

Bodensee-Regulierung, Hochwasserschutz, Kraftnutzung und Schifffahrt

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83/84 (1924)**

Heft 16

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82886>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Bodensee-Regulierung, Hochwasserschutz, Kraftnutzung und Schifffahrt. — Umbau der ehemaligen „Bank in Zürich“. — Der Rückstau des Rheins auf Schweizergebiet. — Ueber Bau und Abpressversuche der Druckleitung für die Wasserkraftanlage Venaus bei Turin. — Die Elektrifizierung der Oesterreichischen Bundesbahnen bis zu Beginn des Jahres 1924. — Miscellanea: Schweizerische Bundesbahnen. Verband Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Die Weltproduktion an Gold

im Jahre 1922. Die Neubauten auf der Berliner Museumsinsel. Eidgenössische Technische Hochschule. Ecole Centrale des Arts et Manufactures, Paris. Der Stockholmer Hauptbahnhof. — Konkurrenzen: Neues Aufnahmegebäude Genf-Cornavin. Grabzeichen für die Musterfriedhof-Ausstellung beim Bremgarten-Friedhof in Bern. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 84.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 16.

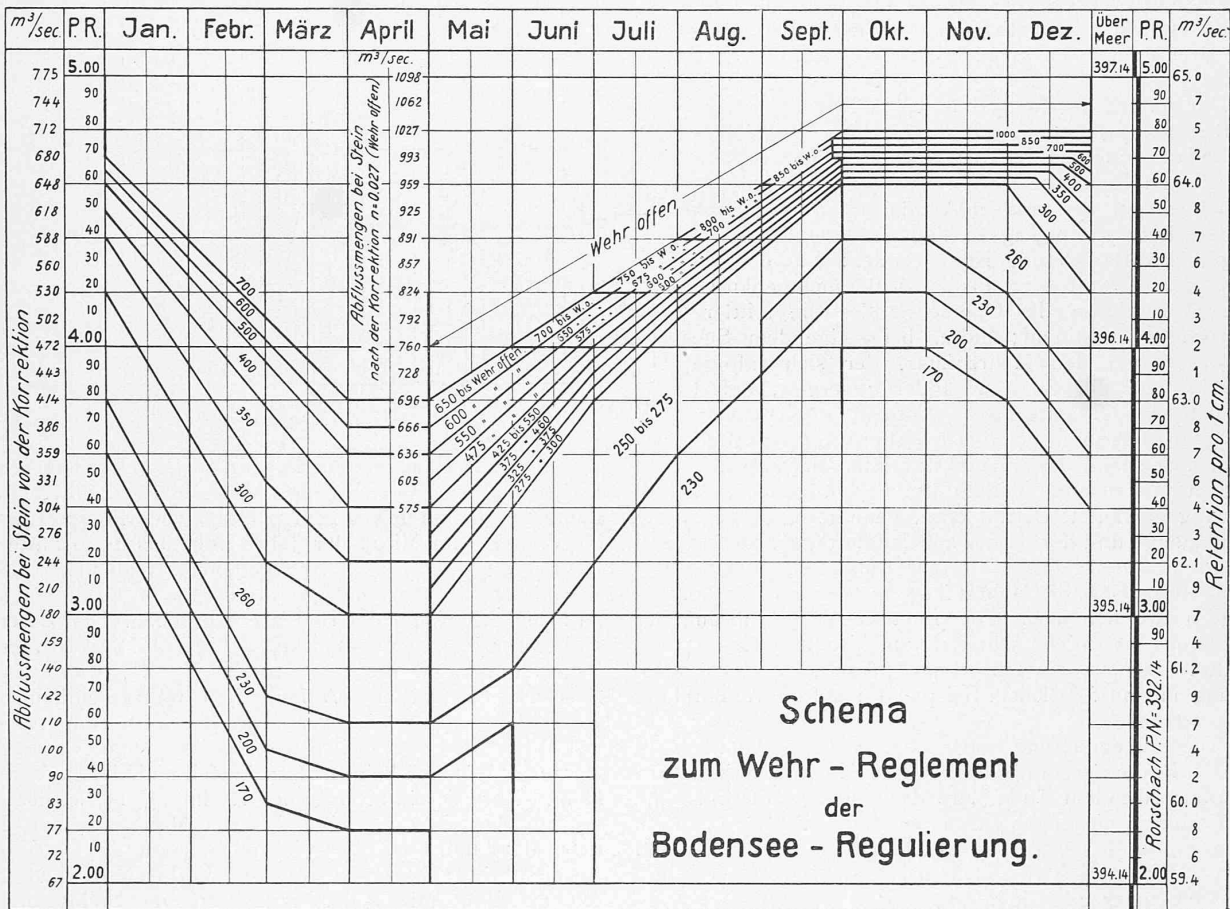


Abbildung 5.

**Bodensee-Regulierung,
Hochwasserschutz, Kraftnutzung und Schifffahrt.**

(Schluss von Seite 183.)

3. Reglement für die Bedienung des Regulierwehres bei Rheinklingen.

Die Regulierung des Bodensees mit Hilfe des Wehres in Rheinklingen hat die Hochwasserstände möglichst zu senken und doch einen genügenden Wasservorrat auf den Winter aufzuspeichern. Als höchst zulässige Staugrenze im Herbst wurde 4,60 m am Pegel Rorschach (396,74 m über Meer) angenommen und eine mittlere Absenkung im Laufe des Winters bis 2,80 m zugelassen. Innerhalb dieser Grenzen soll der Abfluss bei Stein möglichst konstant gehalten werden. Um jede Willkür in der Bedienung des Regulierwehres auszuschliessen, wurde ein Reglement entworfen, das dem Wehrwärter die Wassermenge genau vorschreibt, die er an jedem Tag und bei jedem Oberseestand abfliessen lassen muss. In den kritischen Monaten Mai bis einschliesslich September nimmt das Reglement auch auf den Zufluss Rücksicht, indem grössere Abflussmengen vorgeschrieben sind, wenn der See um mehr als 2 cm im Tag steigt. Besondere Meldungen von der Wasserstation Oberriet-Blatten im St. Gallischen Rheintal sollen ein frühzeitiges Öffnen des Wehres bei Eintritt von plötzlichem Hochwasser gewährleisten. Bei der Aufstellung des Reglementes wurden die Wasserverhältnisse der Jahre 1816 bis 1923 berücksichtigt.

Die Abflussmenge im Rhein (Messprofil 1 km unterhalb des Regulierwehres) in m³/sek ist für jeden Tag des Jahres und jeden Stand des Obersees aus dem Schema Abbildung 5 zu entnehmen. Solange im Sommer, Mai bis einschliesslich September, der See um weniger als 2 cm im Tag steigt, gilt in den fünf Streifen mit zwei Zahlenwerten die kleinere Abflusszahl; beginnt er rascher zu steigen, so ist die Abflussmenge zwischen den beiden Werten so zu wählen, dass der See nur etwa 2 cm im Tag steigt; der grössere Wert gilt als Maximum, auch wenn der See rascher steigt. In den vier oberen Streifen sollen die eingeschriebenen Abflusszahlen eingehalten werden, solange der See nicht mehr als 2 cm steigt, andernfalls ist die Abflussmenge bis zur völligen Oeffnung des Wehres zu steigern mit einer täglichen Zunahme des Abflusses um höchstens 100 m³/sek. Sobald jedoch von Oberriet Hochwasser über 1000 m³/sek gemeldet wird, muss der Abfluss im Tag um 150 bis 250 m³/sek vergrössert werden, bis das Wehr ganz offen steht.

Wird nach einem Hochwasser das Wehr wieder geschlossen, so soll der Durchfluss täglich um höchstens 100 m³/sek vermindert werden, bis die vorgeschriebenen Werte erreicht sind. Sinkt jedoch die Wasserführung bei Oberriet unter 300 m³/sek, so ist die Abflussmenge im Tag entsprechend um 150 bis 250 m³/sek zu vermindern. In keinem Falle darf die tägliche Aenderung der Abflussmenge im Rhein 250 m³/sek, die stündliche rd. 10 m³/sek überschreiten.

Solange der Seestand im Gebiet oberhalb der Streifen verläuft, ist das Wehr ganz offen zu lassen. Unter $260 \text{ m}^3/\text{sek}$ sind Aenderungen der Abflussmenge von 30 zu $30 \text{ m}^3/\text{sek}$ vorgesehen; dabei soll die Wehrstellung nicht zu oft gewechselt werden und können die Werke besser über ihre Kraftabgabe disponieren. Da erfahrungsgemäss der Energiemangel bei den Kraftwerken vom Januar bis März am fühlbarsten ist, wurde das Reglement so aufgestellt, dass diese drei Monate am meisten Zuschuss aus dem See erhalten.

Der natürliche Zustand und das Regime infolge der Regulierung nach dem aufgestellten Reglement ist tabellarisch durchgerechnet worden. Dabei wurden im Maximum Intervalle von 10 bzw. 11 Tagen zusammengefasst, bei raschen Aenderungen ist jedoch die Berechnung von Tag zu Tag durchgeführt. Der Gang dieser Berechnung ist folgender: Für das gewählte Zeitintervall wird aus der Abflussmengenkurve Stein in Funktion des Oberseestandes die mittlere Abflussmenge bestimmt; diese, bei steigendem See vergrössert um den Mehrzufluss, der sich infolge Retention aus der Seestandsänderung ergibt, liefert den mittlern Gesamtzufluss. Anhand des Schema (Abb. 3) wird dann die regulierte mittlere Abflussmenge aus dem Seestand am Anfang des Intervalls geschätzt und aus dem entstehenden Mehrzufluss die erfolgende Seestandsänderung abgeleitet. Darauf kann, wenn nötig, die regulierte Abflussmenge und der daraus abgeleitete regulierte Seestand am Ende des Intervalls berichtigt werden. Bei abnehmendem See ist sinngemäss der Mehrabfluss von der mittlern Abflussmenge abzuziehen usw. Die praktische Durchführung der Regulierung am Wehr schreitet von Tag zu Tag fort und gestaltet sich sehr einfach. Für den genauen Rechnungsvorgang mit ausführlichem Beispiel sei auf die Abhandlung selbst verwiesen.

Diese Regulierung nach dem Schema Abbildung 5 ändert z. B. die Seestandsbewegung im Hochwasserjahr 1910 wie folgt: Nachdem Ende März der Obersee mit und ohne Regulierung gleich hoch gestanden hätte (P. R. = $3,10 \text{ m}$), würde er durch vergrösserten Abfluss im April, Mai und Juni vor Eintritt des eigentlichen Hochwassers am 14. Juni um 68 cm tiefer gestanden haben (P. R. = $4,11$ statt $4,79$). Der höchste Seestand war am 28. Juni effektiv mit $5,67 \text{ m}$; reguliert hätte der Obersee den höchsten Stand am 17. Juni bei nur $4,85 \text{ m}$ erreicht. Die Verbesserung beträgt also 82 cm (Rauhigkeitsgrad $n = 0,027$).

Das sehr wasserarme Jahr 1921 zeigt folgende bemerkenswerten Verhältnisse: Im trockenen Herbst 1920 betrug der mittlere Zufluss im November 100 , im Dezember $108 \text{ m}^3/\text{sek}$. Der natürliche Abfluss sank im Dezember 1920 auf $117 \text{ m}^3/\text{sek}$, stieg bis zum 29. Januar 1921 auf $145 \text{ m}^3/\text{sek}$ und fiel von da an stetig auf $107 \text{ m}^3/\text{sek}$ am 19. März. Am 1. Mai erreichte er wieder $140 \text{ m}^3/\text{sek}$. Der Seestand schwankte im Jahre 1921 zwischen P. R. $2,57$ und $3,79$, entsprechend 107 bzw. $411 \text{ m}^3/\text{sek}$ natürlichem Abfluss. Infolge der Anwendung unseres Reglementes wäre die Abflussmenge im Dezember 1920 während zwei Wochen auf $170 \text{ m}^3/\text{sek}$ gefallen; im Januar und Februar 1921 wäre sie auf 200 bzw. $230 \text{ m}^3/\text{sek}$ erhöht worden und vom 16. März bis 1. Mai wieder auf das Minimum $170 \text{ m}^3/\text{sek}$ gefallen. Dieses wäre nochmals während 16 Tagen im Oktober eingetreten. Der regulierte Abfluss hätte während des ganzen Jahres 1921 den Höchstwert $275 \text{ m}^3/\text{sek}$ nicht überschritten und das Wehr wäre nie vollständig geöffnet worden. Der regulierte Seestand hätte sich zwischen P. R. $2,10$ und $4,18$ bewegt.

Kosten und Nutzen der Bodensee-Regulierung.

Die Kosten für die Flusskorrekturen belaufen sich auf etwas über 8 Mill. Fr. , für Regulierwehr und Schiffahrtsschleusen bei Rheinklingen auf etwas mehr als 5 Mill. Fr. , mit Verschiedenem total auf $14,2 \text{ Mill. Fr.}$, ohne Kraftwerke, Hafenanlagen usw.

Änderung der Abflussmengen im Rhein

infolge der Bodensee-Regulierung
im Mittel der Jahre 1901-1920

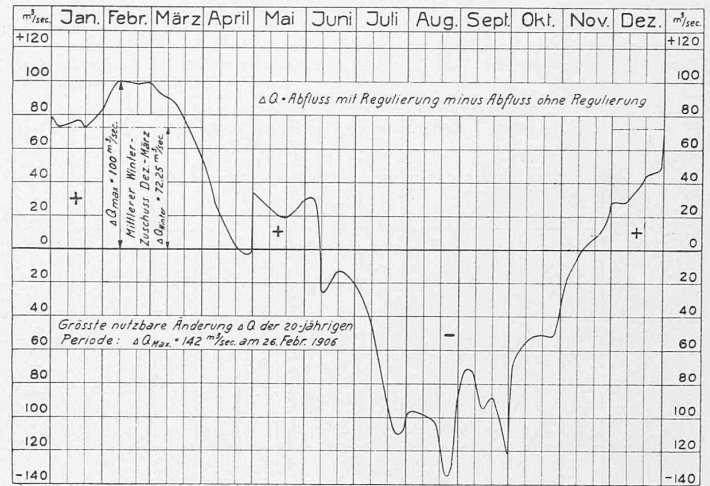


Abbildung 6.

Der ausschlaggebende Gewinn fällt den Kraftwerken zu. Die günstigere Verteilung der Abflussmengen im Rhein im Laufe des Jahres bewirkt einen erheblichen Energiezuwachs im Winter. Im Mittel der Jahre 1901 bis 1920 hätte die Regulierung nach dem angegebenen Reglement die in Abbildung 6 angegebenen Aenderungen der Abflussmengen im Rhein unterhalb des Bodensees ergeben. Der Zuschuss an Wasser in den Monaten Januar bis April und November-Dezember erhöht die Leistung der Werke, während der Zuschuss im Mai und Anfang Juni wahrscheinlich nicht verwertbar sein wird. Während der Zeit vom 10. Juni bis Mitte November wird die Abflussmenge vermindert, woraus sich jedoch kein grosser Ausfall an Leistung ergeben kann. Zur Vereinfachung der Rechnung berücksichtigen wir nur den Energiegewinn der vier Monate Januar, Februar, März und Dezember und nehmen an, der Gewinn im April und Ende November wiege den Verlust in der Zwischenzeit auf. Im Mittel der erwähnten vier Wintermonate beträgt der Mehrabfluss im regulierten Zustand gegenüber dem natürlichen Zustand $\Delta Q = 72,25 \text{ m}^3/\text{sek}$. Die grösstmögliche Mehrleistung der Kraftwerke pro Meter Gefälle wird demnach in den 121 Wintertagen bei 24-stündiger Ausnützung

$$10 \cdot 72,25 \cdot 121 \cdot 24 \cdot 0,685 = 1\,440\,000 \text{ kWh}$$

betragen. Dabei wurde ein mittlerer Wirkungsgrad der Turbinen von 75% und der Generatoren ein solcher von 93% eingesetzt. Bis zum Inkrafttreten der Bodensee-Regulierung werden voraussichtlich $63,8 \text{ m}$ Gefälle am Rhein ausgenützt sein, sodass sich im Mittel ein jährlicher Energiegewinn von

$$63,8 \cdot 1\,440\,000 = 92\,000\,000 \text{ kWh}$$

ergeben wird. Bei vollem Ausbau der Rheinkraftwerke zwischen Bodensee und Kembs wird das ausgenützte Gefälle bei Niederwasser mindestens 145 m betragen, woraus sich ein Gesamt-Energiegewinn von $209 \text{ Millionen Kilowattstunden}$ errechnet.

Die Betriebskosten für die Bodensee-Regulierung erreichen $890\,000 \text{ Fr.}$ jährlich und belasten die gewonnene Energie mit durchschnittlich $0,97 \text{ Rappen}$ pro kWh bei $63,8 \text{ m}$ ausgenütztem Gefälle und ohne Berücksichtigung des Kraftwerkes Rheinklingen. Mit der Inbetriebnahme neuer Werke würden diese Kosten noch niedriger.

Es erscheint vorteilhaft, das Kraftwerk Rheinklingen zu erstellen, da hierfür weder ein eigenes Wehr noch eine Schleuse zu bauen ist und deshalb die Baukosten nicht bedeutend werden (nach einem überschlägigen Kostenanschlag rund $6,6 \text{ Mill. Fr.}$). Die Leistung schwankt von Null bis 7500 kW und beträgt im Jahresmittel der Periode 1904

BODENSEE-REGULIERUNG FÜR HOCHWASSERSCHUTZ, KRAFTNUTZUNG UND SCHIFFFAHRT.

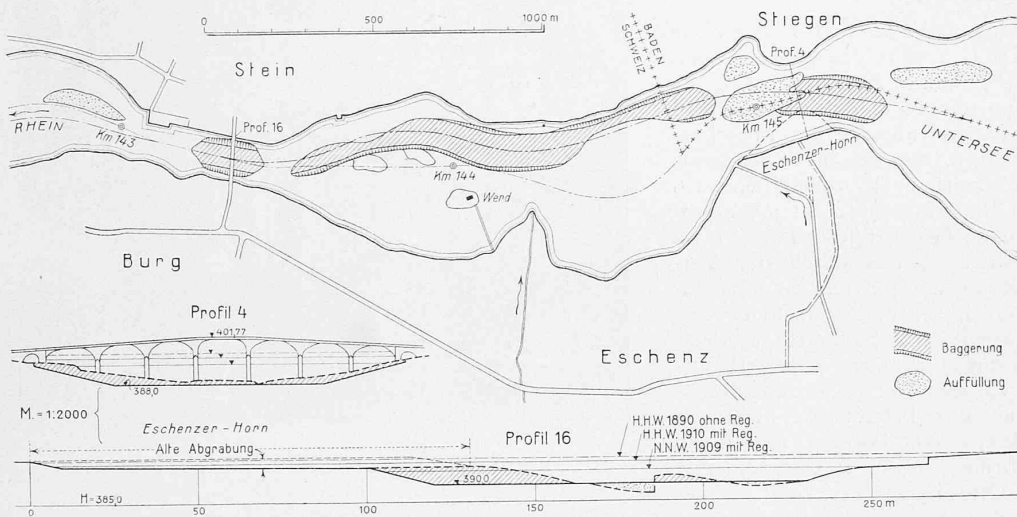


Abb. 7. Verbesserung der Durchflussverhältnisse von Eschenz-Stiegen bis Stein a. Rh., 1 : 20 000.

bis 1913 44,3 Mill. kWh. Bei 820000 Franken jährlichen Betriebskosten stellt sich die kWh auf 1,85 Rappen, ein für Herbst- und Winterenergie sehr vorteilhafter Preis.

Die Vorteile der Bodensee-Regulierung nach diesem Projekt lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Hochwasserstände werden bis zu 1 m gesenkt und hätten in den Jahren 1816 bis 1924 den Pegelstand 5 m in Rorschach nur noch an 16 Tagen überschritten, gegenüber 873 Tagen in Wirklichkeit. Der maximale Stand wäre am 2. September 1890 mit 5,37 m eingetreten gegenüber 6,22 m am 7. Juli 1817. Am Rheinlauf vom Untersee bis zum Rheinflall werden die Hochwasserverhältnisse ungefähr im gleichen Masse verbessert, wie am See.

Die bestehenden und zukünftigen Kraftwerke am Rhein einschliesslich Rheinklingen könnten etwa 250 Mill. kWh mehr Energie in den Monaten Dezember bis März gewinnen als ohne Regulierung. Es wäre dies sehr wertvolle Winterkraft, wovon als Schweizeranteil rund 165 Mill. entfallen würden, während auf Deutschland und Frankreich etwa 85 Mill. kWh kämen. Welchen Wert diese Winterenergie darstellt, lässt sich abschätzen, wenn man sie mit jener des Wäggital-Kraftwerkes vergleicht, welches Kraftwerk total 100 Mill. kWh liefern kann, immerhin als reine Spitzenenergie.

Nachteile durch die Bodensee-Regulierung werden sich auf die Dauer keine einstellen. Es ist anzunehmen, dass sich die Fische mit ihren Laichplätzen den neuen Verhältnisse anpassen werden. Die Aufnahme dieses Projektes bei den Interessenten am Bodensee und Rhein war, wie sich bisher zeigte, im allgemeinen günstig. Immerhin sind in der Versammlung des Nordostschweizerischen Schiffsahrts-Verbandes vom 27. Juli d. J. in Romanshorn Stimmen laut geworden, die einerseits den Hochwasserschutz als ungenügend bezeichneten, andererseits auch die tiefere Absenkung der Seespiegel als unzulässig erklärten. Inzwischen ist in verschiedenen Zeitungsartikeln die Angelegenheit weiter erörtert worden, woraus sich ungefähr Folgendes ergibt:

Es sollte danach getrachtet werden, den Stau im Herbst etwas weniger hoch und vor allem etwas weniger lang durchzuführen, sodass schon im Laufe des Monats November in allen Fällen eine merkliche Abnahme eintreten würde. Die Einwände wegen der Herbsthochwasser scheinen nicht stichhaltig zu sein, denn die damals angeführten Hochwasser von Reichenau (Graubünden) haben zu wenig Einfluss auf den gesamten Wasserhaushalt des Bodensees, als dass darauf abgestellt werden könnte. Ausserdem kommt es für das Ansteigen des Sees nicht nur darauf an, wie gross der höchste Zufluss ist, sondern auch, wie lange er andauert.

Von anderer Seite wurde eine Absenkung der Hochwasser verlangt, derart, dass in keinem Fall der Pegelstand 4,80 m in Rorschach überschritten würde. Dies bedingt für das Hochwasser im Jahre 1817 eine Senkung um 1,42 m. Abgesehen davon, dass der dadurch notwendige Mehraushub die Kosten der Bodensee-Regulierung erheblich steigern würde, ist es fraglich, ob die Verhältnisse am Rhein eine entsprechende Steigerung der Abflussmenge überhaupt zulassen. Hatte doch Schaffhausen bisher an einem grössten Abfluss von 1060 m³/sek festgehalten, während das vorliegende Projekt schon auf 1400 m³/sek geht.

Wenn weiter die tiefere Absenkung des Seespiegels um etwa 20 cm wegen schädlicher Ausdünstung als unzulässig bezeichnet wird, so scheint ein solches Bedenken denn doch übertrieben. Schon jetzt senkt sich der Seespiegel jedes Jahr von seinem höchsten Stand um durchschnittlich 2 m, ohne dass in den Niederwasser-Monaten nachteilige Ausdünstungen bemerkbar werden. Es ist also anzunehmen, dass die weitere Senkung um ein Zehntel dieses Betrages keinen spürbar ungünstigern Einfluss ausüben wird.

Wie leichthin, besonders in öffentlichen Versammlungen, alle möglichen Forderungen aufgestellt und scheinbar auch begründet werden, zeigt die offizielle, thurgauische Versammlung in Mannenbach, über die die „Thurgauer Zeitung“ in ihrer Nummer vom 21. August d. J. berichtete. Dort wird wegen der Fischerei ein Seestand von P. R. 3,50 m Mitte Mai noch als zu niedrig bezeichnet. Nun ist doch dieser Stand in Wirklichkeit schon oft nicht erreicht worden; 1921 beispielsweise erreichte der Seespiegel zu dieser Zeit kaum 3 m, ohne dass die Fischerei den nun heute befürchteten Ausfall erlitten hätte.

Es wird leider zu sehr jede blosse Vermutung als feststehende Tatsache dargestellt und oft starr daran festgehalten, auch wenn das Gegenteil bewiesen ist. Es wäre sonst unmöglich, dass in der selben Versammlung wiederum den Abgrabungen am Eschenzerhorn so energisch das Wort geredet worden wäre. Die Nutzlosigkeit jener Abgrabungen zeigt am besten der Umstand, dass die Höhendifferenz der Wasserspiegel vom Untersee und vom Rhein bei der Steinerbrücke 27 cm beträgt, von welcher Differenz bei Hochwasser für die Erzeugung der Durchflussgeschwindigkeit bei der Steinerbrücke 12 cm erforderlich sind. Der Verlust auf der 1,8 km langen Strecke beträgt also nur 15 cm. Wie soll nun hier eine nennenswerte Absenkung möglich sein? Die bisherigen, mit grossen Kosten durchgeführten Erweiterungen beim Eschenzerhorn (Abb. 7) können demnach nur einen Gewinn von wenigen Millimetern ergeben.

In Anbetracht der grossen wirtschaftlichen Bedeutung der Bodensee-Regulierung wäre es sehr zu wünschen, wenn eine baldige Einigung der widersprechenden Interessen erfolgen würde; grosse öffentliche Versammlungen scheinen indessen dafür nicht geeignet.

Diesem Autoreferat fügen wir unsererseits nur noch bei, dass die auf Seite 180 letzter Nummer angekündigte Veröffentlichung in Tabellen und mehrfarbigen Tafelbeilagen, Diagrammen und Plänen ausser dem Projekt auch das Regime des Bodensees wie des Rheins gründlich darlegt. Es bildet dadurch ein reichhaltiges Studienmaterial für die einschlägigen Fragen.

Red.