

<b>Zeitschrift:</b>	Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	52 (1960)
<b>Heft:</b>	8-10
 <b>Artikel:</b>	Die Abflussverhältnisse in der Schweiz während der Jahre 1910 bis 1959
<b>Autor:</b>	Walser, Emil
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-921754">https://doi.org/10.5169/seals-921754</a>

### **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:** 22.01.2026

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

**Bibliographie**

- [1] R. Billwiller: Temperatur und Niederschlag im schweizerischen Alpengebiet während des letzten Gletscherhochstandes und einige Rückschlüsse auf die eiszeitlichen Verhältnisse. *Annalen MZA* 1930, Anhang Nr. 6, 7 Seiten
- [2] W. Kuhn: Zusammenhang zwischen Firnuwachs, Sommer-temperatur und Niederschlag nach Messungen auf dem Clariden- und Silvrettageletscher. *Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft*; Davos 1950, S. 145—146, ferner: Statistische Ergebnisse von Firnuwachsmessungen. *Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft*, Lugano 1953, S. 71—73.
- [3] M. Bider, M. Schüepp und H. von Rudloff: Die Reduktion der 200jährigen Basler Temperaturreihe, *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, Serie B, Band 9, S. 360—412.
- [4] H. Huber-Rupli: Eine Klettgauer Chronik. *Schaffhauser Nachrichten*, August 1957.
- [5] Donald G. Baker: Temperature Trends in Minnesota. *Bulletin of the American Met. Soc.* Vol. 41, Nr. 1, Jan. 1960, p 18—27.
- [6] R. Scherhag: Die Erwärmung des Polargebietes. *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie* 1939, Heft II, S. 57—67.
- [7] M. Roulleau: Variations récentes du climat. *La Météorologie*, Janv./Mars 1958, p. 1—14.
- [8] F. Baur: Physikalisch-statistische Regeln als Grundlagen für Wetter- und Witterungsvorhersagen, Bd. 1, S. 97—139.
- [9] J. Häfelin: Atombombe, Wetter, künstlicher Regen. *Schweiz. Hochschulzeitung* 1953, Nr. 5, S. 256—262.
- [10] H. Flohn: Bemerkungen zum Problem der globalen Klimaschwankungen. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, Serie B, Band 9, 1959, S. 1—13.
- [11] H. Uttinger: Die Niederschlagsmengen in der Schweiz 1901 bis 1940. Mit Niederschlagskarte 1:500 000. SA. aus «Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft», III. Ausgabe, Zürich 1949.
- [12] Eidg. Abteilung für Wasserwirtschaft (Ltg. Dr. L. W. Collet): *Die Wasserkräfte der Schweiz*, I. Teil: Die Wasserverhältnisse, A. Die Flächeninhalte der Einzugsgebiete. Bern 1916.
- [13] M. Schüepp: Der Temperaturverlauf in der Schweiz seit dem Beginn der meteorologischen Beobachtungen. *Annalen MZA* 1957, Anhang Nr. 11, 11 Seiten.
- [14] E. Czuber: Die statistischen Forschungsmethoden, dritte Auflage, herausgegeben von F. Burkhardt. Wien 1938.
- [15] H. L. Rietz: *Handbuch der mathematischen Statistik*. Deutsche Ausgabe von F. Baur. Leipzig und Berlin 1930.
- [16] R. v. Mises: *Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theoretischen Physik*. Leipzig und Wien 1931 (Nachdruck New York 1945).

**Die Abflußverhältnisse in der Schweiz während der Jahre 1910 bis 1959**Dipl. ing. *Emil Walser*,Chef der Unterabteilung Landeshydrographie im Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern<sup>1</sup>

DK 551.48

Ansätze, die Abflußmengen der fließenden Gewässer zu messen, reichen in der Schweiz bis ins 18. Jahrhundert zurück. Wie in Nr. 6, 1959, dieser Zeitschrift mitgeteilt werden konnte, sind im Jahre 1821 die Abflußmengen des Rheins bei Basel für die 12 vorausgegangenen Jahre bestimmt worden und zwar auf Grund von Flußprofilaufnahmen und Schwimmermessungen aus den Jahren 1793 und 1819. Im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts setzten dann zunächst sporadische, später systematische Messungen an einem anfänglich noch weitmaschigen Netz von Stationen, das indessen schon das ganze Land umfaßte, ein. So kommt es, daß die Schweiz neben Österreich wohl eines der Länder mit längster Tradition auf hydrometrischem Gebiete ist.

Wenn uns nun die Aufgabe gestellt ist, die Abflußverhältnisse der letzten 50 Jahre zu schildern, so können wir dies auf Grund eines verhältnismäßig reichhaltigen und im ganzen zuverlässigen Materials tun. Von den 166 Abflußmeßstationen, die im Jahre 1959 gepflegt wurden, weisen deren 31 Beobachtungsreihen auf, die bis ins Jahr 1910 oder noch weiter zurückreichen; an 19 weiteren Stationen wurde mit den Abflußmessungen in der Zeit von 1911 bis 1920 begonnen. In die betrachteten 50 Jahre fallen außerdem Beobachtungen an 175 nur vorübergehend gepflegten Stationen, welche eine Dauer von einigen Monaten bis zu mehreren Jahrzehnten aufweisen. Die auf kurze Zeit beschränkten Erhebungen dienten meist speziellen Zwecken und wurden deshalb, nachdem ihre unmittelbare Bestimmung erfüllt war, wieder eingestellt. Die Genauigkeit der Erhebungen hat im Laufe der Zeit zugenommen, wie ja auch die Auffassungen, Anforderungen und Möglichkeiten sich

mit der Entwicklung der Technik gewandelt haben. Die älteren Angaben weisen naturgemäß, besonders was die kurzfristigen Vorgänge betrifft, nicht dieselbe Präzision auf wie die neueren. Im ganzen aber bietet das vorliegende Material eine reiche Fülle von detaillierten Angaben und man muß, um nicht vor lauter Einzelheiten am Wesentlichen vorbeizugehen, sich überlegen, von welchen Gesichtspunkten aus dasselbe zu beleuchten und zu betrachten ist.

Die Rolle des Wassers als lebensnotwendiges Element ist bekannt; sie wird durch die Inangriffnahme großzügiger Bewässerungsanlagen in ariden Zonen der Erde, aber auch durch die angespannte wasserwirtschaftliche Situation in industrialisierten Gegenden Mitteleuropas, in stark zunehmendem Maße ins Bewußtsein gerufen. Aber noch in anderer Weise wirkt das Wasser auf die Erde in «belebendem» Sinn. Die Reichhaltigkeit seines Auftretens ist in den verschiedenen Gegenden sehr unterschiedlich; die zeitliche Verteilung des Wasserdargebots ist an den meisten Stellen sehr ungleichmäßig. Es wäre reizvoll, den Auswirkungen dieser Umstände auf das wirtschaftliche Leben nachzugehen und dieselben in globalem Ausmaß zu schildern. Es würde sich dann herausstellen, welch großer Teil der menschlichen Tätigkeit durch die genannten Umstände und durch die Notwendigkeit, deren Folgen mittels technischer Leistungen und wirtschaftlichen Warenaustauschs auszugleichen, bedingt ist. Für uns ist im vorliegenden Rahmen die Feststellung wichtig, daß die örtlichen und zeitlichen Variationen ein wesentliches Charakteristikum der Abflußverhältnisse darstellen.

Das Anschwellen der Gewässer nach starken Niederschlägen rief wohl immer bei den Anwohnern die nachhaltigsten Eindrücke hervor. Die regelmäßig dem Gang der Jahreszeiten folgenden Wechsel zwischen imposanter, bettfüllender Flut und spärlichem Niederwasser trugen

<sup>1</sup> An der Bearbeitung dieses Aufsatzes wirkte mit großer Initiative mit: *Alfred Weber*, früher techn. Sekretär der Landeshydrographie. Die graphische Gestaltung der Abbildungen übernahm *Anton Mathis*, Techniker in Bern.

stets und überall dazu bei, denkende Menschen an das Fortschreiten der Zeit zu mahnen. Genauere Beobachtungen und Messungen, welche die Bildung von Mittelwerten oder die Anwendung von statistischen Hilfsmitteln wie Dauerkurven erlauben, zeigen, wie die einzelnen Jahre sich voneinander unterscheiden. Bei eingehender dauernder Beobachtung oder mittels selbsttätig registrierender Instrumente können auch feinste und kurzzeitige Veränderungen, wie z. B. Schwall- und Sunkerscheinungen, festgehalten werden. Für die Gesamtheit aller dieser Vorgänge und ihrer zeitlichen Veränderungen an einem bestimmten Punkte des Flusslaufes wird der Begriff «Regime» verwendet. Das Regime ist oft für verschiedene Punkte ein und desselben Flusses nicht dasselbe; es kann sich flussabwärts wandeln, wenn die Auswirkung andersartiger Zuflüsse zu überwiegen anfängt. Das Abflußregime ist stark vom Niederschlagsregime abhängig, aber auch von Gebietskonstanten wie Geologie, Bodenbedeckung, Topographie, Grundrißform. Einen bedeutenden Einfluß auf das Regime haben die Höhenverhältnisse. Das Regime kann sich, über lange Zeiträume gesehen, langsam verändern. Veränderungen der Vegetation, Klimaänderungen usw. sind aus historischer Zeit bekannt. Denkt man weiter zurück zu den Eiszeiten und an geologische Wandlungen, so gelangt man zu einschneidendsten Regimeänderungen. Die Tätigkeit der Menschen hat von jeher auch Auswirkungen auf das Regime der Flüsse gehabt. Entwaldungen, Trockenlegung von Sümpfen werden schon aus früheren Jahrhunderten gemeldet. Die großen Flusskorrekturen, wie diejenige der Linth und die erste Juragewässerkorrektion, als segensreich empfunden, veränderten das Regime der betreffenden Gewässer in bedeutendem Ausmaß. Bei der Regulierung der Seeabflüsse sucht man einen Ausgleich zu finden zwischen den oft sehr divergierenden Wünschen der verschiedenen interessierten Kreise. Heute treten vielerorts die mit der Kraftnutzung verbundenen Änderungen in Erscheinung.

Eine Reihe von 50 Jahren ist also hinsichtlich der Abflußverhältnisse lang und kurz zugleich; manches wird sich innerhalb dieser Zeit deutlich abzeichnen, in anderer Hinsicht wird der Eindruck des Bleibenden erstehen. Viele Einflüsse überlagern sich gegenseitig, und wenn wir uns in Gedanken auf einen Standort erhöhen, von dem aus wir die Gesamtheit der schweizerischen Gewässer mittels eines Zeitraffers — 50 Jahre in wenigen Stunden — überblicken könnten, so würden wir auf ein reich bewegtes Geschehen schauen, mit rhythmischem Grundcharakter, manchmal momentan sich als Ganzes aufbäumend, dann wieder in Ruhe versinkend, einmal hier, einmal dort aufschwellend; bei genauem Zusehen würde eine Art Grundwelle konstatiert werden, indem in einer Gegend ein Jahrzehnt gegenüber dem vorausgegangenen wasserreicher ist, in einer anderen das Gegenteil der Fall ist. Vielerorts würde ein feines Vibrieren anzeigen, daß an unserem Objekt sich auch vielfältige Lebensvorgänge auswirken. Erinnern wir uns dabei noch daran, daß das Beobachtete nur ein Teil umfassenderer hydrologischer Vorgänge ist, daß es durch teilweise unsichtbare Strömungen in engen wechselseitigen Beziehungen steht mit der Atmosphäre und ihren so bewegt wechselnden physikalischen Eigenschaften, mit der Erdrinde und mit der durch sie getragenen Vegetation.

## Totalabfluß der Hauptgebiete

Im Durchschnitt der Jahre 1910 bis 1959 führte der Rhein bei Basel  $1058 \text{ m}^3/\text{s}$  von der Schweizer Grenze weg; das ist, wie Bild 1 entnommen werden kann, rund dreimal so viel wie in der Rhone bei Chancy, rund 15mal so viel wie aus dem Gebiet des Ticino durch den Langensee und 18mal so viel wie beim Inn in Martinsbruck. Hinsichtlich der auf die Flächeneinheit bezogenen Abflußmenge war hingegen das Rheingebiet in der betrachteten Jahresreihe ärmer als die anderen, indem seine durchschnittliche Jahresabflußhöhe mit 929 mm nur 88 % derjenigen des Rhonegebietes und nur 62 % derjenigen des Tessingebietes beträgt; das Inngebiet kommt ihm mit 954 mm am nächsten<sup>2</sup>. Der Vergleich mit den Abflußhöhen der anschließenden ausländischen Gebiete zeigt den relativen Wasserreichtum unseres Landes.

Wenn wir für das rund  $41\,300 \text{ km}^2$  umfassende Gebiet der Schweiz eine mittlere Abflußhöhe bestimmen, so erhalten wir einen Wert bei 1030 mm und ein Volumen der pro Jahr durchschnittlich abgeflossenen Menge von  $42,5 \text{ km}^3$ , was einem Würfel von  $3,5 \text{ km}$  Seitenlänge entsprechen würde. Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge ist auf  $60,8 \text{ km}^3$  berechnet worden; es ergibt sich also im Mittel der betrachteten 50 Jahre und als Durchschnitt für die ganze Schweiz ein Abflußkoeffizient von 70 %.

## Die einzelnen Jahrzehnte

Über die Verhältnisse in den einzelnen Jahrzehnten gibt Tabelle 1 Auskunft. Die Lage der Stationen ist aus Bild 2 ersichtlich. 31 der 50 aufgeführten Stationen sind während der betrachteten 50 Jahre beobachtet worden<sup>3</sup>, die übrigen 19 wenigstens während der letzten 40 Jahre. In Tabelle 2 werden die letzten fünf Jahrzehnte verglichen mit einer Reihe vorausgegangener.

Es fällt vor allem das wasserarme Jahrzehnt 1940 bis 1949 auf, dessen Durchschnittswerte, mit den nachgenannten Ausnahmen, im ganzen Lande am tiefsten liegen, nicht nur im Vergleich zu den anderen vier Jahrzehnten der betrachteten fünfzig Jahre, sondern auch gegenüber den vorausgegangenen Jahrzehnten; beim Rhein in Basel ist es das abflußärmste der 15 Jahrzehnte von 1810 bis 1959.

Bei den Stationen mit starker Vergletscherung ist dies hingegen nicht der Fall, auch nicht beim Rheintalischen Binnenkanal<sup>4</sup>. Der kritische Grad der Vergletscherung, oberhalb welchem in den warmen vierziger Jahren die Erhöhung der Schmelzwassermengen gegenüber der Reduktion der Abflußmengen infolge geringer Niederschläge überwog, liegt etwa bei 22 %; in Gebieten, deren unter Gletscher und Firn liegender Teil der

<sup>2</sup> Die mittlere Abflußhöhe für die Gebiete der Aare, der Reuß, der Limmat, der Thur und des Rheins oberhalb St. Margrethen beträgt  $1050 \text{ mm}$ ; diejenige des Rhonegebietes bis Chancy ohne das Arvegebiet  $984 \text{ mm}$ .

<sup>3</sup> Bei einigen Stationen, deren Standort im Laufe der 50 Jahre verändert wurde, sind, wo es ohne größere Unsicherheiten möglich war, die Resultate der früheren Station nach entsprechender Umrechnung zur Vervollständigung der Jahresreihe angefügt worden, so auch nachträglich noch für die Station Nr. 32, Reuß bei Mühlau, die in Bild 2 noch schwarz dargestellt ist.

<sup>4</sup> Dem Rheintalischen Binnenkanal wird zeitweise Wasser aus dem Werdenberger Binnenkanal zugeleitet; sein Regime gibt nicht ausschließlich Naturvorgänge wieder.

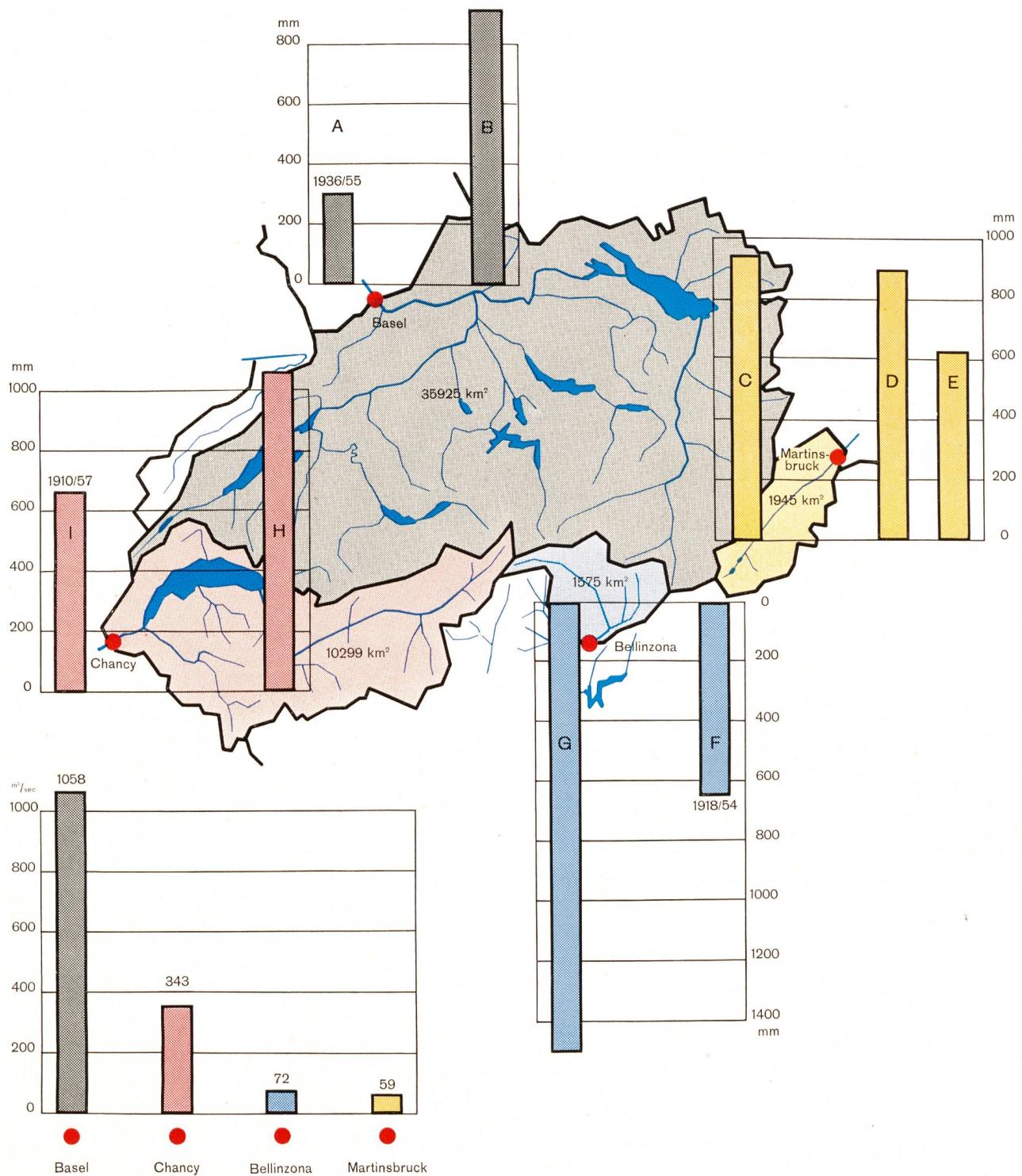


Bild 1 Abflußverhältnisse der fünfzig Jahre 1910—1959. Vier Stromgebiete. Durchschnittliche jährliche Abflußhöhen der hauptsächlich schweizerischen Einzugsgebiets-Teile (B, C, G, H), verglichen mit Werten der stromabwärts anschließenden Einzugsgebiete: A Rhein zwischen Basel und der holländischen Grenze, D Inn zwischen Martinsbruck und der Mündung in die Donau, E Donaugebiet oberhalb Wien, ohne Inngebiet oberhalb Martinsbruck, F Pogebiet oberhalb Pontelagoscuro, ohne Tessingebiet oberhalb Bellinzona, I Rhonegebiet zwischen Chancy und Avignon.

Bild rechts unten: Mittlere sekundliche Abflußmengen an den vier hydrographischen Hauptsammelpunkten der Schweiz.



Bild 2 Übersicht über das schweizerische Gewässernetz. Maßstab etwa 1 : 2 000 000. Abflußmeßstationen: rot mit mindestens 50jähriger Beobachtungsdauer, schwarz mit 40- bis 49jähriger Beobachtungsdauer; die Nummern entsprechen den Ordnungsnummern in Tabelle 1.

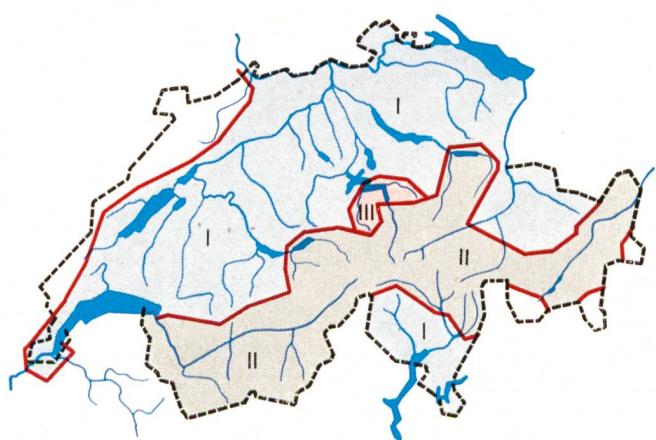


Bild 3 Zonen gleichartigen Verhaltens hinsichtlich der Jahrzehnte. I 1910—1919 und 1930—1939 abflußreicher als die anderen. II 1920—1929 abflußreicher als die beiden unter I erwähnten. III 1950—1959 am abflußreichsten seit 1920.

*Durchschnittliche Abflußmengen in m<sup>3</sup>/s an 50 Stationen  
während der 4, bzw. 5 Jahrzehnte  
und der ganzen Jahresreihe 1920 bis 1959, bzw. 1910 bis 1959*

Tabelle 1

Ord. Nr.	Gewässer, Station	Einzugsgebiet			Durchschnittliche Abflußmengen m <sup>3</sup> /s																
		Flächen- inhalt km <sup>2</sup>	Mittlere Höhe m ü. M.	Ver- gletsche- rung %	1910/19				1920/29			1930/39		1940/49		1950/59		1920/59		1910/59	
					1910/19	1920/29	1930/39	1940/49	1950/59	1920/59	1910/59	1910/59	1910/59	1910/59	1910/59	1910/59	1910/59	1910/59			
1	Vorderrhein, Ilanz	776	2020	5,3	36,7	38,7	37,9	32,1	34,5	35,8	36,0										
2	Hinterrhein, Andeer	503	2250	5,0	—	26,7	26,7	21,4	24,1	24,7	—										
3	Rhein, Felsberg	3 249	2010	3,0	131	128	124	107	117	119	122										
4	Rhein, St. Margrethen	6 122	1800	2,05	211	236	231	213	224	226	223										
5	Rheint. Binnenkanal, St. Margrethen	360	880	0	—	17,3	17,6	15,6	14,6	16,3	—										
6	Sitter, Appenzell	74,6	1250	0,13	3,86	3,66	3,88	3,27	3,35	3,54	3,60										
7	Thur, Andelfingen	1 696	770	0,01	51,8	43,4	49,2	40,5	45,1	44,5	46,0										
8	Rhein, Rekingen	14 718	—	0,85	462	442	463	407	429	435	441										
9	Birse, Moutier	183	930	0	—	2,97	3,49	2,88	3,28	3,16	—										
10	Birs, Münchenstein	911	740	0	—	13,7	16,9	13,4	15,6	14,9	—										
11	Rhein, Basel	35 925	—	1,53	1131	1027	1116	968	1048	1040	1058										
12	Aare, Brienzwiler	554	2150	24,4	33,6	36,2	34,7	34,8	35,2	35,2	34,9										
13	Lütschine, Gsteig	379	2050	19,5	17,5	19,8	19,2	18,3	18,7	19,0	18,7										
14	Aare, Thun	2 490	1760	10,9	111	112	114	106	112	111	111										
15	Aare, Bern	2 969	1610	9,1	—	124	126	117	122	122	—										
16	Sarine, Fribourg	1 269	1240	0,5	—	41,1	45,4	37,9	42,8	41,5	—										
17	Orbe, Orbe	336	1130	0	13,4	11,8	13,1	10,9	12,3	12,0	12,3										
18	Areuse, Champ du Moulin	359	1080	0	13,8	12,7	13,4	11,0	12,3	12,4	12,6										
19	Broye, Payerne	392	710	0	—	7,16	8,64	6,33	7,93	7,52	—										
20	Canal de la Broye, Sugiez	697	630	0	—	11,0	13,8	9,28	10,7	11,2	—										
21	Zihlkanal, Gampelen	2 672	—	0	—	50,7	57,2	44,9	54,8	51,9	—										
22	Aare, Brügg	8 317	1150	3,3	262	235	261	222	248	242	246										
23	Emme, Emmenmatt	443	1070	0	15,5	10,7	13,1	10,1	12,3	11,5	12,3										
24	Aare, Murgenthal	10 143	1070	2,7	—	276	307	252	283	280	—										
25	Aare, Brugg	11 750	1010	2,4	404	302	335	276	311	306	326										
26	Aare, Stilli	17 625	1050	2,4	598	550	598	511	560	554	563										
27	Reuß, Andermatt	192	2280	10,5	11,5	11,4	11,3	10,0	9,75	10,6	10,8										
28	Reuß, Seedorf	832	2010	11,4	46,0	48,0	46,7	44,5	45,3	46,1	46,1										
29	Muota, Ingenbohl	316	1360	0,05	—	18,0	19,3	17,6	19,3	18,6	—										
30	Engelberger Aa, Büren	219	1640	5,2	—	12,4	12,9	11,8	12,8	12,5	—										
31	Sarner Aa, Sarnen	267	1280	0	10,9	9,52	10,4	9,09	10,1	9,78	10,0										
32	Reuß, Mühlau	2 904	1380	3,8	145	130	138	122	132	130	133										
33	Lorze, Frauenthal	259	690	0	—	6,78	7,85	5,99	7,23	6,96	—										
34	Reuß, Mellingen	3 382	1240	3,3	147	140	150	131	140	141	142										
35	Linth, Tierfehd	75,7	2330	23,9	—	5,19	5,48	4,95	4,71	5,08	—										
36	Linth (Escherkanal), Weesen, Gäsi	616	1720	5,3	34,1	34,8	34,1	32,2	32,8	33,5	33,6										
37	Linth (Walenseeausfluß) Weesen, Biäsche	1 061	1580	3,1	58,0	58,6	58,2	55,6	56,1	57,1	57,3										
38	Limmat, Zürich, Unterhard	2 176	1190	1,5	102	98,8	105	93,5	97,6	98,7	99,5										
39	Rhone (Rotten), Brig	831	2350	29,0	—	43,3	41,1	42,8	41,6	42,2	—										
40	Rhône, Sion	3 349	2310	20,7	—	124	118	117	116	119	—										
41	Drance de Bagnes, Le Châble	254	2630	31,6	—	11,7	10,8	11,9	11,2 <sup>1</sup>	11,4 <sup>1</sup>	—										
42	Rhône, Porte du Scex	5 220	2130	16,2	176	185	184	180	182	181											
43	Arve, Genève	1 983	1400	6,7	89,9	83,8	86,2	72,0	82,0	81,0	82,8										
44	Rhône, Chancy	10 299	1580	9,4	365	341	351	317	337	338	342										
45	Brenno, Loderio	397	1820	1,7	18,7	19,9	18,8	14,9	17,1	17,6	17,8										
46	Moesa, Lumino	471	1670	0,6	—	23,1	23,1	17,2	20,6	21,0	—										
47	Ticino, Bellinzona	1 515	1680	1,1	—	76,8	77,1	60,1	68,2	70,6	—										
48	Tresa, Ponte Tresa	615	800	0	28,7	25,6	28,9	19,8	25,2	24,9	25,6										
49	Inn, St. Moritzbad	155	2400	8,6	6,31	6,55	6,15	5,30	6,03	6,01	6,07										
50	Inn, Martinsbruck	1 945	2350	5,4	57,3	61,8	61,0	55,1	57,2	58,8	58,5										

<sup>1</sup> natürliche Abflußmenge

Durchschnittliche Abflußmengen (10-Jahresperioden) in  $m^3/s$ , bzw. Seestände in m ü. M.

Tabelle 2

Oberfläche weniger als 22 % der gesamten Einzugsgebietsfläche ausmacht, war das Jahrzehnt 1940—1949 das abflussärmste.

Was die Einzugsgebiete des Rheins bei Basel und der Rhone bei Chancy als Ganzes betrifft, waren die Jahrzehnte 1910 bis 1919 und 1930 bis 1939 relativ abflußreich; diese Feststellung gilt auch für Teile der beiden genannten Gebiete, soweit sie nicht in den Alpen liegen, und für den Südtessin. Für den Rhein bei Basel sind es überhaupt die wasserreichsten der 15 Jahrzehnte seit 1810. Demgegenüber hebt sich eine alpine Zone ab, in welcher das Jahrzehnt 1920 bis 1929 abflußreicher war als das vorausgegangene und das nachfolgende. Diese Zone wird gebildet durch die Einzugsgebiete der Stationen Vorderrhein Ilanz, Aare Brienzwiler, Lütschine Gsteig, Reuß Seedorf (ohne Andermatt), Linth Weesen Biäsche (ohne Tierfehd), Brenno Loderio und das ganze Inngebiet. Wahrscheinlich gehören dazu auch die Gebiete an der oberen Rhone bis Sitten, deren Abflußmengen im ersten Jahrzehnt leider nicht kennen; die Station Porte du Scex weist auch für das Jahrzehnt 1920—1929 ihren größten Wert auf; die Verhältnisse sind dort aber nicht mehr so eindeutig, da die Unterschiede zwischen einzelnen Jahrzehnten sehr klein sind. Ein besonderes Verhalten zeigen die Gebiete der Muota bis Ingenbohl und der Engelberger Aa bis Büren, bei denen das jüngste Jahrzehnt 1950—1959 dem größten der seit 1920—1929 bestimmten Durchschnitte nahe kommt oder ihn erreicht. Die drei charakteristischen Zonen verschiedenen Verhaltens sind in Bild 3 dargestellt.

## Die Jahresmittel

Größer als zwischen den Jahrzehnten sind natürlich die Unterschiede zwischen einzelnen Jahren. Würde man die einzelnen Jahresmittel graphisch auftragen, so ergäben sich Stufenlinien, die ziemlich regellos variiieren und sich teilweise überschneiden, ein wenig übersichtliches Bild, dem nur schwer die wesentlichen Grundlinien abzulesen wären. Dies illustriert die Feststellungen von Oesterhaus [2] und Eggenberger [3], wonach bei den Jahresmitteln der Abflußmengen der von ihnen untersuchten Flüsse keine Erhaltungstendenz festgestellt werden kann, ein Zusammenhang der mittleren Abflußmenge des Jahres  $n-1$  mit derjenigen des Jahres  $n$  also statistisch nicht in Erscheinung tritt. In dieser Sicht ist es interessant zu erwähnen, daß die genannten Untersuchungen demgegenüber das wahrschein-

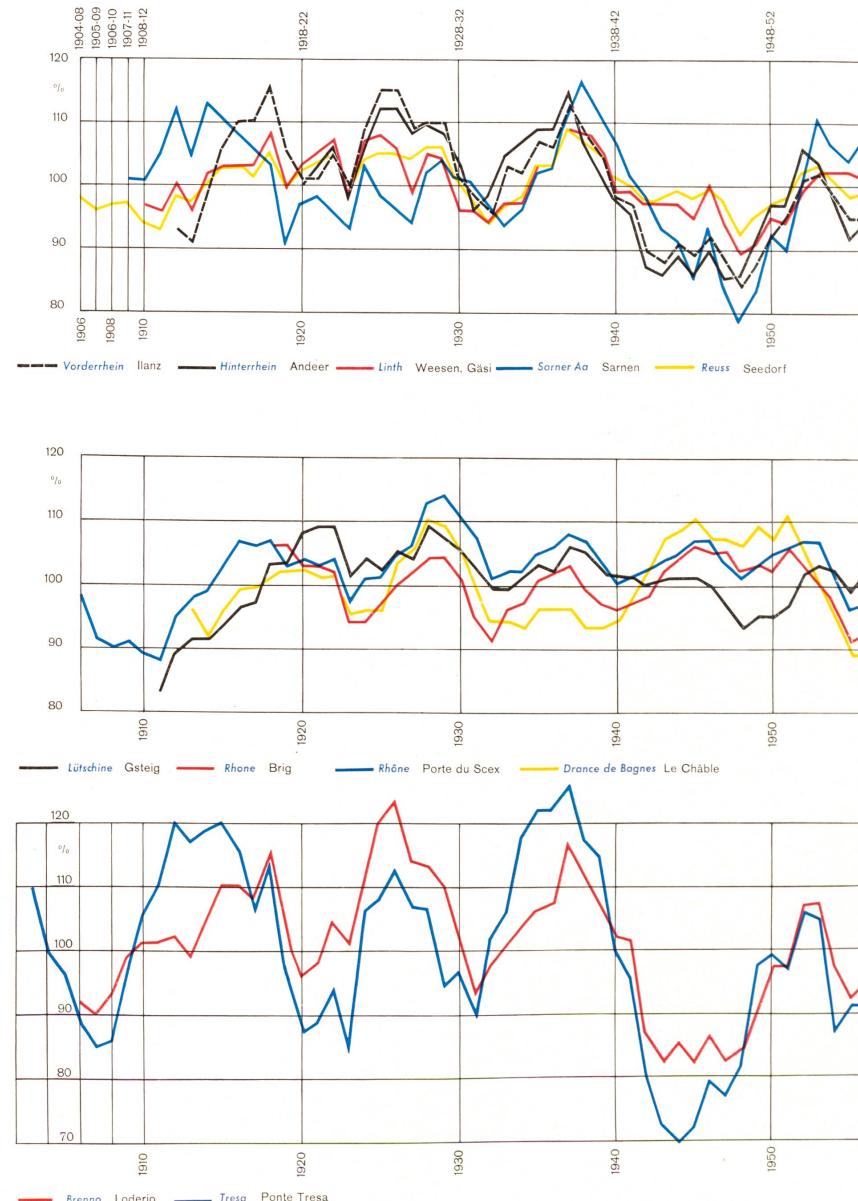
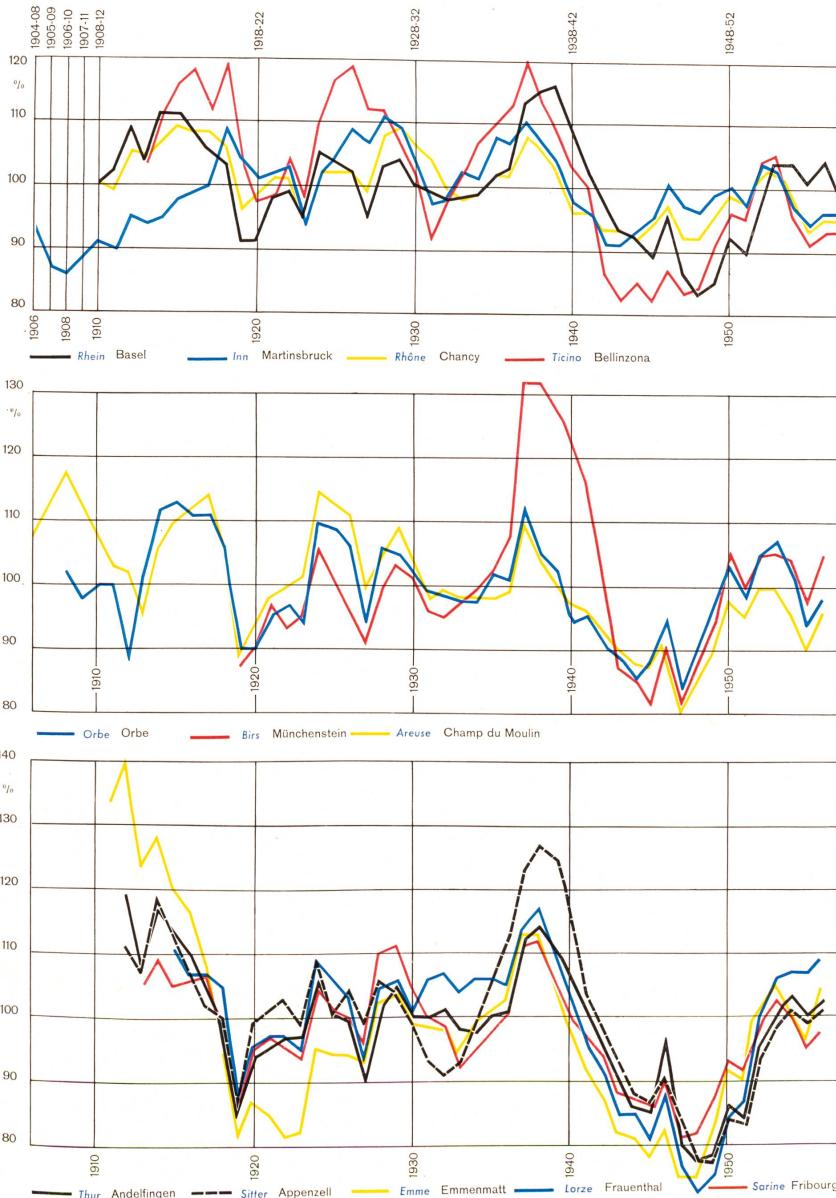
liche Bestehen einer Abhängigkeit zwischen den mittleren Abflußmengen der Winter- und der Sommer-Halbjahre [3] und eine leichte Erhaltungstendenz der mittleren vierteljährlichen Abflußmengen [2] aufzeigen.

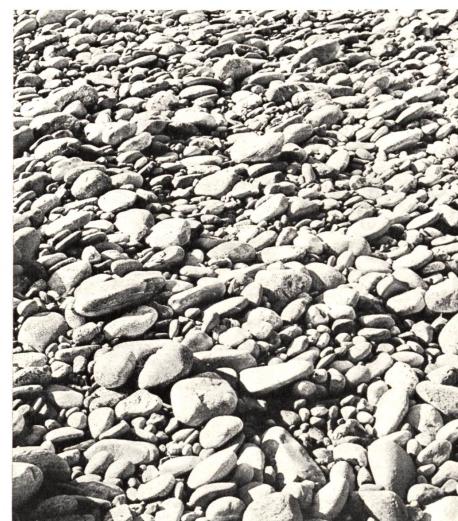
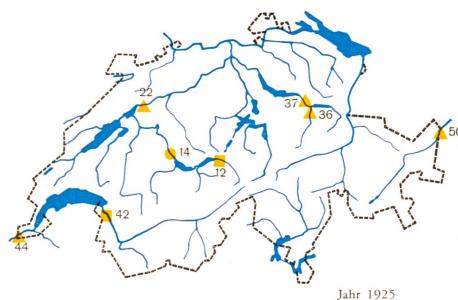
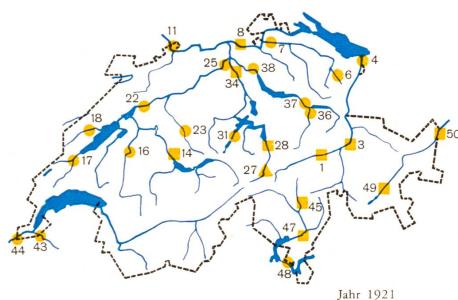
Die Streuung der ganzjährigen Mittel um ihren 50-jährigen Durchschnitt haben wir für 31 Stationen berechnet und in Tabelle 3 zusammengestellt (mittlere quadratische Abweichung  $s$  eines Jahresmittels vom 50jährigen Durchschnitt  $M$ ; die einzelnen Jahresmittel liegen in durchschnittlich zwei von drei Jahren innerhalb des Bereiches zwischen  $M - s$  und  $M + s$ , in einem von drei Jahren außerhalb). Da hierbei offenbar wurde, daß das Ausmaß der Vergletscherung eines Gebietes einen wesentlichen Einfluß auf den Schwankungsbereich der Jahresmittel und somit auch auf das Streuungsmaß  $s$  (%) hat, haben wir in dieser Tabelle die Stationen nach prozentualer Vergletscherung ihres Einzugsgebietes geordnet.

Es wurde oben erwähnt, daß eine graphische Darstellung der Jahresmittel unübersichtlich würde. Besser eignet sich die geglättete Ganglinie der Jahresmittel. Diese entsteht, wenn der Durchschnitt mehrerer Jahre — wir haben Abschnitte von fünf Jahren gewählt — aufgetragen wird. Bei Verschieben der Abschnitte jeweilen um ein Jahr ergibt sich für jedes Jahr ein Punkt, welcher den Durchschnitt der ihn symmetrisch umschließenden fünf Jahre darstellt. Das Ergebnis ist im Bild 4 wiedergegeben. Allgemeiner Gang, Schwankungsbereich sowie mehrjährige Zeitabschnitte mit allgemein wasserreichem oder wasserarmem Charakter treten nun sichtbar in Erscheinung, ohne daß indessen aus diesen Linienzügen Werte für die einzelnen Jahre herausgelesen werden dürfen (Bild 4).

Da die geglätteten Ganglinien die Verhältnisse der einzelnen Jahre nicht voll zum Ausdruck bringen, muß noch speziell auf die wasserreichen und wasserarmen Jahre eingegangen werden; diese Betrachtung wird später ergänzt durch Ausführungen über Niederwasserperioden und über Hochwasser. Beim Studium von konkreten wasserwirtschaftlichen Aufgaben möchte man oft extreme Jahre zur Durchrechnung heranziehen; für die Auswahl derselben dürfte diese Diskussion der Jahre mit extremen Mittelwerten von Nutzen sein. Wir müssen uns hierbei auf die Betrachtung ganzer Landesteile oder großer Einzugsgebiete als Ganzes beschränken; würde man in der Untersuchung zu kleineren Gebieten fortschreiten, dann würde die Sache differenzierter, indem für einzelne Zuflüsse oft lokale Verhältnisse aus-

Bild 4 Geglätigte Ganglinien der Abflußmengen-Jahresmittel für insgesamt 23 Stationen, links oben für die vier bei Bild 1 als hydrographische Hauptsammelpunkte bezeichneten. Der Berechnungsgang für die Glättung ist im Text erläutert. Werte in % des 50jährigen Mittels.





Photos:  
Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

Walter Studer, Bern

Tabelle 1), für welche das betreffende Jahresmittel unter den 50 Jahresmitteln das kleinste bzw. größte (Kreis), das zweitkleinste bzw. zweitgrößte (Viereck) oder das drittkleinste bzw. drittgrößte (Dreieck) war.

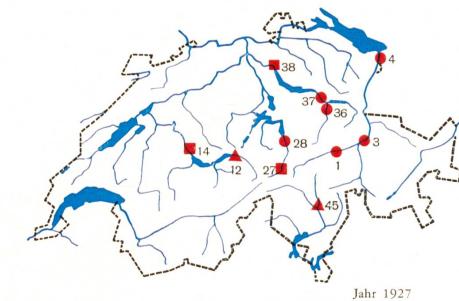
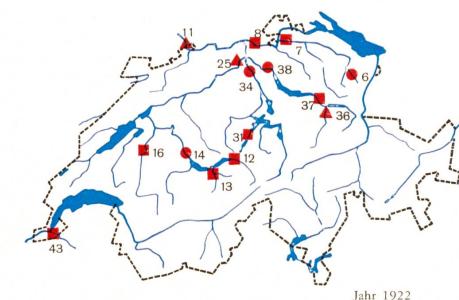


Bild 5  
Abflußarme und abflußreiche Jahre. Für jedes der betrachteten Jahre ist ein Kärtchen abgebildet, in welchem die Stationen angegeben sind (Nummern entsprechen den Ordnungsnummern in

## Streuung der Jahresmittel gegenüber dem 50jährigen Durchschnitt

Tabelle 3

Nr. in Tab. 1 und in Bild 2	Gewässer, Station	Einzugsgebiet			50-Jahres- Durch- schnitt	Berechnete Streuung		
		Fläche km <sup>2</sup>	Mittlere Höhe m ü. M.	Ver- gletsche- rung %		m <sup>3</sup> /s	in m <sup>3</sup> /s	
							in %	
12	Aare, Brienzwiler	554	2 150	24,4	34,9	3,02	8,7	
13	Lütschine, Gsteig	379	2 050	19,5	18,7	1,76	9,4	
42	Rhône, Porte du Seex	5 220	2 130	16,2	181	19,6	10,8	
28	Reuß, Seedorf	832	2 010	11,4	46,1	4,79	10,4	
14	Aare, Thun	2 490	1 760	10,9	111	12,4	11,2	
27	Reuß, Andermatt	192	2 280	10,5	10,8	1,60	14,8	
44	Rhône, Chancy	10 299	1 580	9,4	342	47,8	14,0	
49	Inn, St. Moritzbad	155	2 400	8,6	6,07	1,04	17,1	
43	Arve, Genève	1 983	1 400	6,7	82,8	15,3	18,5	
50	Inn, Martinsbruck	1 945	2 350	5,4	58,5	7,79	13,3	
1	Vorderrhein, Ilanz	776	2 020	5,3	36,0	5,85	16,2	
36	Linth, Weesen, Gäsi	616	1 720	5,3	33,6	4,69	14,0	
22	Aare, Brügg	8 317	1 150	3,3	246	41,5	16,9	
34	Reuß, Mellingen	3 382	1 240	3,3	142	20,8	14,6	
37	Linth (Walenseeaus- fluß), Weesen	1 061	1 580	3,1	57,3	8,30	14,5	
3	Rhein, Felsberg	3 249	2 010	3,0	122	19,2	15,7	
25	Aare, Brugg	11 750	1 010	2,4	326	66,6	20,4	
4	Rhein, St. Margrethen	6 122	1 800	2,0	223	34,8	15,6	
45	Brenno, Loderio	397	1 820	1,7	17,8	3,70	20,8	
11	Rhein, Basel	35 925	—	1,53	1058	180,4	17,1	
38	Limmat, Zürich	2 176	1 190	1,5	99,5	16,2	16,3	
47	Ticino, Bellinzona	1 515	1 680	1,1	71,7 <sup>1</sup>	15,2	21,2	
8	Rhein, Rekingen	14 718	—	0,85	441	76,4	17,3	
16	Sarine, Fribourg	1 269	1 240	0,5	42,4 <sup>1</sup>	8,92	21,0	
6	Sitter, Appenzell	74,6	1 250	0,13	3,60	0,79	21,9	
7	Thur, Andelfingen	1 696	770	0,01	46,0	10,6	23,0	
17	Orbe, Orbe	336	1 130	0	12,3	2,58	21,0	
18	Areuse, Champ du Moulin	359	1 080	0	12,6	2,82	22,4	
23	Emme, Emmenmatt	443	1 070	0	12,3	3,54	28,8	
31	Sarner Aa, Sarnen	267	1 280	0	10,0	1,87	18,7	
48	Tresa, Ponte Tresa	615	800	0	25,6	7,25	28,3	

<sup>1</sup> Durchschnitt ab 1911

schlaggebend sind, weiter flußabwärts aber, wo sich an das ursprünglich betrachtete Einzugsgebiet andere anschließen, nicht mehr.

Unter den wasserarmen Jahren heben sich 1921 und 1949 ab; die Abflußarmut erstreckte sich damals praktisch über die ganze Schweiz mit Ausnahme der stark vergletscherten Gebiete. Das Jahresmittel von 1921 war an 17 der betrachteten Stationen das kleinste der 50 Jahre, an weiteren 10 Stationen das zweitkleinste. Am Rhein bei Basel weist das Jahr 1921 das kleinste Jahresmittel nicht nur unserer 50jährigen Reihe auf, sondern aller Jahre seit 1808; an zweiter Stelle folgt das Jahr 1949. Die Rhône bei Chancy wies 1921 das kleinste Jahresmittel der 50jährigen Reihe auf, 1949 das zweitkleinste. Im Jahre 1949 wurde an 10 Stationen das kleinste Jahresmittel, an 17 Stationen das zweitkleinste gemessen. Somit kann füglich das Jahr 1921 hinsichtlich Abflußarmut an die erste Stelle gesetzt werden, das Jahr 1949 an die zweite. In den in der Rangliste folgenden Jahren 1925 und 1943 war die Abflußarmut schon weit weniger ausgedehnt.

Als wasserreich sind in erster Linie die Jahre 1910, 1922, 1927 und 1939 zu erwähnen. Die zwei Stationen Basel (Rhein) und Chancy (Rhône) wiesen im Jahre 1910 das größte Jahresmittel der Abflußmenge auf, für

Basel ist dies das größte aller Jahre seit 1808. Im übrigen kann nicht leicht eine gesamtschweizerische Rangordnung aufgestellt werden; wir begnügen uns, die Verhältnisse für die interessierenden Jahre einander graphisch gegenüberzustellen (Bild 5). Erwähnenswert ist noch das Jahr 1945, welches für Ponte Tresa das zweitkleinste, für Brienzwiler und Porte du Seex aber das größte Jahresmittel der 50 Jahre brachte.

#### Jahreszeitliche Verteilung

Im Bild 6 ist die jahreszeitliche Verteilung der Abflußmengen in einer Weise dargestellt, welche erlaubt, die verschiedenen Gebiete miteinander zu vergleichen. Angesichts dieser auf dem Durchschnitt der 50 Jahre von 1910 bis 1959 beruhenden Linienzüge erhebt sich unter anderem die Frage, wie die Verteilung bei kürzeren Jahresreihen sei. Wir haben in Bild 7 entsprechende Werte für die Stationen Basel (Rhein) und Chancy (Rhône) aufgetragen, und zwar einerseits für die Jahresreihe 1942 bis 1949 (abflußarm) und anderseits für die abflußreichen Zeitabschnitte 1912 bis 1918 und 1936 bis 1939. Es zeigt sich, daß insbesondere am Rhein kein wesentlicher Unterschied in der Verteilung auf die Monate besteht. Im großen gesehen erstreckte sich also der Abflußreichtum bzw. die Abflußarmut jeweilen auf die

ganzen Jahre, d. h. es wurden nicht regelmäßig bestimmte Jahreszeiten davon betroffen. Die Betrachtung von Einzelheiten in Bild 7 kann immerhin zu Studien anregen, die indessen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden.

Bild 8 zeigt die mittleren monatlichen Abflußhöhen, für jedes der fünf Jahrzehnte, von vier Gebieten, welche für den Jura, die Voralpen, die Alpennord- und die Alpensüdseite charakteristisch sind.

### Hoch- und Niederwasser

Bezieht man in die Betrachtung extremer Wasserführung nicht nur, wie wir es oben getan, die Jahresmittel ein, sondern auch kürzere Zeitabschnitte, dann zeigt sich, daß oft die größten Hochwasser oder die Zeiten extrem kleiner Wasserführung nicht in die Jahre größter oder kleinster Jahresmittel fallen. Es genügt deshalb nicht, nur diese letztgenannten Jahre näher zu untersuchen. Entsprechend dem unsymmetrischen Charakter der Abflußmengenganglinien mit den scharfen, hohen Spitzen der Hochwasser und den flachen Wannen, welche die Niederwasser darstellen, wählen wir als Charakteristikum für die Hochwasser die Höchstabflußmenge und für die Niederwasser die Dauer der Unterschreitung eines kritischen Wertes, nämlich derjenigen Abflußmenge, die im Durchschnitt der 50 Jahre an 10 Tagen pro Jahr unterschritten war. Wir sind uns dabei bewußt, daß damit die Erscheinungen extremer Wasserführung nicht erschöpfend beschrieben sind, daß z. B. bei den Hochwassern auch die Wasserfracht von Interesse ist und bei den Niederwassern das Maß, um welches die kritische Abflußmenge unterschritten wird. Wir müssen uns aber hier auf die Hauptaspekte beschränken.

Waren bei der Betrachtung der Jahresmittel die beiden wasserarmen Jahre 1921 und 1949 miteinander zu nennen, so zeigen sich hier nun beträchtliche Unterschiede zwischen den beiden Jahren. Am Rhein bei Basel und an der Rhone bei Chancy weist das Jahr 1921 von allen 50 Jahren die größte Zahl der Unterschreitungstage des oben definierten kritischen Wertes auf, während für das Jahr 1949 diese Zahl ganz unbedeutend ist. Ähnlich, wenn auch nicht so extrem, verhält es sich bei den Stationen Sarnen (Sarner Aa) und Porte du Scex (Rhone). Bei den Stationen Moutier (Birs), Emmenmatt (Emme) und Seedorf (Reuß) weisen beide Jahre eine beträchtliche Zahl von Unterschreitungstagen auf; an der Sitter bei Appenzell und an der Areuse bei Champ-du-Moulin war sie im Jahre 1949 sehr groß, im Jahre 1921 aber gering. Bei 7 von 13 untersuchten Stationen steht in der Rangordnung nach Unterschreitungstagen an vorderer Stelle das Jahr 1947, das bei der Untersuchung nach Jahresmitteln nicht besonders in Erscheinung getreten war. Weitere Einzelheiten sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Das Hochwasser vom Juni 1910 ist für die ganzen folgenden 50 Jahre, wenn man sowohl die örtliche Ausdehnung als auch die Höchstabflußmengen betrachtet, das bedeutendste geblieben. Die Westschweiz (Chancy), die Einzugsgebiete von Thun, Sarnen und Seedorf, das Linthgebiet und das Rheintal zwischen Chur und dem Bodensee sind davon betroffen worden und an 9 Stationen, besonders in den unteren Gebieten der Aare, der Reuß, der Limmat, der Thur und am Rhein zwischen

### Extreme Niederwasserperioden an 13 Stationen

Tabelle 4

Gewässer, Station	Unterschreitung der durchschnittlich an 10 Tagen pro Jahr unterschrittenen Abflußmenge		
	in der Zeit von	bis	Anzahl Tage
Rhein, Felsberg	29. 1. 1915	13. 3. 1915	44
	5. 1. 1922	28. 2. 1922	54
	16. 1. 1944	29. 3. 1944	74
	24. 1. 1947	5. 3. 1947	44
Sitter, Appenzell	26. 10. 1920	26. 12. 1920	54
	17. 8. 1947	31. 10. 1947	52
	6. 12. 1948	9. 3. 1949	50
	1. 11. 1957	5. 1. 1958	48
Thur, Andelfingen	24. 10. 1920	24. 12. 1920	49
	9. 8. 1943	24. 11. 1943	72
	27. 8. 1947	2. 11. 1947	63
	17. 9. 1953	11. 1. 1954	54
	7. 9. 1959	28. 10. 1959	46
Birse, Moutier	2. 9. 1919	5. 11. 1919	48
	8. 7. 1921	23. 12. 1921	71
	29. 7. 1947	10. 11. 1947	99
	4. 8. 1949	1. 12. 1949	93
Lütschine, Gsteig	13. 12. 1920	4. 3. 1921	50
	17. 1. 1925	26. 3. 1925	55
	21. 12. 1931	25. 3. 1932	68
Areuse, Champ du Moulin	21. 8. 1928	27. 9. 1928	31
	27. 8. 1947	10. 11. 1947	70
	24. 7. 1949	8. 11. 1949	92
	6. 9. 1959	19. 10. 1959	38
Emme, Emmenmatt	27. 10. 1920	3. 3. 1921	98
	26. 7. 1921	28. 12. 1921	86
	29. 7. 1947	2. 11. 1947	81
	27. 7. 1949	9. 11. 1949	79
Reuß, Seedorf	15. 1. 1911	23. 2. 1911	40
	8. 1. 1921	13. 3. 1921	52
	12. 2. 1932	14. 3. 1932	32
	18. 12. 1948	8. 3. 1949	59
Sarner Aa, Sarnen	2. 8. 1911	22. 9. 1911	52
	29. 1. 1917	31. 3. 1917	62
	23. 12. 1917	19. 3. 1918	64
	15. 10. 1920	27. 3. 1921	164
	10. 7. 1949	30. 8. 1949	51
Rhone, Porte du Scex	17. 12. 1912	13. 3. 1913	71
	30. 1. 1921	27. 4. 1921	80
	30. 11. 1921	27. 2. 1922	80
	11. 1. 1925	2. 4. 1925	77
	25. 12. 1933	10. 3. 1934	65
Rhone, Chancy	13. 2. 1921	5. 5. 1921	58
	12. 11. 1921	29. 1. 1922	56
	12. 1. 1933	2. 3. 1933	41
	4. 12. 1941	22. 1. 1942	42
	25. 12. 1953	21. 2. 1954	42
Brenno, Loderio	28. 11. 1921	8. 3. 1922	101
	23. 12. 1941	24. 3. 1942	75
	1. 2. 1944	4. 4. 1944	62
	8. 1. 1947	13. 3. 1947	65
	20. 1. 1956	24. 3. 1956	62
Inn, St. Moritzbad	19. 1. 1911	6. 3. 1911	44
	15. 1. 1913	4. 3. 1913	49
	13. 11. 1921	11. 3. 1922	119
	2. 2. 1929	15. 3. 1929	42
	16. 2. 1932	4. 4. 1932	49

Bild 6 Mittlere Monatsabflußmengen in % der mittleren Jahresabflußmengen, für acht Stationen. Durchschnitt der 50 Jahre.

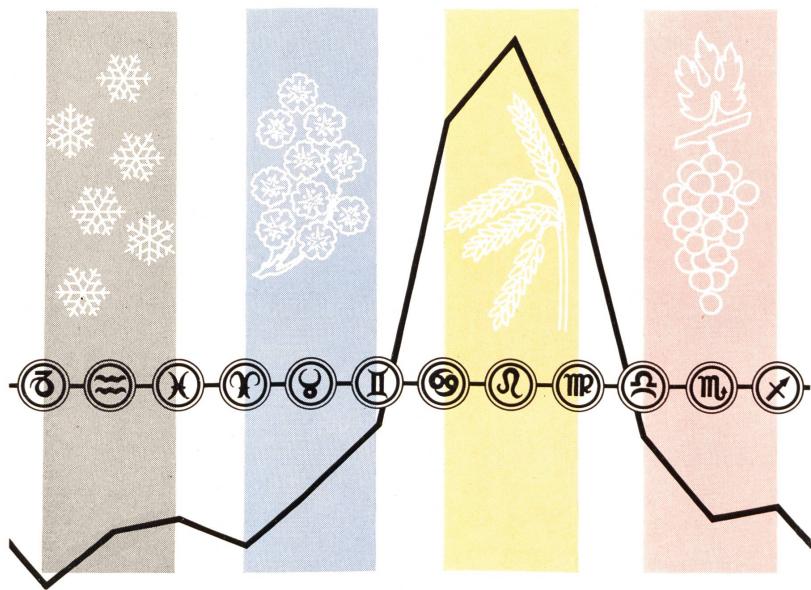
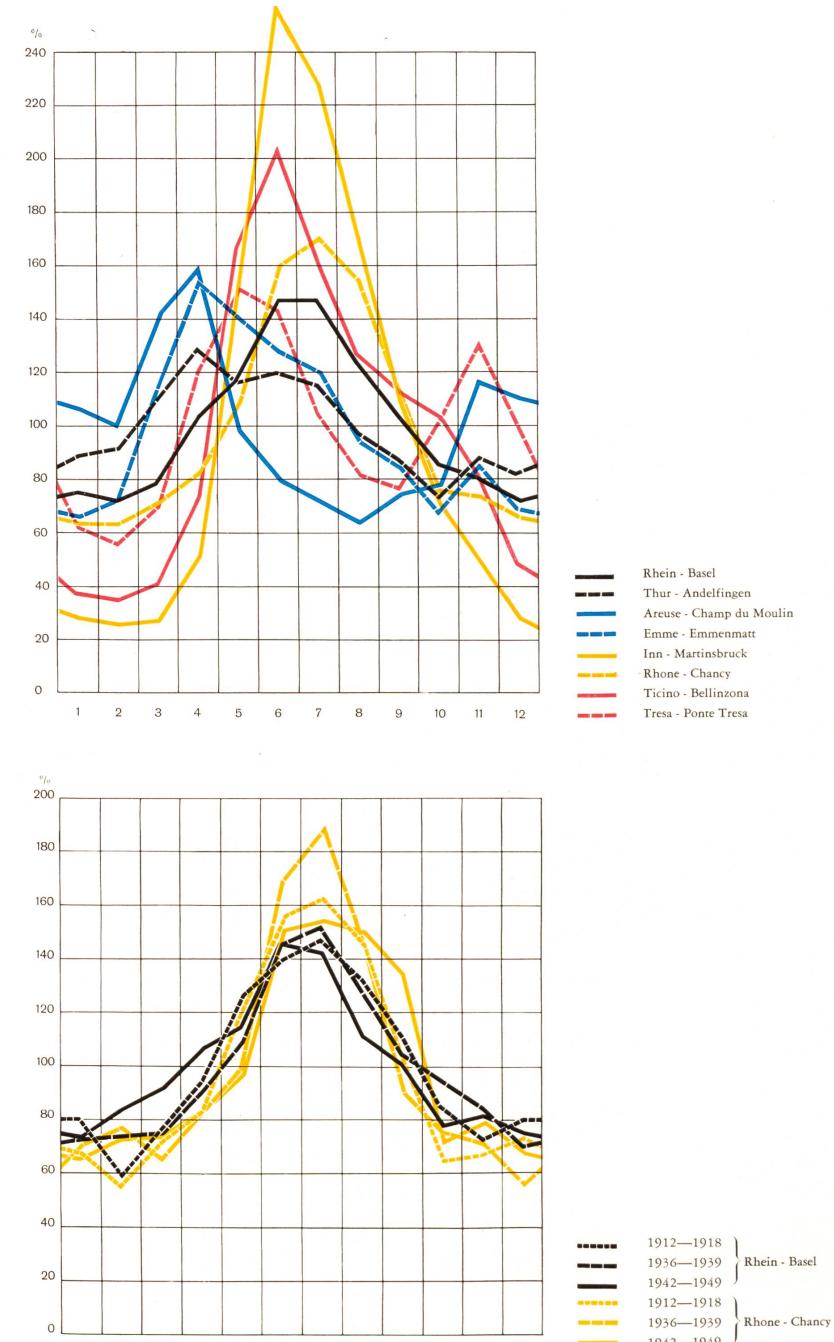
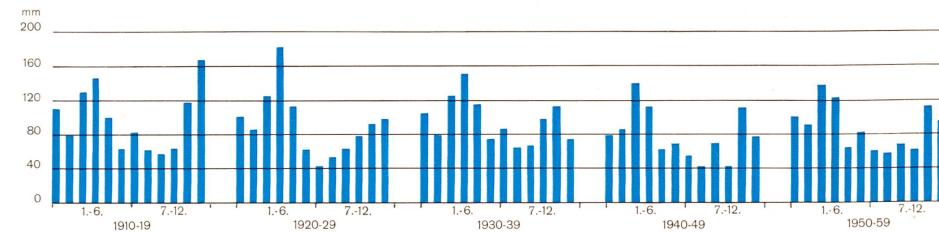
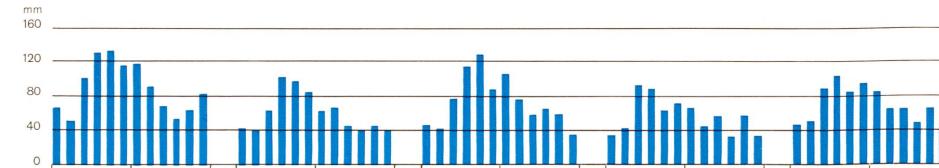
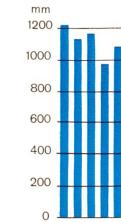
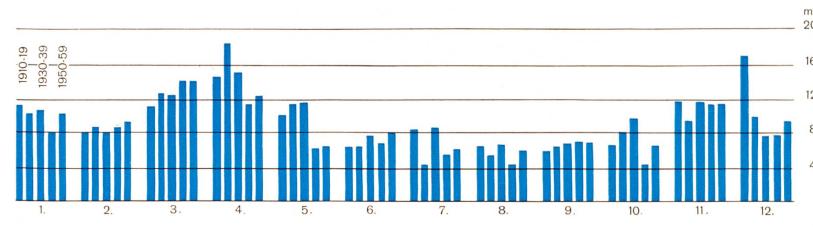


Bild 7 Mittlere Monatsabflußmengen in % der mittleren Jahresabflußmengen, für zwei Stationen. Durchschnitte zweier abflußreicher Jahresreihen (1912 bis 1918 und 1936 bis 1939) und einer abflußarmen (1942 bis 1949).

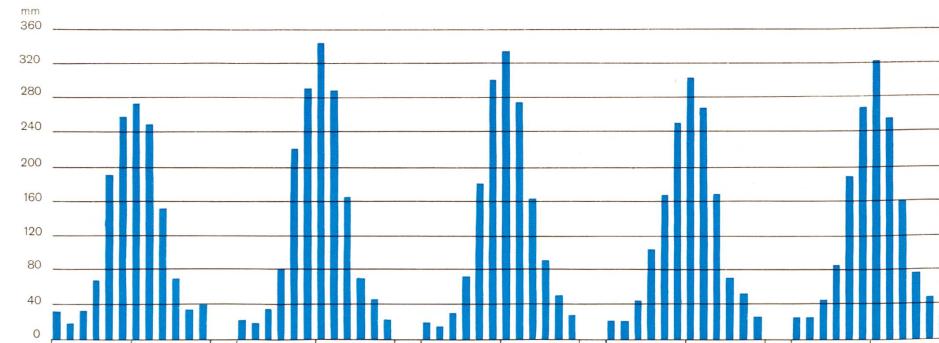
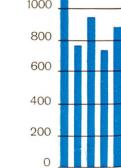
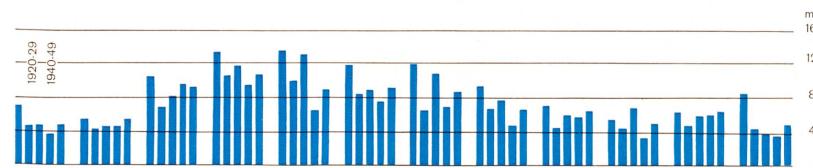




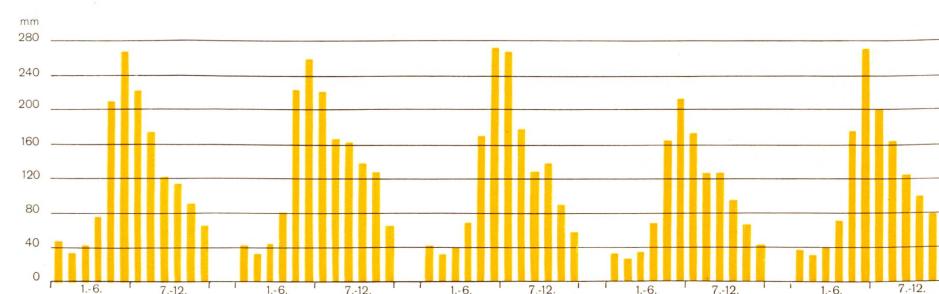
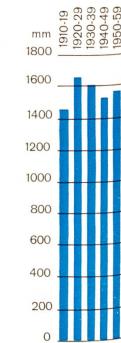
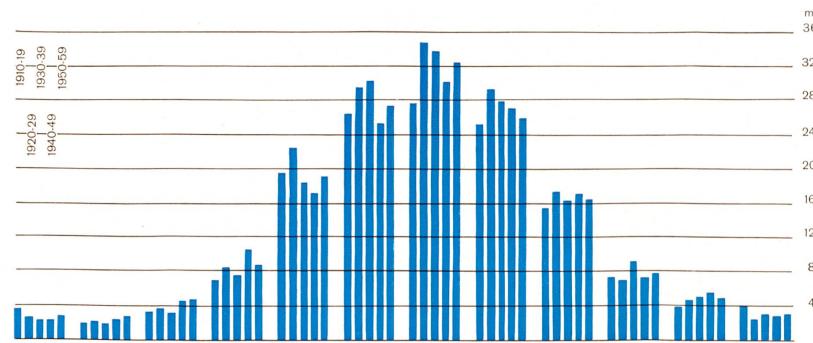
Areuse, Champ du Moulin, Einzugsgebiet 359 km<sup>2</sup> mittlere Höhe 1080 m ü. M., Vergletscherung 0



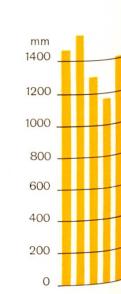
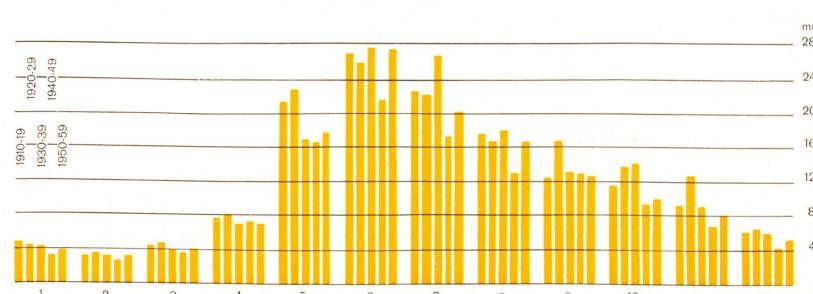
Emme, Emmenmatt, Einzugsgebiet 443 km<sup>2</sup> mittlere Höhe 1070 m ü. M., Vergletscherung 0



Lütschine, Gsteig, Einzugsgebiet 379 km<sup>2</sup> mittlere Höhe 2050 m ü. M., Vergletscherung 19,5%

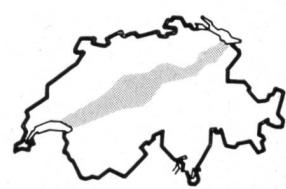


Brenno, Loderio, Einzugsgebiet 397 km<sup>2</sup> mittlere Höhe 1820 m ü. M., Vergletscherung 1,7%





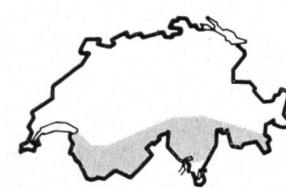
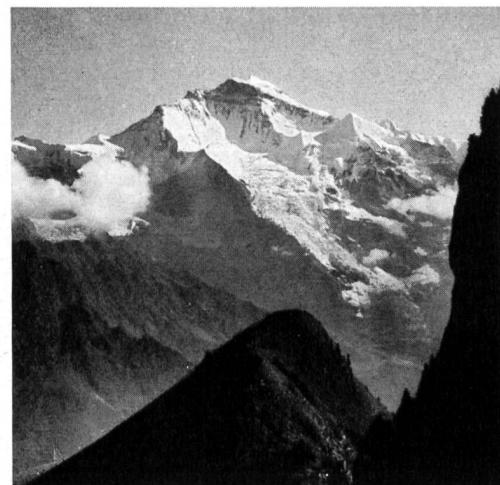
Jura



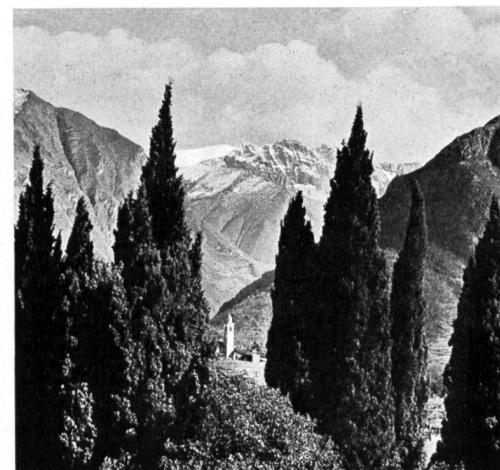
Voralpen



Alpennordseite



Alpensüdseite



## Photos

Max F. Chiffelle, Lausanne  
 Prof. Joos Cadisch, Bern  
 Albert Steiner, St. Moritz  
 M. Rüedi S. A., Lugano

## Bild 8

Monatliche Abflußhöhen von vier Stationen. Durchschnitte der 5 einzelnen Jahrzehnte, links monatsweise für jedes Jahrzehnt, rechts jahrzehnteweise für jeden Monat zusammengestellt. Rechts daneben die 5 Jahrzehnt-Durchschnitte der jährlichen Abflußhöhen.

dem Bodensee und Basel sind die damals beobachteten Abflußmengen seither nicht mehr übertroffen worden. An Ausdehnung damit zu vergleichen ist das Hochwasser vom November 1944, welches auch Teile des Jura und das von der Aare entwässerte Mittelland erfaßte, dagegen aber im Limmatgebiet und im Rheingebiet oberhalb des Bodensees weniger extrem war. Bei Chancy (Rhone), sowie bei Thun und Brügg (Aare) sind im November 1944 die größten Momentanabflußmengen der 50jährigen Reihe beobachtet worden. Das Hochwasser vom Juni 1953 betraf besonders die Zentral- und Nordostschweiz; hierüber ist in dieser Zeitschrift damals berichtet worden [4]. Ausgesprochene Winterhochwasser waren diejenigen vom Dezember 1918 (Gebiete oberhalb Orbe und längs der Aare bis Stilli, sowie Thurgau), vom Januar 1955 (westlicher Jura und Mittelland bis Brugg) und vom Februar 1957 (Jura oberhalb Champ-du-Moulin und Emmegebiet, Mittelland bis Brugg).

Die großen Hochwasser in den Alpen konzentrieren sich auf die Monate August und September. Im August 1954 wurden besonders das Rheingebiet bis zum Bodensee, das Inngebiet, die Einzugsgebiete oberhalb Loderio, Seedorf und Weesen Gäsi betroffen; gleichzeitig trat auch in Chancy das drittgrößte Hochwasser der 50jährigen Beobachtungsreihe auf. Im September 1927 war das Hochwasser im Rheingebiet oberhalb des Bodensees extrem; die Stationen Ilanz und Felsberg verzeichneten damals die größte Abflußmenge der Berichtsperiode; auch die Gebiete oberhalb Loderio und das obere Engadin wurden stark betroffen. Der September 1920 brachte dem Inngebiet das größte Hochwasser der 50 Jahre; auch an den Stationen Felsberg, Brienzwiler, Gsteig und Brig traten gleichzeitig sehr große Abflußmengen auf. Hochwasser kleinerer regionaler Ausdehnung, aber auch mit extremen Abflußmengen, ereigneten sich: im August 1922 (Gebiete von Brienzwiler, Andermatt und Brig, letztere Station mit größter Abflußmenge der Beobachtungsperiode), im August 1939 (Gebiete von Gsteig, Seedorf und Ilanz) und im September 1948 (Gebiete von Brienzwiler, Gsteig und Brig).

Es ist uns bekannt, daß außerdem noch zahlreiche Hochwasser von regional kleinerer Ausdehnung, aber lokal katastrophalem Ausmaß aufgetreten sind und daß bei zahlreichen oben erwähnten Hochwassern neben den angegebenen Gebieten oft auch noch weitere betroffen wurden; wir hielten uns bei der Aufzählung möglichst an die Stationen, bei denen die Beobachtungen sich über die ganze Berichtsperiode erstrecken.

## Schlußbetrachtungen

Versuchen wir, das im Vorstehenden notwendigerweise knapp Zusammengefaßte gesamthaft zu überblicken und es in Gedanken durch das Viele, was nicht gesagt werden konnte, zu ergänzen, so stehen wir einer überwältigenden Vielgestaltigkeit der Erscheinungen gegenüber. Wir dürfen feststellen, daß dank der Anstrengungen unserer Vorgänger ein reiches Beobachtungsmaterial vorhanden ist, das eine nüchterne, auf gemessene Werte abstellende Betrachtung des Geschehens erlaubt, und wir erkennen erneut, wie wichtig eine ins einzelne gehende und dabei doch möglichst umfassende Kontrolle der hydrographischen Vorgänge ist.

Können innerhalb der betrachteten 50 Jahre grundlegende Veränderungen der Abflußverhältnisse unseres Landes festgestellt werden? Der Blick auf die geglätteten Ganglinien der Jahresmittel (Bild 4) möchte dazu verleiten, von einer allgemeinen — mit Ausnahme der Gruppe Gsteig-Rhonegebiet — Tendenz zur Abnahme der Abflußmengen zu sprechen. Aber dürfen wir dies angesichts des im Verhältnis zum Ausmaß der anscheinenden Abnahme doch viel größeren Schwankungsreiches der Einzelwerte, und dürfen wir extrapoliieren? Wohl kaum, ohne das Phänomen physikalisch erklärt zu haben und genügend Kenntnisse über die Entwicklung der es bedingenden Faktoren zu besitzen. Wir werfen diese Fragen nur auf, ohne sie auf Grund des vorstehend Behandelten beantworten zu wollen. Wir möchten indessen hoffen, daß unsere Ausführungen Anregung zu weiterer, eingehender wissenschaftlicher Bearbeitung der Probleme geben.

Durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen bedingte Veränderungen im Jahresregime bestimmter Gebiete sind schon in früheren Arbeiten behandelt worden [5], so daß wir hier nicht näher darauf eintreten wollen. Wir erwähnen sie aber, weil nun gerade im Zusammenhang mit dem vorhin Gesagten die Notwendigkeit hervortritt, daß heute und künftig neben den tatsächlich bestehenden Abflußverhältnissen auch die natürlichen Verhältnisse, wie sie ohne die größeren menschlichen Einwirkungen herrschen würden, festgestellt werden. In solchem Sinne geführte Erhebungen vertiefen die Einsichten in grundlegende Zusammenhänge, vermehren die Kenntnisse über die Wasserverhältnisse unseres Landes, helfen im Falle von Studien und Diskussionen über vorgesehene wasserwirtschaftliche Maßnahmen mit zur Aufhellung der Sachverhalte und dürften somit von allen Kreisen begrüßt werden, gleichgültig, in welcher Richtung ihre Interessen gehen.

## Literatur

- [1] Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz, herausgegeben vom eidg. Amt für Wasserwirtschaft; erscheint jährlich in Bern.
- [2] Oesterhaus, Dr. M., Mehrjährige periodische Schwankungen der Abflußmengen des Rheins bei Basel. Mitteilungen des eidg. Amtes für Wasserwirtschaft Nr. 38, Bern 1946.
- [3] Eggenberger, Dr. F., Wahrscheinlichkeitstheoretische Analyse der Wasserführung einiger Flüsse der Schweiz. Dissertation Zürich, 1950.
- [4] Walser, E., Das Hochwasser von Ende Juni in der Zentral- und Nordostschweiz. «Wasser- und Energiewirtschaft», Zürich, Nr. 10, 1953.
- [5] Walser, E., und Lanker, E., Niederschlags- und Abflußverhältnisse im Einzugsgebiet der Aare unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Speicherbecken. «Wasser- und Energiewirtschaft», Zürich, Nr. 7—9, 1957.