Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 77 (1959)

Heft: 26

Artikel: Aus der Projektierung für die Kraftwerksgruppe Hinterrhein: Motor-Columbus A.G., Baden

Autor: Kalt, L. / Schnitter, Niklaus

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84273

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: 07.08.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein

DK 621.29.002.1

Motor-Columbus A.G., Baden

Einleitung

Von Obering. **L. Kalt,** dipl. Ing. ETH

Nachdem im Jahre 1956 verschiedene Vorarbeiten wie Strassenbauten, Baustromversorgung, Sondierungen usw. durchgeführt und am 10. Dezember des gleichen Jahres die Kraftwerke Hinterrhein AG. (KHR) gegründet worden waren, wurden die Arbeiten an der Kraftwerkstufe Bärenburg–Sils am 1. April 1957 offiziell in Angriff genommen. Seither sind etwas mehr als zwei Jahre verflossen, in denen reges Leben in die Täler des Hinterrheins und Avers eingezogen ist. Die Bauarbeiten an allen drei Kraftwerkstufen sind in vollem Gang und nähern sich hinsichtlich ihrer Ausdehnung und der Aufwendungen ihrem Höhepunkt, der in den Jahren 1959 und 1960 erreicht wird.

Zur Zeit der Gründung der KHR lag lediglich das generelle Bauprojekt 1956 vor. Ueber dieses, sowie die Entstehungsgeschichte der Kraftwerke Valle di Lei–Hinterrhein liegen verschiedene Veröffentlichungen vor [1]), auf welche die nachfolgenden Ausführungen über besonders interessante Bauteile und Projektierungsaufgaben Bezug nehmen. Das Projekt 1956 hat in der Zwischenzeit einige Aenderungen erfahren, welche teils auf die seither von den Partnern angemeldeten Bedürfnisse, teils auf die bei der Detailprojektierung gewonnenen Erkenntnisse und die durch Sondierungen erlangten Aufschlüsse, nicht zuletzt aber auch auf Wünsche der Talbewohner zurückzuführen sind. Bei den getroffenen Aenderungen, die die Gesamtkonzeption des Projektes unberührt lassen, handelt es sich zur Hauptsache um die folgenden Massnahmen (Bild 1):

Im *Avers-Obertal* konnten die beiden Fassungen des Juferrheins und Bregalgabaches in eine einzige Entnahmestelle unterhalb der Vereinigung der beiden Bäche zusammengelegt werden. Der Ueberleitstollen Avers–Madris wird dadurch zwar verlängert, doch ergeben sich anderseits, neben einer bedeutenden Verkürzung der Hangrohrleitungen, verschiedene bauliche und betriebliche Vorteile, wobei gleich-

1) *L. Kalt,* Die Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein. «Schweiz. Bauzeitung», 75. Jahrgang (1957), Seiten 65 und 79 (Sonderdruck). — *G. A. Töndury,* Zur Entstehungsgeschichte der Kraftwerkprojekte am Hinterrhein «Wasser- und Energiewirtschaft» 49. Jahrgang (1957), Seite 37 (Sonderdruck).

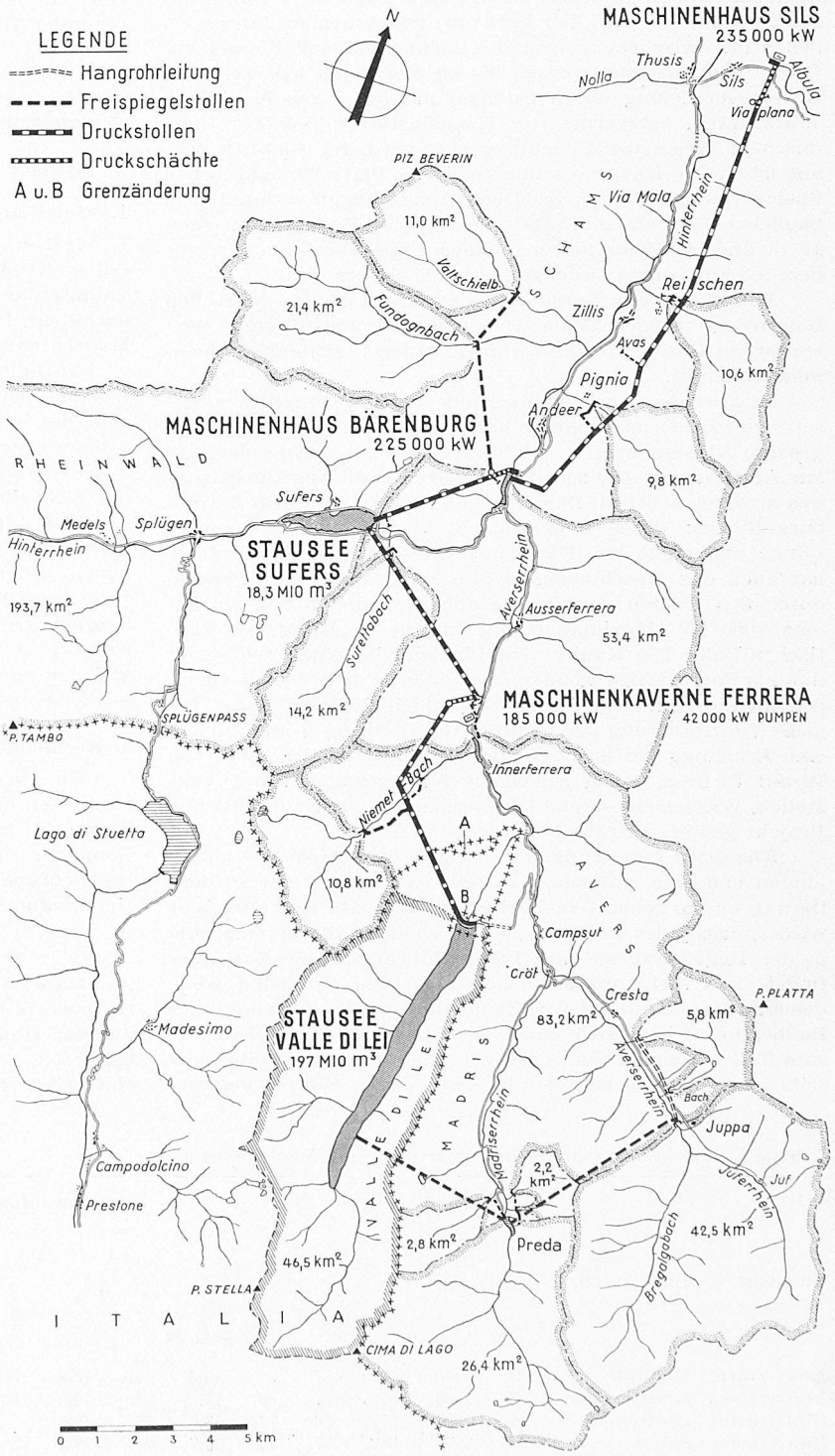

Bild 1. Kraftwerke Hinterrhein, Uebersichtsplan 1:200 000 gemäss Ausführungsprojekt

zeitig der durch die Wasserentnahme bedingte Eingriff ins Tal gemildert wird. Die grössten Aenderungen wurden in der *Kavernenzentrale Ferrera* vorgenommen, bedingt durch den Beschluss, an Stelle von vier Peltonturbinengruppen drei mit Francisturbinen ausgerüstete Maschinengruppen zu je 72 000 kW Maximalleistung einzubauen. Diese Ausführung bedeutet einen weiteren Schritt in der Entwicklung dieses Turbinentyps, denn die Vergrösserung des Nutzgefälles auf rund 520 m kommt einer neuen Spitzenleistung gleich. Sie bildete zudem den Ausgangspunkt für eine weitere Projektänderung, nämlich die Ausbildung der Ueberleitung von Ferrera nach Sufers als Druckstollen an Stelle eines Freispiegelstollens. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, aus dem Stausee Sufers Wasser in die Kavernenzentrale Ferrera zu leiten, wo dieses mittels Zubringerpumpen in das Niederdrucksystem der beiden Speicherpumpen gefördert wird. Somit kann die Füllung des Stausees im Valle di Lei auch in wasserarmen Jahren, in denen im Zwischeneinzugsgebiet nicht genügend Wasser zufliesst, gewährleistet werden. Es ist aber auch jederzeit eine Energieveredelung durch Pumpen möglich, was in einigen Jahrzehnten, bei vermehrter Grundlasterzeugung auf thermischem Wege, von Bedeutung sein wird. Im Hinblick darauf ist in der Kaverne schon jetzt der Platz für eine dritte Speicherpumpe ausgespart. Diese Aenderungen verlangten in baulicher Hinsicht eine Tieferlegung der Kaverne um rund 12 m und die Einschaltung einer Expansionskammer vor dem 5,5 km langen Druckstollen nach Sufers.

Hier wird beim *Sufner Törli* an Stelle der im generellen Bauprojekt vorgesehenen Bogengewichtsmauer eine nach statischen Gesichtspunkten dimensionierte, schlanke *Bogenmauer* erstellt.

In *Bärenburg* kommt an Stelle der ursprünglich vorgesehenen zwei Druckschächte nur noch einer mit entsprechend grossen Abmessungen von 4,2 bis 4,0 m lichtem Durchmesser zur Ausführung. Die damit erzielbaren baulichen Einsparungen sind beträchtlich. Das Gleiche trifft für die Stufe Bärenburg–Sils zu, deren Druckschacht angenähert die doppelte Länge desjenigen von Bärenburg aufweist. Bei dieser Stufe hat auch das Maschinenhaus Sils eine Aenderung erfahren durch den Einbau von zwei Einphasengruppen von zusammen 7000 kW Maximalleistung für die Speisung der Rhätischen Bahn. Der Kanton Graubünden wird einen Teil seiner ihm als Partner zustehenden Energie über diese beiden Gruppen an die Rhätische Bahn liefern. Die Voraussetzung für diese Vergrösserung der installierten Leistung in Sils bildete eine Erhöhung des konzessionierten Ausbaues der Stufe von 70 auf 73 m³/s, wobei jedoch die Abmessungen von Druckstollen, Wasserschloss und Druckschacht dem ursprünglichen Projekt gemäss beibehalten wurden.

Alle diese Aenderungen verlangten verschiedene Umstellungen und eine laufende, elastische Anpassung der Projektierung an die neuen Gegebenheiten. Es zeigte sich auch hier wieder, dass jedes Projekt eine Entwicklung durchmacht, die in der Regel erst mit der Bauausführung ihren Abschluss findet. Das stets anzustrebende Ziel, eine möglichst weitgehende Bereitstellung der Baupläne auf den Zeitpunkt des Baubeginnes, liess sich auch bei diesem Kraftwerkbau nur zum Teil verwirklichen. Dies vor allem deshalb, weil einerseits in der Zeitperiode der internationalen Konzessionsverhandlungen aus Kostengründen bei der Projektierung Zurückhaltung geübt wurde, anderseits aber nach Genehmigung der Konzessionen und Ratifizierung der schweizerisch-italienischen Verträge wegen der Hochkonjunktur mit dem Bau rasch begonnen wurde.

Wie bei jedem grossen Bauvorhaben sind auch bei der Projektierung der Kraftwerke Valle di Lei–Hinterrhein verschiedene Probleme aufgetreten, deren Lösung umfangreiche Studien verlangte. Ausserdem wurden für die Behandlung bekannter, mit dem Kraftwerkbau zusammenhängender Aufgaben, wie Berechnung von Wasserschlössern, Staumauern usw., neuartige, zeitsparende Methoden (elektronische Rechenmaschinen) angewendet. Hierüber zu berichten ist das Ziel verschiedener, in dieser Zeitschrift erscheinender Aufsätze meiner Mitarbeiter. Meinerseits möchte ich lediglich noch der Hoffnung Ausdruck geben, dass deren Ausführungen das Interesse weiterer Kreise finden und diesen Anregungen für ihre eigene Tätigkeit vermitteln mögen.

Abschätzung der massgebenden Hochwasserabflüsse

Von **Niklaus Schnitter,** dipl. Ing. ETH

1. Einleitung

Neben der grossen Staumauer im italienischen Valle di Lei weist die Kraftwerkgruppe Hinterrhein einige weitere Talabschlüsse bzw. Wehre mittlerer Grösse auf, und zwar das Wehr Juppa im Hochavers, die Zylindermauer Preda im Madris, das Wehr Ferrera, die Bogenmauer Sufers, die Gewichtsstaumauer Bärenburg und das Absturzbauwerk der Albulaumleitung bei der Zentrale Sils. Fast ausnahmslos sind die betreffenden Sperrstellen durch verhältnismässig grosse Einzugsgebiete gekennzeichnet, so dass den Hochwasserentlastungen erhöhte Bedeutung zukommt und diese die Wehrdimensionen in Einzelfällen entscheidend beeinflussen. Die eingehende Untersuchung zur Bestimmung der massgebenden Hochwasserabflüsse ist also von wirtschaftlichem Interesse. Zudem verfügte man für diese Abschätzung im Flussystem des Hinterrheins glücklicherweise über langjährige Messreihen mehrerer Limnigraphen-Stationen. Ferner bot sich die Gelegenheit zu aufschlussreichen Vergleichen der stark unterschiedlichen Hochwasseranfälligkeit in den verschiedenen Hauptflussgebieten.

2. Rechenmethoden und Resultate

Die zur Zeit bekannten Verfahren zur Abschätzung der möglichen extremen Hochwasserabflüsse in einem gegebenen Flusslauf lassen sich in zwei grundsätzlich verschiedene Gruppen einteilen, nämlich Erhebungen aus Hochwasserbeobachtungen und Schätzungen auf Grund theoretischer Ueberlegungen.

A. Hochwasserstatistiken

Diese stellen eine Kombination der gegebenen Beobachtungswerte mit der Wahrscheinlichkeitstheorie dar, wobei es auf der Hand liegt, dass es dadurch am besten gelingt, die zahllosen, unentwirrbar an Umfang und Häufigkeit von Hochwässern zusammenwirkenden Faktoren gesamthaft zu

Tabelle 1. Hochwasserspitzen im Hinterrhein- und Albulagebiet

		Einzugsgebiet					Höchstabfluss		Prognosewerte			Auswertung von Hochwasserformeln			
Flusslauf	Limnigraph	Fläche km²	Mittlere Höhe m ü. M.	Beobachtgs.-periode	Anzahl Jahre	Mittlerer Abfluss m³/s	Datum	Spitze m³/s	100 Jahre m³/s	1000 Jahre m³/s	Kreps m³/s	Kürsteiner m³/s	Hofbauer m³/s	Melli m³/s
Averserrhein	Campsut	123	2460	1920 ÷ 57	38	5,6	8. 8. 1951	300	400	600	282	222 ÷ 296	333 ÷ 465	394
Averserrhein	Innerferrera	223	2390	1918 ÷ 57	40	10,5	25. 9. 1927	530	700	1100	431	330 ÷ 440	448 ÷ 627	586
Hinterrhein	Hinterrhein	55	2390	1945 ÷ 56	12	3,5	27. 8. 1956	89	130	170	(207)	130 ÷ 174	223 ÷ 312	210
Hinterrhein	Sufers	194	2250	1918 ÷ 57	40	10,7	25. 9. 1927	330	450	850	440	300 ÷ 400	420 ÷ 585	535
Hinterrhein	Andeer	503	2250	1918 ÷ 56	39	25,0	25. 9. 1927	689	800	1100	770	570 ÷ 760	670 ÷ 940	1000
Fundognbach	Donath	24	2210	1919 ÷ 55	37	1,0	8. 8. 1951	40	72	210	(93)	75 ÷ 100	147 ÷ 206	105
Albula	Tiefencastel	857	2205	1915 ÷ 48	34	27,2	1. 11. 1926	293	330	440	814	810÷1080	880÷1230	1440

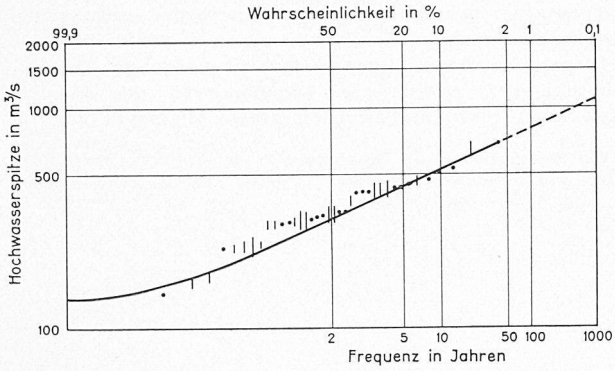

Bild 1. Frequenzkurve der jährlichen Hochwasserspitzen des Hinterrheins bei Andeer (Ordinate: Logarithmen der Wassermengen, Abszisse: Teilung nach dem Gauss'schen Wahrscheinlichkeitsintegral)

erfassen. Unbedingte Voraussetzung für sinnvolle Hochwasserstatistiken ist jedoch das Vorliegen einer längeren ununterbrochenen Reihe zuverlässiger Messungen, wie sie im vorliegenden Fall vorhanden sind. Von den Messstellen Campsut und Innerferrera am Averserrhein, Sufers und Andeer am Hinterrhein und Donath am Fundognbach liegen je etwa vierzigjährige kontinuierliche Beobachtungsreihen vor. Die Wassermengen des Hinterrheins bei Hinterrhein werden seit 1945 registriert, während für die Albula, bzw. Albula und Julia einzeln, Messungen in Tiefencastel von 1915 bis 1948 (34 Jahre) vorliegen.

Die gewählte Methode zur Verarbeitung dieses Beobachtungsmaterials stützt sich auf die grössten jährlichen Abflusspitzen, zur Kontrolle teilweise auch auf die entsprechenden Tagesmittel, und die Streuung ihrer Logarithmen gemäss dem Fehlerverteilungsgesetz von Gauss. Dieses Verfahren stellt die ursprünglichste aller zur Zeit bekannten Methoden der statistischen Hochwasseranalyse dar. Im Gegensatz zu den zahlreichen, immer wieder neu vorgeschlagenen, raffinierteren Verfahren [1]) zeichnet es sich durch grösste Einfachheit aus und wird nicht durch zusätzliche Hilfsannahmen belastet. Nachdem die x Messwerte nach abnehmender Grösse geordnet sind, wird jedem entsprechend seinem Rang n die Wahrscheinlichkeit $w = n:x$ des Erreicht- oder Ueberschrittenwerdens in einem bestimmten Jahr zugeteilt. Hernach werden die Werte in Funktion von w im logarithmischen Wahrscheinlichkeitsnetz aufgetragen, wie dies in Bild 1 am Beispiel der Hochwasserspitzen des Hinterrheins in Andeer gezeigt ist. Die oft übliche Angabe der Frequenz (oder besser Wiederkehrperiode) in Jahren ergibt sich als Reziprokwert der Wahrscheinlichkeit w. Um dem vorgenannten Fehlerverteilungsgesetz Genüge zu tun, sollten nun alle Punkte in der gewählten Darstellung auf einer Geraden liegen, wie es im gezeigten Beispiel tatsächlich weitgehend der Fall ist. Es erscheint nun glaubhaft, dass auch Hochwasserabflüsse geringerer Wahrscheinlichkeit, d. h. mit einer über die Beobachtungsperiode hinausgehenden Frequenz, sich als zufällige Naturereignisse in das für die Messreihe nachgewiesene Verteilungsgesetz einordnen würden, woraus sich durch lineare Extrapolation die Möglichkeit einer Prognosenstellung auf die Zukunft ergibt.

Wenn auch die bisherigen Erfahrungen mit Frequenzstatistiken verschiedenster Art im allgemeinen ermutigend ausfielen, so dürfen die verschiedenen Imponderabilien, die vor allem mit Extrapolationen auf grosse Zeiträume hinaus verbunden sind, keineswegs übersehen werden. Auch ist nicht zu verschweigen, dass die Messwerte im logarithmischen Wahrscheinlichkeitsnetz oft, vornehmlich bei relativ kleinen Einzugsgebieten, nicht mehr auf einer Geraden liegen, wie es die Theorie will, und dass damit schon die Extrapolation an und für sich schwierig wird. In solchen Fällen dürften auch die erwähnten raffinierteren Auswertverfahren kaum eine grosse Hilfe sein. Im Gegenteil können sie durch den grösseren mathematischen Aufwand, mit dem sie verbunden sind, dazu führen, dass der wesentliche Prognosencharakter der Untersuchung, mit seiner unbedingten Notwendigkeit einer intuitiven und vergleichenden Wertung des Resultates, verloren geht. So betrachtet, erscheint das gezeigte Verfahren jedoch als äusserst handliches Hilfsmittel, vor allem auch, weil es einen zahlenmässigen Risikobegriff vermittelt.

[1]) Unter anderen von Gumbel, Hazen, Forster oder Gibrat.

Tabelle 2. Mittlere jährliche Niederschlags- und Abflusshöhen

Einzugsgebiet:		Fläche	Mittlere Höhe	Mittl. jährl. Niederschlag	Mittl. jährl. Abfluss
		km²	m ü. M.	mm	mm
Hinterrhein	Andeer	503	2250	1750	1560
Albula	Tiefencastel	857	2205	1380	1000
Rhein	Basel[5])	35 925	1050	1420	944

B. Theoretische Berechnungen

Als zweiter, grundsätzlich verschiedener Weg zur Hochwasserabschätzung können die theoretischen Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung einer mehr oder minder beschränkten Anzahl der natürlichen Gegebenheiten gelten. Wurde nun vordem als Hauptvorteil der wahrscheinlichkeitstheoretischen Statistikanalyse die simultane Erfassung aller spezifischen Eigenheiten eines gegebenen Einzugsgebietes genannt, so muss bezüglich jeder theoretischen Berechnung umgekehrt hervorgehoben werden, dass gerade die korrekte Erfassung der zahllosen Einzelfaktoren das wohl grösste Hindernis darstellt. Es fehlt zwar nicht an mannigfachen Versuchen, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, doch vermögen bisher auch die interessantesten Vorschläge, um Hochwasserabflüsse z. B. aus meist ihrerseits wieder anzunehmenden Niederschlagsmengen und -intensitäten zu berechnen [2]), kaum voll zu überzeugen.

Als vorläufiges Behelfsmittel wird deshalb allgemein auf empirische Hochwasserformeln zurückgegriffen, welche zumeist eine Kombination von unsystematischen und inhomogenen Hochwasserstatistiken zur Gewinnung der Koeffizienten mit der rechnerischen Erfassung einer oder mehrerer Gegebenheiten des Einzugsgebietes, wie Fläche, Topographie, Bewaldung usw., darstellen. Zudem wurden solche Hochwasserformeln entweder für ein ganz bestimmtes, relativ begrenztes Einzugsgebiet aufgestellt oder im Gegenteil aus umhüllenden Kurven von allen nur greifbaren Hochwasserabflussmessungen abgeleitet. Die mit der formelmässigen Hochwassermenge verbundene Frequenz bzw. das ihr entsprechende Risiko liegen dabei naturgemäss meist vollkommen im Dunkeln. Die Zahl der bis heute vorgeschlagenen Hochwasserformeln ist so gross, dass die Wahl der in einem gegebenen Fall anzuwendenden schwer fällt. Am besten ist wohl die gleichzeitige Auswertung mehrerer Formeln, wie diese z. B. für Schweizer Verhältnisse andernorts bereits übersichtlich zusammengestellt worden sind [3]). Dann allerdings wird man abermals die Intuition spielen lassen müssen, zugegebenermassen viel mehr, als im Falle einer Prognosenstellung auf Grund von Frequenzanalysen.

C. Resultate

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse sowohl der Extrapolation der Hochwasserstatistiken als auch der Auswertung von vier empirischen Hochwasserformeln für alle die Kraftwerkgruppe Hinterrhein interessierenden Limnigraphenstationen wiedergegeben. Ferner enthält die Tabelle auch die grössten bisher gemessenen Hochwasserspitzen. Im Anschluss an vorstehende Kritik der Hochwasserformeln ist auf die bekannten, grossen Unterschiede in den Resultaten für ein und dieselbe Station hinzuweisen, sowie auf ihr Versagen, wenn man diese mit den gemessenen Werten vergleicht. Bedeutsame und aufs erste paradox scheinende Unregelmässigkeiten zeigen sich jedoch auch in den Resultaten der Hochwasserstatistiken. Diese rechtfertigten eine kurze Beleuchtung der hydrologischen und topographischen Charakteristi-

[2]) Z. B. die in den USA, meist allerdings für viel bedeutendere Einzugsgebiete angewandte «Unit Hydrograph Method». Ferner die theoretischen Entwicklungen von *E. Walser* in «Wasser- und Energiewirtschaft» 1954, Seite 324.

[3]) *C. Schum*, Probleme der Hochwasserentlastungen, «Wasser- und Energiewirtschaft» 1956, Seite 248.

ken der betroffenen Einzugsgebiete, namentlich derjenigen des Hinterrheins in Andeer und der Albula in Tiefencastel, bei welchen die Unterschiede am augenfälligsten sind.

3. Vergleich der Einzugsgebiete

Bereits ein kurzes Studium der Niederschlagskarte der Schweiz [4]), welche für die hier interessierenden Gebiete in Bild 2 reproduziert ist, zeigt grosse, orographisch bedingte Unterschiede. Tabelle 2 gibt die durch Planimetrieren erhaltenen mittleren, jährlichen Niederschlagshöhen für das Hinterrhein- und das Albulagebiet, sowie vergleichshalber für das ganze Rheingebiet bis Basel wieder. Die ebenfalls angeführten langjährigen Mittel des Abflusses bestätigen die im Verhältnis zur Höhenlage ausgesprochene Niederschlagsarmut des Albulagebietes.

Bedeutungsvoller im Zusammenhang mit der Hochwasserfrage ist jedoch eine Untersuchung der maximalen Tagesniederschläge. Einen ersten wertvollen Hinweis gibt die in Bild 3 wiederum im Ausschnitt reproduzierte Karte der mittleren jährlichen Tagesmaxima des Niederschlages in der Schweiz von 1901 bis 1930 [6]). Darnach beträgt das mittlere jährliche Maximum im Albulagebiet 50 bis 60 mm/Tag mit Werten unter 50 mm/Tag den beiden Haupttälern der Albula und des Landwassers entlang und solchen von 60 mm/Tag erst an den Grenzkämmen gegen das Schanfigg und das Hinterrheingebiet. In letzterem nimmt das mittlere jährliche Tagesmaximum des Niederschlages hingegen von Ost nach West stetig zu bis zu einem Höchstwert von über 110 mm/Tag [7]) im Gebiet des Bernhardin-Passes. Zu einem ähnlichen Bild führt ein Vergleich der Frequenzstatistiken der jährlichen Tagesmaxima des Niederschlages, welche für einige ausgewählte Stationen aufgestellt und analog ausgewertet wurden, wie vordem die Hochwasserbeobachtungen selbst. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt und mit den bisher gemessenen Maximalwerten verglichen.

Als ganz schlüssig können jedoch diese aus Terminbeobachtungen [9]) gewonnenen Tagesmaxima des Niederschlages nicht betrachtet werden. Ganz allgemein sind ja

[4]) *H. Uttinger,* Die Niederschlagsmengen in der Schweiz 1901 bis 1940. Führer durch die Schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft 1949, II. Band, Anhang.

[5]) *E. Walser,* Die Niederschlags- und Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet des Rheins oberhalb Basel, «Wasser- und Energiewirtschaft» 1954, Seite 124.

[6]) *H. Uttinger,* Die grössten Tagesmengen des Niederschlags in der Schweiz, Annalen der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt, Jahrgang 68 (1931).

[7]) Ein Wert, welcher ein Maximum für den Kanton Graubünden darstellt und gesamtschweizerisch gesehen nur im südwestlichen Tessin noch übertroffen wird.

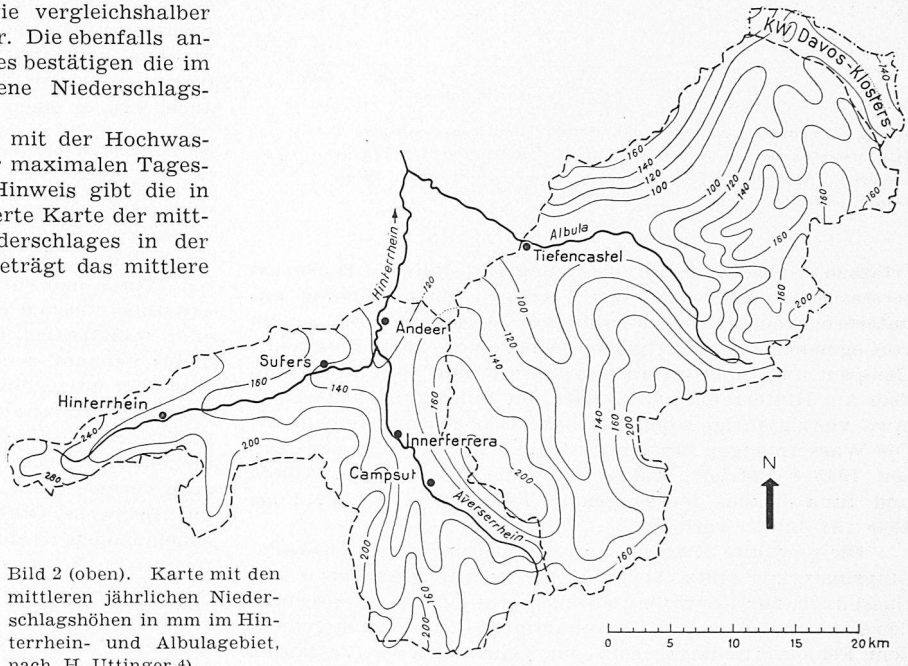

Bild 2 (oben). Karte mit den mittleren jährlichen Niederschlagshöhen in mm im Hinterrhein- und Albulagebiet, nach H. Uttinger [4])

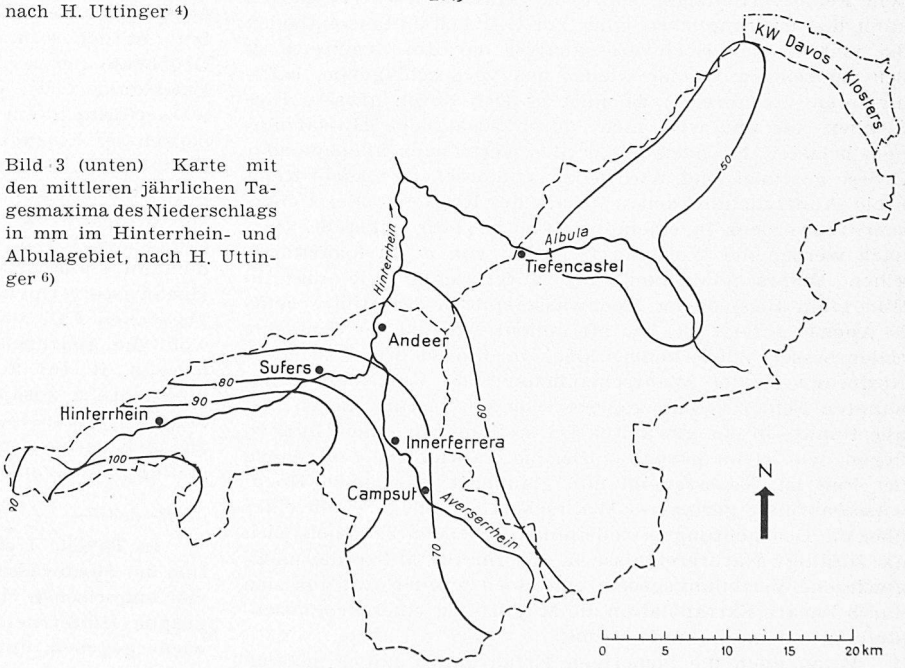

Bild 3 (unten) Karte mit den mittleren jährlichen Tagesmaxima des Niederschlags in mm im Hinterrhein- und Albulagebiet, nach H. Uttinger [6])

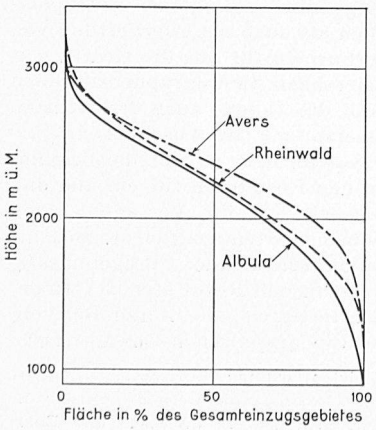

Bild 4. Hypsographische Kurven des Rheinwaldes, Avers und Albulagebietes, nach [10])

Tabelle 3. Jährliche Tagesmaxima des Niederschlages

Flussgebiet	Station	Höhe m ü. M.	Beobachtungsperiode	Anzahl Jahre	Gemessener Grösstwert mm/Tag	100jähriger Prognosewert mm/Tag
Hinterrhein	Andeer	980	1892 ÷ 1956	65	106	110
	Splügen	1500	1864 ÷ 1956	93	233	205[8])
	Am Bach (Avers)	1955	1910 ÷ 1956	47	124	135
	Bernhardin	2073	1864 ÷ 1940	77	254	260
Albula	Filisur	1040	1892 ÷ 1956	65	83	90
	Savognin	1213	1892 ÷ 1956	65	87	95
	Davos	1561	1876 ÷ 1956	81	90	95
	Stalla (Bivio)	1780	1892 ÷ 1953	62	102	110

alpine Hochwasserwellen durch steile Spitzen von relativ geringer Dauer charakterisiert, welche in ihrer Grösse offensichtlich von kurzfristigeren Regenintensitäten abhängen als den täglichen. Hierzu wären Registrierungen mit Pluviographen erforderlich, die jedoch, wie meistens, auch in den hier interessierenden Gebieten fehlen. Diese würden wohl erklären können, warum sich innerhalb des Hinterrheingebietes das Schwergewicht der Hochwasserabflüsse im Avers befindet, obschon das Zentrum der intensivsten Tagesniederschläge im obern Rheinwald vorliegt. Dazu treten die nicht unerheblichen topograpischen Unterschiede, über die Tabelle 4 und Bild 4 Aufschluss geben [10]).

IV. Festsetzung der für die Dimensionierung massgebenden Hochwasserabflüsse

Die Wahl der massgebenden Hochwassermenge ist primär eine wirtschaftliche Frage. Die bei Ueberschreitung der Dimensionierungsgrundlage möglichen Schäden müssen gegen die Mehrkosten, welche die Forderung nach grösserer Sicherheit stets mit sich bringt, abgewogen werden. Versicherungstechnisch gesprochen, ist die im voraus zu bezahlende Prämie um so höher, je besser die Deckung gegen alle späteren Eventualitäten sein soll. Offensichtlich hängt nun der zu verlangende Deckungsgrad sehr stark von der Art des Bauwerkes ab. Er wird zum Beispiel bei Talsperren wegen der unmittelbaren Gefährdung von Menschenleben ein Mehrfaches desjenigen für weniger wichtige Teile einer Kraftwerkanlage betragen müssen.

Zu einer Abschätzung des Schadenrisikos eignen sich, wie bereits erwähnt, die Hochwasserstatistiken besonders gut, geben sie doch direkt an, wie oft eine bestimmte Abflussmenge innerhalb eines gegebenen Zeitabschnittes durchschnittlich zu erwarten ist. Entsprechend wurde gefordert, dass die Entlastungsorgane der Betonstaumauern unter Einhaltung des vorgeschriebenen Maximalstaues Hochwasserabflüsse von 1000jähriger Frequenz schadlos abzuleiten vermögen. Angesichts der Tatsache, dass der Hauptspeicher Valle di Lei während der spätsommerlichen Hochwasserperiode meist voll sein wird und in Anbetracht der relativ geringen Inhalte der übrigen Staubecken wurde auf jegliche Berücksichtigung allfälliger Retentionswirkungen verzichtet. Der Bemessung der Entlastungsorgane ist ferner die Bedingung zugrunde gelegt worden, dass bei Ausfall des leistungsfähigsten Teiles, zum Beispiel durch Versagen der Schützenhub- bzw. -senkvorrichtung, doch noch mindestens ein 100jähriges Hochwasser ohne Schwierigkeiten abgeführt werden kann. Es wurde dabei erwogen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Zusammentreffen eines solchen Versagens mit einem 100jährigen Hochwasser derjenigen für ein 1000jähriges Hochwasser etwa entsprechen dürfte. Damit ergibt sich ein einheitliches Risiko.

Vorstehende Bedingungen wurden etwas weniger streng eingehalten bei Wehrbauten, namentlich soweit, als allfällige Schäden nicht die Sicherheit des Wehrkörpers oder anderer lebenswichtiger Teile in Frage zu stellen vermögen. Dies trifft zum Beispiel für Ufer- oder Kolkschutzbauten und dergleichen zu. Bei den provisorischen Bauumleitungen, welche in der Regel über zwei Sommerperioden in Betrieb stehen, wurde auf die zehnjährigen Hochwasserabflüsse abgestellt. Den mit der Ausführung beauftragten Bauunternehmungen oblag nur eine dementsprechende Dimensionierung ihrer Baugrubenabschlüsse, während jedes darüber hinausgehende Hochwasserrisiko von der Bauherrschaft direkt übernommen wird, und zwar in Form von im voraus bestimmten Baustellenräumungspauschalen sowie allfälligen Schadenersatzleistungen für nicht rechtzeitig entfernbare Bauinstallationen und bereits erstellte Bauwerksteile. Ihrem Wesen nach stellt diese Regelung eine Art Selbstversicherung seitens der Bauherrschaft dar, die sich lohnen wird, wenn sie konsequent auf einen grösseren Kraftwerkkomplex, oder noch besser, mehrere Kraftwerkbauten gleichzeitig angewendet werden kann.

Adresse des Verfassers: *N. Schnitter*, dipl. Ing., bei Motor-Columbus AG., Baden (Aargau).

8) Wegen eines Unterbruches in den Messungen von 1884—1888 konnte zur Frequenzstatistik nur die Reihe 1889—1956 verwendet werden. Der am 14. 2. 1925 gemessene Grösstwert von 233 mm/Tag liegt deutlich ausserhalb der sonst regelmässig verlaufenden Frequenzkurve, so dass an seiner Richtigkeit gezweifelt werden muss. Deshalb resultiert ein kleinerer extrapolierter 100jähriger Prognosewert.

9) Von 07.30 bis 07.30 Uhr, wie sie den Erhebungen auf allen meteorologischen Stationen in der Schweiz zu Grunde liegen.

10) Hydrometrische Abt. des Eidg. Oberbauinspektorates, Wasserverhältnisse der Schweiz. Rheingebiet von der Quelle bis zur Taminamündung. I. Teil, Bern 1896.

Tabelle 4. Oberflächenbeschaffenheit der Einzugsgebiete

	Hinterrheingebiet			Albulagebiet
	Avers	Rheinwald	Pegel Andeer	
Fels und Schutthalden	38,4 %	29,8 %	33,7 %	29,8 %
Wälder	5,0 %	7,4 %	7,6 %	16,2 %
Gletscher	4,9 %	12,9 %	8,0 %	2,2 %
Seen	0,1 %	0-1 %	0,1 %	0,2 %
Uebrige (Alpen, Wiesen, Aecker usw.)	51,6 %	49,8 %	50,6 %	51,6 %

Bauland und Wohnbau in Frankreich DK 333.3

In Frankreich ist die Wohnungkrise von der Krise des Baugrundes abgelöst worden. Heute werden für Bauland in Paris oder in den grossen Städten der Provinz nicht mehr normale, sondern «Liebhaberpreise» bezahlt. In Nizza, an der Promenade des Anglais, wurden kürzlich 600 m² um den Preis von 300 000 Frs./m² gekauft. Der gleiche Baugrund wäre vor fünf Jahren um 10 000 Frs./m² zu haben gewesen. Nun mag dies eine Ausnahme sein, denn es wird gegenwärtig in keiner Stadt Frankreichs soviel gebaut wie gerade in Nizza, weil sich hier ein grosser Teil der älteren Rückwanderer aus Nordafrika konzentriert und Wohnungen zu allen Preisen kauft (zu allen Preisen heisst: Eine Wohnung mit zwei Zimmern, Küche und Bad um 6 bis 10 Mio Francs). In Paris sind die Bodenpreise weniger in die Höhe gegangen — die Formalitäten, die erfüllt werden müssen, bevor man eine Baubewilligung erhält, dauern heute immer noch 18 Monate bis zwei Jahre. Einige wenige Baugründe im 16. Arrondissement von Paris erreichten Preise bis zu 200 000 Frs./m². In den Vororten von Lyon, Marseille, Nizza bekommt man noch Land für Kleinhäuser um 5000 bis 10 000 Francs/m², aber Baugründe in Wohnlagen erreichen sehr bald 50 000 bis 80 000 Francs/m².

Die Bauunternehmer haben heute drei Möglichkeiten für den Bau von Wohnhäusern. Erstens können sie ohne Hilfe des Staates bauen, indem sie entweder ihren Bau selbst finanzieren oder Kredite von privater Seite in Anspruch nehmen. Zweitens haben sie die Möglichkeit, mit Staatshilfe Neubauten zu erstellen, wobei der Staat jenen, die Wohnungen kaufen, eine Prämie von 600 Frs./m² Wohnraum und pro Jahr während 20 Jahren gewährt. Diese Prämie dient zumeist zur Zinsendeckung der Anleihe, die der Staat über die Kreditorganisation «Crédit foncier» dem Käufer einer Wohnung einräumt und die etwa 40 % der Kaufsumme erreichen kann. Der Zinssatz beträgt, wenn man die Prämie in Rechnung stellt, rd. 3 %. Drittens können aber auch Wohnbauten vom Typ «Plan Courant» erstellt werden, bei denen bestimmte Normen beachtet werden müssen. Es handelt sich dabei um Volkswohnhäuser, deren Baukosten vom Staat festgelegt werden und für deren Kauf 80 % der Kaufsumme geliehen werden, wobei die Prämie pro Quadratmeter Wohnfläche 1000 Francs erreicht. Für den Bau dieser Häuser muss billiges Baumaterial verwendet werden und es gibt nur wenige Bauunternehmer, die gerne solche soziale Bauten erstellen, weil die Arbeit nicht so gut ausgeführt werden kann, wie es ihr Berufsgewissen vorschreibt, und weil es in den seltensten Fällen möglich ist, einen Profit zu erzielen.

Der Wert eines Baulandes wird an zwei Faktoren festgestellt: an der zugelassenen Höhe der zu erstellenden Häuser (diese kann zwischen 15 und 40 m liegen) und an der Möglichkeit, die für die Erstellung des Baues vorhanden ist. Oft kann ein Baugrund nur zu 30 oder 40 % verbaut wer-