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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 5 (1912-1913)

Heft: 9

Artikel: Stauanlagen im Hinterrheingebiete

Autor: Froté, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920010

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: 23.07.2025

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

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT

OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK, WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFAHRT .·. ALLGEMEINES PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN VERBANDES FÜR DIE SCHIFFAHRT RHEIN-BODENSEE

HERAUSGEGEBEN VON DR O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON a. PROF. HILGARD IN ZÜRICH UND ING. GELPKE IN BASEL

Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.
Abonnementspreis Fr. 15.— jährlich, Fr. 7.50 halbjährlich
Deutschland Mk. 14.— und 7.—, Österreich Kr. 16.— und 8.—
Inserate 35 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzeile
Erste und letzte Seite 50 Cts. ∞ Bei Wiederholungen Rabatt

Verantwortlich für die Redaktion:
Dr. OSCAR WETTSTEIN u. Ing. A. HÄRRY, beide in ZÜRICH
Verlag und Druck der Genossenschaft „Züricher Post"
in Zürich I, Steinmühle, Sihlstrasse 42
Telephon 3201 .·. .·. Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

№ 9 ZÜRICH, 10. Februar 1913 V. Jahrgang

Inhaltsverzeichnis

Stauanlagen im Hinterrheingebiete. — Wasserturbinen mit Heber. — Wasserrecht. — Wasserbau und Flusskorrektionen. — Wasserkraftausnutzung. — Schiffahrt und Kanalbauten. — Totentafel. — Verschiedene Mitteilungen. — Patentwesen. — Wasserwirtschaftliche Literatur.

Stauanlagen im Hinterrheingebiete.

Referat von Ingenieur E. Froté, Zürich, in der Versammlung der Interessenten an den Studien über die Anlage von Staubecken im Kanton Graubünden vom 21. Dezember 1912 in Chur.

Die Wasserabflussmengen unserer Alpengewässer sind sehr starken Schwankungen unterworfen. Im Winter sind die Wassermengen klein und zwar während einer verhältnismässig langen Periode, bis zu fünf Monaten, im Sommer jedoch gross. Infolge dieser sehr variablen Abflussverhältnisse ist die Verwertung dieser Gewässer zur Krafterzeugung für Abgabe zu Licht- und Kraftzwecken beschränkt. Gerade im Winter, wenn der Kraftkonsum am grössten ist, ist der Wasserstand am niedrigsten. Eine Wasserkraft nur für die Minimalkraft auszubauen, ist wirtschaftlich ausgeschlossen, sie muss für eine mittlere Jahreskraft, eine Kraft, welche während etwa 7—8 Monaten vorhanden ist, ausgebaut werden. Für die übrige Zeit ist die fehlende Kraft durch kalorische Reserveanlagen oder durch Wasserakkumulation zu ergänzen. Bei der Verwendung der Kraft für gewisse elektrochemische Zwecke, wo die Fabrikation mehr oder weniger nach der vorhandenen Kraft geregelt werden kann, ist allerdings diese Variation von kleinerer Bedeutung, erschwert jedoch auch dann den Betrieb. So sind im Wallis und in den französischen Alpen Anlagen für solche Zwecke erstellt, welche für das vier- bis sechsfache der Minimalwassermenge ausgebaut sind. Anderseits sind infolge dieser sehr stark schwankenden Abflussverhältnisse viele Täler beständig Hochwasserverheerungen ausgesetzt.

Es stellt sich deshalb die Frage, ob eine Regulierung der Abflussmenge der Gewässer dadurch möglich ist, dass die Hochwasser in bestehenden oder zu erstellenden Seen, zur Verwendung in der wasserarmen Periode, aufgespeichert werden können, und ob die wirtschaftlichen Vorteile, welche durch diese Regulierung erzielt werden, die dafür notwendigen Auslagen rechtfertigen. Durch die Regulierung würden die Wasserkräfte viel konstanter und wertvoller. Ausserdem können durch die Anlage der Stauseen die Abflüsse der verheerenden Hochwasser einigermassen reguliert und die Hochwasserschäden beseitigt werden. Vielleicht könnten auch die bestehenden Schiffahrtsprojekte davon Nutzen ziehen.

Bis heute ist nun das ganze Hinterrheingebiet von Reichenau aufwärts studiert worden, und ich möchte Ihnen die Ergebnisse des wassertechnischen Teils mitteilen, während über den geologischen Teil, die Geschiebeführung, geologische Beschaffenheit des Terrains usw. Herr Professor Dr. Tarnuzzer berichten wird.

In erster Linie wurden die Wasserabflussmengen der in Betracht kommenden Gewässer bestimmt, dann die Niederschlagsmengen, das Verhältnis zwischen den Niederschlags- und Abflussmengen, die Wasserabflussverhältnisse nach Erstellung der Stauanlagen, zuletzt die vorhandenen Wasserkräfte.

Für die Bestimmung der Wassermengen stehen im ganzen Gebiet sechs Pegelstationen zur Verfügung, deren tägliche Pegelablesungen seit 1901/03

bis 1910 verwendet wurden. Es sind dies die Pegelstationen:

am Hinterrhein bei Andeer und Rothenbrunnen,
an der Julia bei Savognin,
am Landwasser bei Davos-Platz,
an der Albula bei Alveneubad und Baldenstein.

Leider stehen von der Landeshydrographie Wassermengenmessungen nur für ganz kleine Wasserstände zur Verfügung, mit Ausnahme der Pegelstation Rothenbrunnen. Es mussten daher für die verschiedenen Pegelablesungen die Wassermengen aus den Profilen rechnerisch ermittelt werden.

Infolge der Geschiebeführung sind die Profile einer Veränderung der Sohle unterworfen, weshalb diese, wie auch die Wassermengen, wenigstens nach jedem Hochwasser, neu aufgenommen werden sollten. Mit Ausnahme des Albulapegels bei Alveneu sind die Stationen jedoch an Orten erstellt, welche nicht sehr starken Änderungen unterworfen sind.

Aus diesen Gründen können die ermittelten Wassermengen nicht als ganz genau betrachtet werden. Man erhält jedoch ein richtiges Gesamtbild über den Verlauf des Wasserabflusses.

In den höheren Regionen der verschiedenen Täler, sowie an der ganzen Albula von Filisur aufwärts, sind keine Pegel aufgestellt; man sollte darnach trachten, auch in diesen Gebieten solche aufzustellen.

Für die bestehenden Pegelstationen wurden die monatlichen, die sommerlichen (April bis September), die winterlichen (Oktober bis März) und die Jahresdurchflussmengen des wasserärmsten, des wasserreichsten und des mittleren Jahres der achtjährigen Beobachtungsperiode ermittelt. Das Resultat ist folgendes:

Die winterliche, mittlere sekundliche Abflussmenge des wasserärmsten Winters variierte zwischen dem 1,4-fachen der Minimalwassermenge am Hinterrhein in Rothenbrunnen und dem 2,2-fachen am Landwasser bei Davos und zwar betrug sie

am Hinterrhein bei Andeer das 1,66-fache der Minimalwassermenge von 2,26 m^3/sek. (4,65 l/km^2),
an der Julia bei Savognin das 2,14-fache der Minimalwassermenge von 1,5 m^3/sek. (4,76 l/km^2),
am Landwasser bei Davos das **2,22**-fache der Minimalwassermenge von 0,5 m^3/sek. (4,5 l/km^2),
an der Albula bei Alvaneu das 1,51-fache der Minimalwassermenge von 3,3 m^3/sek. (7,05 l/km^2),
an der Albula bei Haldenstein das 1,8-fache der Minimalwassermenge von 5,5 m^3/sek. (5,81 l/km^2),
am Hinterrhein bei Rothenbrunnen das **1,4**-fache der Minimalwassermenge von 1,9 m^3/sek. (7,2 l/km^2).

Die winterliche mittlere sekundliche Wassermenge des wasserreichsten Winters:

H. A. das **3,75**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 2,80- „ „ „
L. D. das 3,06-fache der Minimalwassermenge
A. A. „ 2,36- „ „ „
A. B. „ 2,3- „ „ „
H. R. „ **2,16**- „ „ „

Die winterliche mittlere sekundliche Wassermenge der ganzen Beobachtungsperiode:

H. A. das **2,79**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 2,49- „ „ „
L. D. „ 2,46- „ „ „
A. A. „ 1,85- „ „ „
A. B. „ 2,1- „ „ „
H. R. „ **1,66**- „ „ „

Die sommerliche mittlere sekundliche Durchflussmenge des wasserärmsten Sommers:

H. A. das **12,4**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 9,8- „ „ „
L. D. „ 8,22- „ „ „
A. A. „ **5,45**- „ „ „
A. B. „ 7,6- „ „ „
H. R. „ 6,48- „ „ „

Die sommerliche mittlere sekundliche Durchflussmenge des wasserreichsten Sommers:

H. A. das **19,8**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 12,7- „ „ „
L. D. „ 13,96- „ „ „
A. A. „ 9,85- „ „ „
A. B. „ 11,0- „ „ „
H. R. „ **9,1**- „ „ „

Die sommerliche mittlere sekundliche Durchflussmenge der ganzen Periode:

H. A. das **16,8**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 11,9- „ „ „
L. D. „ 10,22- „ „ „
A. A. „ **7,1**- „ „ „
A. B. „ 9,6- „ „ „
H. R. „ 7,65- „ „ „

Die jährliche mittlere sekundliche Durchflussmenge des wasserärmsten Jahres:

H. A. das **8,00**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 6,05- „ „ „
L. D. „ 5,32- „ „ „
A. A. „ **3,15**- „ „ „
A. B. „ 4,9- „ „ „
H. R. „ 4,0- „ „ „

Die jährliche mittlere sekundliche Durchflussmenge des wasserreichsten Jahres:

H. A. das **10,5**-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 7,8- „ „ „
L. D. „ 8,68- „ „ „
A. A. „ 6,82- „ „ „
A. B. „ 6,8- „ „ „
H. R. „ **5,58**- „ „ „

Die jährliche mittlere sekundliche Durchflussmenge der Periode:

H. A. das 9,8-fache der Minimalwassermenge
J. S. „ 7,0- „ „ „
L. D. „ 6,32- „ „ „

A. A. das 4,82-fache der Minimalwassermenge
A. B. „ 5,8- „ „ „
H. R. „ **4,72-** „ „ „

Die mittlere Jahresdurchflussmenge der achtjährigen Periode entspricht:

H. A. der **1,22**-fachen kleinsten Jahresdurchflussmenge
J. S. „ **1,16-** „ „ „
L. D. „ 1,19- „ „ „
A. A. „ 1,40- „ „ „
A. B. „ 1,19- „ „ „
H. R. „ 1,18- „ „ „

Daraus ergibt sich, dass der Hinterrhein bei Andeer den grössten Schwankungen unterworfen ist, dass aber das Verhältnis der mittleren Jahresdurchflussmenge zur kleinsten Jahresdurchflussmenge bei allen ungefähr gleich gross ist.

Um das Verhältnis der Niederschlagsmengen zu den Abflussmengen zu ermitteln, wurde die Niederschlagsmenge für das Einzugsgebiet des Gewässers bis zur jeweiligen Pegelstation bestimmt.

Im ganzen Hinterrheingebiet sind 17 Niederschlagsmeßstationen aufgestellt, welche regelmässig abgelesen werden und zwar in Meereshöhen von 604—2237 m.

Zur Bestimmung der mittleren Niederschlagshöhen der verschiedenen Einzugsgebiete sind diese in Höhenzonen von 300 zu 300 m über Meer eingeteilt und die Flächeninhalte dieser Zonen ermittelt. Aus diesen Inhalten und aus den diesen Zonen entsprechenden Niederschlagshöhen sind die Niederschlagshöhen der ganzen Gebiete berechnet. Während der Beobachtungsperiode ergab sich bis zur Pegelstation Andeer eine mittlere Niederschlagshöhe von 1940 mm und eine mittlere sekundliche Niederschlagsmenge von rund 62 l/km² Einzugsgebiet (30 m³/sek.).

1640 mm bis zur Pegelstation Savognin und eine mittlere sek. Regenmenge von rund 52 l/km² (11,5 m³/sek.)

1400 mm bis zur Pegelstation Davos und eine mittlere sek. Regenmenge von rund 44,5 l/km² (4,93 m³/sek.)

1500 mm bis zur Pegelstation Alveneu und eine mittlere sek. Regenmenge von rund 47,7 l/km² (22,4 m³/sek.)

1520 mm bis zur Pegelst. Haldenstein und eine mittlere sek. Regenmenge von rund 48 l/km² (45,7 m³/sek.)

1620 mm bis zur Pegelst. Rothenbrunnen und eine mittl. sek. Regenmenge von rund 51,5 l/km² (86,0 m³/sek.)

Dem gegenüber steht eine mittlere Abflussmenge

bei Andeer	von 22,2 m³/sek.	= 45,6 l/km²/sek.
„ P. Savognin	„ 7,34 „	= 33,1 „
„ „ Davos	„ 3,16 „	= 28,7 „
„ „ Alveneu	„ 14,6 „	= 31,2 „
„ „ Haldenstein	„ 32,0 „	= 33,8 „
„ „ Rothenbrunnen	„ 56,1 „	= 33,7 „

Der Wasserverlust zwischen der Niederschlagsmenge und der Abflussmenge betrug somit:

Bis zur Pegelstation	Andeer	26 %
„ „ „	Savognin	36 %
„ „ „	Davos	36 %
„ „ „	Alveneu	35 %
„ „ „	Haldenstein	30 %
„ „ „	Rothenbrunnen	35 %

Mit Hilfe dieser Zahlen wurden nun die Wassermengen der verschiedenen in Aussicht genommenen Staubeckengebiete ermittelt.

Nach Besichtigung der verschiedenen Täler konnte festgestellt werden, dass Stauanlagen erstellt werden können:

Im Hinterrheingebiet oberhalb Thusis bei Hinterrhein, Sufers, am Rheno di Lei (Italien), am Madriserrhein bei der Alp Blese und oberhalb Crôt, am Averserrhein bei Avers, im Juliagebiet bei Pian Canfér oberhalb Bivio, Plang Tchuils oberhalb Bivio, an der Julia bei Marmels, Val Faller, Roffna, im Val Nandrô, Burvagn, im Albulagebiet bei Weissenstein, oberhalb Preda, im Tuorstal, im Sertigtal. Im Beversertal des Inngebietes können ferner zwei Staubecken geschaffen werden, deren Wasser mit Leichtigkeit ins Albulatal bei Weissenstein übergeführt werden können.

Staubecken	Inhalt	Max. Höhe
Hinterrhein	12,0 Millionen m³	38 m
Sufers	16,3 „ „	57 „
Avers Podestats	15,0 „ „	55 „
Madriser Rhein	— „ „	—
Alp Blese	6,0 „ „	60 „
Crôt	**3,0** „ „	49 „
Rheno di Lei (Italien)	**17,0** „ „	70 „
	69,3 Millionen m³	
Pian Canfér	7,6 Millionen m³	44 m
Plang Tschuils	0,8 „ „	25 „
Julia Marmels	11,0 „ „	34 „
Val Faller	7,9 „ „	40 „
Julia Roffna	**25,0** „ „	30 „
Val Nandro	11,9 „ „	50 „
Julia Burvagn	5,0 „ „	26,4 „
	69,2 Millionen m³	
Albula Weissenstein	15,0 Millionen m³	52,5 m
Val Tuors	5,0 „ „	77 „
Sertigtal	20,0 „ „	55 „
Beverstal I	15,0 „ „	65,5 „
„ II	20,0 „ „	97 „
	63,0 Millionen m³	

Durch die Erstellung der sechs Stauanlagen oberhalb Andeer wird erreicht, dass die Minimalwassermenge bei der Pegelstation von 2,26 auf 8,9 m³/sek. erhöht wird, im wasserärmsten Jahr auf 8,32 m³/sek. (4 resp. 3,7-fache Minimalwassermenge).

Durch Erstellen der sieben Staubecken im Juliagebiet wird die Minimalabflussmenge der Julia bei ihrer Einmündung in die Albula von 1,78 auf 7,76

resp. 7,02 m^3/sek., im wasserarmen Winter, erhöht. (4,35 resp. 3,95-fache Minimalwassermenge).

Nach Erstellen der drei Staubecken im Albulagebiet erhöht sich die Minimalwassermenge bei Tiefenkastel von 3,7 m^3/sek. auf 7,08 resp. 6,34 m^3/sek. (1,92 resp. 1,72-fach). Kommen die zwei Staubecken im Beversertal dazu, so erhöht sich die Wassermenge von 3,7 auf 8,83 resp. 7,94 m^3/sek. (2,4 resp. 2,15-fach).

Nach Erstellung aller Stauanlagen würde sich die Minimalwassermenge des Rheins bei Rothenbrunnen von 11,9 auf 24,46 resp. 22,33 m^3/sek. erhöhen. Die minimale Durchflussmenge wird somit ungefähr verdoppelt.

Durch die Errichtung der Stauanlagen wird eine teilweise Ausgleichung der sommerlichen und der winterlichen Abflussmenge des Hinterrheins bei Reichenau erzielt und zwar in dem Masse, dass das Verhältnis zwischen den winterlichen und den sommerlichen Wassermengen von 1 : 4,5 auf 1 : 2,2 bis 1 : 2,5 herabsinkt.

Rasch auswachsende Hochwasser können durch die verschiedenen Staubecken angehalten und in einem gleichmässigeren Masse abgeleitet werden, wodurch Hochwasserkatastrophen vermieden werden sollten.

Werden nun sämtliche Gefällstufen von den obersten Stauanlagen abwärts bis Reichenau ausgenutzt, so ergeben sich nach Erstellung der Stauanlagen folgende konstante (24-stündige) Wasserkräfte:

Im Hinterrheingebiet bis Thusis

66,000 PS., ausnahmweise in wasserarmen Jahren 61,000 PS., in sechs Zentralen, inklusive Thusis;

im Juliagebiet bis Tiefenkastel

44,000 PS., ausnahmsweise 40,000 PS., in fünf Zentralen;

im Albulagebiet bis Tiefenkastel

71,700 PS., ausnahmsweise 67,000 PS., in vier Zentralen; mit Albula-Werk 92,000 PS., ausnahmsweise 85,000 PS. (+ eine Zentrale);

im ganzen Gebiet bis Reichenau

222,000 PS., ausnahmsweise **206,000** PS., in 17 Zentralen.

Nach der Publikation der Landeshydrographie betragen die Minimalwasserkräfte sämtlicher berücksichtigten Gefälle rund 57,000 PS. bis Reichenau. Durch die Stauanlagen wird diese Kraft auf das 3,9 resp. 3,6-fache erhöht.

Werden die Wasserwerkanlagen für die dreifache Minimalkraft ausgebaut (Achtstundenbetrieb), so stellen sich die reinen Baukosten

sämtlicher Stauanlagen	auf zirka	Fr. 110,000,000.—
„ Wasserwerke	„ „	„ 80,000,000.—
	zusammen	Fr. 190,000,000.—

bei 564,000 installierten PS.

Demnach kommt die installierte PS. (achtstündig) auf rund Fr. 337.—, die konstant vorhandene auf rund Fr. 980 resp. 1055 und die PSh. auf 11,2 Rp. bei 1,7 Milliarden PSh. zu stehen.

Rechnet man aber noch die Kapitalisierung der Konzessionsgebühren von Fr. 3—4.— pro PS. und Jahr, das heisst rund Fr. 100.— und die Finanzierungskosten hinzu, so werden sich die Herstellungskosten der konstanten PS. auf etwa Fr. 1300.— steigern. Die Kräfte sind somit nicht als sehr billige Kräfte zu betrachten. Für elektrochemische Zwecke ist der Preis zu hoch, weshalb ein grösserer Teil der Kraft für Lichtzwecke und für die Industrie zu besseren Konditionen abgesetzt werden müsste, wenn die Kraftabgabe auch die Verzinsung der für die Stauanlagen notwendigen Auslagen aufbringen soll.

Wasserturbinen mit Heber.

Von Escher Wyss & Cie., Zürich und Ravensburg

Das Bestreben, die mit einer Wasserturbine gekuppelte Arbeitsmaschine, beispielsweise eine Dynamomaschine gegen eine mögliche Überflutung bei Hochwasser zu schützen, hat schon so lange bestanden, wie der Turbinenbau selbst.

Ein beliebtes Mittel besteht darin, Turbinen mit vertikalen Wellen auszuführen, bei denen es immer möglich ist, die Dynamomaschine so hoch zu setzen, dass jede Gefahr einer Überflutung ausgeschlossen ist. Diese Aufstellungsart hat aber verschiedene Nachteile, besonders für die Demontierbarkeit und das Ersetzen ausgenutzter Turbinenteile. Wenn immer möglich, wird deshalb die horizontale Anordnung bevorzugt.

Bei horizontalachsigen Anlagen und niedrigem Gefälle ist aber leider die direkte Kupplung der Dynamomaschine mit der Turbine mit dem Nachteil verbunden, dass die Grube der Dynamomaschine bei Hochwasser und auch schon bei Rückstau überflutet wird. Will man sich dagegen durch Anordnung von Riementrieb oder Seiltrieb helfen, und also die Dynamomaschine in ein höheres Stockwerk verlegen, so gehen alle wesentlichen Vorteile der direkten Kupplung wieder verloren.

Der Turbinenbau hat deshalb lange vor dem Problem gestanden, auch bei horizontalachsigen Anlagen und niedrigem Gefälle, die Dynamo ausserhalb des Bereiches der Überflutung aufzustellen.

Dieses Bestreben hat dazu geführt, die Turbinenachse ganz in der Nähe des Oberwasserspiegels anzuordnen und durch Hebervorrichtungen über den Leit-Apparaten für beliebig hohe Wasserschichten zu sorgen, um Wirbelbildung und schlechten Nutzeffekt zu vermeiden. Die künstliche Absaugung von Luft, sollte sich solche im Vakuumraum ausscheiden, durch