerwähnten Aufsatzes zeigt indessen, daß der Vierwaldstättersee auch sehr hohe Stände erreichen kann. Wenn nämlich im Frühjahr und vor allem im Vorsommer zu der Wirkung der Schneeschmelze noch starke und andauernde Niederschläge kommen, können die Zuflüsse zum See aus dem 2238 km² umfassenden natürlichen Einzugsgebiet sehr beträchtlich werden; so überstiegen sie im Juni 1910 einen ganzen Tag lang 900 m³/s, während das Abflußvermögen der Reuß in Luzern zwischen 130 und 455 m³/s schwankt bei Seeständen zwischen 433.20 und 435.24. Der Unterschied zwischen den Zufluß- und Ausflußmengen muß vorübergehend im See gespeichert werden, woraus sich die erwähnten hohen Seestände und die damit verbundenen Überschwemmungen erklären. Bei einer Seefläche von 114 Quadratkilometern entspricht einer Seestandsänderung von 1 cm eine Abflußmenge von 13,1 m³/s während 24 Stunden. Es versteht sich von selbst, daß man diese Fähigkeit der Seen, einen Teil der zufließenden Hochwasser zurückzuhalten, nicht vollständig ausschalten darf; eine wesentliche Funktion unserer natürlichen Seen besteht gerade darin, dank dieser Erscheinung der Retention, zu große Hochwasser an ihren Ausflüssen zu verhindern. Was die Reuß unterhalb des Vierwaldstättersees anbelangt, so sind die Verhältnisse in dieser Hinsicht typisch. Während nämlich das Bett der Reuß unterhalb Emmenbrücke nur 700 m³/s aufnehmen kann, weist die Kleine Emme allein schon Abflußspitzen von rund 500 m³/s auf. Man kann also nicht die Abflußmengen der Reuß in Luzern ad libitum erhöhen, sondern muß im Gegenteil sogar ein teilweises Schließen der Reguliereinrichtungen während starken Hochwassern der Kleinen Emme vorsehen; diese dauern glücklicherweise

nur Stunden. Nur eine mittlere Lösung, welche ein größeres Abflußvermögen in Luzern gewährleistet, aber gleichzeitig eine gewisse Retention der Hochwasser aufrechterhält, kann zu befriedigenden Ergebnissen führen. — Dies gilt nicht nur beim Vierwaldstättersee.

Geschichtliches

Wie in einem ausführlichen Bericht nachzulesen ist, den Ing. A. Härry, der verdiente ehemalige Sekretär des Wasserwirtschaftsverbandes, auf die Hauptversammlung 1918 des Reußverbandes hin ausgearbeitet hatte [1], wurde der erste Querdamm als Schwelle durch die Reuß in Luzern 1585 erstellt, indem aus diesem Jahr die ersten Klagen der Urkantone über das Stauen des Sees, damals um 3—5 Schuh, bekannt sind. (Bild 2).

Nach den Chronisten Petermann Etterlin und Diebold Schilling soll vor der Gründung der Stadt Luzern anfangs des 13. Jahrhunderts die Reuß den Vierwaldstättersee sogar mehr als einen Kilometer östlich des heutigen Ausflusses in einer 200—300 m breiten Rinne verlassen haben und der Seespiegel gut 3 m tiefer gewesen sein als heute. Der Aufstau soll zwei Ursachen gehabt haben: erstens die Einengung des Reußbettes durch den Bau der Stadt mit Ufermauern und Mühlen und zweitens eine Veränderung des Kriensbach-Laufes, welcher sein Geschiebe nun statt bei Tribschen in den See in der heutigen Gegend in die Reuß einbrachte [2].

Die Klagen der Uferanwohner wiederholten sich durch die Jahrhunderte hindurch, in deren Verlauf die erste Schwelle ersetzt, erneut umgebaut, gleichzeitig aber alte zusätzliche Abflußgerinne wie Löwen- und

[1] Siehe Literaturnachweis.

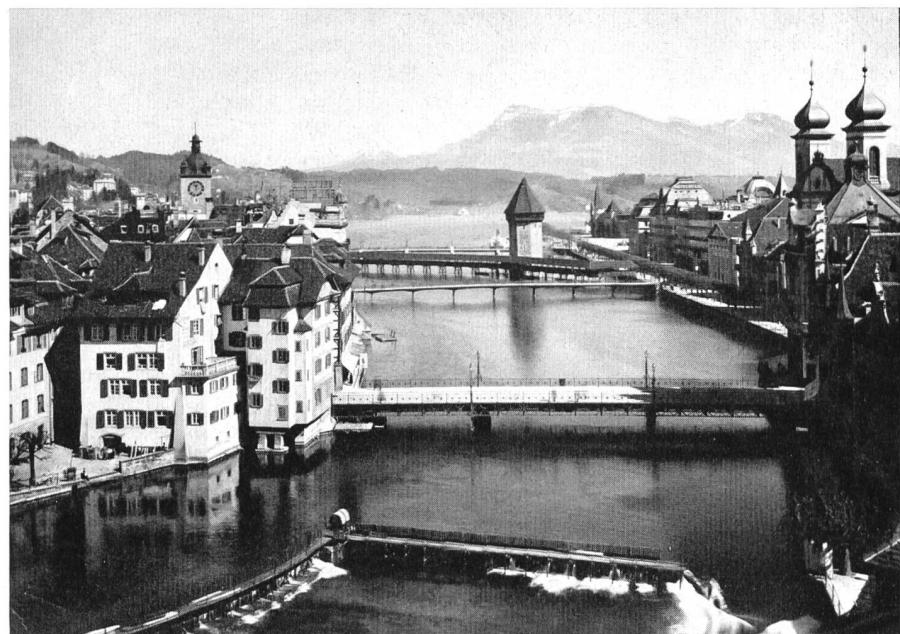


Bild 3

Die Reuss in Luzern zwischen dem heutigen Wehr und dem See; im Vordergrund links Seitenwehr, rechts Querwehr.

Aufnahme 1932 durch Franz Schneider, Luzern, zur Verfügung gestellt von der Städt. Baudirektion

Hirschengraben aufgehoben und somit die Seestände eher weiter erhöht worden waren.

Den Anstoß zur Erstellung des heutigen Nadelwehres (Bilder 3, 4 und 9) in den Jahren 1859—61 an der Stelle der alten festen Schwelle gaben mittelbar die Bahnbauten der Zentralbahn am Seeausfluß. Am 9. Oktober 1858 unterzeichneten Vertreter des Bundes, aller Uferkantone des Vierwaldstättersees und der schweizerischen Zentralbahn einen Vertrag, die Verbesserung des Seeabflusses in Luzern betreffend. Die Dekkung der bewilligten Baukosten im Betrage von 97 000 Franken wurde durch Beiträge des Bundes (25 %), der Uferkantone (ca. 41 %) und der schweizerischen Zentralbahn (ca. 34 %) sichergestellt. Im Art. 7 dieses Vertrages ist auch festgelegt, durch wen das Wehrreglement aufzustellen ist, und welche Grundsätze darin zu berücksichtigen sind.

In Vollziehung dieses Artikels wurde durch die Regierung des Kantons Luzern in Übereinstimmung mit den Regierungen von Uri, Schwyz, Ob- und Nidwalden

nach längeren Versuchen das Reglement vom 27. Juni 1867 aufgestellt. Seither geschieht die Bedienung des Wehrs durch die Stadt Luzern unter der Oberaufsicht des Kantons nach dem genannten Reglement.

Das neue Wehr sollte eine Absenkung der hohen Seestände um 60 cm bewirken. Die Zentralbahn hatte sich nicht zuletzt deswegen an den Kosten beteiligt, weil die Absenkung ihr erlaubte, die Aufschüttung für die Bahnhofsanlage entsprechend tiefer zu halten [3].

Die Nutzung des am Wehr vorhandenen Gefälles in größerem Umfang datiert seit dem Jahr 1889, als durch die Korporationsgemeinde Luzern anstelle der 1875 abgebrannten 4 Stadtmühlen aus dem 13. Jahrhundert vorläufig die östliche Hälfte des von Baudirektor Stirnimann projektierten Wasserwerks erstellt wurde. Es sind 3 Jonvalturbinen installiert, die unter 1,5 m Gefälle bei Niederwasser je $6 \text{ m}^3/\text{s}$ schlucken und 80 PS leisten, welche Leistung bis 1926 mechanisch auf die im sog. Gewerbegebäude aufgestellten Arbeitsmaschinen übertragen wurde. 1926 wurden Generatoren

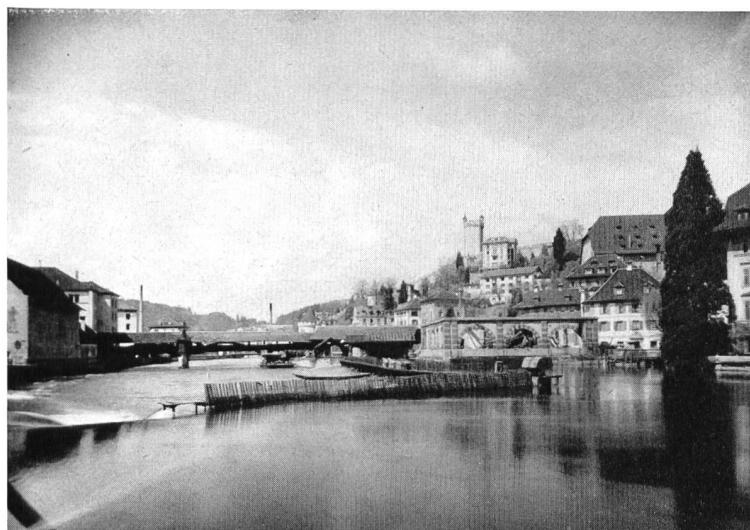


Bild 4

Das Nadelwehr in Luzern, flussabwärts gegen die Spreuerbrücke gesehen, nach dem Brande des Gewerbegebäudes (Ruine im Vordergrund rechts).

Aufnahme vom 22. April 1933 der Städt. Baudirektion Luzern. Seestand 433,50, Reußwassermenge 87 m^3/s

aufgestellt zwecks elektrischer Übertragung und Abgabe der nicht benötigten Leistung an das Elektrizitätswerk der Stadt Luzern. Im September 1932 brannte das Gewerbegebäude ab und wurde nicht wieder aufgebaut. Seither wird die ganze Erzeugung, ca. 800 000 kWh jährlich, an das städtische Elektrizitätswerk abgegeben, welches auch den Betrieb besorgt.

Seit 1867 sind eine Menge von Expertisen und Projekten zur weiteren Absenkung der Hochwasserstände ausgearbeitet worden. Wir müssen uns hier aber darauf beschränken, die seit dem Hochwasser vom Juni 1910 mit seinen großen Überschwemmungen gemachten Anstrengungen darzustellen.

Veranlaßt durch die erwähnten hohen Seestände vom Juni 1910 wurden bereits 1911 die damals sehr bekannten Ingenieure Dr. Epper, Kürsteiner und Lüninger mit einer Expertise beauftragt. Die Vorschläge der Experten wurden im folgenden Jahr durch die Kantone grundsätzlich gutgeheißen, aber der erste Weltkrieg und andere neue Umstände, wie ein Konzessionsgesuch der Centralschweizerischen Kraftwerke (CKW) für die Ausnützung der Wasserkräfte der Reuss zwischen dem Vierwaldstätter- und dem Zugersee durch ein Kraftwerk Küsnacht-Immensee, und wie der durch den Reußverband gefaßte Beschluß, einen allgemeinen Wasserwirtschaftsplan der Reuss vom Vierwaldstättersee — einschließlich dessen Regulierung — bis zur Aare auszuarbeiten, verzögerten jede praktische Beschlüffassung.

Als Reminiszenz und frühes Beispiel für die finanzielle Beteiligung der Unterlieger an Maßnahmen für die Verbesserung des Abflusses sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß die interessierten Werke an Reuß

und Aare auf eigene Kosten 1917 am Wasserwerk der Korporation ein Leerlaufwehr [4] einbauen ließen, um die mit dem täglichen Abstellen des Werkes über Mittag und Nacht sowie an Sonntagen bis dahin aufgetretenen Abflußschwankungen zu vermeiden.

Der Umstand, daß es an den Juraseen Ende Sommer 1917 möglich geworden war, eine Regulierung zur Verbesserung der Energieproduktion nach dem Reglement Motor des Verbandes Aare-Rheinwerke durchzuführen, führte den Reußverband zu einem analogen Vorschlag für den Vierwaldstättersee, der einen Herbststau auf 434.04 vorsah. Mit dem Einverständnis von Kanton und Stadt Luzern und auf Kosten sämtlicher Werke bis Basel wurden am Wehr die nötigen Änderungen für den Höherstau auf 434.04 [4] vorgenommen und der See bis Ende November auf Kote 433.98 gebracht. Die starke Opposition der Urkantone zwang dann aber zur vorzeitigen Wiederabsenkung des Sees auf Kote 433.79, von wo an bis zum März 1918 die weitere Absenkung auf 433.22 erfolgen konnte.

In der Folge studierte das eidg. Amt für Wasserwirtschaft, indem es sich auf diese Erfahrungen stützte, ein neues Wehrreglement, das als Übergangslösung die bestehende Situation verbessern sollte bis zum Zeitpunkt, da ein Projekt für die Vierwaldstätterseeregulierung aufgestellt und verwirklicht sein würde. Die Kantone stimmten diesem Reglement zu, machten aber Vorbehalte rechtlicher Natur, so daß dasselbe nicht in Kraft gesetzt werden konnte. Schließlich wurde 1929 beschlossen, das alte Reglement 1867 bis zur definitiven Durchführung der Seeregulierung, welche die Überschwemmungsgefahr beseitigen soll, beizubehalten. Ferner wünschten

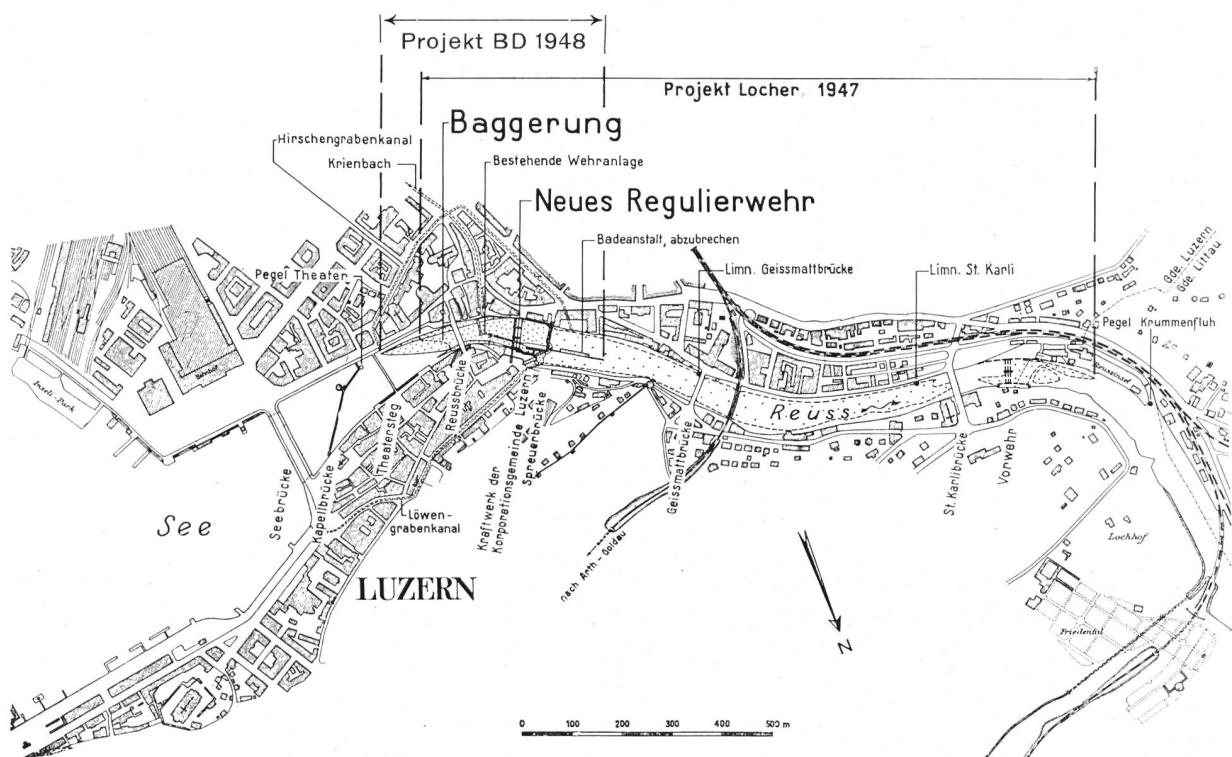


Bild 5 Reußkorrektion Luzern, Übersichtsplan ca. 1 : 15 000, See bis Krummenfluh.
Projekte BD 48 und Locher 1947

die Kantone, daß das eidg. Amt für Wasserwirtschaft die Abklärung der definitiven Regulierung an die Hand nehme.

Das Amt führte seine Studien zusammen mit den Uferkantonen und der Stadt Luzern durch und legte, nachdem 1933 noch Sondierungen im Reußbett durchgeführt worden waren, 1934 ein generelles Projekt mit Kostenvoranschlag vor. Die Detailprojektierung der Regulieranlagen sowie der Reußkorrektion führte dann über die Projekte Locher/Erni 1936 und 1939 zu den Projekten 1941 und 1942 der Baudirektion der Stadt Luzern (Projekte BD 41 und BD 42), wovon jeweils das erste ohne, das zweite mit einem Hilfswehr unterhalb des Regulierwehrs zur Aufrechterhaltung der heutigen Niederwasserspiegel.

Die heutigen Projekte für eine Korrektion der Reuß und ein neues Regulierwehr in Luzern

Das vorerwähnte Projekt BD 42 im Kostenvoranschlag von 3,0 Mio Fr. (Preisbasis 1936) wurde im Jahre 1943 durch die Stadt Luzern als ihr definitives Projekt den Bundesbehörden zur Prüfung eingereicht. Das eidg. Amt für Wasserwirtschaft beauftragte mit dessen Prüfung die Firma Locher in Zürich, welche als Resultat ihrer Prüfung 1947 ein eigenes Projekt vorlegte (Projekt Locher 1947) mit dem Kostenvoranschlag von nunmehr 8,2 Mio Fr. (Preisbasis Sommer 1947). Die gründliche nochmalige Analyse der vorhandenen hydraulischen Unterlagen hatte ergeben, daß die Einhaltung der für die Projektierung geltenden Bedingung, es seien $455 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q_{\max} \text{ HW 1910}$) bei einem Seestand von 434.45 (Schadensgrenze) abzuführen, nur durch eine

flussabwärts bis zum ehemaligen Reußinselwehr ausgedehnte Baggerung einzuhalten sei. (Es waren zwischen See und Wehr Strickler-Koeffizienten von nur 20 errechnet worden).

Obwohl der größte Teil der Mehrkosten des Projektes Locher 47 durch die eingetretene Teuerung, eine vorsichtige Einschätzung der Einheitspreise und Zuschläge, wie auch zusätzlich geforderte Nebeneinrichtungen (Hilfswehr/Kahnrampe, Fischtreppe) erklärt werden konnte, wurde von der Interkantonalen Konferenz vom 14. Januar 1948 eine Reduktion des Projektumfangs als unerlässliche Voraussetzung für eine baldige Verwirklichung betrachtet. Das nachstehend beschriebene Projekt BD 1948 der Stadt Luzern wurde als erste Etappe der vorgesehenen Gesamtkorrektion aufgestellt und verzichtet in diesem Sinne fast gänzlich auf die hydraulisch wenig wirksamen Arbeiten unterhalb des neuen Wehrs und erreicht durch eine etwas stärkere Baggerung oberhalb desselben bis auf $25 \text{ m}^3/\text{s}$ dasselbe Abflussvermögen, d. h. 82 % der vorgesehenen Abfluss erhöhung von $134-142 \text{ m}^3/\text{s}$, je nach Seestand. Wie die früheren Projekte BD 41 und BD 42 hat es den damaligen Stadtingenieur E. Maag zum Verfasser, welcher sich sehr für eine neue Regulierung einsetzte (Bilder 5 und 6).

(Bilder 5 und 6). Hinsichtlich Herabsetzung der hohen Seestände erzielt das Projekt BD 48 nahezu dieselbe Wirkung wie das Gesamtprojekt, indem einzig beim HW Juni 1910 der höchste Seestand um 3 cm weniger abgesenkt werden kann. Dieses etwas erstaunliche Resultat zeigt, daß die 1929 für die Projektierung aufgestellte, vorhin erwähnte Richtlinie vom wirtschaftlichen Standpunkt aus nur schwer aufrechtzuerhalten ist.

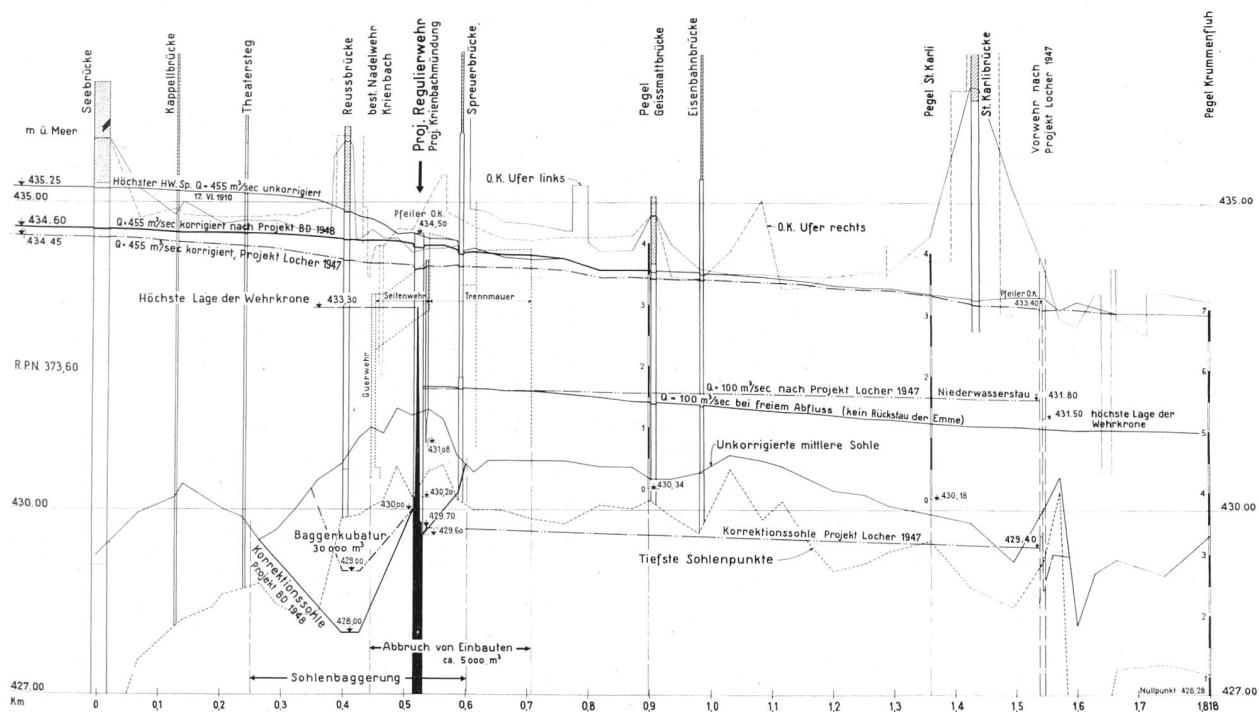


Bild 6 · Reußkorrektion in Luzern. Längenprofil See bis Krummenfluh. Projekte BD 48 und Locher 1947

*Das Reglement über das Öffnen und Schließen des Reußwehres in Luzern vom 27. Juni 1867.
Mängel des heutigen Zustandes.*

Die wesentlichsten Bestimmungen dieses Reglements folgen nachstehend. (Als Fußnoten 1—5 sind die von a. Kantonsingenieur O. Enzmann in [5] angegebenen Erläuterungen beigefügt.)

§ 2: Der durch den Vertrag vom 9. Oktober 1858 bezeichnete niedrigste Wasserstand¹ soll auch in Zukunft beibehalten werden. Als niedrigster Wasserstand gilt die Höhe des Schwellkopfes im ehemaligen Reußwehr, welcher laut Verbalprozeß vom 21. Februar 1860 7 Fuß 21 Linien über der Oberfläche der Wehrquadranten des neuen Wehres und, laut Expertengutachten vom 8. Februar 1866, um 7 Zoll 9 Linien² unter der Oberfläche des gegenwärtigen, steinernen Wehrkopfes³, worauf die Winde zum Aufziehen der Jochs steht, sich befand, und dem ein Stand des Pegels beim Theater von 49 Zoll und 4 Linien entspricht⁴.

Diese Minimalwasserhöhe ist an der Seitenfläche des Wehrkopfes durch eine Marke zu bezeichnen.

§ 3: Bei der Bedienung der Schwellwerke soll als Regel gelten, die Seestände möglichst tief zu halten.

Die Schleusen dürfen geschlossen bleiben, solange der Wasserstand das Marchzeichen, welches 7 Zoll 9 Linien unterhalb der Oberfläche des steinernen Wehrkopfes angebracht sich befindet, nicht übersteigt, oder solange der Pegel beim Stadttheater nicht weniger als 4 Fuß 94 Linien zeigt.

Sowie der Wasserstand das Marchzeichen am steinernen Wehrkopf oder den vorhin bezeichneten Pegelstand zu übersteigen beginnt, wird zur Öffnung der Schleusen geschritten und damit fortgefahren, so lange, als das Wasser noch die im Art. 2 festgesetzte Minimalhöhe übersteigt.

Bei einer Pegelhöhe von 2 Fuß sollen auch sämtliche Schwelladen am Mühlenkanal und der Floßrechen in demselben beseitigt werden⁵.

§ 4: Im Falle, daß das aus dem See abfließende Wasserquantum noch durch eine Anschwellung der Emme so wesentlich vermehrt wird, daß eine Gefahr für die untern Reußgegenden sichtlich zu besorgen ist, so soll — in Übereinstimmung mit der im Expertengutachten vom 18. September 1858 ausgesprochenen Ansicht — die Regierung von Luzern berechtigt sein, während der gewöhnlich kurzen Dauer der Hochwasserstände der Emme mittelst des Wehres den Seeausfluß im erforderlichen Maße zu beschränken. Diese Einschränkung soll im Maximum jedoch 4000 Kubikfuß pro Sekunde⁶ nicht überschreiten und jeweils nicht länger als 24 Stunden dauern.

¹ Derselbe ist identisch mit dem niedrigsten Wasserstand, wie er vor dem Abbruch des alten festen Wehres vorkam; dieser Stand war durch die Höhe eines festen Pfahles bezeichnet, der sich im alten Wehre befand.

² Niedrigster Wasserstand daselbst 7 Zoll und 9 Linien tiefer = 0,237 m, demnach Kote des niedrigsten Wasserstandes beim Nadelwehr = 433,233 m ü. M.

³ Kote der Oberfläche des steinernen Wehrkopfes, worauf die Winde zum Aufziehen der Jochs steht, laut Nivellement des eidg. hydr. Büros vom Januar 1904 = 433,47 m ü. M.

⁴ Der alte Schwimmerpegel in Fußmaß mit Nullpunkt oben, beim Theater ist seit Jahrzehnten eingegangen. Die früher zwischen 1879 und 1904 bei demselben durch die eidg. Landeshydrometrie durchgeföhrten Vermessungen des Nullpunktes ergeben periodische Schwankungen desselben. Zur Zeit des Nadelwehrbaues dürfte derselbe in Relation zum niedrigsten Wasserstand beim Wehr auf Kote 433,233 plus 49 Zoll und 4 Linien + 2 cm Wasserspiegelgefälle zwischen Nadelwehr und Theaterpegel = auf Kote 434,735 m ü. M. gelegen haben.

⁵ Pegelhöhe beim alten Theaterpegel von 2 Fuß = 434,735 — 0,60 = 434,135 m ü. M.

⁶ 4000 Kubikfuß = 108 m³/sec.

1 Fuß = 10 Zoll = 100 Linien = 30 cm

Auf Grund der Angaben von O. Enzmann läßt sich der Inhalt des Reglements folgendermaßen zusammenfassen:

a) Der Seeabfluß beim Nadelwehr in Luzern ist weit möglichst auf einen Oberwasserstand am Wehrkopf von 433,23 m ü. M. zu regulieren, dies durch Aus- und Einbringen von Nadeln am sog. Querwehr.

- b) Wenn der Wasserstand am Theaterpegel die Kote 434,13 m ü. M. übersteigt, so sind auch sämtliche Schwelladen am Mühlenkanal (heute Seitenwehr genannt und ebenfalls mit Nadeln ausgerüstet) zu entfernen und der Floßrechen (heute Leerlaufschützen) ist zu öffnen.
- c) Bei Emmen-Hochwasser darf der Seeabfluß in Luzern durch entsprechendes Schließen des Nadelwehrs um maximal 108 m³/s und höchstens während 24 Stunden gedrosselt werden.

Unter Einrechnung des Wasserspiegelgefäßes bis zum See entspricht dem Oberwasserstand 433,23 am Wehr bei einem Niederwasserabfluß von 28 m³/s (an 345 Tagen überschritten) ein Seestand von 433,25 (Absenkungsgrenze) und dem Wasserstand 434,13 am Theaterpegel ein Seestand von 434,24 (Reguliergrenze), wobei die Abflußmenge vor Öffnen des Seitenwehrs und Freilaufs rund 245 m³/s, nach Öffnen rund 284 m³/s beträgt.

Wegen dem mit zunehmender Abflußmenge rasch wachsenden Wasserspiegelgefälle zwischen Wehr und See ergibt die Konstanthaltung des Oberwasserspiegels am Wehr bis zu einem Abfluß von rund 165 m³/s, entsprechend einem Seestand von rund 433,60, eine stetige Abflußregulierung. Zwischen diesem Stand und 434,24 bleibt das Wehr nach Reglement unverändert.

Geht man von früheren Nivellementsergebnissen z. B. den Querprofilaufnahmen Epper 1879 des Wehrs aus, dann erhält man die Absenkungsgrenze zu 433,20 am Wehr, die Reguliergrenze im See zu 434,17; ein Plan von Epper aus dem Jahr 1881 gibt die Absenkungsgrenze an der Seebrücke sogar mit 433,16 an. Ebenso hat unser Amt als Reguliergrenze im See die Kote 434,15 ermittelt.

Praktisch ist im Laufe der Jahre auf Grund veränderter und neuer Bedürfnisse die Regulierweise diesen Bedürfnissen angepaßt worden. So hält sich heute die Stadt Luzern an die Seestände 433,20 als Absenkungs- und 434,00 als Reguliergrenze und wendet innerhalb dieses Regulierbereichs zwei Grundsätze an:

1. den Öffnungsgrad des Wehrs nach einer für eine längere Reihe früherer Jahre festgestellten Beziehung zwischen Seestand und Wehrstellung zu wählen, wobei doch eine gewisse Anlehnung an die langjährige mittlere Verlaufskurve der Seestände gesucht wird;
2. unter normalen Verhältnissen nicht mehr als 3 Fach des Querwehrs (3 x 1,50 m) pro Tag zu öffnen oder zu schließen.

Die Kote 433,20 wird immerhin in extremen Trockenzeiten trotz geschlossenem Wehr unterschritten, weil die Turbinenanlage stets voll mit 18 m³/s ausgenutzt wird.

Im Mittel ist das Querwehr während 4 Monaten pro Jahr offen. Weil das Öffnen des Seitenwehrs bei Seeständen über 434,00 schwierig wird, geschieht dies in der Regel nun bei diesem Wasserstand; dies liegt aber auch im Interesse der See- sowohl als der Reußanwohner.

Diese eher subjektive Regulierung hat gewisse Nachteile. Vor allem läßt sie die Unterlieger im Ungewissen, über die zu erwartenden Abflußmengen. Für bestimmte Interessierte — unter anderem die Wasserkraftnutzung — bietet es Vorteile, die Abflußmengen zum voraus zu kennen (Aufstellung der Betriebspro-

gramme, allfällige Bauarbeiten an den Ufern). Im weiteren ist es klar, daß nur lange Erfahrung das mit der Erteilung der Weisungen für die Bedienung der Reguliereinrichtungen betraute Personal instand setzen kann, eine Regulierung zu Stande zu bringen, die gleichwertig ist einer solchen auf Grund eines präzisen, detaillierten Reglements, welches auf Grund der hydrographischen Verhältnisse einer langen Jahresreihe ausgearbeitet wurde. Der Nachteil des Fehlens einer expliziten Darstellung der nach Reglement bei den verschiedenen Seeständen abzugebenden Wassermengen wird wenigstens für die Kraftwerke heute dadurch gemildert, daß auf Grund eines Abkommens die Wehrumstellungen den Reußwerken bis Bremgarten gemeldet werden.

Das Aus- und Einbringen der Nadeln ist zeitraubend, schwerfällig und manchmal auch gefährlich (Bilder 7 und 8). Bei Seeständen über 434.00 ist es überhaupt unmöglich, das Wehr wieder zu schließen, wie es die Rücksicht auf die Unterlieger im Falle eines Emmehochwassers erfordern würde; die entsprechende Klausel des Reglements konnte daher gar nie angewendet werden. Indessen tritt durch den natürlichen Rückstau der Emme eine Abflußverminderung von 50—60 m³/s ein.

Trotz der seinerzeit durch die Erstellung des Nadelwehrs erzielten Verbesserungen befriedigt die Regulierung nicht vollständig. Das Abflußvermögen der Reuß in Luzern ist immer noch zu klein, um Hochwasser wie dasjenige von 1953 oder gar 1910 zu vermeiden (vergl. Bild 7 des Aufsatzes von E. Walser über Niederschlags- und Abflußverhältnisse im Einzugsgebiet der Reuß).

Während des Junihochwassers 1910 — allerdings bei weitem das größte in den 100 Jahren seit Erstellung des Nadelwehrs — verursacht durch das Zusammenfallen außergewöhnlicher Niederschläge mit der Schneeschmelze, waren während mehr als zwei Wochen die Quai-anlagen und tiefen Teile von Luzern, Weggis, Vitznau, Brunnen, Flüelen und Alpnachstad überschwemmt; an vielen Stellen war der Verkehr unterbrochen und zahlreiche Bauten, eingelagerte Waren und Pflanzungen erlitten Schäden, die damals auf mehrere Hunderttausende von Franken geschätzt wurden.

Vorarbeiten für die jetzigen Projekte.

Es seien hier raumshalber nur zwei Besonderheiten erwähnt: Erstens die Schwierigkeiten, die bisherigen und die neuen sekundlichen Abflußmengen aus dem See bei Hochwasser zu bestimmen, indem die kleine Emme bei ihren meist mit den hohen Seeständen zusammenfallenden Abfluß spitzen die Reuß derart einstaut, daß die normalen Pegelrelationen nicht mehr zutreffen.

Die zweite Erschwernis lag darin, daß unterhalb des projektierten Wehrs vor allem links der Reuß alte Quartiere liegen, die in durchlässigem Baugrund zum Teil auf Holzpfählen fundiert sind. Bei jenen Projekten, welche unterhalb des neuen Wehrs wesentliche Baggerungen vorsahen, mußte daher ein besonderes Hilfswehr vorgesehen werden, um die bisherigen mittleren Wasserstände aufrechterhalten zu können.

Die starke Verschiedenheit des Untergrundes in dieser Gegend machte eine große Zahl von Sondierungen nötig, um einen geeigneten Standort für das neue Wehr wählen zu können. Es wird nun rund 80 m unterhalb des jetzigen Wehrs zu stehen kommen. Dort kann wenigstens eine Öffnung, die rechte, direkt auf die Molasse aufge-

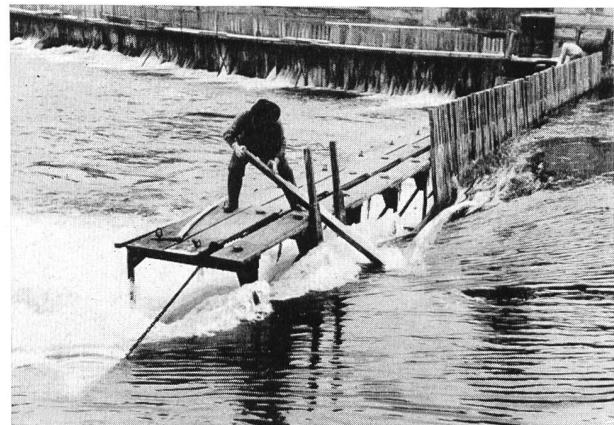


Bild 7 Nadelwehr Luzern. Einsetzen der Nadeln. Die im Bilde sichtbaren Blöcke liegen in geöffnetem Zustand des Wehrs umgeklappt auf der Wehrschwelle und werden mittels der auf dem Wehrpfeiler montierten Handwinde und der im Bilde sichtbaren Kette einer nach dem andern aufgestellt. Dann werden die Brückenladen aufgelegt und die Nadeln eingesetzt. Aufnahme Franz Schneider, Luzern, 1940.

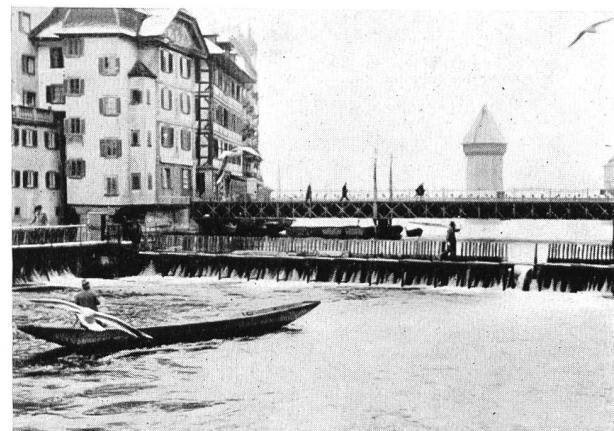


Bild 8 Nadelwehr Luzern, vom Unterwasser. Der Mann im Weidling hat die Aufgabe, Arbeitern, die ins Wasser fallen sollten, wieder herauszuholen. Seit Jahrzehnten ist dies indessen nicht vorgekommen. Dagegen sind häufig Nadeln aufzufischen. Photo Franz Schneider, Luzern, 1940

setzt werden, welche einzig an dieser Stelle in erreichbarer Tiefe ansteht, während die beiden andern Öffnungen auf die kiesigen Ablagerungen des Kriensbachs zu stehen kommen, welche ihrerseits dann von Schlemmsanden des früheren Seegrundes unterlagert sind.

Das Projekt 1948 der Baudirektion der Stadt Luzern.

a) Reußbaggerung

Wie aus dem Situationsplan (Bild 5) und dem Längenprofil (Bild 6) hervorgeht, erstreckt sich die eigentliche Sohlenbaggerung vom Theatersteg bis zur Spreuerbrücke und macht lokal bis 3 m, im Mittel etwa 2 m aus. Die Aushubkubatur beträgt 30 000 m³. Dazu kommt noch das Ausräumen der alten Badanstalt und von Fundamenten unterhalb des neuen Wehrs im Ausmaß von 5000 m³.

Die Kosten werden stark durch die an Reuß- und Spreuerbrücke nötigen Unterfangungsarbeiten beeinflußt. Bei der Spreuerbrücke, welche zudem in den Bereich der Abströmung des neuen Wehrs kommt, müssen sämtliche Pfeiler und das rechte Widerlager teilweise neu erstellt werden.

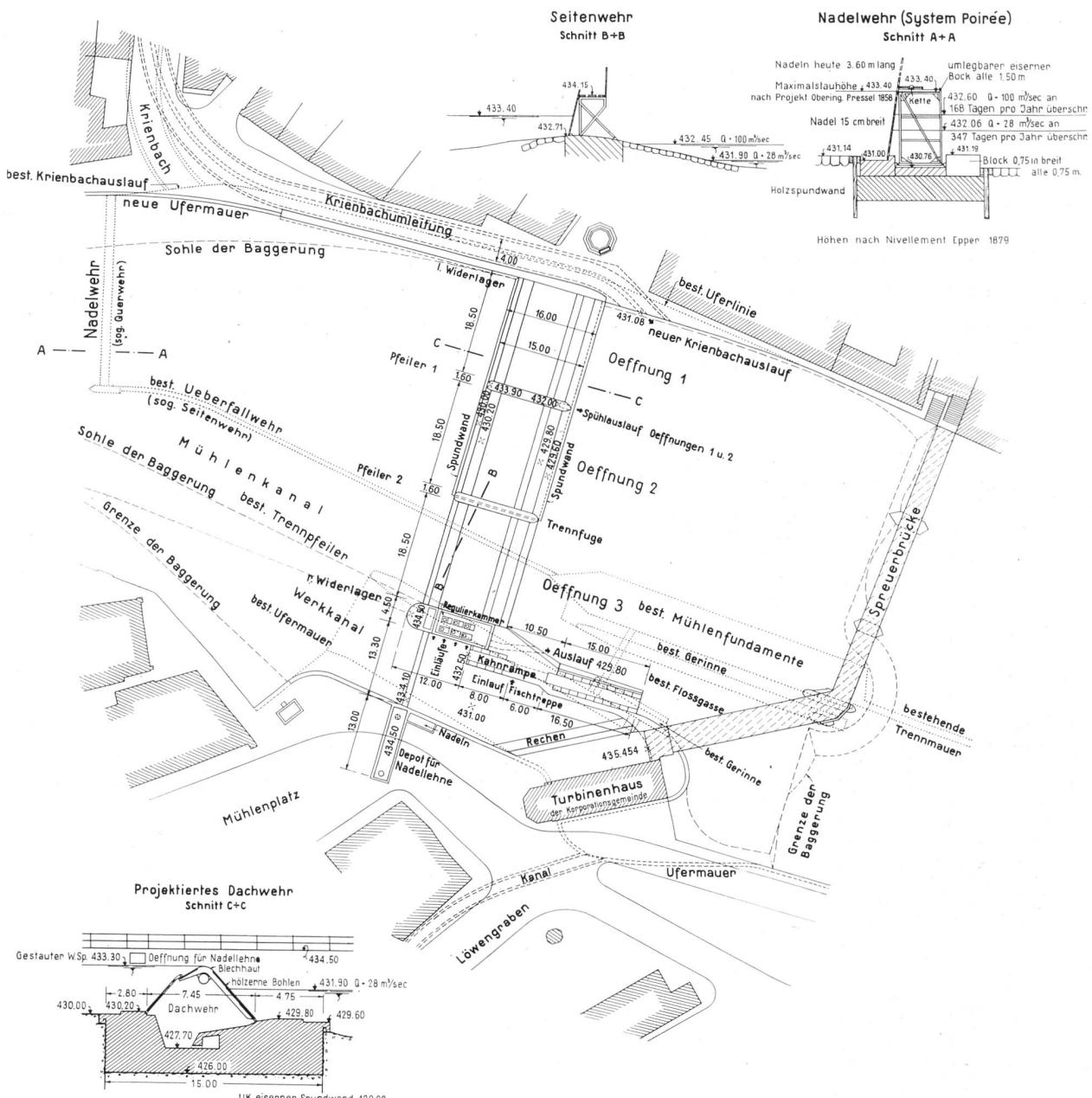


Bild 9 Bestehendes und projektiertes Regulierwehr in Luzern.
Lageplan ca. 1 : 1125 und Schnitte ca. 1 : 450 / 1 : 225

Bei der *Reußbrücke* werden die beiden Pfeilerfundamente durch die Baggerung freigelegt und müssen unterfangen werden. Darüber hinaus sind natürlich im Anschluß an das neue Wehr neue Ufermauern nötig.

b) Regulierwehr (Bild 9)

Lage: Neben den geologischen Gründen war eine möglichst flußabwärtige Lage des Wehrs anzustreben, insbesondere auch, um aus dem Bereich der durch die Flußkrümmung unterhalb der Reußbrücke verursachten ungleichmäßigen Strömung herauszukommen, welche einseitige Belastungen der Wehrkörper und damit Festklemmen oder gar Bruch derselben bewirken könnte. Die Grenze dafür ergab sich aus der Forderung, daß der Kienbach auf jeden Fall ins Unterwasser geleitet

werden mußte, um Gewähr dafür zu haben, daß das von ihm eingebrachte Geschiebe nicht im Reußbett liegen bleiben würde. Eine Geschiebezufluhr zum Oberwasser wäre übrigens auch im Hinblick auf das Wehrsystem untnlich.

Abmessungen: Die verfügbare Wehrbreite zwischen den Widerlagern von 58,70 m ist auf drei Wehröffnungen von je 18,50 m und zwei Pfeiler von je 1,60 m Stärke aufgeteilt. Die Wehrschwelle liegt auf Kote 430.20, die Wehrkrone auf 433.30, womit die Verschlußhöhe 3,10 m beträgt. Die Kote 433.30 stellt praktisch den höchsten Seestand dar, der beim künftigen minimalen Seeabfluß von 20 m³/s noch eingehalten werden kann, denn die Ausbauwassermenge der bestehenden Turbinenanlage beträgt 18 m³/s, so daß dann nur 2 m³/s

Wasser über das Wehr fließen werden. Ausnahmsweise noch tiefere Abflußmengen wären ausschließlich mit den Turbinen zu regulieren.

Die Bedingung, daß der Aufstau bzw. die Abflußreduktion nicht unzulässig groß werden darf, wenn eine Wehröffnung infolge Revision oder Reparatur ausfällt, ergab als minimale Zahl der Öffnungen drei. Bleibt eine davon abgesperrt, so fließen $455 \text{ m}^3/\text{s}$ erst bei einem um rund 25 cm höheren Seestand ab; dank der Seeretention würde jedoch der höchste Seestand nicht im selben Maße erhöht.

Wehrsystem: Aus ästhetischen Gründen wird ein hydraulisches Dachwehr vorgesehen, weil es erlaubt, ganz ohne Bedienungssteg auszukommen. Dieses System hat sich für ähnliche Aufgaben, z. B. beim neuen Regulierwehr Platzspitz in Zürich, bewährt.

Die Regulierung — getrennt für jede Öffnung so, daß jede Schütze unabhängig von den anderen manövriert werden kann — ist im rechten Widerlager untergebracht.

Notverschlüsse: Im Hinblick auf die weitreichenden Folgen einer unbeabsichtigten Absenkung des Seespiegels mußte gefordert werden, daß auch bei Versagen eines Wehrverschlusses die betreffende Öffnung sofort abgesperrt, d. h. der oberwasserseitige Notverschluß auch unter voller Strömung eingesetzt werden könne. Für das Oberwasser ist deshalb ein Nadelwehr mit vom Ufer her einschiebbarer Nadellehne in Form eines kastenförmigen Trägers von 42 m Länge vorgesehen.

Als unterwasserseitiger Notverschluß ist ebenfalls ein Nadelwehr vorgesehen, das jedoch nur bei abgesperrter Wehröffnung eingesetzt zu werden braucht. Dementsprechend ist die Nadellehne über die Breite einer Wehröffnung in 5 Felder geteilt und wird auf Böcke abgestellt, welche vom Boot aus in entsprechende Aussparungen in der Wehrschwelle eingesetzt werden.

Fischpaß und Kahnrampe: Diese sind in die neue Trennmauer zwischen Turbinen-Zulauf-Kanal und Wehr-Unterwasser eingebaut, welche auf Fels fundiert werden kann. Dadurch, daß Kahnrampe und Fischpaß übereinander in dieselbe Axe gelegt wurden, konnte noch etwas an Breite gespart werden.

c) Krienzbach-Umleitung:

Wie bereits erwähnt, ist das neue Wehr so weit flußabwärts vorgesehen, als es möglich ist, den verlängerten Krienzbach zwischen Ufermauer und bestehenden Häusern unterzubringen, vgl. Bild 9. Das neue Gerinne erhält damit eine Länge von 80 m, einen lichten Querschnitt von rund 8 m^2 und ein Sohlengefälle von 1%, so daß es die bis zu $20 \text{ m}^3/\text{s}$ betragenden Hochwasser mit ihrer Geschiebefracht von bis zu 1000 m^3 pro Mal aus dem oberen wildbachartigen Teil des $10,6 \text{ km}^2$ umfassenden Einzugsgebietes ohne Ablagerung ins Wehr-Unterwasser abführt.

Andererseits wird durch einen Saugüberfall in Verbindung mit einer Schwelle dafür gesorgt, daß das Niederdwasser, welches die gesamten ungeklärten Abwässer der Gemeinde Kriens enthält, vollständig in die Hirschengrabenkanalisation abfließt.

d) Kanalisation:

In den Projekten seit 1939 wurde durchwegs vorgesehen, die beiden Hauptkanalisationsstränge, nämlich linksufrig die Hirschengraben- und rechtsufrig die Lö-

wengrabenkanalisation um je rd. 1,1 km bis unterhalb der St. Karlibrücke weiterzuführen und sämtliche Kanalisationen auf dieser Strecke in sie einzuleiten. Bei den Projekten Locher 1939 und 1947 wäre dies unerlässlich gewesen, weil zwischen Regulierwehr und projektiertem Grundwasserwehr unterhalb der genannten Brücke eine tief gebaggerte Strecke mit bei Niederdwasser nahezu stehendem Wasser bestanden hätte. Nachdem nun das reduzierte Projekt (BD 48) unterhalb der Spreuerbrücke praktisch keine Veränderung der Abflußverhältnisse bringt, besteht vom Standpunkt der Seeregulierung aus keine Veranlassung, diese Kanäle wesentlich zu verlängern. Die zu 1,4 Mio Fr. (Preisbasis 1947) veranschlagten Kosten der Sammelkanäle können damit für die Seeregulierung größtenteils wegfallen. Die Stadt wird allerdings dieselben in absehbarer Zeit doch erstellen müssen, wenn die in der Gegend Emmen geplante städtische Kläranlage Gestalt annimmt.

e) Kosten:

Auf Preisbasis 1947 ergeben sich folgende angehöerte Beträge für das Projekt BD 1948

Regulierwehr	2,30 Mio Fr.
Baggerarbeiten	0,45 Mio Fr.
Brückenumbauten	0,40 Mio Fr.
Ufermauern-Unterfangungen	0,10 Mio Fr.
Krienzbachumleitung	0,35 Mio Fr.
Kanalisationen	0,05 Mio Fr.
Erwerb von Rechten	0,17 Mio Fr.
Projekt und Bauleitung	0,25 Mio Fr.
	4,07 Mio Fr.

Wenn wir für die seitherige Teuerung auf die Entwicklung der Handlangerlöhne vom 15. Mai 1946 bis 1. März 1958 abstellen (Erhöhung 32,5%), so kommen wir auf heutige Baukosten von rund 5,3 Mio Fr. Die Vierwaldstätterseeregulierung würde also etwas weniger kosten als die 1951 in den Hauptteilen abgeschlossene Zürichseeregulierung. Sie hat mit dieser das eine gemeinsam, daß die Hauptvorteile in bezug auf die Herabsetzung der Überschwemmungsgefahr den oberen Kantonen zufallen, diese jedoch — einfach ausgedrückt — das Ganze als eine späte Wiedergutmachung früherer unzulässiger Stauungen durch die Stadt Luzern betrachten und demzufolge sich nicht allzusehr verpflichtet fühlen, an die Kosten viel beizutragen.

Neues Wehrreglement und Wirkungen der Regulierung

Parallel zu den Projektierungsarbeiten untersuchte das Amt für Wasserwirtschaft auf Wunsch der Uferkantone die Möglichkeiten für ein neues Wehrreglement. Über die Wünsche und Bedürfnisse der See- und Uferbewohner verschaffte man sich eine klare Unterlage dadurch, daß man 1946 sämtlichen Ufergemeinden einen detaillierten Fragebogen zur Beantwortung zustellte.

Der anzustrebende Verlauf der Seestände über das Jahr, gewissermaßen die Leitlinie, wurde auf Grund der eingegangenen Fragebogen sowie nach Besprechungen mit verschiedenen Gemeinden festgelegt; sie trägt den zum Teil stark voneinander abweichenden, ja sogar sich widersprechenden Begehren nach bestem Wissen und Gewissen Rechnung.

Der ursprüngliche, auf ein Abflußvermögen von $455 \text{ m}^3/\text{s}$ beim Seestand 434.45 zugeschnittene Regle-

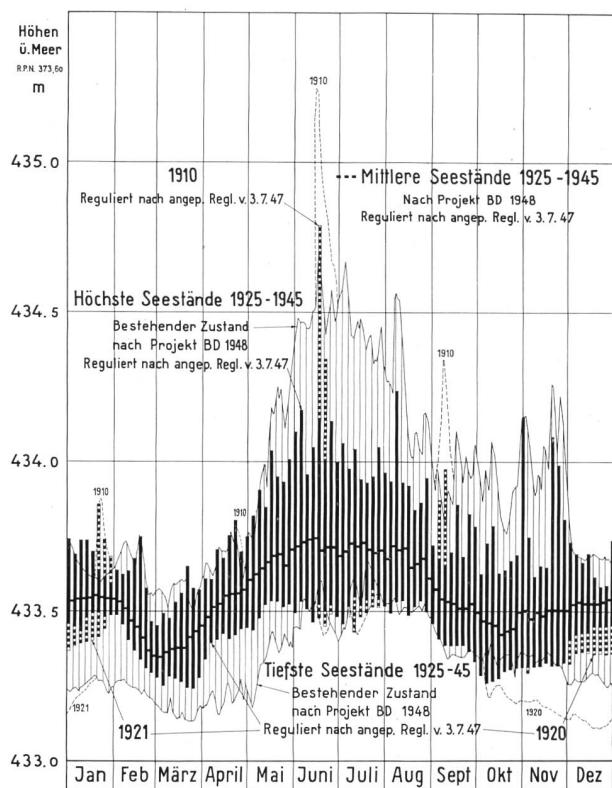


Bild 10 Vierwaldstättersee. Grenzkurven der höchsten und tiefsten Seestände 1910, 1920 und 1925—1945, bestehender und korrigierter Zustand. Mittlere tägliche Seestände 1925—1945 im korrigierten Zustand.

mentsentwurf vom 3. Juli 1947, erfuhr entsprechend dem um $25 \text{ m}^3/\text{s}$ kleineren Abflußvermögen der ersten Etappe eine geringfügige Anpassung. Dieser angepaßte Reglementsprojekt vom 3. Juli 1947, ein reines Regulierlinienreglement [6], ist so konstruiert, daß die regulierten mittleren Seestände der Jahresreihe 1925—45 dem gewünschten Seestandsverlauf sehr nahe kommen (Bilder 10 und 11). Das Resultat ist folgendes:

Um den 1. März herum sind die Seestände am tiefsten, nämlich auf Kote 433,35, so daß allfällige Arbeiten an den Uferbauten wie bisher ausgeführt werden können. Dann beginnt dank zunehmender Zuflüsse die Seestandslinie zu steigen. Ungefähr am 15. März setzt die Laichzeit der Hechte ein, welche bis etwa 20. Mai dauert, und während welcher der See möglichst nicht sinken sollte, damit der Fischlaich nicht trockengelegt wird. Ende Mai hat der See die Kote 433,70 erreicht. Diese ist genügend hoch, damit die hochliegenden Kanalisationsmündungen überspült sind, aber doch nicht zu hoch, um Hochwasser noch auffangen zu können. Bis etwa Mitte August bleibt der mittlere Seestand praktisch unverändert auf dieser Kote, was für die Schiffahrt, für den Badebetrieb und auch vom Standpunkt des Naturschutzes (Wasservögel) vorteilhaft ist. Der Seespiegel liegt damit 10—30 cm tiefer als heute, was die Bedingungen für die Drainage verschiedener flacher Ufergebiete verbessert. Die «Leitlinie» sinkt dann von Mitte August bis Mitte Oktober auf rund 433,45. Damit wird Platz für das Auffangen der nicht selten plötzlich auftretenden Herbsthochwasser geschaffen, während für das Einbringen der Streue bereits ein Seestand von 433,60 oder 433,70 genügt hätte. Mit

Rücksicht auf die allerdings nicht sehr stark vom Seestand abhängigen Winterlaicher steigt die «Leitlinie» von Anfang November bis Ende Januar wieder leicht an auf Kote 433,55, worauf dann im Februar die kräftige Absenkung auf den schon genannten Tiefpunkt 433,35 erfolgt.

Das Jahresmittel der Seestände wird nur unbedeutend, nämlich 3 cm tiefer liegen als bisher. Mit Ausnahme des Sommerhochwassers 1910 würden alle bisherigen Hochwasser unter der Schadensgrenze 434,45 bleiben.

Um trotz der kurzen untersuchten Jahresreihe eine gewisse Sicherheit dafür zu haben, daß bei «normalen» Hochwassern die Schadensgrenze 434,45 nicht überschritten würde, wurde das Reglement so konstruiert, daß die Höchststände der heftigsten Hochwasser der Jahre 1925—45 noch 10 cm darunter geblieben wären, selbst wenn sie in den Vor- oder Nachmonaten stattgefunden hätten.

Um auch das größte, seit über 100 Jahren beobachtete Sommerhochwasser 1910 auf die Kote 434,45 abzusenken, müßten die Seestände in den hochwassergefährdeten Sommermonaten im Mittel auf 433,30 gehalten werden, was aber für Schiffahrt und Badeanlagen und wegen der Kanalisationsausdünstungen unhaltbar wäre. Es wäre den Uferanwohnern und auch den Unterliegern nicht gedient, wenn während einer sehr langen Reihe von Jahren der Vierwaldstättersee auf eine unvorteilhafte Art und Weise reguliert würde, nur um vielleicht einmal alle hundert Jahre ein außergewöhnliches Hochwasser um etwa 20 oder 30 cm tiefer absenken zu können. Die Verminderung der Überschreitung der Schadensgrenze für das Hochwasser 1910 von max. 80 cm während über 2 Wochen auf max. 40 cm während 4 Tagen muß bei Berücksichtigung aller Umstände als zufriedenstellend bezeichnet werden.

Wie aus Bild 10 hervorgeht, werden die extrem tiefen Seestände wesentlich gehoben, was vor allem für die Schiffahrt wichtig ist, indem bereits bei einem Seestand unter 433,20 die Fahrwassertiefen im Luzerner- und Alpnacherbecken auf großen Flächen ungenügend werden. Auch für die Lebensdauer der Uferbauten längs des Sees, deren Holzfundamente mit Oberkanten auf Kote 433,20 gesetzt sind, ist es wichtig, längere Unterschreitungen dieses Standes zu vermeiden.

In bezug auf die Abflußmengen ist aus Bild 11 eine gewisse stärkere Unstetigkeit der Tageswerte unverkennbar. Dafür kann aber die Begrenzung des Höchstabflusses unterhalb der kleinen Emme auf $700 \text{ m}^3/\text{s}$ garantiert werden und kann trotz geringerer Seeabsenkung ein minimaler Abfluß von $20 \text{ m}^3/\text{s}$ gegenüber $17 \text{ m}^3/\text{s}$ bisher in der Vergleichsperiode 1925—45 eingehalten werden.

Seit Aufstellung dieses Reglementsprojekts sind nun bereits wieder 10 Jahre vergangen. In dieser Zeitspanne sind im Regime der Zuflüsse fühlbare Änderungen eingetreten und werden nun von Jahr zu Jahr zunehmen. Durch die Ableitung der Abflüsse aus einem Einzugsgebiet von $10,8 \text{ km}^2$ der obersten Gotthardreuss ins Kraftwerk Lucendro ist seit 1947 (Teilbetrieb seit 1945) der jährliche Zufluß um rund $21,4 \text{ Mio m}^3$ zurückgegangen; 1955 kam die Ableitung des Riale Fortunei mit 2 km^2 und 4 Mio m^3 dazu und ab Sommer 1958 beginnt die Ableitung von max. $6 \text{ m}^3/\text{s}$ während 100 Sommertagen — total 23 Mio m^3 — aus einem Einzugsgebiet von $18,2 \text{ km}^2$ der Unterthalpreuß nach dem Ritom-

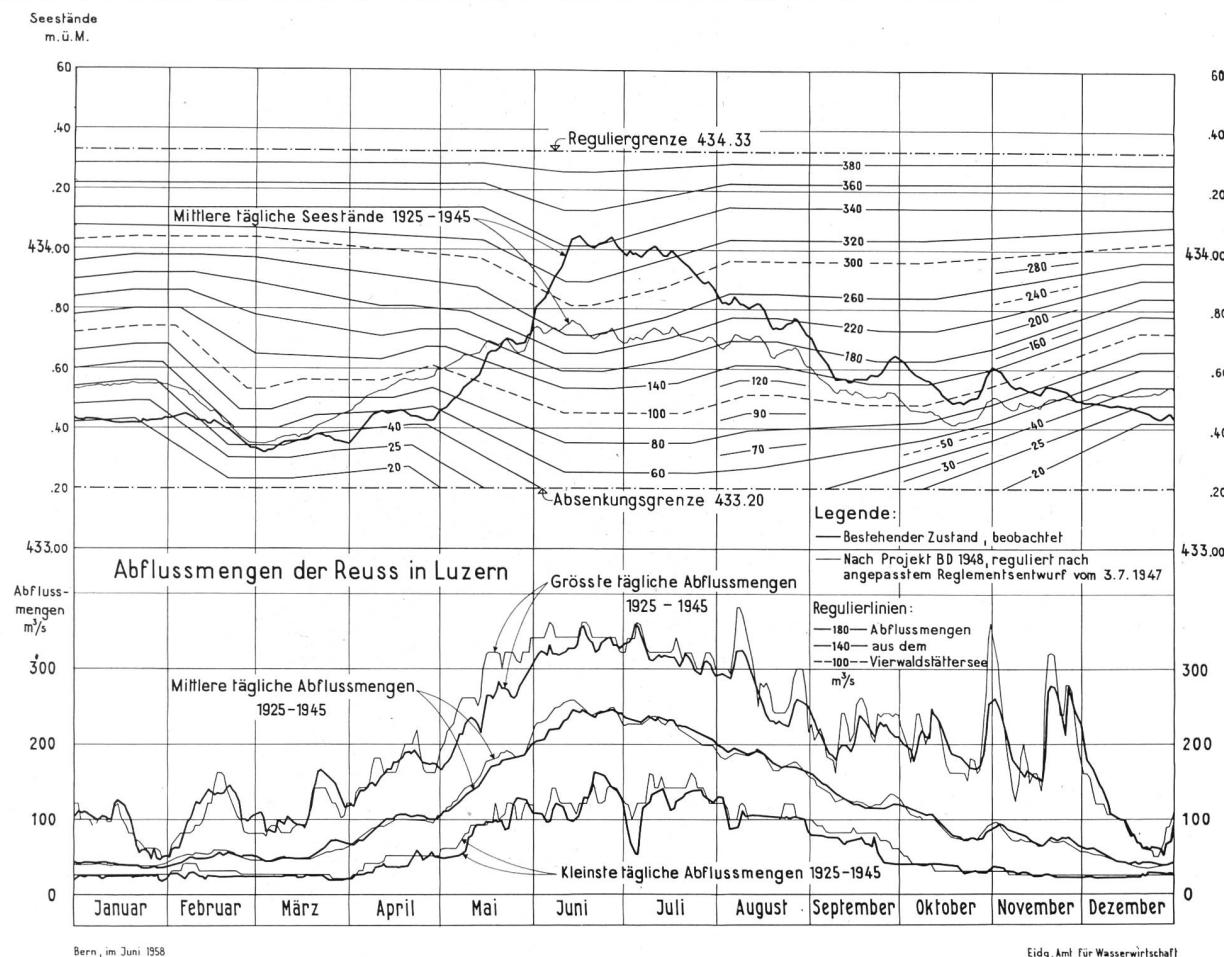


Bild 11 Vierwaldstätterseeregulierung. Angepaßter Reglementsentwurf vom 3. Juli 1947. Mittlere tägliche Seestände, größte und kleinste sowie mittlere tägliche Abflussmengen der Reuß in Luzern 1925—1945, bestehender und korrigierter Zustand. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist ein Teil der Regulierlinien nur angedeutet.

see, womit dem Vierwaldstättersee durch Ableitung nach dem Tessingebiet 48,4 Mio m^3 jährlich weniger zufließen. Andererseits werden ihm neu aus dem Aaregebiet (Kraftwerk Melchsee-Frutt) 5 Mio m^3 zugeleitet. Dazu kommen die Umlagerungen vom Sommer auf den Winter aus dem Betrieb der neuen Staubecken Melchsee (3,6 Mio m^3) seit Sommer 1957, Tannensee (3,8 Mio m^3) ab Sommer 1958, Göschenenalp (75 Mio m^3) ab Frühjahr 1960. (Vom Stauraum sind effektiv ca. 90% ausnutzbar). Zu den erwähnten werden noch Becken im Maderaner- und vermutlich im Muotatal kommen.

Diesen Veränderungen dürfte ab 1960 ein mittlerer Minderzufluß von 116 Mio m^3 = 11 m^3/s in 4 Sommermonaten und Mehrabfluß von 72 Mio m^3 = 7 m^3/s in 4 Wintermonaten entsprechen, was am besten durch Hebung bzw. Senkung der Regulierlinien im vollen Ausmaß berücksichtigt werden kann. Die resultierende jährliche Verminderung macht mit 44 Mio m^3 1,3% des 112 m^3/s betragenden mittleren Abflusses der Reuß in Luzern aus.

Es ist möglich, daß die Frage der Nutzung des Gefälles am Regulierwehr in Luzern dann in Anbetracht der erhöhten Niederwassermengen im Sinne des Ersatzes der veralteten Anlage durch eine moderne neu zur Diskussion kommt, wie auch in Zürich die See-

regulierung den Anstoß zum gleichzeitigen vollständigen Neubau des Kraftwerkes Letten bildete.

Was die vielen Wasserkraftprojekte anbelangt, welche teilweise im Zusammenhang mit der Seeregulierung aber auch der Flusschiffahrt entstanden, und z. B. eine Ausnützung von Küsnacht nach dem Zugersee vorsahen, sei auf [3] und den Aufsatz von Ing. Hauri in diesem Sonderheft verwiesen. Die Verbindung mit dem Zugersee hätte sowohl für eine dauernde Durchspülung mit reinem Wasser des ziemlich stark verschmutzten toten Seearms von Küsnacht als insbesondere des Zugersees gesorgt. Indessen wurde vor allem im Hinblick auf den Weitertransport des Geschiebes der kleinen Emme von einer Abzapfung von Wasser Richtung Zugersee abgesehen, was auch heute noch gelten dürfte.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Parallel mit der Durchführung eingehender Untersuchungen hydrographischer, geologischer und hydrologischer Natur sind — bereits vor einer Anzahl Jahren — verschiedene Vorprojekte für den Bau eines modernen Regulierwehrs und eine gewisse Korrektion des Bettens der Reuß in Luzern aufgestellt worden. Als Resultat dieser Studien sind zwei Bauprojekte ausgearbeitet worden. Das eine, das «Projekt Locher 1947»



Vierwaldstättersee vom Pilatus aus. (Photo O. Pfeifer, Luzern)

entspricht der seinerzeit in bezug auf das Abflußvermögen der Reuß ($455 \text{ m}^3/\text{s}$ beim Seestand 434,45) und damit der Absenkung der höchsten Seestände aufgestellten Bedingung vollständig; unter Berücksichtigung der seit 1947 eingetretenen Teuerung dürfte der Kostenvoranschlag heute rund 11 Mio Fr. betragen. Das andere Projekt, aufgestellt 1948 von der Baudirektion der Stadt Luzern («Projekt BD 48»), beschränkt sich auf die Ausführung einzig der im vorigen Projekt oberhalb der Spreuerbrücke vorgesehenen Bauten. Obwohl es also im Grunde genommen nur eine erste Etappe des Gesamtprojekts darstellt, und seine Kosten die Hälfte derjenigen des ersten nicht überschreiten dürften, würde es bereits eine beträchtliche Senkung der Hochwasserstände des Sees erlauben.

Wir haben weiter oben gesehen, daß seit der Ausarbeitung dieser beiden Projekte das Regime der Zuflüsse zum See gewisse Änderungen erfahren hat und weiter erfahren wird als Folge der Ausnützung weiterer Gewässer. Aber wir haben ebenfalls festgestellt, daß diese Veränderungen keinerlei Abänderungen an den projektierten Bauten bedingen würden und daß es genügen würde, ihnen durch eine leichte Änderung des angepaßten Reglementsentwurfs vom 18. Juni 1947 Rechnung zu tragen. Auf der technischen Ebene

sind somit alle Voraussetzungen geschaffen, um klar umrissene Beschlüsse fassen und rasch zur Verwirklichung der Arbeiten übergehen zu können.

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß die Eidgenossenschaft wohl die Befugnis hat, den Abfluß der Seen zu regulieren (Art. 16 WRG), daß sie aber Arbeiten, die dazu nötig sein könnten, nur anordnen kann, wenn diese Arbeiten im Interesse einer besseren Ausnutzung der Wasserkräfte und der Schifffahrt liegen (Art. 15 WRG). Wie wir aber gesehen haben, handelt es sich in Luzern vor allem um Arbeiten, die zur Vermeidung von neuen Überschwemmungen am See unerlässlich sind. Die Initiative zur Verwirklichung der fraglichen Maßnahmen muß daher von den direkt Interessierten — Uferkantone und Stadt Luzern — kommen; der Bund muß sich darauf beschränken, diese Verwirklichung zu erleichtern, insbesondere durch Gewährung eines angemessenen Bundesbeitrags. Ein entsprechendes Gesuch liegt indessen noch nicht vor.

Man möchte hoffen, daß auch in Bälde eine Lösung für die Finanzierung getroffen werden kann, damit das jetzige wohl malerische aber ungenügende und zeitweise nur unter Lebensgefahr zu bedienende Wehr bald einem zeitgemäßen, den heutigen Bedürfnissen entsprechenden Bauwerk Platz machen kann.

2. Der Aegerisee

In Bild 1 fällt der Aegerisee durch die kleine Schwankung zwischen höchsten und tiefsten Seeständen auf, nämlich 1,64 m (Jahresreihe 1890—1957). Von den Seen, die gleich groß oder größer sind als er, weisen nur der Zugersee ($38,27 \text{ km}^2$) mit 1,30 m, der Sempachersee ($14,4 \text{ km}^2$) mit 1,10 m und der Hallwilersee ($10,3 \text{ km}^2$) mit 1,26 m geringere Schwankungen auf. Dies ist vor allem dadurch zu erklären, daß das gesamte Einzugsgebiet des Sees mit $48,0 \text{ km}^2$ Fläche nur 6,6mal so groß

wie die Seeoberfläche mit $7,24 \text{ km}^2$ ist, während dieses Verhältnis beim Vierwaldstättersee z.B. 19,7, beim Murtensee 30,4, beim Walensee gar 44,0 beträgt.

Dank der voralpinen Lage des Einzugsgebietes (mittlere Höhe etwa 1000 m ü. M.), in der die Winterniederschläge im Gegensatz zum Hochgebirge weniger zurückgehalten werden, und des günstigen Flächenverhältnisses, weist die Lorze am Ausfluß aus dem See eine über das Jahr sehr ausgeglichene Wasserführung auf, und

schließlich wird der natürliche Einfluß der Seeretention auch durch eine ganz auf die Erhöhung der Niederwasserabflüsse ausgerichtete Regulierung verstärkt. 1 cm Seespiegelschwankung entsprechen $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ während 24 Stunden.

Dank der günstigen Wasserführung und dem großen und konzentrierten Gefälle von 310 m sind zwischen Aegeri- und Zugersee eine größere Zahl von Wasserkraftanlagen entstanden, anfänglich ausschließlich für den Antrieb von industriellen und gewerblichen Betrieben.

Wasserkraftanlagen an der Lorze zwischen Aegeri- und Zugersee

Name bzw. Eigentümer	Gefälle		Max. Schluckfähigkeit m^3/s	Installierte Leistung PS
	Brutto m	Netto m		
1. Spinnerei Unterägeri	26	24	2,5	640
2. Spinnerei Neuägeri	16,5	14	2,5	380
3. Wasserwerke Zug, Lorzentobel II	83	72,8	3,0	2300
4. Wasserwerke Zug, Lorzentobel I	50	47	3,2	1700
5. Spinnerei Baar	80	75	2,5	2100
6. Acht kleine Anlagen unterhalb Baar	ca. 28	ca. 25	ca. 1,8–2,5	ca. 400
total	283,5	257,8		

Die jährliche Erzeugung der fünf in obiger Tabelle genannten Anlagen beträgt rund 21 Mio kWh, wovon volle 50% im Winter.

Am Seeausfluß besteht keine hydrographische Station, so daß man für Angaben über die Abflußmengen aus dem See auf theoretische Berechnungen angewiesen ist.

Rechnet man mit einem spezifischen Abfluß von 40 l/s.km², so beträgt der mittlere Abfluß der Lorze am Seeaustritt 1,9 m³/s.

An den beiden Limnigraphen in Baar (Lorze und Mühlebach, E = 84,8 km²), wo die nicht ausgeglichenen Abflußmengen aus einem Zwischeneinzugsgebiet von 36,8 km² dazugekommen sind, wurde im Mittel der Beobachtungsperiode 1951–1957 der mittlere Abfluß mit 2,77 m³/s beobachtet, der kleinste mittlere Monatsabfluß mit 2,11 m³/s (Dezember), der größte mit 4,03 m³/s (Juli); die extremen Monatswerte betrugen 0,83 m³/s (Dezember 1953) und 6,63 m³/s (Juni 1953).

Immerhin kann auch der Aegerisee katastrophale Hochwasser nicht verhindern, wie dasjenige vom September 1934, als die Lorze volle 350 m Druckleitung der Anlagen Lorzentobel II und I ausspülte und mit sich nahm.

Die Regulierung des Sees erfolgt auf Grund eines Vertrages vom 25. November 1857, dessen wesentliche Bestimmungen folgendermaßen lauten:

Vertrag zwischen den sämtlichen See- und Lorzeanstößern der Gemeinden Ober- und Unterägeri einer- und den Herren Gebrüder und Meinrad Henggeler & Cie. als Fabrikbesitzer in Unterägeri und Neuägeri anderseits.

§ 1. Es gestatten nämlich Lorzen- und Seeanstößer beider Gemeinden den Spinnereibesitzern das gegenwärtige Flußbett der Lorze von der sogenannten Schwellenbank im Euweidle der Herren Henggeler an bis in den See in der Weise zu vertiefen, daß dasselbe nurmehr das zum gehörigen Lauf des Wassers benötigte Gefäß von 1' per mille enthält.

§ 4. Die Spinnereibesitzer haben das Recht, eine Schwelle in der Lorze anzubringen und zu unterhalten, um das Wasser schwelen und für ihr Gewerbe sparen zu können. Die Schwelle muß zwischen beiden Brücken der steinernen neuen und der alten oberen Brücke erstellt werden und die Konstruktion der Art sein, daß dadurch der möglichst leichte Durchfluß des Wassers bewirkt wird, und das Recht von dieser Schwelle Gebrauch zu machen, d. h. den See schwelen zu können, tritt für die Spinnereibesitzer dann ein, wenn der Seespiegel die gegenwärtige Tiefe erreicht hat und welche mit Abschluß des Vertrages durch Vertreter der Spinnereibesitzer wie der Seegemeinde-Kommission an verschiedenen festen Punkten für immer und allzeit bezeichnet wird.

Die Festlegung der «gegenwärtigen Tiefe» nach Art. 4 erfolgte durch Versetzen einer Staumarken am Südufer bei Nasegg («Nass» nach neuer Landeskarte 1:50 000), und zwar auf einer Felspartie im See.

Die Oberkante der Marke liegt — zufälligerweise — genau auf 724.00 gemäß Seespiegelnivellement vom 30. Oktober 1934 von Unterägeri aus. Heute ist die Marke von Schilf umgeben.

Dieser Vertrag gibt der Spinnerei Unterägeri das uneingeschränkte Recht, solange der Aegerisee unter der Staumarken steht, den Seeabfluß selber und ganz nach ihren Bedürfnissen einzustellen. So wird heute bei entsprechenden Seeständen das Regulierwehr, die sog. Seeschleuse, abends 22 Uhr bei Arbeitsschluß der Spinnereien Unter- und Neuägeri geschlossen und morgens 4.30 Uhr wieder geöffnet. Ebenso wird von Samstag 11 Uhr bis Montagmorgen geschlossen.

Die unterhalb liegenden drei Werke machen diesen Schwellbetrieb mit. Während das Werk der Spinnerei Baar wie die obersten beiden Werke nur während der Fabrikarbeitszeit von 5 bis 22 Uhr in Betrieb ist, laufen die Werke Lorzentobel II und I der Wasserwerke Zug während der Nacht unbedient mit reduzierter Maschinenzahl zur Ausnutzung des normalerweise nur wenige 100 l/s betragenden Abflusses aus dem Zwischeneinzugsgebiet durch.

Die Regulierung ist somit — wie auch jene des Zugersees — im Gegensatz zu derjenigen des Vierwaldstättersees ganz auf die Bedürfnisse der Unterlieger zugeschnitten; sie ist geradezu ein Schulbeispiel einer «Abflußregulierung», wie man sie sonst bei uns kaum mehr findet.

Für die Regulierung hat die Spinnerei eigene Pegel aufgestellt und regelmäßig beobachtet, ursprünglich beim heutigen Kinderkurhaus Theresia, wo auch die eidgenössischen Pegel versetzt wurden, später am Schiffsteg Unterägeri. Der dortige heutige Pegel hat den Nullpunkt 724.00 (Staugrenze). Seit 15 Jahren ist überdies die Fernübertragung des Seestandes am Seeauslauf zum Werk Neu-Aegeri in Betrieb.

Der erste eidgenössische Pegel wurde von 1880 an beobachtet. Der zweite, von 1890 bis 1934 beobachtete, senkte sich in diesen 36 Jahren um 21 cm. Der dritte, heutige Pegel (Nullpunkt 720.00) ist nun stabiler; er wird, wie seine Vorgänger, einmal täglich abgelesen. Die Setzungsbereitschaft des Nordufers ist damit, wenn auch ungewart, eindrücklich dargetan worden.

Das Regulierwehr, die sog. Seeschleuse, ist etwa 340 m vom Seeausfluß entfernt, oberhalb der steinernen gewölbten Brücke im Dorfe Unterägeri, und besteht aus drei nebeneinander gestellten Holzschützen von 1,60 m Höhe und je etwa 2,30 m lichter Breite, welche von Hand bedient werden. Die Wehrschwelle liegt auf Kote 722.74 m. ü. M. Das Abflußvermögen bei geöffneter Seeschleuse schwankt zwischen 0,8 m³/s beim tief-

sten Seestand 723.15 und 10 bis 15 m³/s beim höchsten Seestand 724.89; die Ausbauwassermenge des obersten Werkes — 2,5 m³/s — kann vom Seestand 723.80 an ablaufen. Da unterhalb 723.80 die Werkleistungen sehr rasch abnehmen und zudem beim heutigen zweischichtigen Betrieb gegenüber früher eine größere Wasserreserve erwünscht wäre, wird der See heute grundsätzlich so hoch als möglich gehalten und bis auf 724.20 gestaut (Bild 12).

Während von Seiten der Seeanwohner kaum ein Bedürfnis für eine grundlegende Änderung der heutigen Verhältnisse bestehen dürfte, sind wegen der Verknappung der Wasserkraftenergie noch in den letzten Jahren verschiedentlich Studien für eine stärkere Ausnutzung des Ägerisees als Speicherbecken gemacht worden. Einer Höherstauung stehen indessen die bestehende Bebauung und die Anlage der Hauptstraße entgegen, eine wesentlich tiefere Absenkung ist aus ästhetischen Gründen und solchen des Naturschutzes — für den Seerosenkranz des Ägerisees wehrte sich schon 1926 Prof. Albert Heim in einem geologischen Gutachten an den Reußverband über die Eignung des Ägerisees als Staubecken — unerwünscht und wäre wegen der stellenweise labilen Ufer mit großen Risiken verbunden. Daß letztere bestehen, geht daraus hervor, daß z. B. beim Morgarten ganze Straßenstücke als eigentliche Eisenbetonkonstruktionen auf Eisenbeton- und Holzpfählen erstellt werden mußten. Größere Partien, die auf Holzpfählen ruhen, zeigen fortschreitende Setzungen, deren Ende noch nicht abzusehen ist.

Ein neues Speicherkraftwerk direkt am Zugersee, wie schon seit 1910 (Ing. Nizzola) verschiedentlich vorgeschlagen wurde, müßte sich daher praktisch mit dem heute genutzten Volumen zwischen der Staugrenze 724.00 und dem tiefsten beobachteten Stand 723.15 von 6,1 Mio m³ begnügen, bzw. 8,7 Mio m³, wenn wir vom mittleren jährlichen Höchststand 724.35 ausgehen, und müßte rund 50% seiner Erzeugung den bestehenden Werken an der Lorze für deren Stromausfall abtreten, wenn auf deren bisherige Erzeugung abgestellt würde. Die dahерigen hohen Energiegestehungskosten könnten auch bei Zuleitung von Wasser aus der oberen Steiner-Aa nicht wesentlich verbessert werden. Man hätte sich aus diesem Projekt mit Wasserrückgabe etwa bei Ober-

wil vor allem eine Sanierung durch bessere Durchspülung des biologisch prekären unteren Zugerseebeckens versprochen.

Praktisch kommen an baulichen Verbesserungsmaßnahmen wohl folgende in Betracht: Rückleitung ins Oberwasser des heute direkt ins Unterwasser der Seeschleuse abgeleiteten Betriebswassers der Mühle Unterägeri, welche dauernd die Niederwasserabflüsse aus einem Einzugsgebiet von 13,5 km² des Hüribaches und Neubächlis ausnützt. Dies setzt allerdings die vorgängige Sanierung der Abwasserverhältnisse in Unterägeri voraus. Überleitung des kurz unterhalb Unterägeri in die Lorze mündenden Rämselbaches mit 5,9 km² in den See zwecks besserer Ausgleichung der Lorzewasserführung. Ausbau des ungenützten Gefälles von 13 m zwischen den beiden Werken der Wasserwerke Zug. Dieser Ausbau soll aber wegen ungünstigem Baugrund und daher hohen Baukosten noch auf Jahre hinaus nicht wirtschaftlich sein. Durch Ausbaggerung einer Mittelinne im Seeausfluß auf rund 1 km Länge nach Vorschlag Ing. Roth könnte ferner erreicht werden, daß die bestehenden Werke bis auf die Absenkungsgrenze hinab voll mit 2,4 m³/s gespeist werden könnten. Im Zusammenhang mit dem gegenwärtig in Bearbeitung befindlichen Projekt für die Verlegung der Lorze zwischen Ziegelbrücke und Zugersee prüft der Kanton Zug eine rationellere Gestaltung der acht Wasserkraftnutzungen unterhalb Baar. Der Bau ist ab 1961 zu erwarten. Ob eine Zuleitung von Wasser aus der Steiner-Aa bei Sattel zu realisieren wäre, ist weniger eine wirtschaftliche als eine politische Frage. Bedenken bestehen vor allem auch wegen der Rückwirkung auf den Lauerzersee, der bereits heute zu wenig Zufluß haben soll.

Es ist vorauszusehen, daß im Laufe der Zeit die wasserwirtschaftliche Nutzung von Ägerisee und Lorze noch etwas rationeller und feiner gestaltet werden wird. Einer Umwandlung des Sees in ein eigentliches Staubecken aber stehen zu viele Risiken und reale wirtschaftliche Interessen (Heilstätten, Tourismus) entgegen, als daß von dieser Seite her die Erhaltung seines heutigen Charakters in Frage gestellt wäre. Hoffen wir, daß nicht durch die grassierende Verbauung der Seeufer durch Weekend- und andere Häuschen und die parallel dazu gehende intensive Wasserverschmutzung der Zauber des Sees verloren gehe.

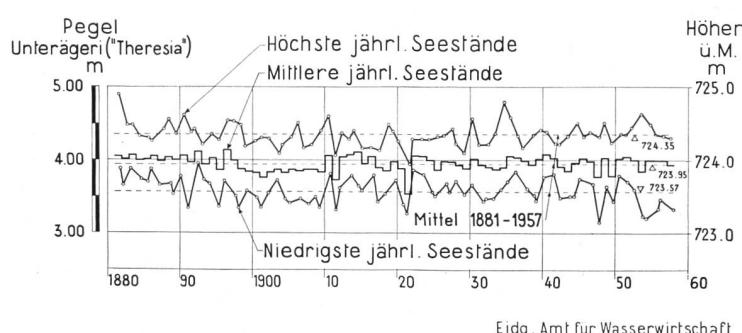


Bild 12
Ägerisee. Höchste, mittlere und niedrigste
jährliche Seestände 1880—1957



Zugersee, Blick gegen Cham (Photo Beringer und Pampaluchi, Zürich)

3. Der Zugersee

Bei einem Einzugsgebiet von 246 km² und einer Seeoberfläche von 38,27 km², also einem Verhältnis von 6,4 : 1, wobei zudem der Abfluß von 48 km² den ausgleichenden Einfluß des Aegerisees erfährt, ist es nicht mehr erstaunlich, daß der Zugersee trotz seiner stattlichen Weite sozusagen das Regime und damit auch den Ufersaum eines Parkweihers hat. Wir wollen bereits an anderer Stelle genannte Worte nicht wiederholen und verweisen bezüglich der charakteristischen jährlichen Seestände auf die Bilder 1 und 13. An Bild 13 ist folgendes interessant: Trotzdem die Schwankung zwischen absolut höchstem und tiefstem Stand wie auch die mittlere jährliche Schwankung beim Zugersee bedeutend kleiner sind als beim Vierwaldstättersee, ist die Abweichung des höchsten Jahresmittels (1910) vom langjährigen mittleren Seestand mit + 0,22 m und diejenige des niedrigsten Jahresmittels (1921) mit - 0,35 m wesent-

lich größer als beim Vierwaldstättersee, wo sie nur + 0,15 m (1910) bzw. - 0,24 m (1870) betragen.² Darin zeigt sich deutlich der Unterschied zwischen der auf die Einhaltung bestimmter Abflußmengen ausgerichteten Regulierung des Zuger- (und Aegerie-)sees — wenigstens innerhalb gewisser Seestandsgrenzen — und der auf die Einhaltung bestimmter Seestände ziellenden Regulierung des Vierwaldstättersees.

Wie Bild 8³ des Aufsatzes von E. Walser zeigt, weist auch der Zugersee — in seinen Proportionen natürlich — den für die Seen des Alpennordrandes charakteristischen Jahresverlauf mit einem Maximum im Sommer und einem Minimum ausgangs Winter auf (Schwankung

² Aegerisee + 0,19 m (1896) und - 0,40 m (1921).

³ «Zugersee, mittlere Jahressganglinie, bestimmt auf Grund der Jahresreihe 1910—1957, Umhüllende der höchsten und tiefsten in den Jahren 1870—1957 aufgetretenen Seestände» (siehe Seite 199).

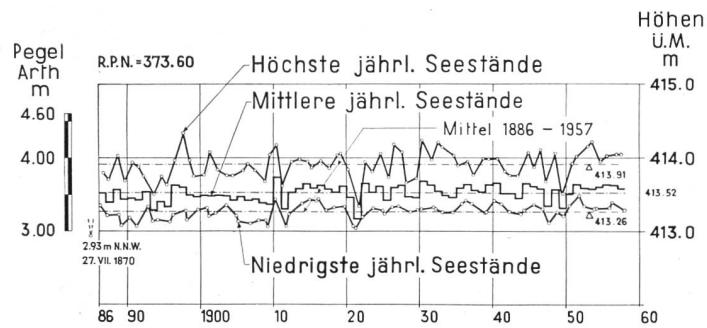


Bild 13
Zugersee. Höchste, mittlere und niedrigste jährliche Seestände
1886—1957

0,25 m gegenüber 0,65 m beim Vierwaldstättersee). Interessant ist, daß im Mittel die höchsten Seestände nicht, wie man erwarten könnte, früher, d. h. im April-Mai, eintreten als bei den vom Schmelzwasser des Hochgebirges gespeisten Seen, sondern später, nämlich im Juli-August. Das Bild 8 (Aufsatz E. Walser) zeigt ferner, daß Hochwasser am Zugersee in den Wintermonaten Oktober bis März weniger wahrscheinlich sind, während Niederwasserperioden ebensogut mitten im Sommer wie im Winter eintreten können. So wurde der tiefste Seestand mit 412.93 im Juli 1870 beobachtet.

Wie am Aegerisee waren es auch am Zugersee nicht Wünsche der Seeanwohner, etwa auf eine Herabsetzung der höchsten oder Hebung der tiefsten Seestände, sondern das Interesse der Unterlieger an einer Beeinflussung der Ausflußmengen, welche zur Erstellung der Regulieranlagen führte. Schon seit dem 16. Jahrhundert sind an der Lorze Schwellvorrichtungen vorhanden. Und seither sind auch die Meinungsverschiedenheiten zwischen Seeanstößern und Wasserwerksbesitzern nie ausgängen. Am 20. März 1865 erließ der Regierungsrat des Kantons Zug — der See liegt allerdings zum Teil auch auf schwyzer Boden — eine Anordnung betr. die Regulierung. Weil die Wasserwerksbesitzer aber der Auffassung waren, das Schwellrecht ersessen zu haben, wurde ihnen in dieser Anordnung ein ausdrückliches Recht zugesprochen, den See bis zu einem gewissen Stand staunen zu dürfen. Trotz dieser Anordnung hörten die Beschwerden der Seeanstößern nicht auf, weshalb die Zuger Regierung schließlich das heute geltende Reglement vom 15. November 1882 erließ. Dessen wichtigste Bestimmungen lauten:

§ 3. Der von der Regierung mittelst Verfügung vom 11. Juli 1876 bezeichnete mittlere Seestand von 32 Zoll am alten oder 80 cm am neuen Pegel (mit dem 0-Punkte unten) soll auch in Zukunft als Reguliergrenze für die Sommermonate (April bis und mit September) beibehalten werden.

Als Reguliergrenze für die Wintermonate (Oktober bis und mit März) werden 90 cm am amtlich kontrollierten Pegel in Zug angenommen.

Solange der Wasserstand die bezeichnete mittlere Höhe nicht erreicht, darf durch die Schleusen nur so viel Wasser abgelassen werden, als zum vollen Betrieb aller unterhalb der Lorze befindlichen Gewerbe erforderlich ist.

Die Wasserwerksbesitzer an der Lorze in Cham haben unter sich selbst zu bestimmen, wieviel Wasser im Sinne der Übereinkunft vom 24. Februar 1866 zum vollen Betrieb aller unterhalb an der Lorze befindlichen Wasserwerke erforderlich ist.

Sobald der Seestand während den Sommermonaten die Höhe von 80 cm und während den Wintermonaten 90 cm überschritten hat, soll wieder ein ungehinderter Abfluß eingeleitet werden.

§ 5. Wenn der Wasserstand im Sommer unter 70 cm und im Winter unter 80 cm gesunken ist, kann die Lorze geschlossen werden, jedoch während den Sommermonaten, vom Mai bis und mit August, nur zur Nachtzeit.

Als Nullpunkt des in § 3 genannten Meterpegels ist die Kote 415.93 a. Hor. (412.67 n. Hor.) anzunehmen, womit sich bezogen auf neuen Horizont folgende Höhen ergeben:

Reguliergrenze nach § 3: (Wehr ganz offen)	im Sommer (IV.—IX.)	413.47
Seestand, unterhalb welchem das Regulierwehr zeitweise ganz geschlossen werden darf; nach § 5:	im Sommer (IV.—IX.)	413.37
	im Winter (X.—III.)	413.57

Mit der heutigen Regulierung ist die Wasserführung der Lorze im allgemeinen sehr ausgeglichen. Der mittlere Abfluß in Frauental der Jahresreihe 1923 bis 1956 im Winterhalbjahr beträgt mit 6,03 m³/s 86% des Jah-

resmittels von 7,01 m³/s; dabei ist das langjährige Mittel des wasserreichsten Monats (Juli) mit 8,87 m³/s nur 26% über, dasjenige des trockensten (Januar) mit 5,72 m³/s nur 19% unter dem Jahresmittel. Mit der relativ kleinen Schwankungshöhe, die im See zur Verfügung steht, ist es aber ausgeschlossen, bei mehrmonatiger Trockenheit oder andauernden Niederschlägen zu den zufließenden Wassermengen noch wesentliche Zuschüsse zuzugeben, bzw. diese wesentlich zu reduzieren. Ein Zentimeter Seestandsänderung entspricht zwar vollen 4,43 m³/s während 24 Stunden. Nehmen wir an, daß bei Eintritt einer dreimonatigen Trockenperiode, wie 1947, der See auf mittlerer Höhe stehe, so wären bis zum tiefsten bisher beobachteten Stand 49 cm verfügbar, was also z. B. 2,4 m³/s während 90 Tagen entsprechen würde. Tatsächlich war z. B. 1947 aber der Ausgangsseestand bereits 20 cm unter Mittel, und zudem ist die Dauer einer Trockenperiode nicht voraussehbar, so daß anfänglich gewöhnlich mehr Wasser entnommen wird, als dem verfügbaren Mittel entspricht. Fällt die Trockenperiode in die warme Jahreszeit, so kann überdies die Verdunstung auf der großen Seeoberfläche während Monaten den ganzen Seezufluß beanspruchen. Für Neuenburger- und Murtensee sind für August, September und Oktober 1947 Monatsmittelwerte der Verdunstung von 28, 21 und 17 l/s. km² ermittelt worden; auf die 45,5 km² des Aegeri- und Zugersees angewendet, ergeben sich Verdunstungswassermengen von 1,3 m³/s, 0,95 m³/s und 0,8 m³/s. Diese kommen praktisch dem natürlichen Gebietsabfluß (Einzugsgebiet ohne Seeflächen = 200,5 km²) gleich, so daß die Lorze monatelang nur noch die der Seeabsenkung entsprechende Wassermenge führt.

Der wasserreichste Monat der Periode (Juli 1932) brachte mit 16,4 m³/s 234%, der trockenste (Oktober 1947) mit 0,98 m³/s 14% des langjährigen Jahresmittels in Frauental. Die größte Hochwasserspitze betrug 24 m³/s (26. Juni 1953). Die langjährige Dauerkurve der mittleren täglichen Abflußmengen ergibt hier kein objektives Bild wegen dem teilweisen Schließen der Schleusen über die Sonntage in den früheren Jahren.

Weniger befriedigend scheint das Regulierungsresultat in bezug auf die Seestände zu sein, indem sowohl von Zug und Cham als auch dem schwyzerischen Arth Klagen über zu hohe Seestände vorliegen. Der Seestand 414.00 kann für ausgedehnte flache Ufergebiete als Schadengrenze betrachtet werden. Der Kanton Zug läßt gegenwärtig die Frage der Regulierung durch ein Ingenieurbüro prüfen. Bild 13 deutet eher auf ein Höherhalten des Sees in den letzten Jahren, indem sowohl die Höchststände als die Jahresmittel höher liegen als in den auf die Inkraftsetzung des Reglements folgenden Jahren. Anderseits wird der See seit über 40 Jahren, von extremen Trockenjahren abgesehen, nicht mehr so stark abgesenkt, als es bis dahin üblich war.

Studien für eine weitgehende Ausnutzung des Zugersees als Ausgleichsbecken wurden sowohl 1918 durch Ing. Härry, als 1926 durch Ingenieur Enzmann für den Wasserwirtschaftsplan der Reuß durchgeführt, vor allem im Hinblick auf das geplante Spaltenwerk Vierwaldstättersee-Zugersee. Die am Zugersee vorliegenden besonderen Uferverhältnisse führten aber zum Schluß, daß von jeder Änderung am bisherigen Regulierungsmaßnahmen, insbesondere einer größeren oder rascheren Spiegelabsenkung, abgesehen werden müsse. Am Zuger-

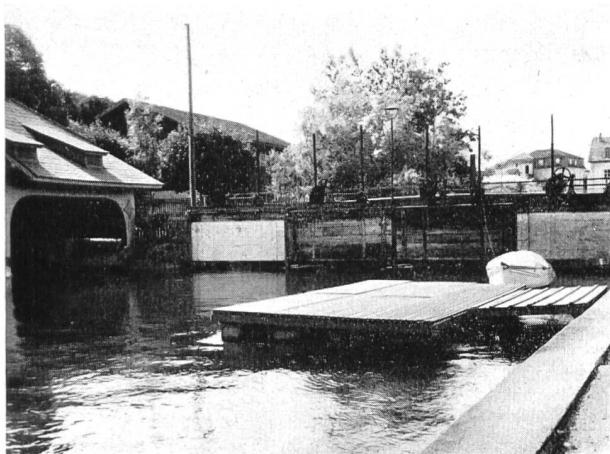


Bild 14 Regulierwehr am Ausfluß des Zugersees in Cham,
Ansicht vom Oberwasser

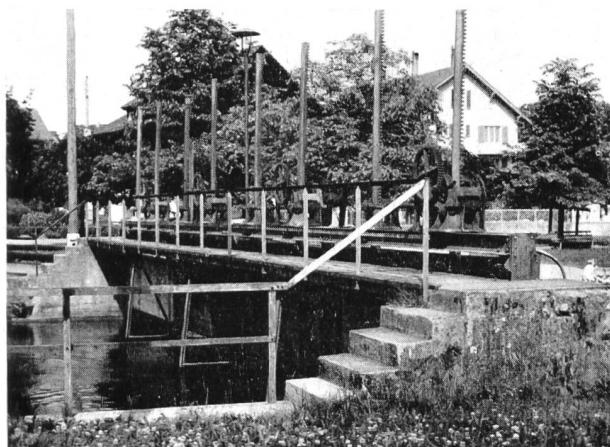


Bild 15 Regulierwehr bei Cham, Ansicht vom Unterwasser

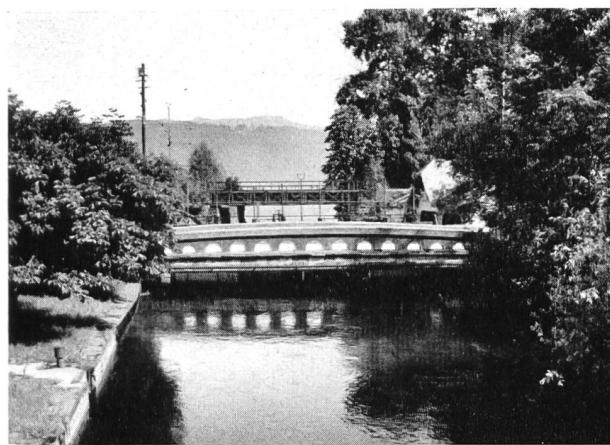


Bild 16 Lorze am Ausfluß aus dem Zugersee. Das Regulierwehr befindet sich zwischen der Straßenbrücke im Vordergrund und der SBB-Brücke dahinter

(Bilder 14 bis 16: Seestand 413,75, Wehr ganz offen. Aufnahmen J. Gehrig, Zug, zur Verfügung gestellt durch das Kantonale Bauamt Zug)

see haben seit 1435 unter vier Malen mindestens 70 Menschen durch Ufereinbrüche in Zug und Arth den Tod gefunden und sind ebensoviele Gebäude im See versunken. Der letzte katastrophale Einbruch vom 5. Juli 1887 in Zug, wobei 32 Gebäude der Zuger Vorstadt ver-

sanken, gab Anlaß zu einer eingehenden Untersuchung durch Prof. Dr. A. Heim, Obering. R. Moser und Dr. A. Bürkli-Ziegler. Als primäre Ursache der Katastrophe wurde das Vorhandensein einer mächtigen Schlammsschicht unter der dortigen festeren, aber wenig mächtigen Schicht von Lorzeablagerungen gefunden. Als Nebenursachen wurden die unmittelbar vorangegangene rasche Absenkung des Seespiegels (35 cm innert 30 Tagen), massenhaftes Grundwasser, vorausgegangene Pfahlungsarbeiten und Auffüllungen bezeichnet. Die Experten prüften auch die über die früheren Einbrüche vorhandenen Unterlagen; derjenige vom 7. März 1594 in Zug wurde als indirekte Folge einer künstlichen Absenkung des Spiegels bezeichnet, welche durch Tieferlegung des Seeauslaufes im Frühjahr 1592 ermöglicht worden war und sozusagen augenblicklich eine ganze Reihe kleinerer und größerer Ufereinbrüche rings um den See bewirkt hatte. Für die sehr interessanten Einzelheiten dieses Expertenberichtes verweisen wir auf [3].

Das heutige Regulierwehr befindet sich in Cham, etwa 60 m vom Seeausfluß, knapp oberhalb der obersten Straßenbrücke. (Bilder 14/16.) Es besteht aus vier Öffnungen von 4 m lichter Breite, zwischen Wehrböcken aus Profileisen, abgeschlossen durch je eine hölzerne Tafelschütze von 1,75 m Höhe, mit Handantrieb. Die Wehrbreite zwischen den Widerlagern beträgt wie diejenige des Lorzbettes 16,40 m. Die Wehrschwelle liegt bündig mit der Flusssohle auf 412,17 m ü. M. Das Abflußvermögen bei offenem Wehr beträgt beim Seestand 413,57 (Winter-Reguliergrenze) etwa 9 m³/s, bei 413,37 noch etwa 5 m³/s. Die Regulierung ist in den Händen der Papierfabrik Cham, welche vier der fünf Kraftwerke an der Lorze unterhalb des Zugersees besitzt, und auch das fünfte, Frauental, betreibt. Praktisch ist es indessen so, daß der Stau des obersten Kraftwerkes bis in den See reicht und die Regulierung weitgehend durch dieses Werk erfolgen kann.

Wasserkraftanlagen an der Lorze zwischen Zugersee und Reuß:

Name	Gefälle		Max. Schluck-fähigkeit m ³ /s	Inst. Leistung PS	Energie-erzeugung kWh
	Brutto m	Netto m			
1. Obermühle	3,2	3,0	10,5	335	1,1*
2. Hammer	2,6	2,5	12	340	1,1
3. Untermühle	6,1	5,8	10	640	1,8
4. Hagendorn	6,3	5,9	12	820	2,5
5. Frauental	2,7	2,5	7	115	0,85
total	20,9	19,7			7,35

* Kraftübertragung mechanisch, Erzeugung geschätzt.

Literatur:

- [1] Ing. A. Härry: «Die Regulierung des Vierwaldstättersees», Mitteilungen des Reußverbandes Nr. 4, 5, 6, 1918 (mit vielen weiteren Literaturhinweisen).
- [2] J. Kopp: «Luzern vor 700 Jahren», Vaterland, Luzern, vom 16. September 1938; ferner «Luzern in prähistorischer Zeit», Luzerner neueste Nachrichten, 4. Januar 1938.
- [3] O. Enzmann: «Wasserwirtschaftsplan der Reuß», ausgearbeitet im Auftrag des Reußverbandes, Luzern, 1926; hierin findet sich ein umfangreiches Literaturverzeichnis.
- [4] Jahresbericht des Reußverbandes pro 1917.
- [5] O. Enzmann: «Der Vierwaldstättersee und seine Regulierung», 6. Jahresbericht (1951) des Verkehrsverbandes Zentralschweiz, Luzern.
- [6] E. Meyer und A. J. Keller: «Reglemente für Seen-Regulierung», Schweiz. Bauzeitung vom 14. Oktober 1939.