

# Die hohen Seespiegelschwankungen des Lago Maggiore und ihre Abhängigkeit von den grossen Niederschlägen

Autor(en): **Michel, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern**

Band (Jahr): **45 (1959-1960)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-323921>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

# ABHANDLUNGEN

---

## DIE HOHEN SEESPIEGELSCHWANKUNGEN DES LAGO MAGGIORE UND IHRE ABHÄNGIGKEIT VON DEN GROSSEN NIEDERSCHLÄGEN

---

### INHALTSVERZEICHNIS

#### *Erster Teil: Allgemein-Geographisches*

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Lage .....                  | 2 |
| Der Lago Maggiore .....     | 2 |
| Teilgebiete .....           | 3 |
| Hypsographische Kurve ..... | 7 |
| Weiteres .....              | 9 |

#### *Zweiter Teil: Das hydrologische Geschehen am Lago Maggiore und in seinem Einzugsgebiet in den Jahren 1901–1950*

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Allgemeines .....               | 11 |
| Auswertung .....                | 12 |
| Wasserverhältnisse im See ..... | 12 |
| Niederschläge .....             | 21 |
| Abfluß .....                    | 25 |

#### *Dritter Teil: Die 15 großen Hochwasserperioden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts*

|   |    |
|---|----|
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Juni 1901 .....      | 27 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im November 1906 .....  | 33 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Oktober 1907 .....   | 39 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Mai 1917 .....       | 45 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Juni 1918 .....      | 50 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im September 1920 ..... | 55 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im September 1924 ..... | 60 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Mai 1926 .....       | 65 |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im November 1926 .....  | 70 |

|   |     |
|---|-----|
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im November 1928 .....  | 74  |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im November 1935 .....  | 79  |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im August 1939 .....    | 84  |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Juli 1940 .....      | 89  |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im Oktober 1942 .....   | 94  |
| Der Hochwasserstand des Lago Maggiore im September 1948 ..... | 98  |
| Ergebnis der Betrachtung der Hochwasserstände .....           | 103 |
| Häufigkeit der hohen Wasserstände .....                       | 103 |
| Der Niederschlag im Einzugsgebiet .....                       | 104 |
| Abfluß im Einzugsgebiet .....                                 | 104 |
| Sofortabfluß .....  | 104 |
| Berechnung .....  | 106 |
| Der See als Speicher .....                                    | 107 |
| Zusammenfassung .....   | 109 |
| Literaturverzeichnis .....                                    | 116 |

*Anmerkung:* Das Inhaltsverzeichnis gilt für die Originaluntersuchung, deponiert im Geographischen Institut der Universität Bern.

Der vorliegende Text ist Auszug und Zusammenfassung der Dissertation.

## ERSTER TEIL

### ALLGEMEIN-GEOGRAPHISCHES

#### *Lage*

Das Einzugsgebiet des Lago Maggiore liegt ganz auf der Südseite der Alpen. Hydrologisch wird das 6562,372 km<sup>2</sup> umfassende Einzugsgebiet, dessen Umfang 480 km beträgt, wie folgt begrenzt:

Im Norden durch die Einzugsgebiete des Rheins und der Reuß; im Westen durch das Einzugsgebiet der Rhone; im Süden durch die Einzugsgebiete der Sesia, der Agogna, des unteren Tessins und der Olona, und im Osten durch das Einzugsgebiet der oberen Adda einschließlich des Comersees.

Betrachtet man die Lage des Einzugsgebietes des Lago Maggiore politisch, entfallen 51,2% der Gesamtfläche auf schweizerisches und 48,8% auf italienisches Territorium. Der schweizerische Teil umfaßt nahezu den gesamten Kanton Tessin (ausgenommen das Einzugsgebiet der Breggia und zwei kleine Gebietsteile im Einzugsgebiet des Gaggiolo), den Graubündner Bezirk Moesa (ausgenommen das Einzugsgebiet des Areua-Baches) und das Walliser Gebiet südlich des Simplonpasses, das von den oberen Zuflüssen der Doveria entwässert wird.

Die nördlichste Stelle des Einzugsgebietes ist der Piz Valdraus, die südlichste Stelle der Pegel von Sesto Calende; die westlichste Stelle des Einzugsgebietes befindet sich am Ostfuß des Monte-Rosa-Massives, die östlichste im Gebiet des Passo della Forcola.

Der höchste Punkt ist die 4638 m hohe Dufourspitze; die tiefste ist mit dem südlichsten Punkt, dem Pegel in Sesto Calende, identisch. (Der Pegelnullpunkt Sesto Calende ist für alle meine Berechnungen 24 cm höher als der in meiner Arbeit zugrunde gelegte Nullpunkt von Locarno = 192,43 m.)

#### *Der Lago Maggiore*

Die Flächengestalt des Lago Maggiore wird treffend durch den deutschen Namen gekennzeichnet: Langensee. Er ist der längste See Italiens. Seine Länge entspricht der zwanzigfachen Breite. Die Längsachse des Sees ist leicht konvex gegen Westen ausgebogen. Die Entfernung vom oberen Ende des Lago Maggiore, am Einfluß der Verzasca, bis zur Brücke von Sesto Calende – gemessen entlang der Mittellinie – beträgt 66,3 km. Die mittlere Breite ist 2,987 km, die größte – gemessen zwischen Barbé und Bedero – 4,870 km, die geringste – gemessen zwischen Angera und Arona – 1,030 km. Die Seeoberfläche ist 212,012 km<sup>2</sup>, berechnet auf die Seehöhe 193,20 m, davon entfallen 42,057 km<sup>2</sup> (19,8%) auf schweizerisches und 169,955 km<sup>2</sup> (80,2%) auf italienisches Gebiet. Der Seeumfang ist 176,36 km, wovon 34 km auf die Schweiz entfallen. Die größte Tiefe des Sees beträgt 372 m,

die mittlere Tiefe 175,40 m, das Wasservolumen 37,10 km<sup>3</sup>. Der See reicht somit 180 m unter den Meeresspiegel. Beschaut man sich auf der Karte die Lage des Sees in seinem Einzugsgebiet, so sieht man unschwer, daß das ellipsenförmige Einzugsgebiet das Seebecken völlig umgibt.

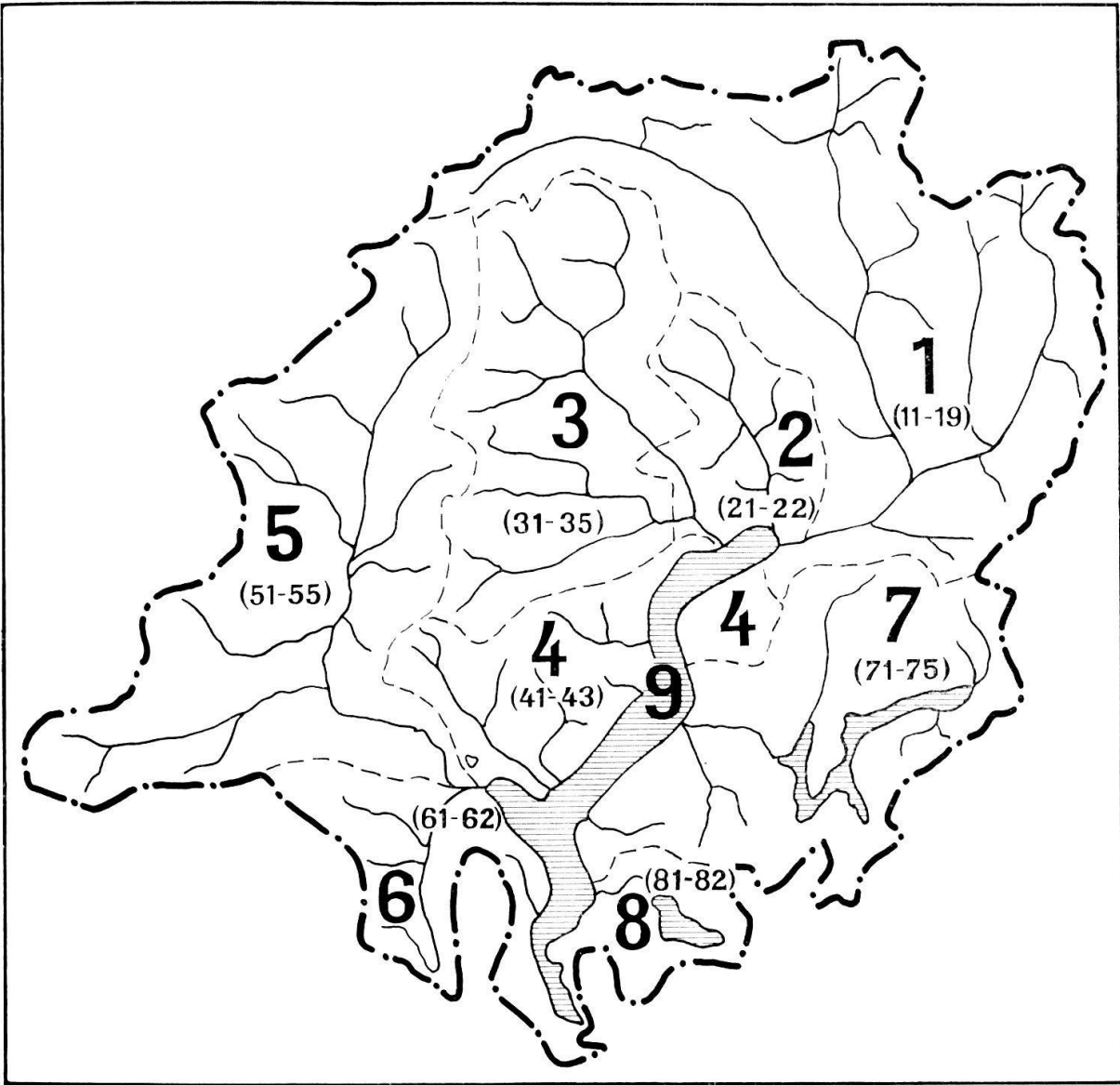
### *Teilgebiete*

Das Einzugsgebiet des Lago Maggiore verteilt sich über eine Fläche, deren Teilgebiete geographisch sehr verschiedenartig sind. Bestehen bereits zwischen den Tessiner Gebieten Sopraceneri und Sottoceneri große Unterschiede im Klima, in hydrologischen Verhältnissen und in der Bewirtschaftungsart, so werden diese Unterschiede beim Vergleich kleinerer Räume – besonders auf hydrologischem Gebiet – noch größer. Um möglichst gute Ergebnisse zu erzielen, sollte man die partiellen Untersuchungsgebiete möglichst klein halten. Dieser Einteilung sind aber besonders durch das Vorhandensein der Beobachtungsstationen Grenzen gesetzt.

Ich teile das Einzugsgebiet (einschließlich Lago Maggiore) in neun Teilgebiete auf; das letzte stellt der See selbst dar. Diese neun Teilgebiete bilden im wesentlichen in sich geschlossene Einheiten. Sämtliche Grenzen werden durch Wasserscheiden gebildet. Wenn in Einzelfällen kleinere Gebiete von einem großen Einzugsgebiet getrennt und einem anderen zugeteilt werden, so geschieht es aus folgendem Grunde: Die Niederschlagsverhältnisse entsprechen eher denen des Nachbargebietes und der dazugehörenden Station, oder es ist keine Station über große Räume vorhanden.

Diese neun Teilgebiete – die wiederum in total 34 Einheiten unterteilt werden – sind:

- 1 *Tessin*, unterteilt in 9 Einheiten (Gebiet 11–19);
- 2 *Verzasca*, unterteilt in 2 Einheiten (Gebiet 21 und 22);
- 3 *Maggia*, unterteilt in 5 Einheiten (Gebiet 31–35);
- 4 Zuflüsse des Lago Maggiore vom Einzugsgebiet der Maggia bis zum Einzugsgebiet des Toce, unterteilt in 3 Einheiten (Gebiet 41–43);
- 5 *Toce*, unterteilt in 5 Einheiten (Gebiet 51–55);
- 6 Zuflüsse des Lago Maggiore vom Einzugsgebiet des Toce bis zum Ausfluß des Tessins aus dem See, unterteilt in 2 Einheiten (Gebiet 61 und 62);
- 7 *Tresa*, unterteilt in 5 Einheiten (Gebiet 71–75);
- 8 Zuflüsse des Lago Maggiore vom Einzugsgebiet der Tresa bis zum Ausfluß des Tessins aus dem See, unterteilt in 2 Einheiten (Gebiet 81 und 82);
- 9 *Lago Maggiore* (Gebiet 91).



## ZWEITER TEIL

### DAS HYDROLOGISCHE GESCHEHEN

#### AM LAGO MAGGIORE UND IN SEINEM EINZUGSGEBIET

#### IN DEN JAHREN 1901-1950

##### *Allgemeines*

Ich bemerke, daß ich hier das hydrologische Geschehen am Lago Maggiore in den Jahren 1901-1950 im wesentlichen aus dem Blickwinkel auf das folgende Kapitel betrachte. Es soll die Grundlage für die Einzelbetrachtungen der Hochwasserstände sein. Auch weise ich darauf hin, daß meine Untersuchungen die Seespiegelhöhe und ihre Schwankungen betreffen. Die Gegebenheiten am See sind primär, sie sollen in ihrer Abhängigkeit zu anderen Faktoren untersucht werden.

##### *Stationen*

Gegen 1910 befinden sich am Lago Maggiore sieben Pegelstationen, zwei schweizerische (Locarno, Brissago) und fünf italienische (Intra, Pallanza, Stresa, Arona, Luino). Nur die Werte der Station *Locarno* sind für die Jahre 1901-1950 lückenlos vorhanden. Diese Station besitzt seit 1. August 1903 einen schreibenden Limnigraphen, dessen Streifen mir freundlicherweise vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft zur Einsicht überlassen worden sind. Ich habe das gesamte vorhandene Material auf den Wert von Locarno umgerechnet. Auch gehe ich bei sämtlichen über den See gemachten Angaben von den Werten dieser Station aus.

Der Pegelnullpunkt der Station Locarno wird in den hier betrachteten 50 Jahren fünfundzwanzigmal in seiner Höhenlage verändert. Die höchste Lage ist 192,47 m, die tiefste 192,37 m. Alle hier benutzten Werte beziehen sich auf den Pegelnullpunkt 192,43 m.

Von der Abflußmeßstation Sesto Calende sind nicht alle Tageswerte der fünfzigjährigen Periode vorhanden; doch ist der Korrelationskoeffizient, der aus der Korrelation Seehöhe Locarno-Abfluß Sesto Calende resultiert, so gut, daß eine fast vollständig fehlerfreie Berechnung des Abflusses aus dem Seespiegelstand möglich ist.

##### *Auswertung*

Bei der Auswertung längerer Reihen zur Ermittlung von Durchschnitts- und Mittelwerten verwende ich nicht immer gleich lange Zeitabschnitte, da das Material Lücken aufweist (siehe auch: Problem Stauwehr Sesto Calende). Die Werte sind aber alle untereinander vergleichbar. Ich unterlasse eine Auswertung und Aufzeichnung in allen Fällen, bei denen aus oben genanntem Grund Ungenauigkeiten auftreten können, obwohl so einige interessante Aspekte ausfallen.

Wie bei allen hydrologischen Arbeiten muß auch ich zwischen absoluten Werten und Mittelwerten unterscheiden. Beide Arten von Werten haben bei den jeweiligen Gegebenheiten ihre Gültigkeit.

Der *absolut* höchste *Tageswert* (Periode 1901–1950) der Seespiegelhöhe des Lago Maggiore beträgt 197,15 m am 18. Oktober 1907, der *absolut* niedrigste 191,99 m vom 13. bis 17. Januar 1922. Die Variationsbreite ist also 5,16 m.

Die *mittlere* Seehöhe (1901–1950) beträgt 193,20 m (77 cm relative Höhe). Da in den Jahren 1941/42 in Sesto Calende ein Stauwehr zur Regulierung des Sees gebaut wurde, ist für den größeren Teil unserer Beobachtungen (1901–1940) die *mittlere* Seehöhe 193,18 m (75 cm relative Höhe) besser. Durch den Bau des Stauwehrs wird nur eine Erhöhung der Winterwasserstände erzielt, die aber recht beträchtlich ist.

Der mittlere jährliche Gang des Wasserstandes zeigt deutlich den hohen Wasserstand in den Monaten Mai–Juli, das Absinken im August und der ersten Septemberhälfte und den nochmaligen – wenn auch kleineren – Anstieg im Oktober und November. Während das hydrologische Geschehen der Periode 1901–1940 in den Frühjahrs-, Sommer- und Herbstmonaten keine wesentlichen Unterschiede zu jenem der Periode 1943–1950 zeigt, kommt in den Wintermonaten der relativ hohe Wasserstand der kleineren Periode deutlich zum Ausdruck (Aufstauung des Wassers durch das Wehr von Sesto Calende).

Der mittlere *monatliche* Gang des Wasserstandes zeigt, ebenso wie der mittlere jährliche Gang des Wasserstandes, den hohen mittleren Wasserstand in den Monaten Mai–Juli und den nochmaligen kleineren Hochstand im Oktober–November. Beim Vergleich der höchsten und tiefsten Monatswerte und der mittleren monatlichen Wasserstände zeigt sich, daß die relativen und absoluten Werte *nicht* übereinstimmen. Die *absoluten* Höchststände der einzelnen Monate liegen nicht im Frühsommer, sondern im Herbst. Ebenso wie der höchste absolute Tageswert in den Oktober fällt, ist auch der höchste absolute Monatswert (Periode 1901 bis 1940) im Oktober (1907) zu finden. Er ist 65 cm höher als der höchste Juniwert. Auch bei den Tiefstständen fallen relative und absolute Werte nicht zusammen, obgleich hier der Unterschied viel geringer ist. Der absolut tiefste Tageswert und der absolut tiefste Monatswert (Periode 1901–1940) sind im Januar (1922). Der tiefste Januarwert liegt 2 cm unter dem tiefsten Februarwert.

Die Differenz zwischen den höchsten und tiefsten Monatswerten – sie ist im Winter am geringsten – nimmt auch im Sommer nur wenig zu. Sehr hohe Differenzen zeigen die Monate Oktober und November, die so, auf lange Sicht betrachtet, die unbeständigsten sind. In einem Jahr sind diese Monate warm und trocken, in einem anderen können sie extrem große Niederschläge aufweisen.

Auch bei den Jahreswerten kann man feststellen, daß zwischen absoluten und



mittleren Werten keine Übereinstimmung besteht. Der höchste Jahreswert (Periode 1901–1940) ist 1939 193,54 m (Periode 1943–1950: 1948 mit 193,70 m), während der höchste Tageswert und der höchste Monatswert in das Jahr 1907 fallen. Der tiefste Jahreswert (Periode 1901–1950) ist 1921 192,73 m. Der tiefste Tageswert und der tiefste Monatswert fallen in das Jahr 1922.

Die *Wahrscheinlichkeit*, daß der Seespiegel einmal im Jahr (gleichgültig, ob an einem Einzeltag oder in einer mehrtägigen zusammenhängenden Periode) die Hochwasserkote 195,43 m übersteigt, ist 30%, tritt also in hundert Jahren dreißigmal auf, die Höhe 196,43 m übersteigt der Seespiegel nur noch fünfmal in hundert Jahren (5% Wahrscheinlichkeit). Die Tiefststände zeigen sich auch bei dieser Berechnung als wesentlich ausgeglichener. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 32% ist der tiefste Wert eines Jahres geringer als 192,33 m, mit der von 5,5% geringer als 192,13 m.

Die Einteilung sämtlicher Tageswerte des Lago Maggiore (Seespiegelhöhe Locarno) vom 1. Januar 1901 bis 31. Dezember 1950 (18 262 Tage) zeigt wiederum ein aufschlußreiches Bild. Ich teile die Höhe des Wasserstandes in acht Frequenzen von je 0,70 m auf und beginne mit der angenommenen Höhe 191,91 m (absolutes Minimum 191,99 m) und ende bei 197,50 m (absolutes Maximum 197,15 m).

Tab. 1 *Frequenzeinteilung*

|      |                       |   |                    |
|------|-----------------------|---|--------------------|
| I    | 191,91 m bis 192,60 m | = | -0,52 m bis 0,17 m |
| II   | 192,61 m bis 193,30 m | = | 0,18 m bis 0,87 m  |
| III  | 193,31 m bis 194,00 m | = | 0,88 m bis 1,57 m  |
| IV   | 194,01 m bis 194,70 m | = | 1,58 m bis 2,27 m  |
| V    | 194,71 m bis 195,40 m | = | 2,28 m bis 2,97 m  |
| VI   | 195,41 m bis 196,10 m | = | 2,98 m bis 3,67 m  |
| VII  | 196,11 m bis 196,80 m | = | 3,68 m bis 4,37 m  |
| VIII | 196,81 m bis 197,50 m | = | 4,38 m bis 5,07 m  |

Tab. 2 *Anzahl der Tage und Prozente der Gesamtsumme*

|      |      |         |   |        |
|------|------|---------|---|--------|
| I    | 3585 | 19,63 % | } | 97,7 % |
| II   | 7279 | 39,85 % |   |        |
| III  | 5290 | 28,96 % |   |        |
| IV   | 1683 | 9,21 %  |   |        |
| V    | 335  | 1,83 %  | } | 2,3 %  |
| VI   | 65   | 0,35 %  |   |        |
| VII  | 22   | 0,12 %  |   |        |
| VIII | 3    | 0,01 %  |   |        |

Aus dieser Frequenzeinteilung könnte man auf einen ausgeglichenen Seespiegel schließen, fallen doch 97,7% aller Werte in die ersten vier Frequenzen, während nur 2,3% für die zweiten vier (die noch einmal denselben Niveauunterschied des Seespiegels darstellen) bleiben! Zählen wir die Frequenz V noch zu den unteren Frequenzen, bleiben den drei oberen (VI–VIII) nur rund 0,5%. Diese 0,5% aller Werte (90 der 18 262 Tage) sind der Anlaß zur Herstellung dieser Arbeit.

Die Tage der in den Frequenzen VI bis VIII erfaßten Werte verteilen sich auf die einzelnen Monate wie folgt:

Tab. 3

| Frequenz | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. |
|----------|-----|------|------|------|-------|------|------|
| VI       | 5   | 8    | 4    | 4    | 7     | 18   | 19   |
| VII      | 3   | 4    | —    | 1    | 2     | 3    | 9    |
| VIII     | —   | —    | —    | —    | —     | 3    | —    |
| Total    | 8   | 12   | 4    | 5    | 9     | 24   | 28   |

Auch hier treten die Monate Oktober und November stark hervor, obwohl es sich hier nur um die Anzahl der Tage innerhalb gewisser Frequenzbereiche handelt (ähnlich der Situation der oben beschriebenen Variationsbreite, bei der es sich aber um wahre Schwankungsdifferenzen handelt).

Bei der Betrachtung der Tagesmittelwerte entsteht abermals ein anderes Bild der Gesamtsituation.

Tab. 4

| a) der niedrigste  | b) der höchste Tagesmittelwert | c) Variationsbreite         |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| a) Periode 1901/40 | 192,50 m (0,07 m)              | 21. - 26. Februar           |
| Periode 1943/50    | 192,65 m (0,22 m)              | 23. - 24. März              |
| b) Periode 1901/40 | 194,01 m (1,58 m)              | 31. Mai, 1., 2. und 4. Juni |
| Periode 1943/50    | 193,90 m (1,47 m)              | 3. Juni                     |
| c) Periode 1901/40 | 1,51 m                         |                             |
| Periode 1943/50    | 1,25 m                         |                             |

Die kürzere Periode weist die kleinere Variationsbreite auf, was hauptsächlich auf die Erhöhung der Seestände während der Wintermonate durch die Regulierung am Wehr von Sesto Calende zurückzuführen ist. Der Unterschied zwischen der absoluten und der relativen Variationsbreite verhält sich somit wie 5,16 : 1,51 (Periode 1901–1940); d. h. etwa 3,5 : 1.

Die Verteilung der 365 mittleren Tageswerte um den Mittelwert zeigt, daß der Mittelwert *nicht* einer sehr oft vorkommenden mittleren Höhe entspricht. Der Mittelwert ist zusammengesetzt aus mehreren sehr niedrigen, sehr hohen und einigen um ihn sich gruppierenden Werten. Keine symmetrische Verteilung der Werte um den Mittelwert ist vorhanden. Die Verteilung ist sogar stark asymmetrisch.

Die Betrachtung der Seespiegelstände der 50jährigen (auch die der 40- und der 8jährigen) Periode zeigt deutlich, daß der Lago Maggiore zwei jährliche Hochwasserzeiten aufweist, die beständige im Mai–Juli, die unbeständige im Oktober–November. Obwohl wir auf der Alpensüdseite auch im Frühsommer eine starke Niederschlagsperiode haben, resultiert die beständige Hochwasserzeit hauptsächlich aus der jährlich wiederkehrenden Schneeschmelze im Einzugsgebiet des Sees, die unbeständige jedoch ausschließlich aus den in ihrer Intensität stark schwankenden Herbstniederschlägen.

### Niederschläge

Um die Niederschlagsverhältnisse im Einzugsgebiet des Lago Maggiore deutlich zu machen, wähle ich hier zwölf der benutzten 34 Stationen aus. Tab. 5 enthält die Monatsmittelwerte dieser zwölf Stationen. Deutlich sieht man die Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen und Stationengruppen bei der Betrachtung des jährlichen Niederschlagsregimes. Compravasco, Olivone, Misox und Biasca, Stationen, deren Niederschlagsmaximum im August liegt, haben die sommerlichen Niederschlagsverhältnisse gemeinsam. Einer ersten Niederschlagsspitze im Mai folgt ein deutlicher Rückgang im Juni, während die Monate Juli bis Oktober eine zweite Spitze bilden; diese Monate jedoch zeigen nur geringe Unterschiede in der Niederschlagsmenge.

Ähnlich verhalten sich die Stationen Locarno und Bellinzona. Hier fällt das Niederschlagsmaximum mit der ersten Spitze (Mai) zusammen. Auch bei diesen Stationen ist der Juni deutlich trockener; die zweite Spitze Juli–Oktober ist aber vor allem bei Bellinzona in den Monaten September und Oktober wesentlich geringer ausgeprägt.

Tab. 5 Monatsmittelwerte der Niederschläge in mm Periode 1901–1950  
(Sonogno = 1901–1930, Domodossola = 1901–1941)

| Station     | I  | II | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Jahr |
|-------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Compravasco | 48 | 56 | 90  | 103 | 139 | 124 | 140 | 146  | 143 | 141 | 109 | 72  | 1309 |
| Olivone     | 55 | 63 | 100 | 119 | 151 | 129 | 141 | 156  | 146 | 151 | 124 | 82  | 1414 |
| Misox       | 53 | 67 | 104 | 120 | 158 | 152 | 164 | 165  | 143 | 152 | 113 | 80  | 1476 |
| Bellinzona  | 59 | 60 | 105 | 129 | 188 | 163 | 181 | 186  | 149 | 157 | 116 | 80  | 1560 |
| Domodossola | 52 | 69 | 128 | 169 | 183 | 133 | 132 | 133  | 137 | 202 | 159 | 95  | 1585 |
| Biasca      | 53 | 63 | 108 | 130 | 169 | 146 | 163 | 192  | 170 | 191 | 140 | 89  | 1608 |
| Cevio       | 58 | 69 | 122 | 155 | 190 | 142 | 159 | 165  | 186 | 213 | 153 | 99  | 1712 |
| Lugano      | 60 | 61 | 115 | 162 | 192 | 185 | 174 | 187  | 175 | 198 | 136 | 80  | 1725 |
| Locarno     | 55 | 68 | 124 | 159 | 224 | 186 | 205 | 210  | 192 | 199 | 140 | 88  | 1849 |
| Mosogno     | 57 | 69 | 130 | 172 | 226 | 180 | 193 | 215  | 248 | 236 | 169 | 91  | 1984 |
| Sonogno     | 63 | 84 | 167 | 179 | 210 | 184 | 220 | 222  | 215 | 253 | 190 | 105 | 2091 |
| Camedo      | 56 | 74 | 142 | 185 | 259 | 195 | 197 | 236  | 285 | 279 | 179 | 95  | 2180 |

Bei den Stationen Cevio, Mosogno, Camedo und Sonogno liegt das Niederschlagsmaximum im Herbst (September oder Oktober). Die erste Spitze ist im Mai; doch fallen hier – mit Ausnahme von Sonogno – der Juni und der Juli in eine kleine sommerliche Niederschlagsdepression, so daß die zweite Spitze erst vom August bis Oktober reicht.

Die Stationen Lugano und Domodossola bilden Ausnahmen. Obwohl beide ihr Niederschlagsmaximum im Oktober haben, kann man sie der letzten Gruppe nicht gleichsetzen. Lugano hat nur eine einzige Spitze, die sich vom Mai bis in den Oktober hinzieht; die Unterschiede der einzelnen Monate sind relativ gering. Domodossola zeigt zwei deutliche Spitzen im Mai und Oktober (Maximum) mit einer starken Niederschlagsdepression in den Monaten Juni bis September.

Die Wintermonate Dezember bis März bilden bei allen Stationen eine zusammenhängende Depression. Auffallend sind die relativ niedrigen Niederschlagswerte des Novembers, die, wenn sie auch noch nicht zur Winterdepression gehören, in den meisten Fällen jedoch erheblich geringer als die Werte eines der Sommermonate sind. Dabei ist zu erwähnen, daß 5 von den 15 Hochwasserperioden (vgl. dritter Teil) in den Monat November fallen.

Vergleichen wir die Stationen nach ihren jährlichen Niederschlagsmengen, so fallen die Stationen, die im unteren Maggiaraum und in der Verzasca liegen, mit ihren Höchstwerten besonders auf, ebenso mit ihren niedrigen Jahreswerten die Stationen im Gebiet des Brenno und im Misox. Biasca, Bellinzona und Domodossola bilden zwischen diesen beiden Gruppen die Mitte. Betrachtet man die topographische Karte, so sieht man, daß die unteren Stationen des Maggiaraumes und der Verzasca (und auch die wegen der Unvollständigkeit der Meßreihen hier nicht aufgeführten nahe dem rechten Ufer des Lago Maggiore gelegenen italienischen Stationen: Ornavasso, Miazina, Cigogna, Creala, Cannobio usw.) den vom Süden kommenden feuchten Luftmassen direkt ausgesetzt sind, während die oberen Täler des Tessins und Südbündens bereits im «Windschatten» liegen und von den feuchten Luftmassen nicht mehr so stark erreicht werden. Auch bei dieser Betrachtung bilden die Lage der Stationen Lugano und Domodossola Ausnahmen.

### *Abfluß*

Die einzige hier in Betracht kommende Abflußstation ist die Station Sesto Calende, die am Ausfluß des Tessins aus dem Lago Maggiore liegt. Nur dort ist der Abfluß aus dem gesamten Einzugsgebiet meßbar.

Tab. 6. *Monatliche Abflußmittelwerte der 11 Jahre 1931–1942 (ohne 1934)*

| I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Jahr                    |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------------------------|
| 147 | 118 | 142 | 259 | 439 | 607 | 526 | 334  | 298 | 397 | 364 | 195 | 319 m <sup>3</sup> /sec |

Deutlich liegt das Abflußmaximum in den Monaten Mai–Juli mit der Spitze im Juni. Auch die Herbstmonate Oktober und November zeigen nach einer kleinen Depression im August und September einen relativ hohen Abfluß. Die Zeiten der Frühlings- und der Herbstniederschläge zeichnen sich beim Abfluß deutlicher ab als bei den Aufzeichnungen der Niederschlagsstationen, obwohl durch den verschiedenen Witterungscharakter in dem großen Einzugsgebiet der Abflußstation Sesto Calende und durch die ausgleichende Wirkung des Lago Maggiore das Gegenteil zu erwarten wäre.

## DRITTER TEIL

### DIE 15 GROSSEN HOCHWASSERPERIODEN IN DER ERSTEN HÄLFTE DES 20. JAHRHUNDERTS

Von den 15 großen Hochwasserperioden, die in die Jahre 1901, 1906, 1907, 1917, 1918, 1920, 1924, 1926 (Mai), 1926 (November), 1928, 1935, 1939, 1940, 1942, 1948 fallen, möchte ich hier nur eine ausführlich besprechen.

#### DER HOCHWASSERSTAND DES LAGO MAGGIORE IM OKTOBER NOVEMBER 1928

##### *Wasserstand, Seeböbe*

Die Seespiegelhöhe des Lago Maggiore, Station Locarno, weicht in den ersten drei Monaten des Jahres 1928 nur gering vom Mittelwert der vierzigjährigen Periode 1901–1940 ab. Am 31. März (192,80 m) steigt der See stark an und erreicht den Höhepunkt am 17. April (194,44 m). Nach Absinken des Sees auf 193,70 m (27. April) steigt er nochmals auf 194,41 m (1. Mai) an, das sind 106 cm mehr als der Mittelwert dieses Tages. Am 15./16. Mai ist der Seespiegel gegenüber dem Mittelwert ausgeglichen. Während der Seespiegel in der zweiten Maihälfte und zu Beginn des Monats Juni nur wenig vom Mittelwert abweicht, steigt er in der Junimitte stark an. Der See erreicht den Monatshöchststand am 12. Juni (195,03 m), also 108 cm mehr als der Mittelwert des gleichen Tages. Beim nachfolgenden Absinken des Seespiegels erreicht dieser am 2. Juli (193,78 m) den Mittelwert und unterschreitet ihn. Von dieser Zeit an bleibt der Seespiegel bis in die zweite Augusthälfte ständig unter dem Mittelwert, im Durchschnitt etwa 20 cm, während er ab 29. August erneut ansteigt und bereits 2 Tage später am 31. August (193,41 m) seinen Höchstwert erreicht. Der Seespiegel fällt darauf unter den Mittelwert zurück und erreicht Abweichungen von —60 cm bis —80 cm. Am 22. Oktober steigt der See wieder an (21. Oktober = 192,57 m, 22. Oktober = 193,14 m). Dieser Anstieg setzt sich bis auf zwei eintägige Unterbrechungen bis zur Höhe von 196,77 m (2. November) fort. Es folgt ein kontinuierlicher Abfall des Seespiegels. Die Dezemberwerte entsprechen wieder denen des langjährigen Mittels.

##### *Niederschläge, Gewitter*

Vergleicht man die im Jahre 1928 gefallenen Niederschläge mit denen der langfristigen Periode, so erhält man folgende Werte:

Monats- und Jahressummen der Niederschläge, ausgedrückt in Prozent der Normalmenge der Periode 1864–1940:

| Station | I  | II  | III | IV  | V   | VI | VII | VIII | IX | X   | XI | XII | Jahr |
|---------|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|-----|----|-----|------|
| Locarno | 63 | 1.5 | 179 | 202 | 108 | 96 | 49  | 145  | 28 | 218 | 74 | 52  | 115  |
| Lugano  | 57 | 0   | 210 | 196 | 190 | 79 | 94  | 143  | 78 | 278 | 84 | 46  | 138  |

Auf einen trockenen Januar und einen völlig niederschlagslosen Februar folgen die drei sehr nassen Monate März bis Mai. Juni und Juli verzeichnen unterdurchschnittliche Werte, während der August als naß angesehen werden kann. Auf einen trockenen September folgt ein sehr nasser Oktober. Den Jahresschluß bilden die beiden trockenen Monate November und Dezember. Wichtig ist der Zeitraum vom 20. Oktober bis 2. November. Die Niederschlagsperiode während der 13 Tage kann in drei Entwicklungsetappen unterteilt werden, deren erste sich auf die drei Tage vom 20. bis 22. Oktober erstreckt. Ein ununterbrochener Regen von großer Intensität ergießt sich während fünfzig Stunden über das Gebiet der Alpensüdseite. Auf den 21. Oktober entfallen folgende Niederschlagsmengen: Crana Torricella = 167 mm, Mte. Generoso = 149 mm, Ponte Tresa = 148 mm. Die zweite Etappe der großen Niederschläge dauert vom 26. bis 27. Oktober. Am 27. Oktober fallen gewaltige Regenmengen auf der gesamten Alpensüdseite. Ihre Höchstwerte werden von den Stationen des Maggia/Verzasca-Raumes registriert: Camedo = 310 mm, Mosogno = 256 mm, Cevio = 192 mm, Sonogno = 186 mm. Die dritte Etappe dauert vom 30. Oktober bis 2. November mit dem Niederschlagsmaximum am 31. Oktober. Während der großen Niederschlagsperiode verzeichnen die Stationen Airolo 702 mm (13 Tage), Lugano 587 mm (11 Tage) und St. Gotthard 557 mm Niederschlag (11 Tage).

Die meteorologischen Verhältnisse sind denen der großen Herbstniederschläge der anderen Jahre ähnlich. Eine Depression befindet sich über dem Mittelmeergebiet (Korsika, Balearen), über dem westlichen Rußland ein Hochdruckgebiet und über dem Alpengebiet die Randzone; diese Wetterlage führt zu den großen Niederschlägen auf der Alpensüdseite.

Außer einem kleinen Gewitter in den Morgenstunden des 27. Oktober im Raume Bellinzona werden keine weiteren Gewittererscheinungen während der Periode der großen Niederschläge auf der Alpensüdseite gemeldet.

### *Niederschlagsmenge, Abfluß*

Die in der Zeit vom 20. Oktober bis 2. November 1928 im Einzugsgebiet des Lago Maggiore fallenden Niederschläge verteilen sich wie folgt:

| Gebiet | N-Menge in m <sup>3</sup> | Gebiet | N-Menge in m <sup>3</sup> |
|--------|---------------------------|--------|---------------------------|
| 11     | 154 397 000               | 16     | 64 449 000                |
| 12     | 120 428 000               | 17     | 116 110 000               |
| 13     | 105 649 000               | 18     | 44 709 000                |
| 14     | 77 342 000                | 19     | 78 703 000                |
| 15     | 85 197 000                |        |                           |

| Gebiet | N-Menge in m <sup>3</sup> | Gebiet | N-Menge in m <sup>3</sup> |
|--------|---------------------------|--------|---------------------------|
| 21     | 142 800 000               | 54     | 127 190 000               |
| 22     | 81 141 000                | 55     | 199 714 000               |
| 31     | 196 768 000               | 61     | 245 341 000               |
| 32     | 191 002 000               | 62     | 86 909 000                |
| 33     | 131 232 000               | 71     | 216 332 000               |
| 34     | 50 727 000                | 72     | 51 141 000                |
| 35     | 102 005 000               | 73     | 51 534 000                |
| 41     | 80 301 000                | 74     | 178 639 000               |
| 42     | 105 786 000               | 75     | 58 114 000                |
| 43     | 291 284 000               | 81     | 46 322 000                |
| 51     | 192 521 000               | 82     | 36 180 000                |
| 52     | 275 798 000               | 91     | 125 935 000               |
| 53     | 279 797 000               | Total  | 4 391 497 000             |

Von der Total-Niederschlagsmenge gelangen in den Lago Maggiore:

| Secanstieg – Abfluß  | Wassermenge in m <sup>3</sup> | % der N-Menge |
|--|-------------------------------|---------------|
| Secanstieg vom 20. Oktober bis 2. November 4270 mm . . . . . | 905 291 000                   | 20,6          |
| Abfluß in Sesto Calende vom 20. Oktober bis 2. November ..   | 1 148 687 000                 | 26,1          |
| Sofortabfluß (s. Erklärung S. 17) . . . . .                  | 2 053 978 000                 | 46,7          |

Wasserverhältnisse unmittelbar nach Beendigung der großen Niederschläge  
(im Anschluß an die große Niederschlagsperiode bleibt das Einzugsgebiet des  
Lago Maggiore bis zum 6. November fast niederschlagslos):

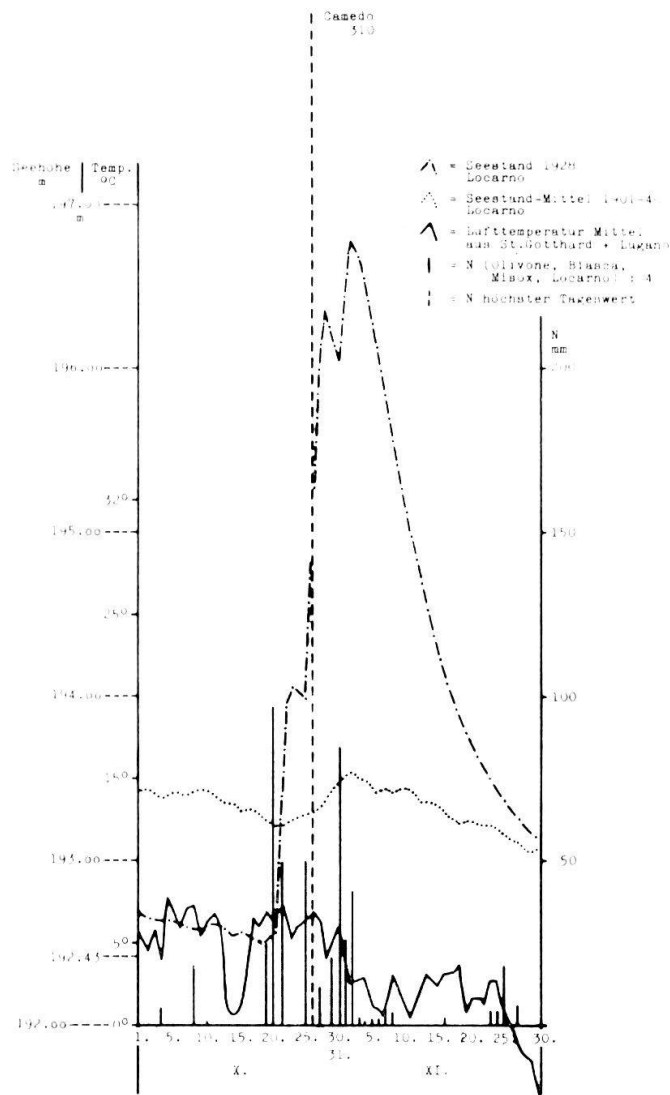
| Secabnahme – Abfluß   | Wassermenge in m <sup>3</sup> | % der N-Menge |
|---|-------------------------------|---------------|
| Abfluß in Sesto Calende vom 3. bis 6. November . . . . .                            | 568 167 000                   | 13,0          |
| Secabnahme vom 2. bis 6. November 860 mm . . . . .                                  | – 182 330 000                 | 4,2           |
| Abfluß aus Einzugsgebiet vom 2. bis 6. November . . . . .                           | 385 837 000                   | 8,8           |
| Während der 18 Tage vom 20. Oktober bis 6. November flie-<br>ßen somit ab . . . . . | 2 439 815 000                 | 55,5          |

### Temperatur

Das Jahr 1928 ist ein sehr warmes Jahr. Im Sottoceneri weicht nur der Mai im größeren Maße negativ ab, während März und September die normalen Verhältnisse aufweisen. Das Sopraceneri ist zwar weniger warm, liegt aber durchschnittlich noch über dem langjährigen Mittel. Die Station Lugano zeigt an sämtlichen Tagen der großen Niederschläge positive Temperaturabweichungen; extreme Werte treten nicht auf.

### Ursachen des Hochwasserstandes

Wegen der sehr niederschlagsarmen Zeit von Anfang September bis 20. Oktober fällt der Seespiegel stark, so daß man zu Beginn der Regenperiode einen Seestand



von 192,50 m verzeichnet, also etwa 70 cm weniger als der Normalstand. Man kann so von einer guten Ausgangslage für größere Niederschlagsmengen sprechen. Daß der See dennoch auf 196,77 m, also um 427 cm steigt, ist allein auf die überaus großen Regenmengen zurückzuführen, die in dem bereits angegebenen Zeitraum fallen. Obgleich zweimal niederschlagsfreie Tage die dreizehntägige Regenperiode unterbrechen, reichen diese Tage nicht aus, um die vorher gefallenen, riesigen Wassermengen zu eliminieren. Die starke Intensität der Regenfälle beschleunigt noch den Abfluß des Wassers zum Lago Maggiore hin.

### *Zusammenfassung*

Der starke Seeanstieg im Oktober/November 1928 ist allein auf die gewaltigen Niederschläge zurückzuführen, die während des genannten Zeitraumes fallen. Im Tessin und in Oberitalien treten schwere Schäden an Gebäuden und Verkehrseinrichtungen auf. Die Überschwemmungen an den Ufern des Lago Maggiore sind die größten seit dem Jahre 1907.



*Häufigkeit der hohen Wasserstände*

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gibt es am Lago Maggiore 15 Perioden, in denen der Seespiegel an einem Tage oder auch an mehreren Tagen höher als 3 m (195,43 m) über den Pegelnullpunkt (192,43 m), Station Locarno, ansteigt; es ist ein Vorgang, der somit alle  $3\frac{1}{3}$  Jahre einmal auftritt. Tatsächlich ist die Häufigkeit der Hochwasserstände aber zeitlich sehr unregelmäßig. Während in den zehn aufeinanderfolgenden Jahren 1907 bis 1916 der See nur eine Hochwasserperiode aufweist, zeigt er in dem folgenden zehnjährigen Abschnitt (1917 bis 1926) deren sechs. Diese Perioden sind auch untereinander sehr verschieden. Die mengenmäßig kleinste hat einen Höchststand von 195,44 m (3,01 m), übersteigt also die von mir festgelegte untere Grenze des Hochwasserstandes nur um 1 cm, während bei der größten Periode eine Seespiegelhöhe von 197,15 m (4,72 m) erreicht wird; das sind 172 cm mehr als die untere Grenze des Hochwasserstandes. Die zeitlich kürzeste Hochwasserperiode zeigt einen Tag über der 3-m-Grenze, die längste dagegen 19 Tage.

*Der Niederschlag im Einzugsgebiet des Lago Maggiore  
während der großen Niederschlagsperioden*

Die Niederschläge, die im Einzugsgebiet des Lago Maggiore fallen, sind zeitweise sehr hoch. Der extremste Wert (359 mm) in der ersten Hälfte des Jahrhunderts wird am 24. September 1924 in Mosogno gemessen. Feststellungen anderer Stationen und eigene Berechnungen unterstreichen die Richtigkeit dieses Wertes. (An einem einzigen Tage fällt hier eine Niederschlagsmenge, die 44% der Jahresmenge von Basel oder 61% der von Sitten ausmacht.) In der Umgebung von Mosogno fallen also an diesem Tage 360000 m<sup>3</sup> Wasser auf den Quadratkilometer. Der Durchschnitt ergibt im mittleren Maggiatal etwa 200000 m<sup>3</sup> Wasser pro Quadratkilometer. Wenn auch nicht oft solche Extremwerte auftreten, so zeigen sich doch wiederholt Tage, an denen auf allen südalpineren Stationen im Einzugsgebiet des Lago Maggiore 100 mm Niederschlag erreicht oder überschritten wird.

Auf das gesamte Einzugsgebiet des Lago Maggiore fällt bei einer durchschnittlichen Niederschlagshöhe von

|         |   |
|---------|---|
| 100 mm  | 656 000 000 m <sup>3</sup> Niederschlag   |
| 200 mm  | 1 312 000 000 m <sup>3</sup> Niederschlag |
| 500 mm  | 3 280 000 000 m <sup>3</sup> Niederschlag |
| 1000 mm | 6 560 000 000 m <sup>3</sup> Niederschlag |

DER ABFLUSS AUS DEM EINZUGSGEBIET DES LAGO MAGGIORE  
WÄHREND DER GROSSEN NIEDERSCHLAGSPERIODEN

*Zeitspanne*

Die Zeitdauer, die zwischen dem Fallen der Niederschläge im Einzugsgebiet und dem Ansteigen des Seespiegels vergeht, liegt zwischen 1–2 Tagen, das heißt, der Seespiegel beginnt 1–2 Tage nach Beginn der Niederschläge anzusteigen und erreicht erst 1–2 Tage nach Ende der Niederschläge seinen Höchststand. Eine genaue Festlegung der Zeitdauer ist schwer, da kaum jemals gleichmäßig Regen im gesamten Einzugsgebiet einsetzt und ebenso gleichmäßig wieder aufhört. Je nach den meteorologischen Verhältnissen wandern die Regenzone von Süd nach Nord, von West nach Ost oder umgekehrt, so daß zuerst seenahe oder seeferne Gebiete beregnet werden. Erst nach einer gewissen Dauer hat das gesamte Einzugsgebiet Niederschläge, die in ihrer Intensität wiederum sehr verschiedenartig sind. Außerdem treten manchmal lokale Gewitterregen nur in einem kleinen Teil des Einzugsgebietes auf; sie wirken ebenfalls auf den Abfluß aus dem Einzugsgebiet ein.

*Sofortabfluß*

Unter Sofortabfluß verstehe ich jene Wassermenge, die vom Beginn der großen Niederschläge bis zu deren Ende abfließt, bzw. die Wassermenge, die den Lago Maggiore während der den großen Niederschlägen entsprechenden Zeitspanne bis zum Seehöchststand erreicht. Es ist also nicht der normale Abfluß aus dem Einzugsgebiet, sondern nur der Teil, der während der Dauer der großen Niederschläge *sofort* abfließt, ohne aufgespeichert zu werden. Der gesamte aus den großen Niederschlägen resultierende Abfluß ist bedeutend größer als der Sofortabfluß. (Wo Berechnungen möglich sind, zeigt sich, daß acht bis zwölf Tage nach Ende der großen Niederschlagsperioden etwa total 80 bis 90% der gefallenen Niederschlagsmenge abgeflossen ist, d. h., wenn sie nicht ganz oder teilweise als Schnee deponiert wird.) Dieser Sofortabfluß aus dem Einzugsgebiet liegt bei den 15 ausgewerteten großen Niederschlagsperioden zwischen 39,3% und 76,8% der gefallenen Niederschlagsmenge. Berücksichtigt man die drei extremsten Perioden nicht, beträgt der geringste Sofortabfluß 44,0%, der größte 55,6% der gefallenen Niederschlagsmenge. Der durchschnittliche Sofortabflußwert ist bei den 15 Perioden 52,0%, bei den 12 49,7% der gefallenen Niederschlagsmenge. Man kann, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, bei normalen hydrologischen Bedingungen den Sofortabfluß auf 50% der gesamten auf das Einzugsgebiet gefallenen Niederschlagsmenge festlegen. Normale hydrologische Bedingungen sind vorhanden, wenn der Boden nicht durch kurz vor der berechneten Niederschlagsperiode gefallene Regenmengen bereits an Feuchtigkeit übersättigt oder durch monatelang anhaltende Dürre völlig ausgetrocknet ist. Die berechnete Periode

darf sich auch nicht über einen zu langen Zeitraum erstrecken. Bei den oben genannten drei Perioden mit extremen Sofortabflußwerten tritt jeweils einer der besagten Faktoren auf. Die große Niederschlagsperiode des Jahres 1906 folgt auf eine langanhaltende Dürrezeit und bringt deshalb nur 39,3 % der gefallenen Wassermenge zum Sofortabfluß. Die große Niederschlagsperiode des Jahres 1907, die aus drei Intervallen besteht, erstreckt sich über einen Zeitraum von 35 Tagen, unter denen einzelne niederschlagsfrei sind. So fließt bereits während des berechneten Zeitraumes ein Teil des Wassers ab, das in anderen Fällen erst nach der viel kürzeren großen Niederschlagsperiode in den See gelangt. Hinzu kommt noch die Übersättigung des Bodens durch die lange Zeitdauer der Niederschläge. So ergibt sich ein scheinbarer Sofortabfluß von 76,8%. Bei der großen Niederschlagsperiode des Jahres 1918 entsteht der hohe Sofortabflußwert von 67,0% durch den Abfluß der Wassermengen, die von kurz vorher gefallenen Niederschlägen stammen und die außerdem einen stark an Feuchtigkeit gesättigten Boden zurückgelassen haben. Allen anderen zwölf berechneten großen Niederschlagsperioden gehen normale hydrologische Verhältnisse voraus, wie auch die Sofortabflußnormalwerte zeigen.

#### *Berechnung*

Obgleich die einzelnen Stationen während der großen Niederschlagsperioden große Unterschiede an Niederschlagsmengen aufweisen, ist es durch die Auswertung langer Reihen und durch Korrelationsrechnungen möglich, mit Hilfe einiger weniger Stationen die Gesamtmenge der während großer Niederschlagsperioden fallenden Niederschläge (und damit auch die Höhe des Sofortabflusses) zu bestimmen.

$$N^G = \left( \frac{N\text{-Camedo} + N\text{-Locarno} + N\text{-Lugano} + 2 \times N\text{-Fusio}}{5} \right) \cdot 0,998 - 8 \cdot 6562372$$

$N^G$  = Niederschlagsmenge des gesamten Einzugsgebietes in  $m^3$ .

Die Formel hat eine maximale Fehlergrenze von  $\pm 6\%$ . Sie ist nur für die Berechnung der Niederschlagsmenge bei großen Niederschlagsperioden bestimmt. Die zeitliche Dauer der Niederschlagsperiode und die Höhe der Niederschlagsmenge sind bei Anwendung dieser Formel nach oben unbegrenzt; nach unten soll die Dauer der großen Niederschlagsperiode zwei Tage, die Niederschlagsmenge  $120 \text{ mm}^1$  nicht unterschreiten. Die Formel kann nicht angewandt werden, wenn die große Niederschlagsmenge, die zu einem Hochwasserstand des Lago Maggiore führt, ausschließlich oder zu einem erheblichen Teil nur in einem lokalen Teil des Seeinzugsgebietes fällt. Diese Situation tritt in der ersten Hälfte des Jahrhunderts nur einmal auf, im September 1924. Hier fallen die großen Niederschläge zu einem erheblichen Teil im Raum der mittleren Maggia.

<sup>1</sup> Die Summe  $\frac{N\text{-Camedo} + N\text{-Locarno} + N\text{-Lugano} + 2 \times N\text{-Fusio}}{5}$  darf nicht kleiner sein als  $120 \text{ mm}$ .

Bei der mengenmäßigen Berechnung des Sofortabflusses aus dem Einzugsgebiet kann man, falls keine andere Quelle vorhanden ist, ebenfalls auf diese Berechnung zurückgreifen.

$$S = \frac{N\text{-Camedo} + N\text{-Locarno} + N\text{-Lugano} + 2 \times N\text{-Fusio}}{5} \cdot 0,998 = 8 \cdot 6562372$$

Auch hier beträgt die maximale Fehlergrenze  $\pm 6\%$ . Bei Anwendung dieser Formel werden normale hydrologische Verhältnisse vorausgesetzt, die der großen Niederschlagsperiode vorangehen.

### *Seespiegelhöhe*

Die Seespiegelhöhe steht unmittelbar in kausalem Zusammenhang mit den Niederschlägen im Seeinzugsgebiet. Die Hochwasserstände des Lago Maggiore entstehen immer durch die großen Niederschläge im Einzugsgebiet mit ihren hohen Sofortabfluß- und Gesamtabflußwerten. Schneeschmelzen und andere Faktoren tragen nur unwesentlich zu den Hochwasserständen bei.

Die großen Niederschläge sind für das Gebiet oberhalb des Lago Maggiore beinahe wertlos, sofern sie nicht künstlich zurückgehalten werden können.

### *Der See als Speicher; Aufstauung, Absenkung*

Bedenkt man, daß bei einem Seestand von 192,50 m bereits 70 mm Niederschlag (ohne Unterbrechung auf das gesamte Einzugsgebiet des Sees gefallen) genügen, um bei einem Sofortabfluß von 50% den Seespiegel um 1 m zu erhöhen (den laufenden Abfluß in Sesto Calende eingerechnet), so fragt man sich, ob man das natürliche Ausgleichsbecken des Sees künstlich beeinflussen soll. Aus allen meinen Berechnungen und Beobachtungen schließe ich, daß man den Seespiegel, vom hydrologischen Standpunkt aus gesehen, zu jeder Zeit so tief wie möglich halten sollte. Ob es möglich ist, den Lago Maggiore um einen Meter oder mehr unter den niedrigsten Wasserstand künstlich abzusenken, ist eine technische Frage. Ich würde eine solche Absenkung befürworten, besonders wenn man sie durch eine Regulierung auf die Monate Mai bis November beschränken könnte. Man kann so die Seeanlieger vor Überschwemmungen großen Ausmaßes und die seeabwärts gelegenen Gebiete vor verheerenden Katastrophen weitgehend schützen.

## LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Benteli, Albert: Die Niveauschwankungen der dreizehn größeren Schweizerseen im Zeitraum der 31 Jahre 1867 bis und mit 1897. Bern 1899.
- 2 Braem, F.: Wasserverhältnisse der Schweiz. Teil I aus: Veröffentlichungen der Abteilung für Landeshydrographie, Bern 1913.
- 3 Crestani, Giuseppe: Ricerche e Considerazioni sulle Variazioni nel tempo e nello spazio delle Piogge Notevoli, Venezia 1943.
- 4 Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz, 1901–1950.
- 5 Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: Limnigraphenstreifen Locarno, 1903–1950.
- 6 Eridia, Filippo: Le Precipitazioni Atmosferiche in Italia.
- 7 Fischer, Karl: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser- und Allergebiet. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Bes. Mitt. Bd. 7, Nr. 2, Berlin 1932.
- 8 Forel, Fr. A.: Handbuch der Seenkunde, Stuttgart 1901.
- 9 Früh, J.: Geographie der Schweiz, St. Gallen 1930.
- 10 Gasser, Oswald: Die Wasserspiegelschwankungen des Bodensees und ihre meteorologischen Grundlagen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 35, Bd. 5, Bad Kissingen 1957.
- 11 Gygax, Fritz: Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie, Hydrologie 4. Lieferung, III. Band, Forschungsbericht Nr. 16, Bellinzona 1948.
- 12 Jaccard, A.: La régularisation du lac Majeur. In: Wasser- und Energiewirtschaft, Heft 4–6, Zürich 1953.
- 13 Kistler, Emil: Hydrologische Untersuchungen im Gebiet der Valle Onsernone (Kanton Tessin). Diss. phil. II, Bern 1954.
- 14 Levin, Emil: Zur Klimatologie und Hydrologie des Peenegebietes. Diss. phil., Greifswald 1913.
- 15 Ministero dei lavori pubblici: Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del Po, Sezione di Milano: Annali Idrologici.
- 16 Neue Zürcher Zeitung: Einzelausgaben 1901–1950.
- 17 Oexle, Ludwig: Zur Gewässerkunde der bayrischen Saalach. Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches. Bes. Mitt. Nr. 1, Berlin 1940.
- 18 Pattarone, G. e Alice, G.: Osservatorio Geofisico Rosmini Domodossola. Dati Pluviometrici. Domodossola 1925.
- 19 Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt: Ergebnisse der Niederschlagsmessungen 1901–1950.
- 20 Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt: Annalen 1901–1950.