Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 45 (1953)
Heft: 4-6

Artikel: Die hydrologischen Verhältnisse am Alpensüdhang
Autor: Ghezzi, C. / Gygax, F
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921646

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: 23.08.2025

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

Die hydrologischen Verhältnisse am Alpensüdhang

Von Ing. *C. Ghezzi* und Prof. *F. Gygax*, Bern

DK 551.49 (494.5)

Ein Hauptcharakteristikum unserer Alpen sind ihre verschiedenen Abdachungsverhältnisse: Die nördliche, atlantische Abdachung, die sich aus einem gegen die Alpen zu allmählich steigernden Wellensystem von Gebirgszügen zusammensetzt — und die südliche, mediterrane Abdachung, die kurz und steil zur piemontesischen Kornkammer abfällt und damit einen gewaltigen Kontrast zwischen Gebirgsmasse und Gebirgsfuß erzeugt. Entsprechend diesen asymmetrischen topographischen Gegebenheiten weisen auch die hydrologischen Verhältnisse — Niederschlag, Abfluß und Verdunstung — an den beiden Abdachungen große Verschiedenheiten und damit ganz bestimmte Charakteristiken auf. So werden im vorliegenden Aufsatz die Hauptmerkmale und Eigentümlichkeiten des Wasserhaushaltes auf der mediterranen Abdachung der Alpen an Beispielen aus dem Kanton Tessin, der hydrographisch zum Stromgebiet des Po gehört, dargestellt.

Politisch umfaßt der Kanton Tessin eine Fläche von 2813 km², hydrographisch — die Flächen der Einzugsgebiete der den Kanton durchfließenden Gewässer mitgezählt — aber rund 3700 km²; 470 km² Quellgebiet liegen auf bündnerischem und 450 km² auf italienischem Boden. Umgekehrt gehören kleinere Quellgebiete des Rheins, der Reuß und der Adda politisch zum Kanton Tessin. Abbildung 1 und Tabelle 1 veranschaulichen diese politischen und hydrographischen Grenzverhältnisse.

Geographisch, und gerade in Anlehnung an die Hydrographie, gliedert man den Kanton Tessin in einen nördlichen Teil — den Sopraceneri (2363 km²), dessen Flüsse in den Langensee münden, und in einen südlichen Teil — den Sottoceneri (450 km²), für den Luganer- und Comersee die Mündungsgebiete seiner Gewässer bilden.

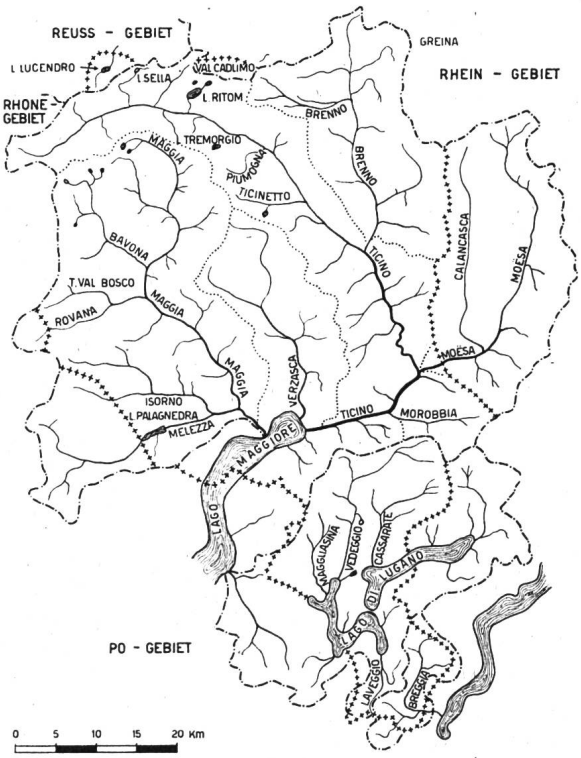

Abb. 1 Flüsse und Einzugsgebiete

Tabelle 1

Haupteinzugsgebiete

Gewässer	Größe des Einzugsgebietes km²	Firn und Gletscher km²	Seen km²
Ticino bis zum Brenno	445	7,5	2,4
Brenno bis zum Ticino	404	12,9	0,1
Moësa	477 [1]	5,8	0,5
Ticino bis Bellinzona	1515 [1]	26	3,1
Ticino bis zum Langensee	1616 [1]	26	3,1
Verzasca bis zum Langensee	237	—	0,1
Maggia bis zum Langensee	926 [2]	10,5	1,6
Tresa beim Ausfluß aus dem Luganersee	615 [3]	—	50
Breggia bis zur Landesgrenze	81 [4]	—	—

[1] 470 km² Gebiet des Kantons Graubünden
[2] 174 km² italienisches Gebiet
[3] 247 km² italienisches Gebiet
[4] 35 km² italienisches Gebiet

Sopraceneri

Großes Gefälle, den erwähnten Abdachungsverhältnissen entsprechend, charakterisiert das Flußregime. Die Quellgebiete liegen in Höhen von 2000 bis 2500 m. In tief eingeschnittenen, zumeist durch Brüche vorgezeichneten Tälern erreicht das Wasser nach kurzem Lauf die Alluvialböden in 400 bis 300 m Höhe. Die mittlere Gebirgshöhe des Sopraceneri beträgt 1680 m. Der entsprechende Wert für die Nordabdachung liegt bei 2000 m (Rhone bis zur Einmündung in den Genfersee, Aare bis zum Ausfluß aus dem Brienzersee).

Abflußmäßig besitzen Ticino, Brenno und Moësa ausgesprochen alpinen Charakter; Verzasca, Maggia mit Isorno und Melezza weisen in ihrem hydrologischen Verhalten eher den stark schwankenden Wildbachtypus auf; zudem stehen sie in ihren unteren Laufstrecken in recht enger Abhängigkeit vom südalpinen Klima. Ihre Abflußmengen gehen infolge Mangel an Eis- und Schneevorräten schon nach der ersten Jahreshälfte stark zurück. Eine Ausnahme macht einzig die Bavona, zu deren Einzugsgebiet das stark vergletscherte Basodinomassiv gehört.

Ein interessantes, wirtschaftlich sehr vorteilhaftes Charakteristikum des oberen Ticino und des Brenno aus dem Lukmaniertal bilden ihre überaus großen spezifischen Abflüsse, besonders während der Wintermonate! Langjährige Messungen bestätigen diesen Wasserreichtum, der auf zahlreiche ergiebige Quellen und Zuflüsse aus Fremdgebieten zurückgeführt werden muß.

Wie die nachstehende Tabelle 2 zeigt, stehen benachbarte Flußgebiete in dieser Hinsicht viel ungünstiger da.

Tabelle 2

Minimalabflußmengen von Tessinergewässern und angrenzenden Gebieten

	Einzugsgebiet in km²	Abflußmenge in Liter/s, km²
Ticino, Bedrettotal	33,3	15,0
Ticino, obere Leventina	158/224	13—16
Lago Ritom (vor dem Stau)	23,2	11,0
Brenno aus Lukmaniertal	35,0	22,0
Brenno aus Camadratal	84,0	10—11
Brenno vor der Mündung	397	7,5
Moësa vor der Mündung	471	4,8
Ticino, Bellinzona [1]	1515	8,3
Verzasca, unteres Tal	189	5,0
Maggia, Bignasco	194	4,0
Melezza, Camedo	127	7,7
Tresa, Luganerseeausfluß	615	6,2
Vorderrhein, Disentis	158	4,3
Medelserrhein, Disentis	128	4,6
Vorderrhein, Ilanz	776	4,6
Rhein, Felsberg	3249	3,4
Reuß, Andermatt [2]	192	7,5
Rhone, Gletsch [3]	38,9	1,8
Rhone, Brig	831	6,2

[1] Natürliches Regime, ohne Wasserspeicherung
[2] Natürliches Regime, ohne Ableitung Lucendrosee
[3] Vergletscherung 62 %

Das Einzugsgebiet der Flüsse im Sopraceneri weist nur 37 km² vergletschertes Areal auf (amtliche Angabe, die sich auf Aufzeichnungen älterer Siegfriedblätter stützt; sie dürfte heute wesentlich zu reduzieren sein). Erwähnenswert sind die Gletscherflächen am Pizzo Lucendro, Pizzo Rotondo, Campo Tencia, Adula und Basodino. Karmulden und oberste Talwegstücke weisen in den Flußgebieten des Ticino und der Maggia eine Anzahl Bergseen auf; als Staubecken für Wassernutzung dienen schon heute Ritom-, Cadagno-, Tremorgio- und Sellasee.

Sottoceneri

Auch in diesem südlicheren Tessingebiet, das die Landschaften Malcantone, Luganese und Mendrisiotto umfaßt, besitzen die fließenden Gewässer einen kurzen, an Steilstrecken und kleineren Wasserfällen reichen Lauf, wie etwa der Cassarate, der Vedeggio und die Magliasina, die im Luganersee gesammelt und durch die Tresa dem Langensee zugeführt werden. 614 km² beträgt die Fläche des Einzugsgebietes des Luganersees bei einer mittleren Höhe von nur 800 m. Auch hier im südlichen Tessin liegen die Quellgebiete der Flüsse beachtenswert hoch, nämlich zwischen 1900 und 2200 m. Endlich ist der südlichste Zipfel des Kantons mit der das Muggiotal durchfließenden Breggia hydrographisch dem Comersee tributär; Roncaglia und Faloppia, die ihre Quellen zwischen Novazzano und Uggiate haben, bilden wichtige Zuflüsse der Breggia.

Die Wasserführung der Gewässer im Sottoceneri wird durch zwei Maxima, im Mai/Juni und im Oktober/November, charakterisiert, die durch Niederwasserperioden der Sommer- und Wintermonate unterbrochen werden.

Diese allgemein gehaltenen Ausführungen sollen im folgenden mit bestimmten Messungsergebnissen präzisiert werden:

Niederschläge

Über einige Niederschlagshöhen im Tessin orientieren folgende Angaben:

	Meereshöhe	Niederschlagshöhen
Langjährige Mittel:		
Airolo	1170 m	2285 m
Biasca	300 m	1665 m
Locarno-Monti	239 m	1890 m
Lugano	276 m	1749 m
Beispiele für Alpennordseite:		
Grimselhospiz	1962 m	2070 m
Basel	260 m	812 m

Dank den Unterstützungen durch das Baudepartement des Kantons Tessin (Staatsrat Dr. N. Celio, Kantonsing. R. Gianella) und durch die Associazione Ticinese di Economia delle Acque (Ing. L. Rusca), konnten in einzelnen Flußgebieten eine Anzahl Regenmesser (Totalisatoren), Limnigraphen und Wassermeßstationen aufgestellt werden. Dadurch wurde die Möglichkeit für die Berechnung von hydrologischen Bilanzen geschaffen, die uns wertvolle Einblicke in den Wasserhaushalt des Kantons Tessin liefern (siehe unten). Vorerst sollen einige interessante Totalisatoren-Jahreswerte hier mitgeteilt werden:

	Meereshöhe	Hydrologisches Jahr	Niederschlagshöhen
Greinagebiet:			
Motterascio, SAC-Hütte	2190 m	1945/46	3390 mm
		1949/50	3020 mm
		1950/51	3350 mm
Lago Retico	2378 m	1950/51	3600 mm
Maggiagebiet:			
Cavagnoli	2370 m	1947/48	4140 mm
		1950/51	4190 mm

Die *größten täglichen* Niederschlagsmengen können für die Alpensüdabdachung 250 mm erreichen. Die *Niederschlagsdichte* (Millimeter Niederschlag pro Niederschlagstag) dürfen wir nach vorläufigen Messungen mit 15 annehmen (Zürich: 6,8 mm/Niederschlagstag). Entsprechend liegen die Verhältnisse für die *Niederschlagsintensität* (Millimeter Niederschlag pro Minute): Werte von 2,0 und darüber sind gemessen worden. Mit anderen Worten: Kurzdauernde, heftige Güsse sind der charakteristische Niederschlagstyp für die Südabdachung der Alpen. Die mittleren monatlichen Niederschläge zeigen gewöhnlich im Jahreslauf drei Spitzen: Mai — Juli — September/Oktober. Die Maispitze, verursacht durch die Frühlingsregen der insubrischen Zone, stellt sich besonders im südlichen Kantonsteil ein. *Minimale Niederschlagshöhen* verzeichnet man in den Wintermonaten. Dies ist ein Hinweis auf das über die Alpen weit nach Süden greifende kontinentale Klima.

Vollständige hydrologische Bilanzen (Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß, Verdunstung, Rücklagen und Aufbrauch) sind nur für den Malcantone bestimmt worden, für die Greina- und Maggiagebiete stehen sie in Bearbeitung. Für das Magliasinagebiet ergibt diese Bilanz die folgenden Werte und zwar für die Jahre 1940—1944: Niederschlagshöhe 1754 mm, Abflußhöhe 1276 mm, Verdunstungshöhe 478 mm. Dagegen sind uns Niederschlag-Abflußbilanzen für Teile der Greina- und Maggiagebiete seit 1946 resp. 1948 be-

kannt. In der nachstehenden Tabelle 3 sind die Werte für die drei letzten hydrologischen Jahre angeführt:

Tabelle 3

Hydr. Jahr	Greina Abfluß-Station Campo		Rovana Station Collinasca		Bavona Station Bignasco	
	Nieder-schlags-höhe	Abfluß-höhe	Nieder-schlags-höhe	Abfluß-höhe	Nieder-schlags-höhe	Abfluß-höhe
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1949/50	1930	1471	2000	1347	1920	1388
1950/51	2825	2308	3110	2903	3150	2231
1951/52	2527	2037	2418	1926	1934	1856

Die Untersuchung über die Abflußverhältnisse der Tessinergewässer wurde vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft nach der Jahrhundertwende zuerst durch Bestimmung der Minimalwassermengen an zahlreichen Stellen der größeren Bäche und Flüsse durchgeführt. Seit 1912 erfolgte dann sukzessive die Errichtung und Bedienung von Wassermeßstationen an den für die Wasserkraftnutzung wichtigeren Stellen. Vereinzelte Messungen waren früher auch von privater Seite vorgenommen worden. Mit der fortschreitenden Ausnutzung der Wasserkräfte hat sich der Bestand der amtlichen Meßstationen stark vermindert; er umfaßt heute noch sechs im Sopraceneri und eine im Sottoceneri. Das Baudepartement des Kantons Tessin unterhält seinerseits seit einigen Jahren eine kleine Anzahl von Wassermeßstationen. Auch die Maggiakraftwerke haben für ihre Zwecke solche Stationen eingerichtet.

Niederwasser. In der Regel nimmt die Abflußmenge bei den Gewässern des Sopraceneri vom November an allmählich ab und erreicht ihr Minimum gegen Ende Februar, in den höheren Regionen erst Ende März, im Maggiagebiet und in den unteren Lagen etwas früher. Im Sottoceneri ist, wie bereits früher angeführt, keine bestimmte Regelmäßigkeit in der Wasserführung zu erkennen.

Hochwasser. Sehr häufig verursachen plötzliche und intensive Regenfälle ein rapides und starkes Anschwellen der Bäche und Flüsse (Hochwasserwellen). So sind vor allem im Sommer und Herbst 1951 säkulare Hochwasser eingetreten. Heftige, wolkenbruchartige Gewitter verursachten am 8. August katastrophale Überschwemmungen am ganzen Alpensüdhang [1], besonders im Maggiatal, im Sottoceneri (Vedeggio) und im Misox. Das Ansteigen der Gewässer erfolgte außerordentlich rasch. Der Brenno stieg in Loderio im Verlaufe von 7 Stunden um 2,9 m (Zunahme der Wassermenge von 30 auf 300 m^3/s), die Moësa in Lumino, wo das Flußprofil breit ist, in 14 Stunden um 2,9 m (von 30 auf 900 m^3/s), der Ticino in Bellinzona in 14 Stunden um 5,35 m (von 100 auf 1400 m^3/s), die Maggia in Bignasco in 6 Stunden um 5,15 m (von 15 auf 455 m^3/s). Die maximale spezifische Abflußmenge betrug für die Moësa etwa 1900 Liter/s, km^2.

Diese, für südalpine Flüsse typischen Hochwasserwellen haben wir in den Jahren 1940—1945 im Magliasinagebiet besonders studiert. Dabei wurden die sogenannten Verteilungskurven, d. h. der zeitliche Verlauf der Hochwasserwelle in Verbindung mit dem sie verursachenden Niederschlag berechnet. Es ergaben sich die folgenden wichtigen Resultate:

a) 6 Stunden nach Ende eines starken Gusses sind bereits 80 % des durch ihn bewirkten Abflußzuwachses aus dem Talgebiet abgeflossen; zwei Tage nach Ende des isoliert auftretenden Niederschlages ist der Abfluß wieder normal; der Niederschlag bewirkt keinen weiteren Abflußzuwachs mehr.

b) Höchstens 1/8 der Niederschlagsmenge fließt im Malcantone als Hochwasserwelle ab (Abflußkoeffizient der Magliasina für isolierte Güsse: 4,2 bis 11,3 %).

[1] Siehe auch «Wasser- und Energiewirtschaft» 1952, S. 171—179.

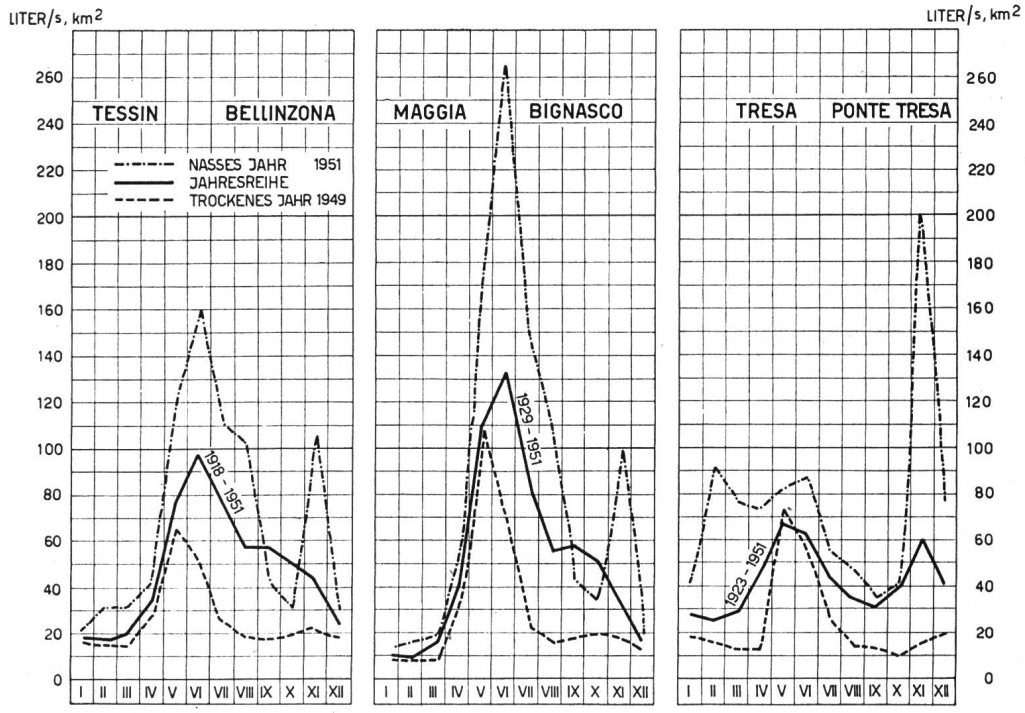

Abb. 2
Mittlere, maximale und minimale Abflußspenden der Flüsse Ticino, Maggia und Tresa

Tabelle 4

Mittlere Jahresabflußmengen an Tessiner Wassermeßstationen und angrenzenden Gebieten in Liter/s, km²

Station	Ticino Bedretto	Brenno Campo	Brenno Loderio	Moësa Lumino	Ticino Bellinzona [1]	Maggia Bignasco	Tresa Ponte Tresa	Vorderrhein Ilanz	Reuß Andermatt [2]	Rhone Brig
Natürliches Einzugsgebiet in km²	33,3	84,0	397	471	1515	194	615	776	192	831
Vergletscherung des Einzugsgebietes in %	10,0	5,9	3,3	1,2	1,7	0,3	0	7,8	12,3	31,2
1947	(77,0)	50,7	33,8	36,1	35,2	36,4	31,1	34,7	44,2	57,0
1948	(94,0)	58,3	40,8	41,0	45,1	50,2	38,5	44,6	52,0	46,4
1949	62,8	35,3	24,1	24,2	26,1	27,5	24,1	30,9	39,6	48,4
1950	71,8	47,1	35,5	35,5	36,6	41,3	31,2	37,5	46,5	54,2
1951	(120,0)	77,6	67,7	71,8	70,0	82,5	75,1	56,8	67,0	57,0
1952	87,4	64,9	48,1	44,2	48,2	52,1	34,8	46,1	53,0	....
Mittel 1947-52	85,5	55,6	41,7	42,1	43,5	48,3	39,1	41,8	50,4	....
Mittel	85,5	55,6	45,6	46,1	47,4	47,6	41,5	47,3	52,0	50,8
der Jahresreihe	47—52	47—52	13—51	13—51	18—51	29—51	23—51	14—51	46—51	22—51

[1] Vergrößerung des Zuflusses aus Val Cadlimo und Lucendrosee, 1 % des Einzugsgebietes
[2] Ableitung des Wassers aus dem Lucendrosee, 7,0 km²

Ähnliche Berechnungen wurden nun auch für die oben erwähnte Hochwasserwelle der Maggia vom 8. August 1951 durchgeführt:

a) 24 Stunden nach Ende des Niederschlages (Ende am 8. August 1951 um 6 Uhr) waren bereits 77,5 % des durch diesen Niederschlag bewirkten Abflußzuwachses bei Losone durchgeflossen.

b) Der Abflußkoeffizient betrug rund 50 %; der Boden war durch frühere Niederschläge und durch die großen Schneemengen vom Winter 1950/51 weitgehend gesättigt.

Mit dem Fortschreiten der rationelleren Wasserkraftnutzung ist das natürliche Regime des Ticino nicht nur zeitlich, sondern auch quantitativ durch die Ableitung von Wasser aus dem Cadlimotal (8,4 km²) in den Ritomsee sowie durch die Überleitung aus dem Lucendrosee (7,0 km²) in die Zentrale Airolo verändert worden. In Bellinzona macht diese Vermehrung nur 1 % des Einzugsgebietes aus. Saisonmäßig und in der täglichen Wasserführung bewirken die im Lucendrosee, im Sellasee, in den Gotthardseen, im Ritomsee und im Tremorgiosee (in den während der Zeit minimalen Verbrauchs elektrischer Energie Wasser aus dem Ticino hinaufgepumpt wird) sowie im Staubecken an der Calancasca aufgespeicherten Wassermassen schon eine Veränderung des Regimes des Ticino in Bellinzona. Das Maggiagebiet wird nach beginnender Ausnutzung abflußmäßig sein Regime ebenfalls ändern; unberührt in dieser Hinsicht ist zurzeit noch das Gebiet und Regime des Brenno. Tabelle 4 und die graphischen Darstellungen in Abb. 3 illustrieren die besprochenen Verhältnisse. Die Darstellung über die Abflußspenden zeigt auch den engen Zusammenhang von Niederschlag und Abfluß. Niederschlagsarme Jahre (wie 1949) und niederschlagsreiche (wie 1951) spiegeln sich in den Abflußzahlen außerordentlich deutlich.

Wildbachverbauungen, Uferschutzbauten und Flußkorrektionen im Kanton Tessin

Von Obering. *R. Gianella*, Bellinzona

DK 627.14 (494.5)

«Der Wasserhaushalt im Einzugsgebiete des Tessins ist hauptsächlich durch folgende Naturgegebenheiten bestimmt:

1. die Heftigkeit der Niederschläge;
2. die großen Niveauunterschiede auf verhältnismäßig kurzen Flußstrecken und die daraus sich ergebenden raschen Abflüsse;
3. den Mangel an größeren, gegen die Wirkung der Sommerwärme widerstandsfähigen Gletschern und Schneeefeldern.»

So schreibt Antonio Galli, a. Regierungsrat, als Einleitung zum Abschnitt der Wasserwirtschaft seines bekannten Buches «Notizie sul Cantone Ticino».

Diese Darstellung enthält wohl das Wesentliche über die Gewässer des südlichen Alpenabhanges, doch bedarf es noch mancher Erörterung zu einem genügenden Verständnis der Zustände im Tessin.

*

So sollte neben der Intensität auch die Häufigkeit der Niederschläge Erwähnung finden.

Der Tessin gilt als eine sonnige, klimatisch bevorzugte Gegend, im Schutze des Alpenwalles, der die kalten nördlichen und östlichen Luftströmungen des Kontinentes abriegelt. Doch hat diese Gunst der Natur ihre Schattenseite, die darin besteht, daß die Südwinde, und mit diesen gelegentlich gefährliche feuchtwarme Luftmassen tropischer Herkunft, freien Zutritt ins Land haben und hindernislos bis in die oberen Täler vordringen können. In gefährlichem Ausmaß erfolgen solche Einbrüche allerdings nur in größeren Zeitabständen