

Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali
Band: 64 (1974)

Artikel: Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Isonetales
Autor: Gäumann, Erich
Kapitel: Zweiter Teil : Hydrologie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1003510>

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: 31.01.2026

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

gere Erosionsbasis als der « Eroberer » gehabt hätten. Sie wären ja in die übertiefte Tessintalung abgefallen und hätten somit eine viel grössere Rückwärtserosion entwickeln können.

Will man die Entstehung des Val d'Isonne deuten, so muss meiner Ansicht nach den durch die insubrische Verwerfung hervorgerufenen Vertikal- und Horizontalbewegungen entscheidende Bedeutung beigemessen werden. Nur unter Berücksichtigung dieser Vorgänge liesse sich z.B. auch für die in die Luft hinausstreichende Ceneritalung eine Erklärung finden.

Eine weitere Frage gilt dem Volumen des ausgeräumten Materials: Wo sind die riesigen Schottermengen deponiert worden ?

Solange der Mechanismus der letzten Orogenese nicht eindeutig erkannt ist, bewegen sich meiner Ansicht nach alle Mutmassungen über die Entstehung des Val d'Isonne im Bereich der Hypothesen.

ZWEITER TEIL: HYDROLOGIE

1. EINLEITUNG

1.1. *Allgemeines*

Der zweite Teil der vorliegenden Arbeit soll Auskunft geben über das hydrologische Geschehen im Untersuchungsgebiet.

Die seit über 13 Jahren zusammengetragenen Messresultate und das persönliche Beobachtungsmaterial des Schreibenden bilden eine breite Basis für Aussagen über das Niederschlags- und Abflussgeschehen dieses nördlichsten Tales des Sotto Ceneri.

1.1.1. *Niederschläge*

Im Herbst 1960 wurden unter der Leitung von Prof. F. Gyssels 4 Jahrestotalisatoren und ein Monatstotalisator aufgestellt. Da eine Station wegen mutwilliger Beschädigung im folgenden Sommer ausfiel, wurde sie durch den Verfasser im Herbst 1961 auf Alp Serdena neu erstellt. Die Beschikungen und Messungen der Jahresniederschlagssammler wurden ausnahmslos durch den Verfasser besorgt. Aus der dreizehnjährigen Messreihe können bestimmt brauchbare Erkenntnisse über die in diesem Gebiet fallenden Niederschläge gewonnen werden. Einschränkend muss aber gesagt werden, dass die monatlichen Niederschlagsmessungen in Isonne in den letzten zwei Jahren sehr lückenhaft und zum Teil unzuverlässig durchgeführt wurden, sodass sich die vorhandenen Resultate als unbrauchbar erwiesen. Zum Glück funktionierte aber seit April 1969 die automatische Pluviographenstation Arosio. Sie lieferte für die letzten 4 Jahre wenigstens für den unteren Teil des Untersuchungsgebietes absolut zuverlässige Monats- und Tagesresultate. Im weiteren wurden die Ergebnisse aller benachbarter Stationen der MZA beigezogen, dies vor allem für die statistischen Auswertungen. Finanziell wurden das Errichten des Beobachtungsnetzes sowie die Kontrolle der Monatstotalisatoren getragen durch die folgenden Stellen:

- Dipartimento delle pubbliche costruzioni
Sezione Economia delle Acque
- Geographisches Institut der Universität Bern.

Allen Begleitpersonen, allen voran meiner lieben Frau, sei an dieser Stelle nochmals bestens gedankt für ihre Mitarbeit und Unterstützung.

1.1.2. *Abfluss*

Im April 1960 errichtete Herr Prof. Gygax mit dem Geographischen Institut der Universität Bern eine Limnigraphenstation in Isona. Diese Messtelle wurde während der ersten zwei Jahre durch das Personal der Grenzwachtstelle Isona bedient. Seit 1962 besorgt Herr E. Postizzi, Isona, mit grosser Zuverlässigkeit das Auswechseln der Limnigraphenstreifen. Eine zweite Limnigraphenstation steht seit 1961 in Bioggio, 2 km oberhalb der Mündung des Vedeggio in den Luganersee.

Im Zusammenhang mit der Dissertation von SCHWAB wurden im Mittel- und Unterlauf des Vedeggio an verschiedenen Stellen Flügelmessungen vorgenommen. Die zur Bestimmung der Abflussmenge notwendigen Flügelmessungen wurden alle durch Frau und Herrn Prof. Gygax durchgeführt. Die Auswertung der Limnigraphenresultate und das Erstellen der Abflusskurven besorgten die Assistenten und Studenten des Geographischen Institutes der Universität Bern. Da die Städte Lugano und Bellinzona nur an den N- und A-Werten des Oberlaufes des Vedeggio interessiert waren (d.h. bis in die Gegend von Isona), fehlten die nötigen finanziellen Mittel, auch den unteren Teil des Val d'Isona sowie die Ceneri-Furche und den E-Hang des Mte. Tamaro mit Messtationen zu bestücken. Eine intensivere Untersuchung des hydrologischen Geschehens in diesem Gebiet hätte meiner Ansicht nach nur dann einen Sinn, wenn man alle mikroklimatischen Faktoren erfassen könnte, was ein sehr engmaschiges Netz von automatischen Registrierstationen sowie ein durchgehende und zuverlässige Beobachtungsphase von mindestens 3 Jahren voraussetzen würde.

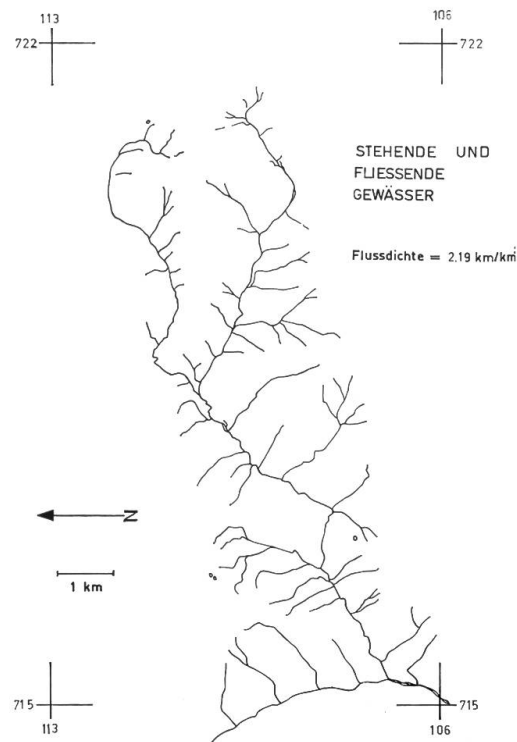
1.2. *Flüsse und stehende Gewässer*

Der Weg der fliessenden Gewässer ist in den homogenen Gneisen der Ceneri-Zone fast durchwegs durch Klüfte und Schwächezonen vorprogrammiert.

Die Flussdichte des Val d'Isona kann, verglichen mit anderen Werten im Tessin, als normal bezeichnet werden.

VAL D'ISONA	2,19 km km ⁻²
Verzasca	1,784 km km ⁻²
Leventina	1,2 km km ⁻²
Onsernone/Vergeletto	2,3 km km ⁻²

Vier kleine Tümpel, die das Abflussgeschehen überhaupt nicht beeinflussen, und der kleine Lago d'Origlio mit einer Oberfläche von 0.06 km² bilden die einzigen stehenden Gewässer des Untersuchungsgebietes. (*Karte 2*)



Karte 2

1.2.1. Grundwasser

Das Gebiet des Alto Vedeggio weist im Val d'Isonne, also oberhalb Camignolo, keine Grundwasservorkommen auf. In der breiten Ceneri-Talung aber sind mächtige Grundwasserreserven nachgewiesen. Über das grösste, das Grundwasserbecken des Val d'Agno, hat SCHWAB ausführliche Untersuchungen angestellt.

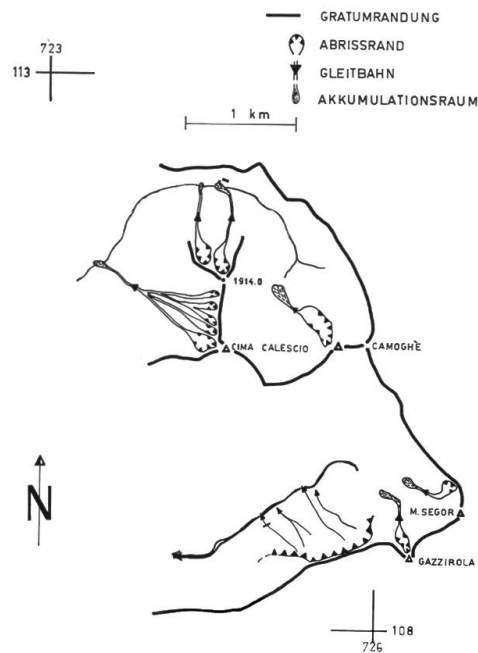
Der Mittellauf des Vedeggio durchquert von Camignolo bis Pt. 317, E Gravesano, mehrere Alluvialebenen, die durch Gneisriegel voneinander getrennt werden. Geophysikalische Untersuchungen, die im Zusammenhang mit dem Autobahnbau durchgeführt wurden, haben ergeben, dass das grundwasserführende, fluviale Lockermaterial eine Mächtigkeit zwischen 30 und 100 m aufweisen kann. Im obersten Bassin zwischen Rivera und Sigirino wird unseres Wissens das Grundwasser gegenwärtig an drei Stellen für industrielle Zwecke genutzt, weitere Projekte für Filterbrunnen sind in Auftrag gegeben.

1.2.2. Lawinen

(Karte 3)

In den beiden Haupttälern von CANEGGIO und SERDENA wurden von mir verschiedentlich Lawinnenniedergänge festgestellt und zwar:

- a) auf meinen Kontrollgängen im Winter (Lawinenkegel und -züge)
- b) Ende April/anfangs Mai (noch nicht weggeschmolzene Lawinenkegel).



Karte 3
LAWINENZÜGE

Bei genügender Schneelage muss im Talhintergrund immer mit Lawinnenniedergängen gerechnet werden.

Über die Beeinflussung des Wasserhaushaltes lassen sich keine konkreten Angaben machen, da genaue Messungen fehlen. Vom Hirten auf Alpe Caneggio, Herrn Guggia, habe ich erfahren, dass der Lawinenkegel in den vergangenen 12 Wintern "2 bis 3 mal" bis an den Fuss des Wohnhauses am Gegenhang gereicht habe. Das würde bedeuten, dass die Höhe des Schneekegels über dem Bachbett mindestens 15 m betragen hätte.

Trotzdem ist die Beeinflussung des hydrologischen Geschehens durch akkumulierte Schneereserven in Form von Lawinenkegeln mit grosser Sicherheit als sehr gering zu bezeichnen.

Auf der Karte 3 zeichnete ich nur die von mir festgestellten Lawinenzüge mit ihren mutmasslichen Abrissrändern, Gleitbahnen und Akkumulationsräumen ein; sie kann nicht Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

1.3. Die Wahl der Zeitenheiten

Obschon JAGGI in seiner Arbeit bewiesen hat, dass für die Jahresperioden das hydrologische Jahr mit dem Datumwechsel auf den 30.9./1.10. nicht immer von Vorteil ist, und trotz der südlichen Lage und der geringen mittleren Höhe des engeren Untersuchungsgebietes (1450 m.ü.M.) wurde für den Grossteil der den Niederschlag und den Wasserhaushalt betreffenden Berechnungen die Zeit vom 1. Oktober bis zum 30. September als Jahreseinheit gewählt.

Folgende Gründe haben uns bewogen, unsere Berechnungen auf die in den meisten hydrologischen Arbeiten im Alpengebiet verwendete Zeiteinheit zu beziehen:

1. Unzugänglichkeit eines Rezipienten im Winter.
2. Schneerücklagen über den Kalender - Jahreswechsel hinweg. Die letzten Schneereste wurden am Nordhang des Mte. Gazzirola auf 1960 m ü.M. am 29. Juli 1969 und am Nordhang des Mte. Camoghè auf einer Höhe von 1720 m.ü.M. am 1. August 1969 festgestellt. Zu dieser Zeit waren es noch ansehnliche Lawinenkegel am Fusse von Felswänden. Sie enthielten mehrere Dutzend m³ Schnee und haben möglicherweise bis in den September hinein das Abflussgeschehen beeinflussen können.

Normalerweise sind aber Ende Mai alle Reserven, die in Form von Schnee angelegt waren, aufgebraucht.

3. Häufiges Einfrieren der Limnigraphenstation Isona in den Monaten Dezember - Januar - Februar.

Auf die Ergebnisse von JAGGI aufbauend, wurden die zahlreichen Zwischenresultate dazu verwendet, willkürliche, je nach dem N-Verlauf abgestimmte Perioden festzulegen, um so das Abhängigkeitsverhältnis möglichst genau bestimmen zu können.

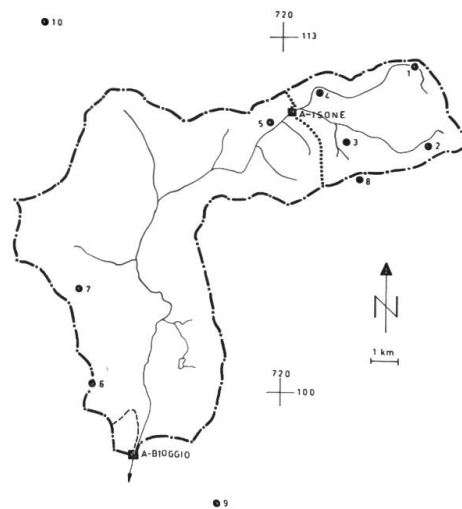
2. NIEDERSCHLAG

2.1. *Messtationen und deren Bedienung*

Zur Ermittlung der Niederschlagshöhen wurden vier verschiedene Typen von Messgeräten verwendet :

1. Der für Berggebiete entwickelte Jahrestotalisator Modell MZA, System Maurer/Billwiller wurde im Gebiet des Vedeggio-Oberlaufes an vier Stellen aufgestellt. CaCl₂-Lösung und Vaselineöl dienten als Gefrier- und Verdunstungsschutz.
Die Beschickung, d.h. messen und erneuern des Inhaltes, erfolgte meistens in den Monaten Juli oder August, oder sie wurde dann mit der jährlich um den ersten Oktober herum durchgeführten Kontrollmessung verbunden.
2. Der Monatstotalisator in Isona. Er wurde bis April 1963 durch den Grenzwächter E. Martinetti und seither durch Herrn E. Postizzi bedient.
3. Der selbstschreibende Regenmesser (Pluviograph oder Ombrograph) von Arosio, in Betrieb seit 1. 5. 69 und bedient durch Herrn Rev. L. Nizzola, Arosio.
4. Die täglich bediente Station der MZA in Crana Torricella.
5. Während des Sommers 1969 (Ende Mai bis Oktober) funktionierte ein Pluviograph in Isona, und auf der Alp Caneggio stand ein Monatstotalisator, welcher durch Herrn A. Guggia kontrolliert wurde.

2.2. Das Netz der Stationen (Karte 4)



Karte 4

NIEDERSCHLAGS- UND ABFLUSSTATIONEN

Im Herbst 1960 wurden im engeren Untersuchungsgebiet (d.h. Oberlauf des Vedeggio, Täler E Isona) unter der Leitung von Prof. Gyga vier Jahrestotalisatoren und ein Monatssammler aufgestellt. Das engere Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von 19,64 km² und ist mit vier Jahrestotalisatoren bestückt, hart am Rand davon befindet sich der Monatstotalisator von Isona.

Der Pluviograph von Arosio steht auf der Wasserscheide zwischen Vedeggio und Magliasina, im untersten Teil des Untersuchungsgebietes. Der Standort auf dem flachen Bergrücken zwischen der Vedeggio-Ebene und dem Malcantone ist gegen W und gegen E hin offen. Die Niederschlagswerte können daher mit grosser Sicherheit als repräsentativ für das ganze Gebiet der Cenerifurche bezeichnet werden.

Die MZA-Station Crana Torricella befindet sich in einer ausgesprochenen Kessellage und liefert daher eher überdurchschnittliche (zu hohe) Werte.

Die Resultate der übrigen MZA-Stationen Locarno Aeroporto, Bellinzona, Lugano und Piandazzo (bis 1959) wurden zu Vergleichszwecken und zu statistischen Berechnungen herangezogen.

2.3. Resultatverfälschende Faktoren

Ausführlich befassten sich mit diesem Problem bereits LÜTSCHG, TOLLNER, REIST und BINGGELI.

Es sollen nur die Fehlerquellen näher betrachtet werden, die ebenfalls in meinem Untersuchungsgebiet beobachtet werden konnten.

Tabelle 5

VEDEGGIO

NIEDERSCHLAGS-STATIONEN

Station	Höhe m ü.M.	Betriebszeit	Standort
1. Caneggio	1470	1960 - 1973	724 680/111 990, 100 m SE der Hütten von Corte di mezzo, am Bach
2. Serdena	1510	1961 - 1973	725 190/109 080, 180 m NE der Hütten von Alpe di Serdena
3. Pianscuro	1170	1960 - 1973	722 400/109 140, etwas oberhalb der Hütten von Pianscuro
4. Senestro	980	1960 - 1973	721 320/110 850, auf Felskopf im Raume der Hütten von Senestro
5. Isona	750	1960 - 1973	719 480/109 730, 80 m unterhalb Ristorante Camoghè, NE der elektromechanischen Werkstätte
6. Arosio	865	1969 - 1973	713 125/100 675, beim Pfarrhaus
7. Crana Torricella MZA	1002	bis 1959	712 675/103 750, beim Forsthaus
8. Piandanazzo MZA	1604		722 750/107 800, beim Forsthaus
9. Lugano MZA	276		
10. Locarno-Aeroporto MZA	198		
11. Bellinzona MZA	230		

2.3.1. Windverwehung

LÜTSCHG schliesst aus seinen langjährigen Beobachtungen, die Werte der Jahrestotalisatoren seien « eher etwas zu gross als zu klein ». Im Gegensatz dazu neigen REIST, MERCANTON und BINGGELI zur Annahme, die MZA-Modelle liefern eher zu kleine Werte.

Im Val d'Isona liefern meiner Ansicht nach die Stationen von Senestro, Serdena und Pianscuro eher zu niedrige Werte. Diese Annahme stützt sich allerdings nur auf sporadische Beobachtungen des Niederschlagsgeschehens an Ort und Stelle.

Alle drei Regensammler stehen im offenen Weideland, jeweils im untersten Drittel des Talhanges. Ihr Standort kann sicher nicht als exponiert bezeichnet werden, aber trotzdem beobachtete ich verschiedentlich (vor allem bei böigen Gewitterregen) ein durch die Aufstiegswinde bedingtes, fast waagrechtes Einfallen des Regens. In solchen Situationen muss der Windschutzring eine resultatvermindernde Wirkung haben. Um ein Mehrfaches höher muss die Verfälschung des Resultates in ähnlichen Situationen mit Schneefall sein.

Anders liegt der Fall bei der Station CANEGGIO. Dieser Totalisator steht an gut geschützter Stelle in der Talsohle des Hochtales. Der während des Sommers 1969 in unmittelbarer Nähe aufgestellte Monatstotalisator erhielt 96 % des Wertes des Jahressammlers. Hier nehme ich an, das langjährige Mittel liege etwas zu hoch.

2.3.2. Gerinnung des Vaselineöls

Nach BOHNER liegt der Stockpunkt des Verdunstungsschutzes bei -28°C . Bei der Schneekontrollmessung am 17.12.67 stellte ich jedoch bei -10°C einen Schneekegel von mindestens 30 cm Höhe im Innern des Kübels fest. Eigentümlicherweise war ein Jahr zuvor bei -12°C und ebenfalls kurz zuvor gefallenem Schnee alles in Ordnung.

Es liegt nun nahe, anzunehmen, der Niederschlag 1966 sei bei höherer Temperatur gefallen als derjenige von 1967 und habe sofort den Aggregatzustand gewechselt. Ich habe noch eine andere Erklärungsmöglichkeit:

Die Erneuerung des Gefrier- und Verdunstungsschutzes erfolgte im Jahre 1966 erst auf den 1. Oktober, ein Jahr später geschah dies bereits Ende Juni. Erwiesenermassen gelangen vor allem im Herbst Fremdstoffe — in unserem Fall hauptsächlich Lärchennadeln — ins Innere des Totalisatoren. Es wäre doch möglich, dass der erhöhte Verschmutzungsgrad oder die Überalterung den Stockpunkt des Vaselineöls heraufgesetzt hätten.

Das würde bedeuten, dass man diesen sicher *minim*en Fehler — die kleine Öffnung lässt sicher das Verdunsten von nur wenigen mm zu — mit einer späten Beschickung eliminieren könnte.

2.3.3. Fremdkörper

Die bereits erwähnte Verunreinigung durch Windtransport — bei der Station Serdena sind es vor allem Alpenrosenblätter, und überall kommen noch Insekten dazu — kann ebenfalls eine *minim*e Resultatverfälschung im *positiven* Sinn mit sich bringen.

Schwerwiegender wird es, wenn grössere Fremdkörper in den Kübel gelangen: bereits zweimal wurde das wahrscheinlich Windschutz versprechende Loch des Totalisatoren Serdena einem Mauersegler zum Verhängnis. In beiden Fällen entdeckte ich die Vogelleiche erst nach der Entleerung. Ich korrigierte dann das Resultat um 1 - 2 mm.

Der Monatstotalisator von I s o n e wurde verschiedentlich mit Steinen bereichert. Da eine Entleerung des Inhaltes nur halbjährlich erfolgte, wurde das geschätzte Volumen dieser Zusatzfracht jeweils vom letzten gemessenen Monatswert abgezogen.

2.4. *Kontrollmessungen im Winter*

2.4.1. *Begründung*

Wegen der südlichen Lage und der geringen mittleren Höhe des Untersuchungsgebietes (1450 m ü.M.) drängte sich ein Versuch der Wasserwertbestimmung nicht unbedingt auf.

Zwei Gründe bewogen uns aber, diese Kontrollmessungen trotzdem, wenn auch in beschränktem Rahmen durchzuführen :

1. Das in den letzten Jahren vermehrt auftretende Phänomen des winterlichen Witterungscharakters im Sotto-Ceneri. Genaue klimatologische oder gar phänologische Beobachtungen fehlen in diesem Gebiet, aber gerade in I s o n e bestätigten mir ältere Leute, dass der Schnee auch sonnseits in den letzten 5 bis 15 Jahren viel länger liegen blieb als früher.
2. Die Vergleichsmessungen sollen die Messreihe vervollständigen helfen.

2.4.2. *Klimatische Untersuchungen*

Um die Beobachtung unter Punkt 1 (Zunahme des winterlichen Witterungscharakters) belegen zu können, untersuchte ich die Aufzeichnungen der benachbarten MZA-Stationen und versuchte, die Resultate zu interpretieren.

2.4.2.1. Durchschnittstemperaturen der Wintermonate Dezember, Januar und Februar

Tabelle 5a

« WINTERTEMPERATUR » = $\frac{\text{mittlere Monatstemperatur von XII. + I. + II.}}{3}$				
5-Jahres-Periode				
Station	Bellinzona	Lugano	Monte Brè	Fescoggia
m ü. M.	230	276	910	855
1950/51 - 1954/55	2.67°C	3.29°C	1.65°C	3.34°C
1955/56 - 1959/60	2.42	3.16	2.29	2.81
1960/61 - 1964/65	2.70	2.87	1.65	2.16
1965/66 - 1969/70	2.94	2.94	1.65	2.47
1970/71 - 1972/73	3.42	3.63	3.14	3.15
10-Jahres-Periode				
1950/51 - 1959/60	2.55	3.23	1.97	2.58
1960/61 - 1969/70	2.83	2.91	1.65	2.31
Veränderung	+ 0.28	— 0.32	— 0.32	— 0.27

Auffallend ist, dass alle drei Stationen des Sotto Ceneri in der 10-Jahres-Periode 1960/61 - 1969/70 eine fallende Tendenz gegenüber dem vorangegangenen Dezenium aufweisen. Die "durchschnittliche Wintertemperatur" lag in der zweiten Untersuchungsperiode rund $1/3^{\circ}\text{C}$ tiefer als in der ersten. Bildet man von den langjährigen, mittleren Monatstemperaturen von Lugano den obigen Mittelwert, so erhält man den Normalstand der "Wintertemperaturen" — dieser beträgt 3.2°C . Somit kann man ebenfalls in bezug auf das langjährige Mittel für die Station Lugano von einer in den Jahren 1960 - 1970 eingetretenen Klimaverschlechterung hinsichtlich des Temperaturanges sprechen.

Die 3 letzten Winter waren bedeutend wärmer und liegen mit dem 3 jährigen Mittel 0.4°C über dem langjährigen Mittelwert.

2.4.2.2. « Kalte Tage »

Eine weitere Untersuchung bezog sich auf die Anzahl der Tage mit $T < 0^{\circ}\text{C}$. Hier standen mir nur die Ergebnisse der Station Lugano zur Verfügung.

Tabelle 6

ANZAHL DRR TAGE MIT EINER DURCHSCHNITTSTEMPERATUR $< 0^{\circ}\text{C}$

MZA STATION LUGANO 276 m ü.M.					
Winter Tg/T $< 0^{\circ}\text{C}$		Winter Tg/T $< 0^{\circ}\text{C}$		Winter Tg/T $< 0^{\circ}\text{C}$	
1950/51	3	1960/61	9	1970/71	14
1951/52	4	1961/62	8	1971/72	0 !
1952/53	4	1962/63	29	1972/73	0 !
1953/54	18	1963/64	11		
1954/55	3	1964/65	2		
1955/56	18	1965/66	10		
1956/57	11	1966/67	8		
1957/58	2	1967/68	8		
1958/59	5	1968/69	9		
1959/60	9	1969/70	5		
77		99			
Mittel/Wint.	7.7	Mittel/Wint.	9.9		

Die 10-Jahres-Periode der Winter 1960/61 - 1969/70 (+ 1971/72) weist eine eindeutige *Zunahme* der kalten Tage gegenüber der vorangegangenen auf, eine Feststellung, die sich mit der Tendenz auf Tab. 5 deckt.

Die letzten 2 Winter scheinen Ausnahmeerscheinungen zu sein: seit 1940 sind es für Lugano die ersten Winter, die keinen einzigen Tag mit einer mittleren Temperatur unter 0°C aufweisen !

2.4.2.3. Schneetage

Da zwischen Lufttemperatur und dem Aggregatzustand des Niederschlages ein enger Zusammenhang bestehen muss, ermittelte ich auch die Tage, die Niederschlag in Schneeform erhalten haben.

Die starke Zunahme der Schneetage bei den höher gelegenen Stationen Monte Brè und Fescoggia fällt besonders auf. Die sich hier abzeichnende Tendenz kann ohne Vorbehalte auf das Gebiet von *Isonne* übertragen werden.

Tabelle 7

SCHNEETAGE					
Station	Periode	Tage	Zunahme	Mittel/ Winter	Zunahme
BELLINZONA 230 m ü. M.	1950 - 60	122		12.1	
	1960 - 70	123	1	12.3	0.1
	1970 - 73	41		13.7	
LUGANO 276 m ü. M.	1950 - 60	104		10.4	
	1960 - 70	117	13	11.7	1.3
	1970 - 73	35		11.7	0
MONTE BRÈ 910 m ü. M.	1950 - 60	172		17.2	
	1960 - 70	217	45	21.7	4.5
	1970 - 73	85		28.3	
FESCOGGIA 855 m ü. M.	1950 - 60	226		22.6	
	1960 - 70	243	17	24.3	1.7
	1970 - 73	77		25.7	

2.4.2.4. Schneedecke

Tabelle 8

ANZAHL TAGE MIT SCHNEEDECKE		
Winter	BELLINZONA	LUGANO
1964/65	12	11
1965/66	5	3
1966/67	14	9
1967/68	14	0
1968/69	26	42
1969/70	40	19
1970/71	24	41
1971/72	14	5
1972/73	6	5

Die MZA veröffentlicht seit 1964 auch die die Schneedecke betreffenden Beobachtungen. Die Definition eines "Tages mit Schneedecke" lautet:

"mindestens 50 % des Geländes müssen mit Schnee bedeckt sein".

Es zeichnet sich für die letzten 9 Winter keine Tendenz nach Zu- oder Abnahme ab. Die Winter 1968/69, 1969/70 fallen mit ihren extrem hohen Werten besonders auf.

Kritik: Die paar Zusammenstellungen können und wollen keinen Anspruch auf eine "Charakteristik des Winterklimas im Sotto Ceneri" erheben. Allzuvielen musste unberücksichtigt bleiben oder konnte gar nicht erfasst werden, weil die entsprechenden Messungen fehlen.

Zusammenfassung: Trotz vieler Vorbehalte lässt sich sagen, dass obige Untersuchungen die Vermutung, das Winterregime im Sotto Ceneri habe sich während der sechziger Jahre *verschärft*, bestätigen können.

Im übrigen verweise ich auf die Publikation von AMBROSETTI im "Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali" Jg. 1971.

2.4.3. Arbeitsmethode

Es wurde die von REIST angewandte und von BINGGELI verfeinerte Arbeitsmethode übernommen.

Ende Dezember wurde durch Ausstreuen von Mineralerdfarbe die Messbasis gekennzeichnet. Normalerweise liegt zu dieser Zeit eine sehr geringe Schneeschicht, 1966/67 aber waren bereits Mitte Dezember $\pm 75\%$ des gesamten Schneeniederschlags gefallen. Anfangs März wurde die Schneeschicht bis auf die Grasnarbe hinunter angeschnitten (abgeschrotet), anschliessend ein Schneeprofil erstellt. (Fig. 2 Abbildung 24)



Abbildung 24

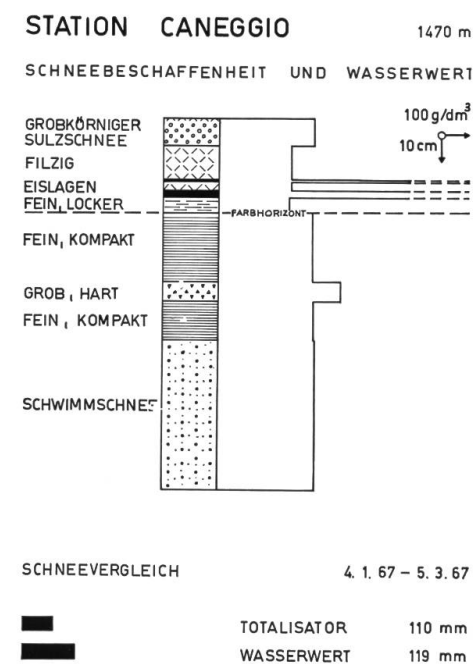
Schneeprofil und Messinstrumentarium

In einer mehrere Stunden dauernden Wägeprozedur wurde nun jede Schneeschicht mit der eigens für diesen Zweck hergestellten Messingkubus herausgestochen. Je nach Mächtigkeit der einzelnen Schneearten wurden 1, mehrere oder auch Bruchteile von dm^{-3} auf der Präzisionswaage gewogen.

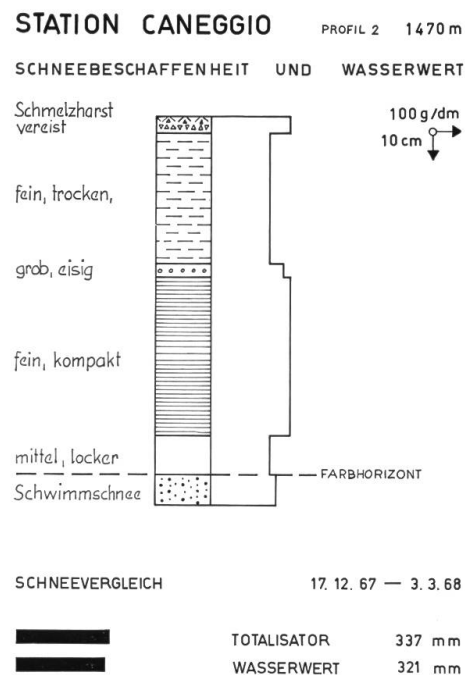
Das Gesamtgewicht einer Probe minus das Gewicht des Messgerätes ergab den gesuchten Wassergehalt.

An mehreren, beim Markieren festgelegten Stellen wurde durch Abstechen die Schneehöhe gemessen. Aus diesen Messungen liess sich eine mittlere Schneehöhe berechnen, aus welcher wiederum der ungefähre Prozentanteil des in Form von Schnee gefallenen Niederschlages im Gebiet des Totalisatoren errechnet werden konnte. Die Messungen konnten nur bei der Station Caneggio durchgeführt werden, da die andern Totalisatoren entweder zu grosse Windverwehungen, Unzugänglichkeit wegen Lawinengefahr oder ihrer südexponierten Lage wegen eine zu grosse Insolation mit den damit verbundenen Schmelzperioden aufwiesen.

2.4.4. Ergebnisse



Figur 2



Figur 3

(Figuren 2 + 3 mit den dazugehörenden Messprotokollen)

Tabelle 9

STATION CANEGGIO 1470 m

SCHNEEPROFIL 5.3.1967

Beschaffenheit	Schneehöhe/cm	g/dm ³	Wasserwert/mm
grobkörniger Sulzschnee	10	344	34.4
filzig	12	261	31.3
Eis	1	900	9
filzig	3	261	7.8
Eis	2.5	900	22.5
fein, locker	2.5	253	13.9
Farbhorizont			
fein, kompakt	25	338	84.5
grob, hart	7	441	30.9
fein, kompakt	14	341	47.8
Schwimmschnee	54	343	185.2

SCHNEEVERGLEICH 4.1.67 - 5.3.67

Totalisator 110 mm

Wasserwert 119 mm

Messbarer N in Form von Schnee, Winter 1966/67 : 467 mm

Tabelle 10

STATION CANEGGIO 1470 m

SCHNEEPROFIL 2 3.3.1968

Beschaffenheit	Schneehöhe/cm	g/dm ³	Wasserwert/mm
Schmelzharst, vereist	6	286	17.1
fein, trocken kompakt	47	207	97.3
grob, eisig	4	263	10.5
fein, kompakt	58	287	166.5
mittelkörnig, locker	14	209	29.3
Farbhorizont			
Schwimmschnee	11	234	25.8

SCHNEEVERGLEICH 17.12.67 - 3.3.68

Totalisator 337 mm

Wasserwert 321 mm

Messbarer N in Form von Schnee, Winter 1967/68 : 347 mm

1. *Messung CANEGGIO - 1470 m ü.M. 4.1.67 - 5.3.67*

N - Totalisator	= 110 mm = 100 ‰
N - Schneeprofil	= 119 mm = 108 ‰ (+ 8 ‰)
mittlere Schneehöhe Winter 66/67	= 134 cm
Wasserwert	= 467 mm
geschätzter Schneeanteil, hydro- logisches Jahr 1966/67	= 18 ‰

2. *Messung CANEGGIO - 1470 m ü.M. 17.12.67 - 3.3.68*

Profil Nr. 1

N - Totalisator	= 337 mm = 100 ‰
N - Schneeprofil	= 256 mm = 76 ‰ (— 14 ‰)
mittlere Schneehöhe Winter 67/68	= 140 cm
Wasserwert	= 320 mm
geschätzter Schneeanteil, hydro- logisches Jahr 1967/68	= 13 ‰

Bemerkung : Profil Nr. 1 liefert eindeutig zu niedrige Schneewerte, da Abschmelzung und Verdunstung während der vorangegangenen Woche sehr gross sein müssen.

Profil Nr. 2

N - Totalisator	= 337 mm = 100 ‰
N - Schneeprofil	= 321 mm = 95 ‰ (— 5 ‰)
mittlere Schneehöhe Winter 67/68	= 140 cm
Wasserwert	= 320 mm
geschätzter Schneeanteil, hydro- logisches Jahr 1967/68	= 13 ‰

Bemerkung : Profil Nr. 2 hat mehr Aussagekraft als Profil Nr. 1, da vor Insolation sehr gut geschützt (grosser Felsblock im Bachto-
bel). Abschmelzung- und Verdunstungsverluste folglich gering.

2.4.5. *Zusammenfassung*

Wir stellen sowohl positive als auch negative Abweichungen des Schnee-Wasserwertes gegenüber den Totalisatorenwerten fest. Die relativ geringen Abweichungen lassen sich durch den windgeschützten (aber nicht Kessellage !) Standort des Totalisatoren erklären. Die Aussagekraft der auf den ersten Blick « günstigen » Resultate wird aber massiv reduziert, wenn einschränkend festgehalten werden muss, dass

- a) nur während zweier Winter Messungen durchgeführt wurden, und
- b) die häufigen Schmelzperioden eine sehr grosse Fehlerquelle darstellen.

2.5. *Niederschlagsmessung: Ergebnisse und Auswertung*

2.5.1. *Die Beobachtungsperiode*

Während unserer 13-jährigen Messperiode wurden nur zwei sogenannte Extremjahre registriert. Es sind dies 1961/62 als ausgesprochen « trockenes » und 1962/63 als ausgesprochen « nasses » Jahr.

Die Schwankung zwischen den beiden unmittelbar aufeinanderfolgenden Extremjahren (1961/62 = Minimum, 1962/63 = Maximum) erreicht einen Quotienten von 1,7.

Wenn auch häufige Ausschläge nach « oben » oder « unten » fehlen, darf den MITTELWERTEN, vor allem dank der langen Beobachtungsphase, bestimmt grosse Aussagekraft zugebilligt werden. Dies umso mehr, da kein einziges der 47 verwendeten Jahrestotalisator-Resultate durch Korrelation oder Extrapolation herbeigezogen werden musste.

2.5.2. *Die Berechnung der Niederschlags-Höhe und der Niederschlags-Masse: die Niederschlags-Karte*

Das Ziel jeder Untersuchung ähnlicher Art ist es, am Ende der Messperiode eine Niederschlagskarte für das Untersuchungsgebiet erstellen zu können. Sie ist das erste Hauptresultat der Arbeit.

GYGAX meint dazu : « Im allgemeinen steht dem Zeichner bei der Konstruktion einer Niederschlagskarte ein weiter Spielraum für die Anlage der Isohyeten zur Verfügung. Ein dichtes Stationennetz jedoch und zahlreiche persönliche Beobachtungen, insbesondere das Studium der Windverhältnisse (das « Gewicht » einer Station wird teils durch sie bestimmt) schliessen ein allzu eigenmächtiges Ziehen der Linien gleicher Niederschlagshöhe aus ». Und JAGGI gibt zu bedenken : « Die Niederschlagsverteilung kann in den einzelnen Gebieten von Jahr zu Jahr sehr verschieden sein. Bei der Verwendung von, für grössere Einzugsgebiete gezeichneten Niederschlagskarten zur Bestimmung der mittleren Niederschlagshöhe von kleinen Teilgebieten ist grösste Vorsicht geboten ».

Diese Äusserungen zeigen, dass das Zeichnen von Niederschlagskarten nicht einfach ein Verbinden von Punkten mit gleicher Niederschlagshöhe sein kann, oder noch einfacher : eine vereinfachte Wiedergabe der Isohypsenkarte.

Beim Zeichnen der Niederschlagskarten wurde das lokale Niederschlagsgeschehen in unserem Untersuchungsgebiet (z.B. Einfluss von Norden her, Kessellage, Leeseite) berücksichtigt. Diese Karten wurden jeweils am Ende eines hydrologischen Jahres hergestellt. Die wichtigsten Grundlagen dazu bildeten die Jahreswerte der einzelnen Stationen. (*Tabelle 11 und Karten 5 bis 17*)

Die Berechnung der m i t t l e r e n N - H ö h e für das Gebiet wurde nach der Interpolationsmethode von MEINRADUS vorgenommen.

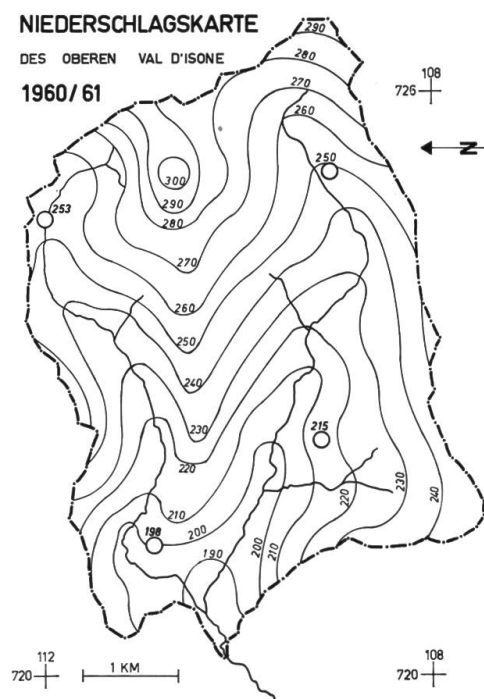
Die mittlere N-Höhe, multipliziert mit der Fläche des Einzugsgebietes ergab die N i e d e r s c h l a g s m a s s e .

Tabelle 11

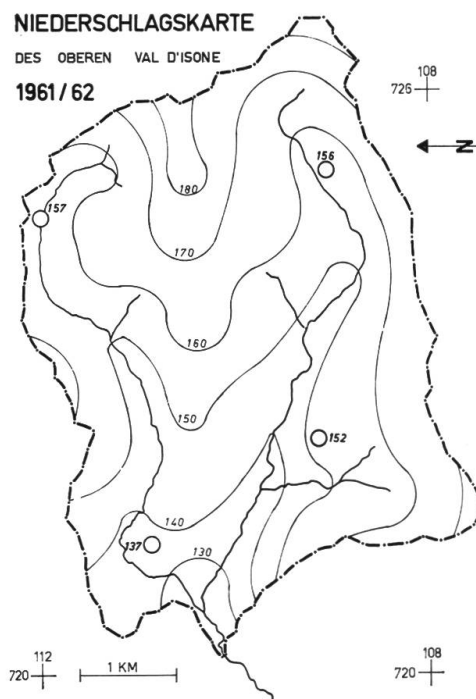
VEDEGGIO / ISONE

19.640 km²H_m : 1450 m

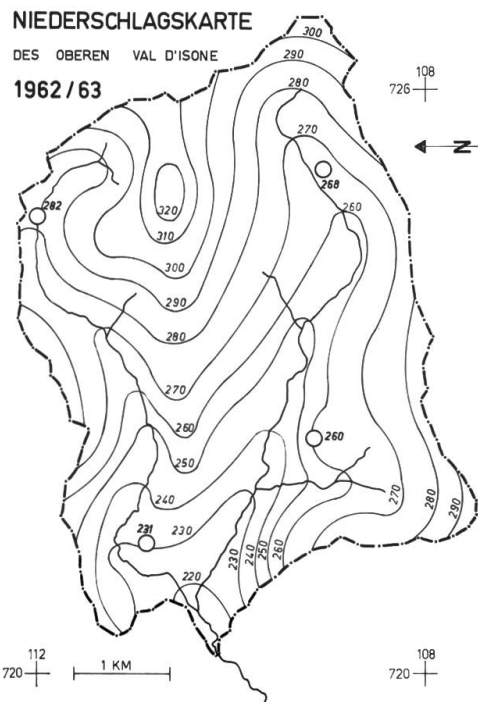
<i>Jahressummen der einzelnen Niederschlagsstationen</i>						
N in cm						
Stationen :	Isona	Senestro	Pianscuro	Caneggio	Serdena	Mittel Gebiet
H. ü. M.	750	980	1170	1470	1510	1450
Hydrolog. Jahr						
1960/61	187.8	198	215	253		239.06
1961/62	141.4	137	152	157	156	156.28
1962/63	231.5	231	260	282	268	269.94
1963/64	184.2	201	202	219	212	213.04
1964/65	172.5	182	206	227	210	211.31
1965/66	183.6	183	194	191	217	202.58
1966/67	185.1	208	229	261	240	243.18
1967/68	204.5	212	224	245	222	230.49
1968/69	164.2	180	203	229	210	214.00
1969/70	133.2	144	165	161	181	166.55
1970/71	166.4	180	214	222	197	209.28
1971/72	190.4	180	221	213	219	214.19
Mittel Periode	178.7	186.42	207.16	221.44	211.93	214.158



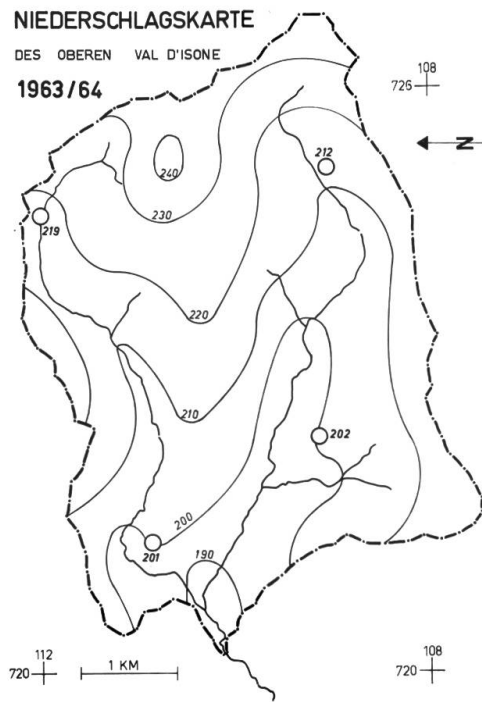
Karte 5



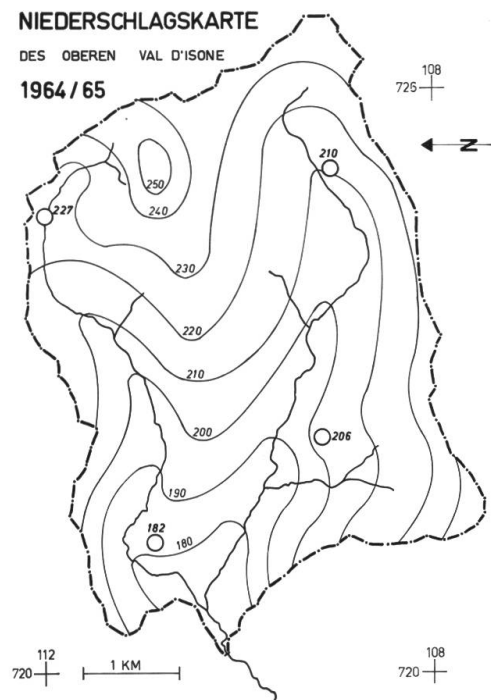
Karte 6



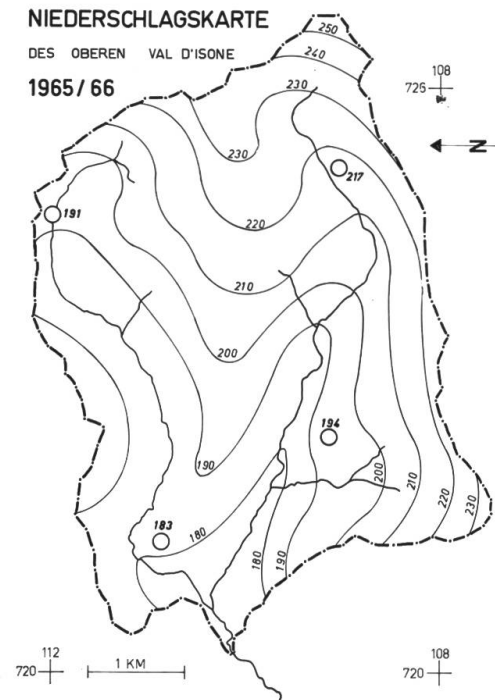
Karte 7



Karte 8



Karte 9

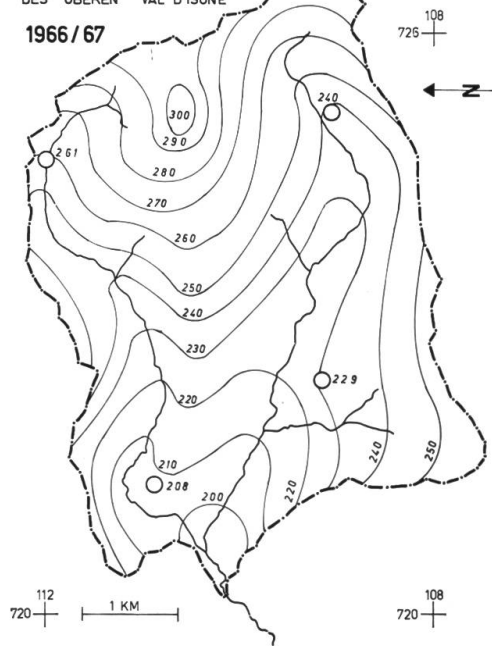


Karte 10

NIEDERSCHLAGSKARTE

DES OBEREN VAL D'ISONE

1966/67

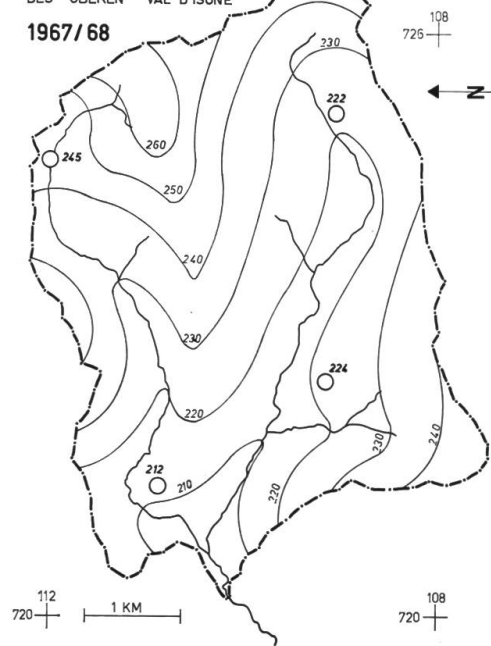


Karte 11

NIEDERSCHLAGSKARTE

DES OBEREN VAL D'ISONE

1967/68

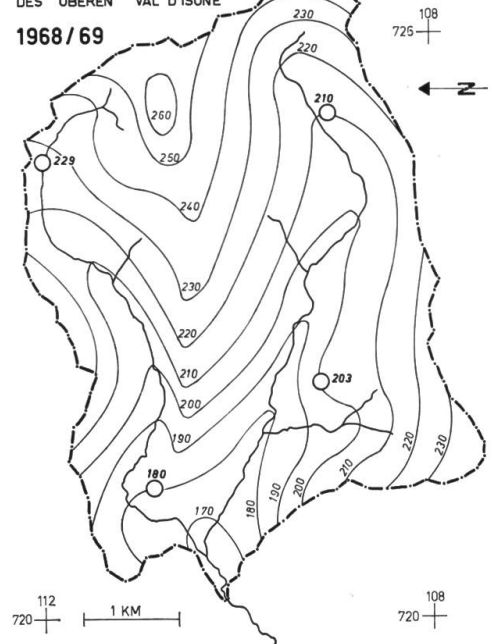


Karte 12

NIEDERSCHLAGSKARTE

DES OBEREN VAL D'ISONE

1968/69

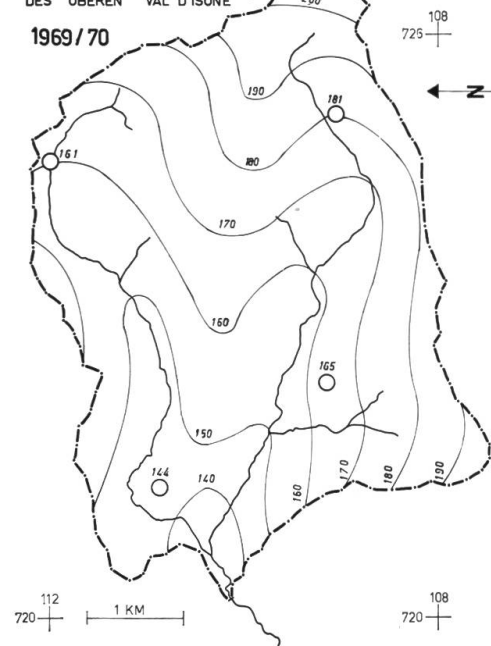


Karte 13

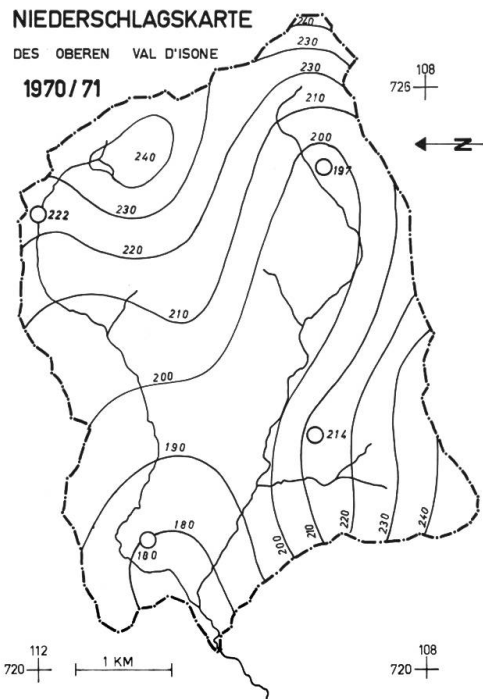
NIEDERSCHLAGSKARTE

DES OBEREN VAL D'ISONE

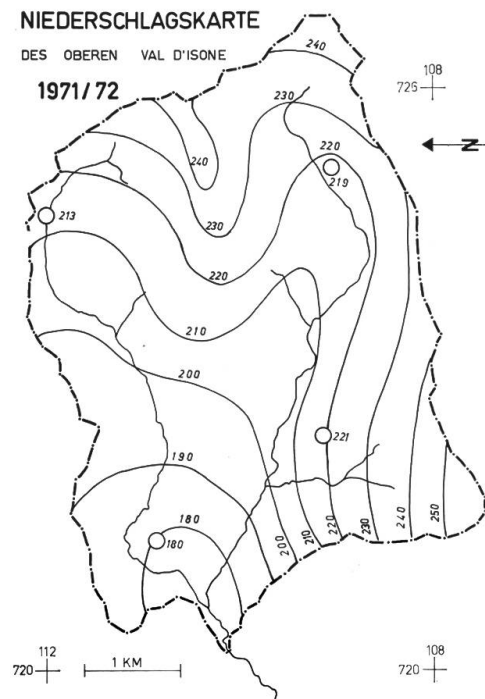
1969/70



Karte 14



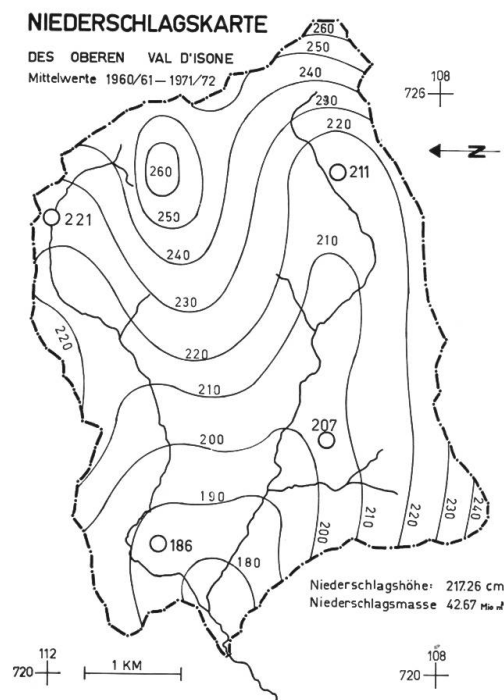
Karte 15



Karte 16

2.5.3. Die mittleren Jahressummen des Niederschlages

Als Abschluss wurde aus den MITTELWERTEN der Jahre 1960/61 - 1972/73 eine Niederschlagskarte gezeichnet. (Karte 17)



Karte 17

Die aus dieser Karte gewonnenen Resultate liegen um 1,45 % höher als der aus den 12 Jahreskarten berechneten Mittelwerte.

	arithmetisches Mittel aus 12 Jahreswerten	nach N-Karte « Mittelwerte »
N - Höhe in cm	214.16	217.26
N - Masse in Mio m ³	43.06	42.67 *

* Dieser Unterschied lässt sich dahin erklären, dass beim Zeichnen der letzten Niederschlagskarte den beobachteten lokalen Witterungsverhältnissen vermehrte Beachtung geschenkt wurde (siehe übernächstes Kapitel).

2.5.4. Die Schwankungen zwischen den jährlichen Maxima und Minima

Das Verhältnis der einzelnen Maximalwerte und der Minimalwerte zueinander wird *Schwankungskoeffizient* genannt.

Die geringe Streuung der einzelnen Schwankungskoeffizienten in unserem Gebiet kann wie folgt begründet werden :

- a) Die relativ "gradlinige" Talanlage. Es kann nicht von einer horizontalen oder vertikalen Kammerung gesprochen werden.
- b) Die geringe Höhendifferenz von knapp 1500 m zwischen den beiden topographischen Extrempunkten.
- c) Das engere Untersuchungsgebiet liegt als ganzes in einer eigentlichen Leelage — sowohl für Süd- als auch für Westwinde.

All diese Punkte üben einen nivellierenden Einfluss auf das Niederschlagsgeschehen aus.

Mit 1.46 liegt der mittlere Schwankungskoeffizient noch tiefer als derjenige des Malcantone, der von GYGAX mit 1.55 ermittelt wurde.

Tabelle 12

VEDEGGIO / ISONE <div> 19.64 km² H. ü. M. Mittel : 1450 m </div> <div>Jahreswerte des Niederschlages</div>													
	60/61	61/62	62/63	63/64	64/65	65/66	66/67	67/68	68/69	69/70	70/71	71/72	Mittel
N - Masse in Mio m ³	46.95	30.69	53.02	41.84	41.50	39.79	47.76	45.27	42.03	32.71	41.10	42.07	42.06
N - Höhe in cm	239.06	156.28	269.94	213.04	211.31	202.58	243.18	230.49	221.40	166.55	209.28	214.19	214.16
Absolutes Maximum cm	302	183	323	242	253	252	304	265	260	205	249	255	258
Absolutes Minimum cm	189	128	219	188	175	174	198	206	169	135	171	174	177
Schwankungskoeffizient	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4	1.5	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.46

2.6. Die räumliche Verteilung der Niederschläge

2.6.1. Die einzelnen Stationen

2.6.1.1. Isona

Isona ist die einzige Beobachtungsstelle, die Auskunft gibt über die Monatswerte des engeren Untersuchungsgebietes. Sie befindet sich zwar 600 m W des Einzugsgebietes unserer Limnigraphenstation, kann aber, vom Standort her betrachtet, als repräsentativ für den ganzen Talkessel von Isona bezeichnet werden. Die in der Einführung des zweiten Teiles erwähnten Unregelmässigkeiten in der Wartung führten leider dazu, dass eine Reihe von Monatswerten fehlten, unbrauchbar waren oder sich als unsicher erwiesen.

Um diese Unsicherheiten auszugleichen und der Vollständigkeit der Messreihe halber wurden die Werte der benachbarten MZA-Stationen herangezogen und mit Hilfe statistischer Methoden zu Vergleichszwecken verwendet. Ähnliche Berechnungen hat bereits JAGGI in seiner Arbeit angestellt.

2.6.1.2. Abhängigkeit der Niederschlagshöhe in Isona von benachbarten MZA-Stationen

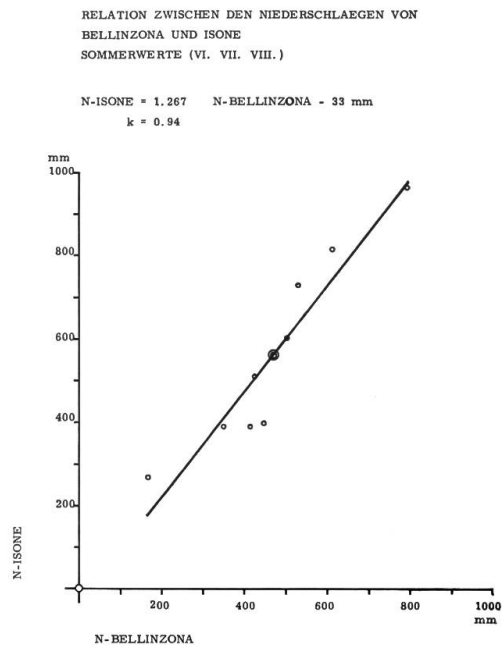
Zuerst ermittelten wir mit dem Elektronenrechner des Geographischen Institutes der Universität Bern die Abhängigkeit der einzelnen Stationen zueinander.

In diese Untersuchung einbezogen wurden die je 144 Monatswerte der MZA-Stationen von LOCARNO - AEROPORTO, BELLINZONA, LUGANO und CRANA-TORRICELLA. Unsere Station AROSIO ist mit 41 Werten vertreten, und von ISONA konnten total 103 Monatswerte als "gesichert" verwendet werden.

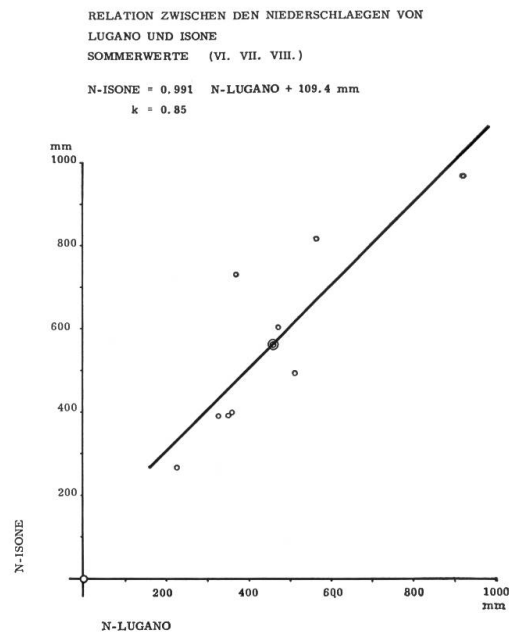
Tabelle 13

KORRELATIONSKOEFFIZIENTEN DER EINZELNEN NIEDERSCHLAGSSTATIONEN

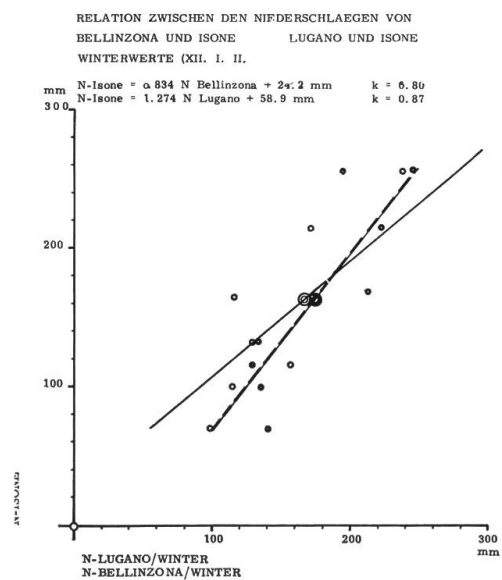
	1	2	3	4	5	6
1 LOCARNO - AEROPORTO	.	0.94	0.90	0.93	0.82	0.89
2 BELLINZONA		.	0.89	0.93	0.85	0.93
3 LUGANO			.	0.90	0.93	0.90
4 CRANA - TORRICELLA				.	0.86	0.79
5 AROSIO					.	0.98
6 ISONA						.



Figur 4

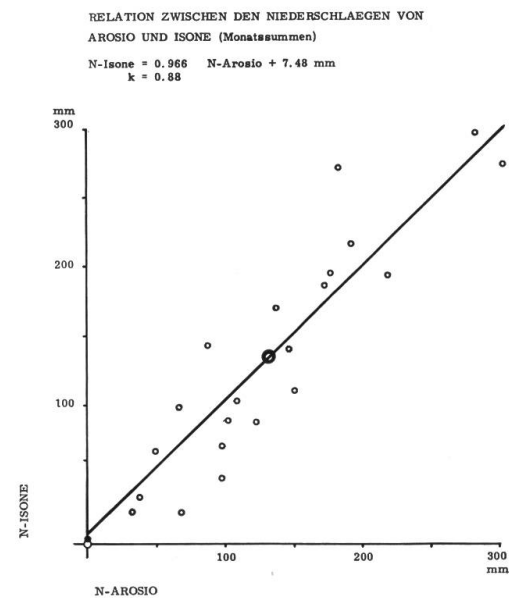


Figur 5



Figur 6

Bellinzona + Ison ———
Lugano + Ison — — —



Figur 7

Die Beziehungen der einzelnen Stationen zu Isona lauten demnach :

	k
N-Isona = 0.788 N-Locarno-Aeroporto + 32 mm	0.895
= 1.071 N-Bellinzona + 16 mm	0.938
= 1.017 N-Lugano + 16 mm	0.90
= 0.662 N-Crana-Torricella + 36 mm	0.791
= 0.984 N-Arosio + 7 mm	0.977

Da sich die Beobachtungsperioden von ISONE und AROSIO zeitlich nicht decken, ist die Relation zwischen diesen beiden Stationen nur mit Vorbehalt zu interpretieren.

Wenn die Forderung nach zeitlicher Übereinstimmung der Beobachtungsphase erfüllt werden muss, bleiben für ISONE noch 21 Monatsresultate, die als "sicher" gelten und mit den entsprechenden Werten von AROSIO verglichen werden können.

Die Relation heisst in diesem Fall :

$$\text{N-Isona} = 0.966 \text{ N-Arosio} + 7 \text{ mm} \quad k = 0.887$$

JAGGI hat für die Zeit von November 1960 bis Dezember 1965 in seiner Arbeit für Isona folgende Beziehungen errechnet:

$$\begin{aligned} \text{N-Isona} &= 0.841 \text{ N-Crana-Torricella} + 5 \text{ mm} & k &= 0.967 \\ &= 1.114 \text{ N-Bellinzona} + 17 \text{ mm} & &= 0.970 \\ &= 0.615 \text{ N-Bellinzona} + 0.387 \text{ N-Crana} + 7.6 \text{ mm} & &= 0.980 \end{aligned}$$

Aus allen Beziehungen geht hervor, dass der Einfluss der Station Bellinzona, also der Einfluss von Norden her, gross ist. Diese Feststellung deckt sich mit den direkten Beobachtungen des Wettergeschehens.

Um noch etwas differenziertere Angaben über den Einfluss der Stationen Bellinzona und Lugano auf das Niederschlagsgeschehen in Isona machen zu können, suchte ich die Beziehungen zwischen den SOMMERWERTEN einer- und den WINTERWERTEN andererseits.

Nimmt man für die SOMMERWERTE die Monate Mai - Oktober, so lauten die Beziehungen :

SOMMERWERTE (Mai - Oktober, V + VI + VII + VIII + IX + X)

$$\begin{aligned} \text{N-Isona} &= 1.012 \text{ N-Bellinzona} + 33 \text{ mm} & k &= 0.898 \\ &= 0.962 \text{ N-Lugano} + 41 \text{ mm} & &= 0.821 \end{aligned}$$

WINTERWERTE (XI + XII + I + II + III + IV)

$$\text{N-Isona} = 0.787 \text{ N-Bellinzona} + 38 \text{ mm} \quad k = 0.752$$

Tabelle 14

ISONE

Monatssumme der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1960/61	418	210 *	140	110	65 *	10	215	240	230	120	40	80	1878
1961/62	130	200	60	60	45	100	188	222	27	108	132	142	1414
1962/63	44 *	211	11	45	77	107	215 *	240 *	395	136	436	398	2315
1963/64	158	488	6	37	57	236	126	165	231	102	178	58	1842
1964/65	192	75	33	37	0	101	23	125	119	298	314	408	1725
1965/66	41 *	109	2	74	180	13	270	231	299	369	149	99	1836
1966/67	324	218	39	7	70	140	134	209	45	218	129	318	1851
1967/68	114	241	0	0	201 *	49	220	327	214	160	230	289	2045
1968/69	83	359	36	91	88	42	54	297	186	99	113	194	1642
1969/70	5	178 *	14 *	170 *	25 *	141 *	159	130	155	75	191	89	1332
1970/71	71	217	143	47	67	88	195	274	250 *	110	170	32	1664
1971/72	23	170 *	54	88 *	241	187	154 *	141	272	95	185 *	294 *	1904
Mittel	133.6	223	45	64	93	101	163	217	202	158	189	200	1787

* von andern Stationen interpoliert

Tabelle 15

LOCARNO - AEROPORTO MZA

Monatssumme der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1960/61	560	221	155	97	47	4	205	135	311	159	84	76	1954
1961/62	162	211	46	45	32	50	192	132	70	119	120	72	1351
1962/63	49	195	38	70	24	123	213	237	377	123	342	359	3150
1963/64	146	486	38	48	59	155	229	126	198	70	111	38	1704
1964/65	156	98	55	63	2	93	1	100	82	117	127	76	1650
1965/66	49	100	20	5	213	0	254	229	239	352	113	76	1650
1966/67	410	269	50	8	121	109	282	33	217	85	162	392	2138
1967/68	165	167	6	10	230	44	225	332	188	221	194	389	2171
1969/69	94	470	31	88	98	64	60	337	178	176	92	171	1859
1969/70	0	246	14	184	28	107	158	120	158	71	182	101	1369
1970/71	87	224	135	125	54	156	156	247	337	128	153	39	1941
1971/72	20	160	51	100	230	226	161	150	339	185	131	248	2001
Mittel	158	246	53	70	92	96	164	202	201	162	151	229	1907

Tabelle 16

BELLINZONA

Monatssumme der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1960/61	415	155	132	92	55	5	186	139	200	98	51	35	1954
1961/62	146	86	37	50	29	52	163	143	45	45	78	181	1055
1962/63	32	153	47	64	18	78	180	160	309	110	372	326	1849
1963/64	97	421	39	31	45	125	133	86	198	100	126	50	1451
1964/65	164	88	45	54	0	75	19	101	112	250	169	482	1559
1965/66	32	77	17	6	136	2	212	152	159	320	132	63	1308
1966/67	263	230	60	12	85	159	98	201	54	196	193	216	1767
1967/68	176	244	3	24	224	36	196	236	182	140	225	253	1939
1968/69	79	322	29	79	64	36	50	262	155	109	111	136	1432
1969/70	0	171	12	155	25	110	100	131	148	57	157	133	1199
1970/71	55	169	73	96	35	125	144	209	279	83	201	30	1499
1971/72	23	138	44	74	171	195	139	111	228	78	197	193	1591
Mittel	121	188	45	61	74	83	135	161	172	124	168	175	1550

Tabelle 17

LUGANO

Monatssumme der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
1960/61	462	191	151	102	59	2	244	192	211	95	22	23	1754
1961/62	123	240	52	63	57	59	193	146	91	30	115	59	1228
1962/63	39	195	48	64	222	92	206	152	44	178	297	362	2099
1963/64	124	366	45	27	64	156	166	122	211	149	154	85	2696
1964/65	121	74	65	74	2	102	21	51	89	154	126	407	1386
1965/66	38	95	25	10	160	2	253	201	143	237	185	139	1488
1966/67	395	226	48	14	57	151	70	212	43	195	109	230	1750
1967/68	140	183	7	1	205	49	142	220	101	205	166	253	1672
1968/69	80	346	34	87	102	64	59	229	172	84	105	214	1476
1969/70	0	133	16	149	13	114	131	125	187	61	226	160	1315
1970/71	75	173	94	99	53	152	145	302	219	189	162	33	1646
1971/72	29	164	59	89	222	180	149	139	266	100	64	285	1746
Mittel	136	199	51	65	101	94	148	174	148	140	144	188	1688

Tabelle 18

CRANA - TORRICELLA

Monatssumme der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1960/61	596	246	226	102	61	6	267	25	346	166	87	82	2210
1961/62	242	252	81	53	53	76	247	254	81	143	112	148	1742
1962/63	51	240	51	98	39	126	298	250	406	198	396	428	2635
1963/64	181	617	49	50	70	177	204	174	315	57	190	48	2132
1964/65	197	121	60	94	5	102	20	131	155	282	215	675	2057
1965/66	41	93	26	10	232	1	305	281	212	395	187	116	1899
1966/67	448	268	66	15	78	254	125	240	74	175	134	301	2178
1967/68	195	259	5	3	209	76	239	402	191	159	230	352	2320
1968/69	163	407	45	89	130	70	69	316	178	160	159	191	1977
1969/70	0	237	17	133	33	184	165	134	146	113	171	87	1420
1970/71	112	256	95	70	30	145	171	351	254	193	237	55	1969
1971/72	31	181	57	90	247	196	226	183	343	108	241	301	2199
Mittel	188	273	98	67	99	113	195	228	225	179	197	232	2062

Tabelle 19

AROSIO

Monatssumme der Niederschläge in mm

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1969/1970	0	166	13	166	17	145	132	121	197	83	230	102	1372
1970/1971	98	193	88	98	50	133	178	303	245	151	138	39	1714
1971/1972	33	149	51	91	242	173	154	146	183	82	107	287	1698
Mittel	44	169	51	118	103	150	155	190	208	105	158	143	1595

Tabelle 20

AROSIO 1.V.69 - 30.IV.73 (je 4 Monatswerte summiert)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Monatssumme der N./mm	429	316	458	562	843	798	383	584	647	245	548	111
Mittel / 4 Jahre	107.5	79.0	114.5	140.5	210.8	199.5	95.8	146.0	161.8	61.3	137	27.8
Niederschlags-Tage n	44	49	34	46	57	51	36	47	36	15	38	17
Mittel / 4 Jahre	11.0	12.3	8.5	11.5	14.3	12.8	9.0	11.8	9.0	3.8	9.5	4.3
Niederschlags-Dichte	9.9	8.1	13.4	12.2	14.8	15.7	10.6	12.4	18.0	16.3	14.4	6.5

Noch deutlicher zeichnen sich "Einflussperioden" ab, wenn man die Werte der Frühlings- und Herbstmonate eliminiert und nur die "reinen" Sommer- bzw. Winterwerte zueinander in Beziehung setzt :

SOMMERWERTE (VI + VII + VIII)

N-Isona	= 1.267	N-Bellinzona — 33 mm	k = 0.948
	= 0.991	N-Lugano + 109 mm	= 0.851

WINTERWERTE (XII + I + II)

N-Isona	= 0.834	N-Bellinzona + 24 mm	k = 0.805
	= 1.274	N-Lugano — 59 mm	= 0.877

Aus diesen Beziehungen geht hervor, dass

- a) der Einfluss von N O R D E N (Bellinzona) im S O M M E R d o -
m i n i e r t
- b) im W I N T E R das Niederschlagsgeschehen im Isonetal hauptsächlich von S Ü D E N her b e e i n f l u s s t wird.

2.6.1.3. *Arosio*

Die zuverlässigsten Resultate liefert seit Mai 1969 die Pluviographenstation Arosio. Wie bereits erwähnt, betrachte ich diese Werte als repräsentativ für das Gebiet der Talsohle zwischen Lamone und Monte Ceneri.

2.6.1.4. *Die Totalisatoren*

Sie sind flächenmässig gut verteilt und erfassen somit das ganze engere Untersuchungsgebiet. Die vertikale Verteilung vermag indessen nicht ganz zu befriedigen, da die Räume über 1600 m nicht erfasst werden.

2.6.1.5. *Die MZA-Stationen*

Es liegt keine im engeren Untersuchungsgebiet. Die dem Einzugsgebiet des Alto Vedeggio am nächsten gelegene Station PIANDANAZZO wurde 1959 aufgehoben. Das langjährige Mittel von 1901 cm Jahres-Niederschlag scheint für die Höhenlage von 1600 m ü.M. eher niedrig zu sein. Berücksichtigen wir aber die Beobachtung, die GYGAX im Malcantone gemacht hat — Niederschlags-Maximum im Talhintergrund wegen Stauwirkung, Abnahme der N gegen die Kammregionen hin, da Stauzonen überwunden und Wolken "entleert" — so können wir annehmen, dass diese Werte dem tatsächlichen Niederschlagsgeschehen von Piandanazzo entsprechen.

In RIVERA-BIRONICO wurde der Niederschlag bis 1940 gemessen. Das auf die Periode 1901 - 1940 reduzierte Mittel wird von der MZA mit 199 cm Jahres-Niederschlag angegeben. Die Vorbehalte, die wir gegenüber den Ergebnissen von CRANA -TORRICELLA machten, wurden durch Prof. M. Schüepp von der MZA unterstützt.

2.6.2. Bemerkungen zu den Niederschlagskarten

Es ist ausserordentlich gewagt, konkrete Angaben über die N-Höhen eines Talgebietes zu machen, wenn dabei auf Ergebnisse der Nachbargebiete zurückgegriffen werden muss. Wie LÜTSCHG und REIST bewiesen haben, stellen sich mit regelmässiger Unregelmässigkeit ganz massive Unterschiede innerhalb kleinster Gebiete ein.

Immerhin können aus der direkten Beobachtung des Wettergeschehens einige Schlüsse über die mutmassliche Verteilung des Niederschlages in den Teilgebieten gezogen werden.

Bei Niederschlagsperioden mit *s t a b i l e n L u f t m a s s e n* (Monuneinbrüche von W - SW, Föhnlagen auf der Alpennordseite) kann mit einer eher gleichmässigen regionalen Verteilung innerhalb unseres Gebietes gerechnet werden. Es sei aber doch festgehalten, dass das Ison-Tal und das Tal von Serdena während solcher N-Perioden eine ausgesprochene Lee-lage aufweisen, aus welcher bestimmt geringere N-Höhen resultieren.

Anders liegt das Val Caneggio: die Senke des Lago Maggiore und die grosse Längstalung der Magadino-Ebene haben eine strömungsweisende Wirkung auf W- bis SW-Winde. Dadurch geraten das Val Morobbia und das um einige 100 m höher gelegene Hochtal von Caneggio in eine ausgesprochene Luvlage: die nach E abgebogenen Luftmassen steigen an und "regnen an den 2228 m hohen Gipfeln des Camoghè ein zweitesmal aus". Hier wird auch während sogenannter Landregen-Perioden mehr Niederschlag fallen als im übrigen Untersuchungsgebiet.

Eine Wetterlage mit *u n s t a b i l e n L u f t m a s s e n* bringt grosse vertikale Umschichtungen in der Atmosphäre, und wir reden von einer "typischen Gewitterlage". Während solcher Perioden muss mit massiven Unterschieden im Niederschlags-Ertrag innerhalb unseres Untersuchungsgebietes gerechnet werden.

Aufschlussreich ist meine Tagebuchnotiz über das Wettergeschehen vom 22./23. August 1973. Die hier festgehaltenen Ereignisse können als typisch bezeichnet werden für den bei flacher Druckverteilung täglichen Witterungsverlauf.

TYPISCHER WITTERUNGSVERLAUF

0900 Uhr	Isona	750 m ü.M.	dunstig, windstill, feuchtheiss heiss, Tamara schwach sichtbar, windstill
1200	Serdana	1500 m ü.M.	aufkommender Talwind,
1430	Cima Calescio	2000 m ü.M.	Nebelbildung am Camoghè und an den Gipfeln der Südumrandung des Isonetales
1600	Campo	1600 m ü.M.	Camoghè ganz von Wolken umhüllt, freie Sicht gegen W
1800	Alpe Caneggio	1500 m ü.M.	Beginn des Gewitters im Tal- hintergrund: Niederschlagszone stösst bis Caneggio vor
1900	Monti di Travorno	900 m ü.M.	Gewitter in Serdara- und Caneggiotal hält an, N - Zone bis ca. 2 km E Isona vorgerückt
2030	Isona		Gewitterregen in Isona
2200	Rivera	470 m ü.M.	Gewitter in Isonetal, kein N in Rivera
In Rivera begann es erst am folgenden Morgen zwischen 4 und 5 Uhr zu regnen. Sehr geringe Niederschlagsmenge. Der Pluviograph von AROSIO notierte für diese Nacht eine Niederschlagshöhe von 23 mm, gefallen zwischen 2320 h und 0745 h.			

Eine weitere Beobachtung, die auf unterschiedliche Niederschlagsverteilung schliessen lässt: Im Verlaufe des Nachmittags bilden sich an den W- und NW-Hängen des Monte Bar und der Cima Moncucco oder im Talhintergrund kleine Gewitterherde, die sich nach kurzer Zeit auflösen oder nach E abziehen, z.T. aber auch um den Camoghè herum "hocken" bleiben, ohne ihre Niederschlagsfront bis gegen Isona ausdehnen zu können. Diese Niederschlagsmengen konnten nur sehr selten isoliert erfasst werden, da in diesen Gebieten der Niederschlag nur mittels Totalisatoren gemessen wird.

Die Resultate der statistischen Berechnungen zur Annäherung der unsicheren N-Werte von Isona veranlassen JAGGI zu folgendem Kommentar: « Nach diesen errechneten Beziehungen ist der Einfluss der Station Bellinzona erstaunlich gross » (auf die Werte von Isona). Meine Erklärung zu dieser Feststellung bezieht sich ebenfalls auf direkte Wetterbeobachtungen:

Gewitter, deren Entstehungsherde im Raume des oberen Lago Maggiore liegen, ziehen über die Magadino-Ebene Richtung Bellinzona. Ihre Südflanken greifen oft über die ± 800 m höher gelegenen, flachen Rücken der Cima ins Isonetal hinein und bringen dessen Nordhängen und vor allem dem Val Caneggio Niederschläge, die vom Sopra Ceneri herkommen.

In den letzten 3 bis 5 Jahren machten wir zudem die Beobachtung, dass das Gebiet E der Linie Lugano - Monte Ceneri während der Sommermonate häufig Gewitterniederschläge erhielt, während die Gebiete W dieser Linie leer ausgingen. Belegen lässt sich diese Beobachtung leider nur mit den hohen Totalisatorenwerten unseres Untersuchungsgebietes, wobei einschränkend noch festgehalten werden muss, dass über die zeitliche Verteilung dieser Niederschläge sehr wenig Auskunft gegeben werden kann. Besprechungen mit den Herren Ambrosetti von der MZA-Zentrale Locarno-Monti und mit Herrn Prof. Schüepp von der MZA Zürich haben ergeben, dass diese Beobachtung durch die langjährig gesicherten Werte widerlegt wird:

Westlich des Lago Maggiore befindet sich ein isoliertes Gebiet mit einem Niederschlagsmaximum von > 3000 mm Jahresniederschlag als langjähriges Mittel. Aus den von der MZA gezeichneten Niederschlagskarten geht hervor, dass die N-Höhen im Sotto Ceneri vom erwähnten Niederschlagsmaximum beeinflusst werden, und dass eine Abnahme der N-Mengen in W - E-Richtung erfolgt.

Um unsere These, die sich nur auf die direkte Beobachtung des Wettergeschehens stützt, belegen zu können, ermittelte ich die Prozentanteile der Sommermonate zur Jahressumme der Niederschlags-Höhe in der Annahme, dieses Verhältnis müsse sich in den letzten Jahren zugunsten der Sommermonate Mai bis September verschoben haben. Wie Tabelle 22 zeigt, ist keine eindeutige Tendenz festzustellen. Entgegen meiner Erwartung muss sogar gesagt werden, dass die hohen Anteile der Sommerniederschläge zur Jahressumme in den letzten 3 Jahren abgenommen haben. Diese Erscheinung deckt sich übrigens mit der Feststellung, dass die Dauer der Föhnperioden in Altdorf in den letzten 3 Jahren gegenüber den frühen sechziger Jahren zugenommen hat. Widerlegt ist mit dieser Feststellung unsere Beobachtung aber nicht, sagt doch das Verhältnis Sommerniederschläge/Winterniederschläge nichts aus über Zu- oder Abnahme der Sommerniederschläge in einem Teilgebiet des Sotto Ceneri.

Tabelle 22

SOMMERNIEDERSCHLAEGE / WINTERNIEDERSCHLAEGE

Station	Hydrolog. Jahr	Winter - N X. - IV.	%	Sommer V. - IX.	%
Bellinzona	1967/68	947	43.6	1224	56.4
	68/69	905	48.7	954	51.3
	69/70	737	53.9	632	46.1
	70/71	937	48.2	1004	51.8
	71/72	948	47.4	1053	52.6
Lugano	1967/68	727	43.5	945	56.5
	68/69	772	49.0	804	51.0
	69/70	556	38.1	759	61.1
	70/71	791	46.6	905	53.4
	71/72	892	51.1	854	48.9
Arosio	1969/70	639	46.6	733	53.4
	70/71	838	48.9	876	51.1
	71/72	893	52.6	805	47.4
Isona	1967/68	813	40.0	1220	60.0
	68/69	753	45.9	889	54.1
	70/71	828	49.8	836	50.2

In Tabelle 23 werden die Jahressummen der Stationen CRANA-TORRICELLA im W und CANEGGIO im E einander gegenübergestellt. Hier kommt eindeutig zum Ausdruck, dass die weiter E gelegene Station in den letzten Jahren ihren "Vorsprung" wesentlich erhöhte.

Tabelle 23

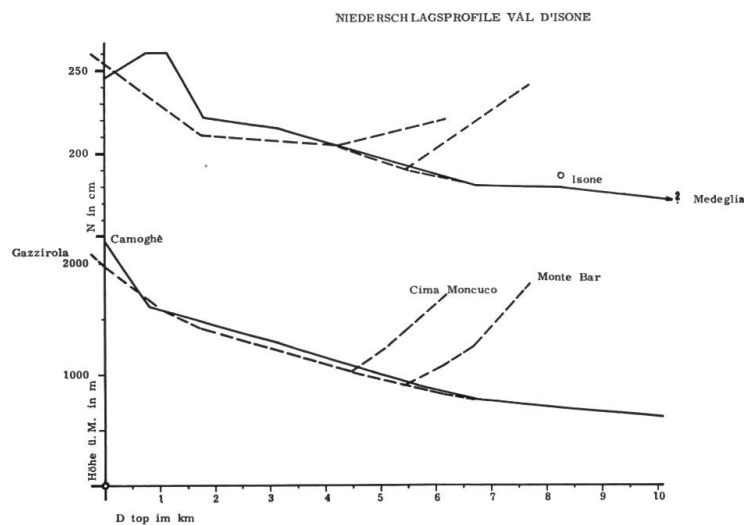
VERÄNDERLICHKEIT DER NIEDERSCHLAGSHÖHEN VON
CRANA - TORRICELLA UND CANEGGIO 1960/61 - 1971/72

CRANA - TORRICELLA = 100 %			
CANEGGIO		CANEGGIO	
1960/61	115 %	1966/67	92 %
61/62	81	67/68	106
62/63	107	68/69	116
63/64	103	69/70	113
64/65	101	70/71	130
65/66	110	71/72	125

Die NIEDERSCHLAGS-PROFILE verlaufen im wesentlichen parallel zu den topographischen Höhenprofilen. Die einzige Ausnahme bildet der Talkessel von Campo, am NW-Fusse des Camoghè. Die Begründung für diese "Anormalität" wurde in der vorangehenden Beschreibung des Wettergeschehens gegeben. Zusammenfassend kann gesagt werden: Das Niederschlags-Maximum am Fusse des Camoghè wird durch zwei Komponenten verursacht, nämlich

- a) durch Lokalgewitter (während der Sommermonate)
- b) durch Stauwirkung, die ein Ausregnen der von der Magadino-Ebene her Richtung E strömenden Luftmassen bewirkt.

2.6.3. Abhängigkeit der Niederschlagshöhe von der Höhe über Meer



Figur 8

Bei der Berechnung der Regressionsgerade wurden die Niederschlags-Höhen als Funktion der Meereshöhe eingesetzt und folglich als unsichere Variable ausgeglichen. Die Beziehung zwischen N-Höhe und der Höhe über Meer lautet :

$$y = 0.482x + 14.15$$

oder

$$N = 0.482MH + 14.15$$

$$B = 0.88$$

$$k = 0.94$$

Die Regressionsgerade ist die graphische Darstellung der linearen Abhängigkeit der N-Höhe von der Meereshöhe. Für das Einzugsgebiet des Alto Vedeggio gilt :

Auf 100 m Höhenzunahme im Gelände kann mit einer Zunahme der Niederschlags-Höhe um 4.8 cm gerechnet werden.

ANDERE GEBIETE	VERZASCA (Grütter)	5.0 cm/100 m
	BAVONA (Reist)	6.6 cm/100 m

MAGLIASINA (Gygax) 7.7 cm/100 m
(nur bis N-Maximum in
Talhintergrund)

2.6.4. Die Ozeanität

GAMS bezeichnet den Ozeanitätsgrad eines Ortes als charakteristisches Klimamerkmal. Damit wird das Verhältnis des Niederschlages zur Meereshöhe angegeben. Ein hoher Ozeanitätsgrad bedeutet ozeanisches, ein niedriger kontinentales Klima. Nach der Formel

$$\text{tgd} = \frac{\text{Jahressumme des Niederschlages (mm)}}{\text{Meereshöhe (m)}}$$

ergeben sich für unser Untersuchungsgebiet folgende Werte:

Tabelle 24

VAL D'ISONE UND BENACHBARTE ORTE - OZEANITÄTSGRADE DER PERIODE 1960/61 - 1971/72			
Isona	67° 42'	Locarno-Aeroporto	84° 04'
Senestro	62° 14'	Bellinzona	81° 33'
Pianscuro	60° 33'	Lugano	80° 42'
Caneggio	56° 25'	Crana-Torricella	64° 06'
Serdena	54° 31'	Arosio (1969 - 1972)	60° 18'
Mittel Gebiet	55° 54'		
Extremwerte :	Serdena	1961/62	45° 56'
	Isona	1969/63	72° 02'

Der Mittelwert für das engere Untersuchungsgebiet liegt um 3° tiefer als derjenige des MALCANTONE, der von GYGAX für die Jahre 1939 - 1944 mit 58° 58' angegeben wird. Obschon die beiden Resultate nicht ohne Vorbehalte verglichen werden können — die Untersuchungsperioden decken sich zeitlich nicht und sind relativ kurz — zeichnet sich doch ein etwas kontinentalerer Klimatypus für das Val d'Isona ab. Begründen lässt sich diese Tatsache mit der bereits oben erwähnten, allgemeinen *Leelage* des Untersuchungsgebietes.

2.7. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge

Dank der Pluviographenstation von Arosio können wir die Niederschläge auch in ihrer zeitlichen Dimension erfassen. Häufigkeit, Dichte, Dauer, Ertrag und Intensität der Niederschläge können errechnet werden,

und die Gesamtheit dieser Fakten gibt Auskunft über den "Niederschlagscharakter" der Beobachtungsstelle. In Isona stehen uns nur für die Sommermonate 1969 ähnliche Daten zur Verfügung, da während der übrigen Zeit bloss die Monatswerte registriert worden sind.

2.7.1. Die Verteilung auf die einzelnen Jahre

In Tabelle 11 ist das Hauptergebnis unserer Messungen enthalten :

*Die mittlere Niederschlagsmenge für die 12-jährige Periode
1960/61 - 1971/72 beträgt 2142 mm oder 42.06 Millionen
Kubikmeter pro Jahr.*

Von den 12 Jahressummen liegen 4 deutlich über dem Mittelwert, eine (1971/72) deckt sich genau damit, 4 sind knapp darunter, und nur 3 Jahreswerte liegen deutlich unter dem Mittel.

Da die 3 "Trockenjahre" gleichmässig auf die Beobachtungsperiode verteilt sind, 1961/62 + 1965/66 + 1969/70, können wir von einem regelmässigen Niederschlagsregime während der vergangenen 12 Jahre sprechen. Diese Feststellung finden wir auch beim Betrachten des Abflussgeschehens bestätigt.

2.7.2. Die monatliche Verteilung der Niederschläge

Auf den Tabellen 14 bis 20 sind die Monatssummen der einzelnen Stationen aufgeführt. Aufschlussreich ist Figur 9, auf welcher die mittleren monatlichen Niederschlagshöhen der letzten 12 Jahre zusammengestellt sind.

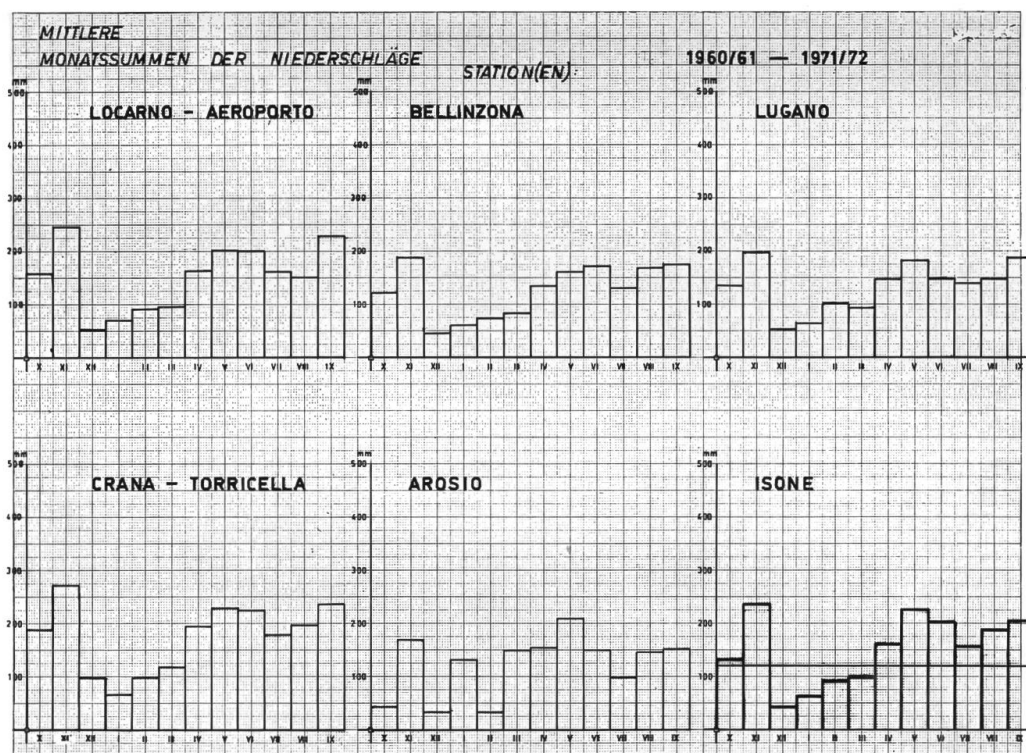
AROSIO kann nicht in diese Betrachtung einbezogen werden, da diese Station nur während der letzten 3 Jahre Resultate lieferte. Am auffallendsten ist die unerwartete Uebereinstimmung im monatlichen Niederschlagsertrag zwischen den Stationen beidseits des Ceneri-Passes.

1. Alle 5 Stationen erreichen im gleichen Monat das N-Maximum, und zwar im N O V E M B E R .
2. 4 Orte (ohne Crana-Torricella) haben im 12-jährigen Mittel im D E - Z E M B E R am wenigsten Niederschlag erhalten.
3. Der monatliche Gang hat überall den gleichen Verlauf: Dem ersten Minimum im Oktober folgt das erste, grosse Maximum im November, gleich gefolgt vom zweiten, grossen Minimum im Dezember (nur Crana-Torricella im Januar) — langsames Ansteigen bis zum März, dann sprunghafte Erhöhung im April bis zum zweiten Maximum im Mai (Bellinzona im Juni) — Rückgang auf \pm Aprilwerte im Juni zum dritten Minimum im Juli (Locarno-Aeroporto im August) — minime Zunahme im August, gefolgt von massivem Anstieg zum dritten Maximum im September. Die Septemberwerte liegen überall bedeutend höher als die Oktoberwerte.

4. Das grosse, zusammenhängende "Tief" tritt in den Wintermonaten Dezember bis März auf.

GYGAX hat in den Jahren 1939 - 1944 im Malcantone ebenfalls 3 Maxima erhalten, seine Spitzen traten aber in den Monaten Mai (280 mm), Juli (270 mm) und September/Oktober (je 200 mm) auf. Gegenüber der Beobachtungsperiode von GYGAX hat sich in den letzten 12 Jahren das Niederschlagsmaximum vom Mai auf den November verschoben. Dies ändert aber nichts am mediterranen Niederschlagstypus des Sotto Ceneri, sind doch die grossen Herbstregen eines der wesentlichen Merkmale des Mittelmeerklimas.

Weniger gut in das Konzept « mediterraner Klimatypus » passt aber die Tatsache, dass sich das monatliche N-Minimum auf den Dezember vorverschoben hat. Hier hat die winterliche, kontinentale Hochdruckzone früher und, wie die niedrigen Monatswerte vom Januar, Februar und März zeigen, auch länger ihren Einfluss auf das Wetter der Alpensüdseite ausdehnen können als in den Jahren 1939 bis 1944.



Figur 9

2.8. Untersuchung der Einzelniederschläge

Das Ziel des folgenden Abschnittes kann wie folgt umschrieben werden: "Versuch einer Charakteristik des Niederschlagsgeschehens". Um dazu zu gelangen, wurden die registrierten Einzelniederschläge der Stationen AROSIO und ISONE nach folgenden Kriterien untersucht :

NIEDERSCHLAGS-HÄUFIGKEIT
 NIEDERSCHLAGS-DICHTE
 NIEDERSCHLAGS-DAUER
 NIEDERSCHLAGS-INTENSITÄT
 NIEDERSCHLAGS-ERTRAG
 KONTRIBUTION DER EINZELNIEDERSCHLÄGE
 ZUR GESAMTHÖHE DES NIEDERSCHLAGES

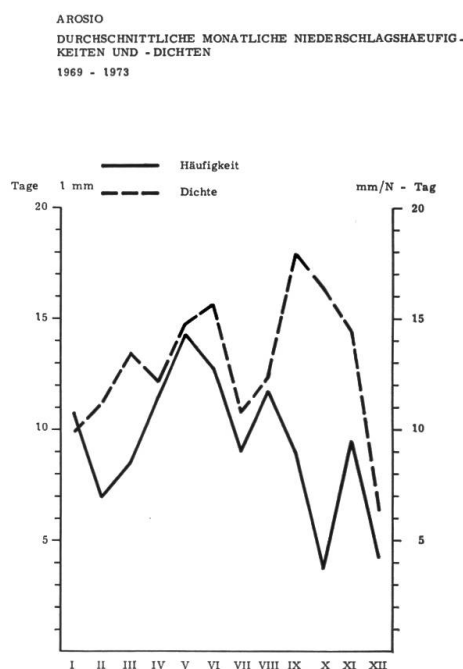
2.8.1. *Die Ergebnisse von Arosio*

Die Station Arosio ist die einzige in unserem Gebiet, die über längere Zeit eine exakte Registrierung sämtlicher Einzelniederschläge in bezug auf Dauer und N-Höhe aufweisen kann.

Beobachtungsdauer : 25.V.69 - 30.IV.73 = 4 Jahre

Definition des Einzelniederschlags: Jeder Niederschlag, der durch niederschlagslose Phasen von ≥ 2 h Dauer begrenzt ist, wurde von mir als Einzelniederschlag klassifiziert. Dies hatte zur Folge, dass die vor allem während der langen Monsuneinbrüche im Frühjahr und Herbst eintreffenden "Landregen" oft in mehrere Einzelniederschläge aufgeteilt werden mussten.

NIEDERSCHLAGS-HÄUFIGKEIT



Figur 10

Unter Häufigkeit versteht man die Anzahl Tage pro Jahr mit ≥ 1 mm Niederschlag. Das 4-jährige Mittel beträgt 112 Tage/Jahr.

Andere Werte :	Verzasca (Grütter)	1957 - 63	117 Tage/Jahr
	Malcantone (Gygax)	1939 - 44	116 Tage/Jahr
	Piandanazzo (MZA)	1901 - 59	122 Tage/Jahr

Die Spitzen im MAI - JUNI sind nur z.T. auf die für das Gebiet der Alpensüdseite typischen Frühjahrsniederschläge zurückzuführen, viel eher sind — wie bei der AUGUST-SPITZE — die Gewitter die Ursache der grossen Häufigkeit. Die NOVEMBER-SPITZE deckt sich, wie übrigens auch die andern Werte dieser Häufigkeitskurve, mit dem monatlichen Gang der N-Höhen. Das MINIMUM im OKTOBER ist wohl eine Ausnahmeerscheinung, hingegen stimmt das DEZEMBER-MINIMUM wieder mit der mittleren monatlichen N-Höhe überein.

NIEDERSCHLAGS-DICHTE

Dieser Wert gibt Auskunft über die während einer bestimmten Zeit, Monat oder Jahreszeit, zu erwartende durchschnittliche N-Höhe pro N-Tag. Er wird gebildet nach der Formel:

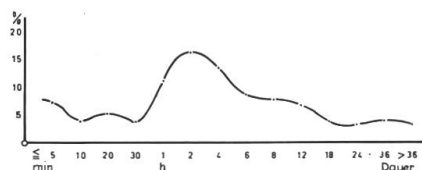
$$\text{N-Dichte: } \frac{\text{Monatssumme der N}}{\text{Zahl der monatlichen N-Tage}}$$

Die Spitzen im MÄRZ, JUNI und SEPTEMBER stimmen weder mit den Spitzen der Häufigkeitskurve noch mit denjenigen der N-Höhe überein. Die Gegenüberstellung der beiden Kurven über N-Häufigkeit und N-Dichte zeigt deren Divergieren im Frühling und vor allem im Herbst. Aus den beiden Maxima im März und im September geht deutlich hervor, dass für diese Perioden bei wenig N-Tagen grosse N-Mengen zu erwarten sind. Die Juni-Spitze bringt, verursacht durch heftige Gewittergüsse, mit vielen N-Tagen ebenfalls grosse N-Höhen.

Das Minimum im DEZEMBER ist identisch mit den Minima in N-Häufigkeit und N-Höhe.

NIEDERSCHLAGS-DAUER

NIEDERSCHLAGSDAUER
Prozentuale Verteilung von
444 Einzelniederschlägen in
Arosio vom 25.4.69 – 9.4.73



Figur 11

20 % der Niederschläge weisen eine Dauer zwischen ≥ 5 min und 30 min auf, 41.3 % zwischen 30 min und ≤ 4 h, und 38.6 % dauern länger als 4 h. Verglichen mit den Werten von GYGAX aus den Jahren 1939 - 1944 im Malcantone ist die letzte Klasse hier erstaunlich stark vertreten, erhielt er doch für gleiche Klasse "nur" 29.9 %. Hingegen weist die Unterklasse von 1 h - 2 h Dauer mit 15.6 % bei GYGAX, reps. 16.2 % in unserer Untersuchung in beiden Erhebungen den höchsten Prozentanteil auf.

NIEDERSCHLAGS-INTENSITÄT

Zusammen mit der N - D a u e r und dem N - E r t r a g bildet die N - I n t e n s i t ä t das für die Praxis wichtige Dreigestirn einer N-Charakteristik. Ich denke z.B. an die Dimensionierung von Abflussrohren, Auffangbecken etc.

Der Intensitätswert gibt an, wieviele mm Niederschlag pro Minute fallen. Er wird mit der Formel

$$\text{N-Intensität: } \frac{\text{N-Höhe in mm}}{\text{N-Dauer in min}}$$

gebildet.

Ein Guss mit einer Intensität ≥ 1 ist ein Naturphänomen, und man kann sich kaum vorstellen, welche Gewalt einem solchen Ereignis innewohnt. Bedenkt man, dass bei einer Intensität von 1 pro Minute 1 Liter Wasser auf 1 m², oder 100 l auf 1 a, oder 10 m³ auf 1 ha, oder 1000 m³ auf 1 km² fallen, so kann man sich vielleicht vorstellen, welche Energie bei einem solchen Guss von mehreren Minuten Dauer frei wird.

In Figur 11 treten zwei Spitzen besonders hervor: die Intensitätsklasse ≤ 0.01 ist mit 34.5 % am stärksten, und diejenige von 0.09 - 0.1 mit 20.0 % am zweitstärksten vertreten. 94.9 % aller Niederschläge haben eine Intensität ≤ 0.3 , und nur 1 % weist eine solche von > 1.0 auf.

Wenn wir noch die 172 Niederschläge < 1 mm N-Höhe dazuzählen — ihre Intensität ist in jedem Fall < 0.01 mm/min — so weisen 91.6 % aller Einzelniederschläge eine Intensität von ≤ 0.1 mm/min auf.

In Figur 12 wurden die Werte der I n t e n s i t ä t und der D a u e r in einer graphischen Darstellung mit zusätzlicher Häufigkeitsangabe zueinander in Verbindung gebracht. 4 Punkteschwärme fallen sofort auf:

1. Niederschläge von sehr langer Dauer (> 18 h) und schwacher Intensität (< 0.03)
Es sind dies vor allem die Schneefälle, dazu einzelne Nieselregen im Herbst.
2. Niederschläge von 1 h - 10 h Dauer mit schwacher Intensität (≤ 0.03 , meistens ≤ 0.01)
3. Niederschläge von 30 min bis ≤ 6 h Dauer mit einer starken Intensität von 0.1.

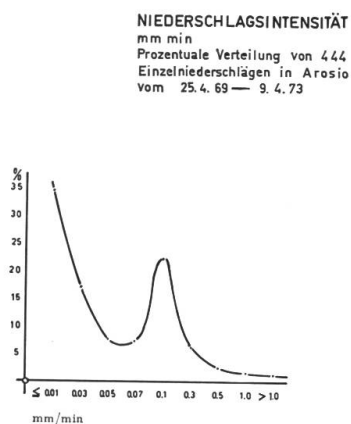
Tabelle 25

NIEDERSCHLAGS-DAUER + NIEDERSCHLAGS-INTENSITÄT

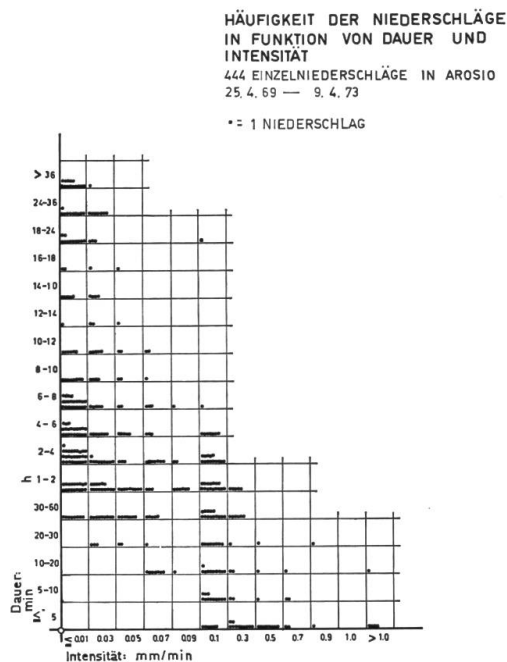
444 Einzelniederschläge in AROSIO vom 25.4.69 - 9.4.73

Dauer min od. h	≤ 5	10	20	30	h 1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	24	36	>36
n	32	17	23	17	49	72	64	43	34	15	15	4	9	4	15	17	14
%	7.3	3.8	5.2	3.8	11.0	16.2	14.1	9.7	7.7	3.4	3.4	0.9	2.0	0.9	3.4	3.9	3.3
M		11.1	16.3	20.1	31.1	47.3	61.4	71.1	78.8	82.2	85.6	86.5	88.5	89.4	92.8	96.7	100

Intensität mm/min	≤ 0.01	0.03	0.05	0.07	0.09	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	>1.0
n	153	76	34	32	10	89	27	11	5	2	4	1
%	34.5	17.1	7.7	7.2	2.3	20.0	6.1	2.5	1.1	0.5	0.9	0.1
M		51.6	59.3	66.5	68.8	88.8	94.9	97.4	98.5	99.0	99.9	100



Figur 12



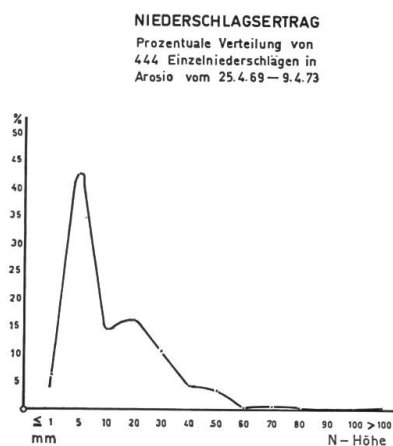
Figur 13

Dies sind die ergiebigen Landregen der Alpensüdseite. Sie treten vor allem auf, wenn nördlich der Alpen eine Föhnlage aufkommt und im Süden die stabilen Luftmassen der Stauwirkung wegen ihre Fracht auf breiter Front entleeren.

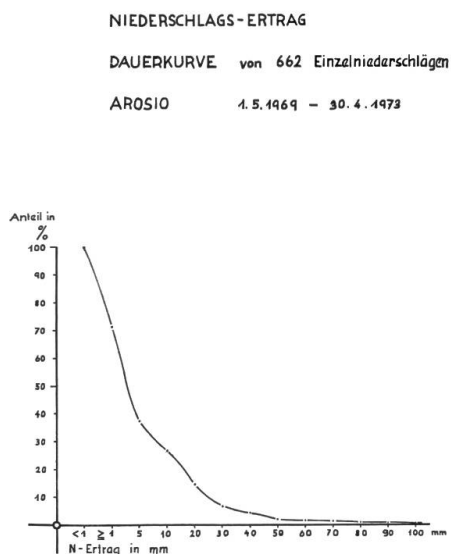
4. Sehr kurze Güsse von ≤ 5 min Dauer und sehr starker Intensität (0.1 bis > 1.0).

In dieser Gruppe sind die Anfangs- und in sehr reduzierter Zahl die Abschlussgüsse während ausgesprochener Gewitterlagen vertreten.

NIEDERSCHLAGS-ERTRAG



Figur 14



Figur 15

Die Kurve zeigt eine sehr einseitige Verteilung auf die unteren Ertragsklassen. 42.5 ‰ aller Einzelniederschläge brachten einen Ertrag zwischen 1.1 mm und 5 mm.

Zwischen 5.1 mm und 30 mm liegen weitere 41.17 ‰, die Ertragsklassen 30 mm bis 50 mm bringen es auf 7.83 ‰, und die Niederschläge von > 50 mm Ertrag sind nur mit 2.21 ‰ vertreten. Werden die 172 Niederschläge 1 mm dazugerechnet, erhöht sich der Prozentanteil der Ertragsklasse ≥ 1 mm von 6.26 ‰ auf 32.31 ‰.

KONTRIBUTION DER EINZELNEN NIEDERSCHLÄGE ZUR GESAMTHÖHE DES NIEDERSCHLAGES IN ‰

Tabelle 26

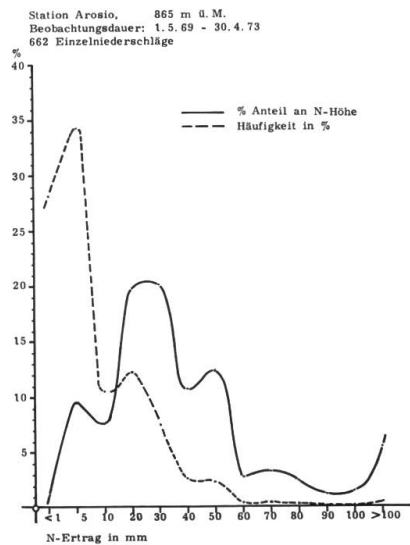
KONTRIBUTION DER EINZELNEN NIEDERSCHLÄGE ZUR GESAMTHÖHE DES NIEDERSCHLAGES

662 Einzelniederschläge in AROSIO 1.5.69 - 30.4.73

Ertragsklassen	Häufigkeit n	mm/N	Antel in ‰ Häufigkeit	über 4 Jahre N-Höhe
< 1 mm	186	75	28.09	1.26
1.0 - 5.0	228	568	34.44	9.56
5.1 - 10	70	517	10.57	8.70
10.1 - 20	82	1186	12.38	19.96
20.1 - 30	49	1201	7.40	20.22
30.1 - 40	18	641	2.71	10.79
40.1 - 50		740	2.41	12.46
50.1. - 60	3	164	0.5	2.76
60.1 - 70	3	195	0.5	3.28
70.1 - 80	2	151	0.3	2.54
80.1 - 90	1	80	0.1	1.34
90.1 - 100	1	93	0.1	1.56
> 100	3	328	0.5	5.52
4 Jahre	662	5939	100	100

In der letzten Untersuchung berechnete ich den Anteil der einzelnen Ertragsklassen an der Gesamthöhe des Niederschlages. Bei dieser Erhebung sind sämtliche während der 4 Jahre registrierten Niederschläge, also auch diejenigen mit 1 mm N-Höhe einbezogen worden. Es ist auffallend, dass

KONTRIBUTION DER EINZELNIEDERSCHLÄGE ZUR
GESAMTHÖHE DES NIEDERSCHLAGES IN %



Figur 16

die unterste Ertragsklasse mit einem Häufigkeitsanteil von 28.09 % mengenmässig mit 1.26 % überhaupt nicht gewichtet. Das Abflussgeschehen wird von diesen "Mini-Regen" nie direkt beeinflusst. Abzuklären wäre aber noch, welchen Einfluss diese Niederschläge auf die Verdunstung ausüben. Hier könnten sie eventuell zu einem wichtigen "Verzögerungsfaktor" aufrücken.

Die mit einem Häufigkeitsanteil von 34.44 % am stärksten vertretene Klasse von 1 mm - 5 mm bringt immerhin einen Mengenanteil von 9.56 %. Auch hier wird nur der kleinste Teil zum Abfluss kommen, da diese geringen Wassermengen nicht in die Böden eindringen und sofort von der Verdunstung absorbiert werden. Dies trifft natürlich nur in vollem Umfange zu, wenn die Güsse isoliert fallen. Werden sie von ertragreicheren Niederschlägen "umhüllt", so müssen sie, auf den Abfluss bezogen, mit diesen als Ganzes verrechnet werden.

Die grossen "Wasserbringer" im Sotto Ceneri sind die Güsse zwischen 10 mm und 30 mm.

Diese Niederschläge bringen mehr als 40 % der gesamten N-Höhe, sind aber häufigkeitsmässig nur mit 23.87 % vertreten.

63.43 % der N-Masse stammen von Niederschlägen der Ertragsklassen 10 mm - 50 mm.

Erstaunlich ist, dass die anzahlmässig nur mit 0.5 % vertretenen Dauerregen mit > 100 mm Ertrag einen Mengenanteil von 5.52 % erbringen.

Tabelle 27

ABSOLUTE TAGESMAXIMA

A R O S I O

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Max./Jahr
1969	N/mm					50	49	22	23	53	—	42	13	50 mm 28.V.
	Tag					28.	23.	21.	14.	14.	—	12.	31.	
1970	N/mm	44	6	31	34	31	34	29	25	50	31	58	33	58 mm 13.XI.
	Tag	11.	5.	31.	7.	10.	16.	24.	14.	11.	8.	13.	27.	
1971	N/mm	39	25	40	49	80	48	45	45	28	28	57	25	80 mm 24.V.
	Tag	21.	16.	18.	23.	24.	4.	17.	26.	27.	14.	9.	30.	
1972	N/mm	30	43	39	28	28	42	27	20	70	58	25	29	70 mm 2.IX.
	Tag	2.	18.	7.	10.	19.	1.	7.	28.	2.	28.	30.	26.	
1973	N/mm	20	5	3	42	43	91	122	22					122 mm 14.VII.
	Tag	16.	9.	7.	9.	7.	20.	14.	22.					

ISONE

1969	N/mm					78	64	41	25	43				
	Tag					28.	18.	7.	14.	14.				

2.8.2. Die Ergebnisse von Isona

Tabelle 28

ISONA

Beobachtungsdauer 25.5.69 - 30.9.69

87 Einzelniederschläge

N-Ertrag in mm	Häufigkeit		N-Höhe in mm	Anteil an N-Höhe
Klassen	n	%	pro Klasse	in %
< 1	22	25.3	8.3	1.1
≥ 1	32	36.8	78.6	10.5
5	14	16.1	108.7	14.5
10	8	9.2	121.4	16.2
20	3	3.5	63.4	8.5
30	4	4.6	141.5	18.9
40	2	3.3	86.9	11.6
50	0	—	—	—
60	1	1.7	61.1	8.2
70	1	1.7	76.3	10.2
SUMME	87	100	747.2	100

Es wurde darauf verzichtet, die Einzelniederschläge von Isona ebenso eingehend zu untersuchen wie diejenigen von Arosio, da die Werte der kurzen Messperiode wegen ohnehin nicht repräsentativ sind. Auf Tabelle 27 sind die einzelnen Ertragsklassen sowie deren Anteil am Gesamtniederschlag mengenmässig und prozentual eingetragen. Erstaunlich ist, dass nicht grössere Unterschiede in der Verteilung gegenüber der Station Arosio auftreten, sind doch nur die Sommermonate mit häufigen Gewitter- und Aufstiegsregen vertreten.

	Anzahl in ‰	Anteil an N-Höhe in ‰
AROSIO (4 Jahre)		
Niederschläge mit 0.2 - 10 mm Ertrag	73.1 ‰	19.5 ‰
ISONA (1 Sommer)		
0.2 - 10 mm Ertrag	78.5 ‰	26.1 ‰

Für die kleinen Ertragsklassen weist Isona noch ein leichtes Uebergewicht auf, nimmt man aber die nächsthöhere Klasse dazu, so schwindet der Unterschied zwischen den beiden Stationen zusehends.

	Anzahl in ‰	Anteil an N-Höhe in ‰
AROSIO (4 Jahre)		
Niederschläge mit 0.2 - 20 mm Ertrag	85.48 ‰	39.48 ‰
ISONE (1 Sommer)	87.31 ‰	42.3 ‰

2.8.3. Vergleich der Ergebnisse

Beobachtungsdauer: 25.5.69 - 30.9.69

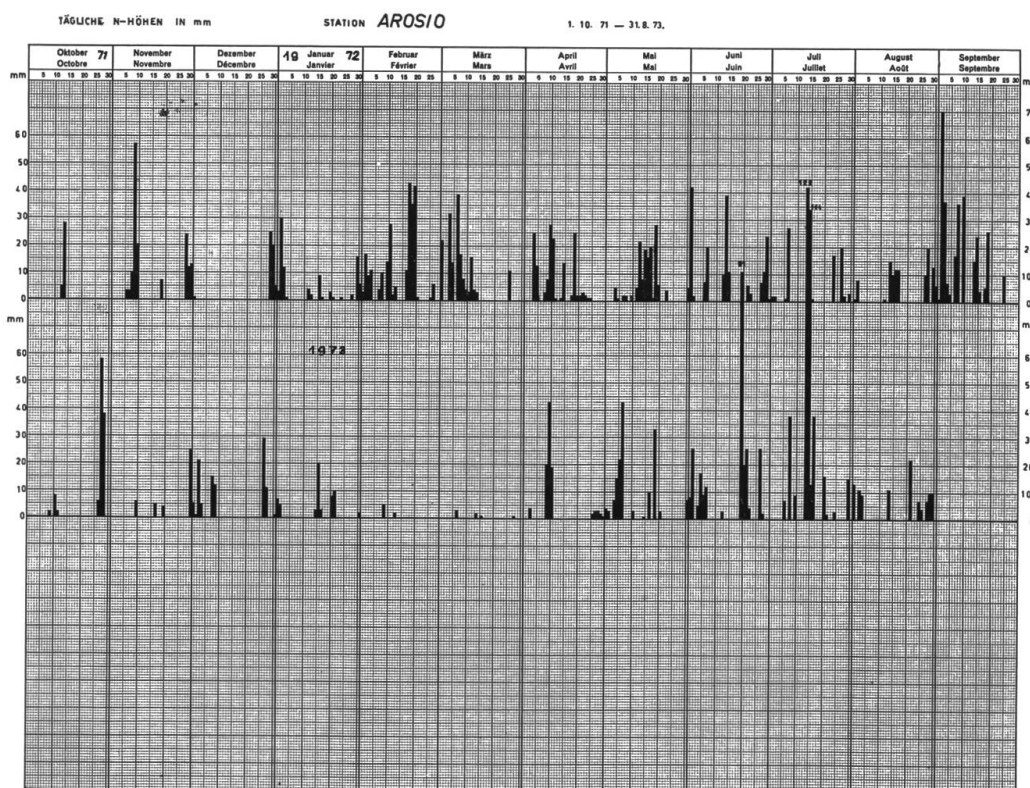
N-Höhe in mm AROSIO 860 m ü.M.	708.5 mm = 100 ‰
ISONE 750 m ü.M.	747.2 mm = 105.5 ‰
CANEGGIO 1470 m ü.M.	219.0 mm = 128.7 ‰

Einzelniederschläge

AROSIO 87, davon 22 1 mm/N-Höhe

ISONE 79, davon 22 1 mm/N-Höhe

Auf Figur 17 sind die täglichen N-Höhen von Arosio graphisch dargestellt. Die Niederschläge von Isonne und Arosio mit grossem Ertrag, > 30 mm, sind synchron, was auf eine enge Abhängigkeit schliessen lässt. Bei den kleineren Güssen stellen sich in bezug auf die Menge wie auch auf das zeitliche Eintreffen grosse Unregelmässigkeiten ein.



Figur 17

2.8.4. Einzelniederschläge in Caneggio

Im Sommer 1969 versuchte ich zudem, den Niederschlag im Tal von CANEGGIO auch in seinem zeitlichen Ablauf zu erfassen. Zu diesem Zwecke stellte ich neben dem Jahrestotalisator einen Monatssammler auf. Leider ist das ganze Experiment an der Unzuverlässigkeit des Messpersonals gescheitert. Immerhin konnten aus dem Zuwachs des Totalisatoren-Inhaltes und mit Hilfe der bei Stagnation entstandenen Ölringe, die mit den Aufzeichnungen von Isonne verglichen und kombiniert werden konnten, sowie dank meiner häufigen Begehungen einige Zusammenhänge herausgearbeitet werden.

Wie bereits oben angegeben, wurden für den Sommer 1969 im Monatstotalisator Caneggio 28.7 ‰ mehr Niederschlag gemessen als in Isonne. Im 12-jährigen Mittel fallen in Caneggio 23.8 ‰ mehr als in Isonne.

Die im Zeitraum vom 25.5. - 30.9.69 gemessenen Niederschläge machen für ISONNE 45.5 ‰ des Jahres-Niederschlages aus, für Caneggio fielen im gleichen Trimester 41.6 ‰ der Jahressumme.

Eine Bemerkung zu den gemessenen Werten im Jahrestotalisator: Die 4 monatige Messdauer ergab für den grossen Rezipienten einen Mehrbetrag von 40.3 mm oder 4.4 ‰.

Distanz zwischen beiden Stationen: 150 m, gleiche Höhe ü.M. Diese Differenz liegt noch innerhalb der Grenzen, die mit "lokale Unterschiede" oder "Beeinflussung durch Lufströmungen" erklärt werden können.

Keine Erklärung hingegen habe ich für die riesigen Unterschiede, die ich an zwei aufeinanderfolgenden Tagen bei praktisch senkrecht fallenden Niederschlägen feststellen konnte:

Im ersten Gewitter erhielt der Jahrestotalisator 33.3 mm gegenüber 26.0 mm im Monatskübel, das gibt einen Mehrertrag von 28 ‰. Im zweiten Gewitter waren die Verhältnisse gerade umgekehrt: 6.0 mm für Monatskübel, 3.7 mm für Jahrestotalisator = 38 ‰ Defizit.

Der Mehrertrag von rund 40 mm pro Sommer für Isonne gegenüber Arosio stammt hauptsächlich von den kleinen Güssen, die hier etwas erträglicher ausgefallen sind oder dann als Güsse mit lokalem Charakter in Arosio gar nicht wirksam geworden sind.

Die gleiche Erklärung gilt für Caneggio: hier ist neben den noch erträglicheren Aufstiegsregen und den noch häufiger vorkommenden Lokalgewittern auch der Einfluss von Norden her ein Grund für den Mehrertrag von 200 mm pro Sommer gegenüber der Station Arosio.

Eine Untersuchung über den tageszeitlichen Verlauf der Niederschläge hätte meiner Ansicht nach nur dann einen Sinn, wenn er mit detaillierten Wetterbeobachtungen gekoppelt wäre.

Immerhin fällt sofort auf, dass unsere direkten Wetterbeobachtungen durch die Pluviographen-Aufzeichnungen bestätigt werden:

1. Kurze Güsse in Isonne, die nicht bis nach Arosio wirksam sind. Zunahme dieses Phänomens von W gegen E.

Tabelle 29

MESSUNG DER EINZELNIEDERSCHLÄGE

I S O N E		C A N E G G I O	
Pluviograph		Monatstotalisator	Jahrestotalisator
Datum	N-Höhe	Datum	N-Höhe
25. V. - 19. VI.	237.2 mm		
20. VI. - 25. VI.	103.3		
26. VI. - 9. VII.	60.1		
25. V. - 15. VII.	400.6		513.0
15. VII. - 21. VII.	0		0
21. VII. - 25. VII.	5.9		
26. VII. - 29. VII.	2.9		23.0
21. VII. - 29. VII.	8.8	29. VII. (1915 - 1945 h)	33.3
30. VII. (0640 - 1040 h)	20.9	30. VII. (1000 - 1130 h)	3.7
30. VII. - 6. VIII.	16.0		19.3
6. VIII. - 26. VIII.	106.1		
26. VIII. - 30. IX.	194.8		
30. VII. - 30. IX.	337.8		416.3
25. V. - 30. IX.	747.2 mm		952.3 mm
Differenz		+ 164.8	+ 205.1

2. Bei Grosswetterlagen (Monsuneinbrüchen) längere Dauerregen in Isonne als in Arosio.

Eine Besonderheit sind die häufig registrierten **SCHLUSSGÜSSE**. Sie treten meistens 30 min bis 1 h nach langandauernden Niederschlägen auf und erreichen eine Höhe von 3 - 4 mm.

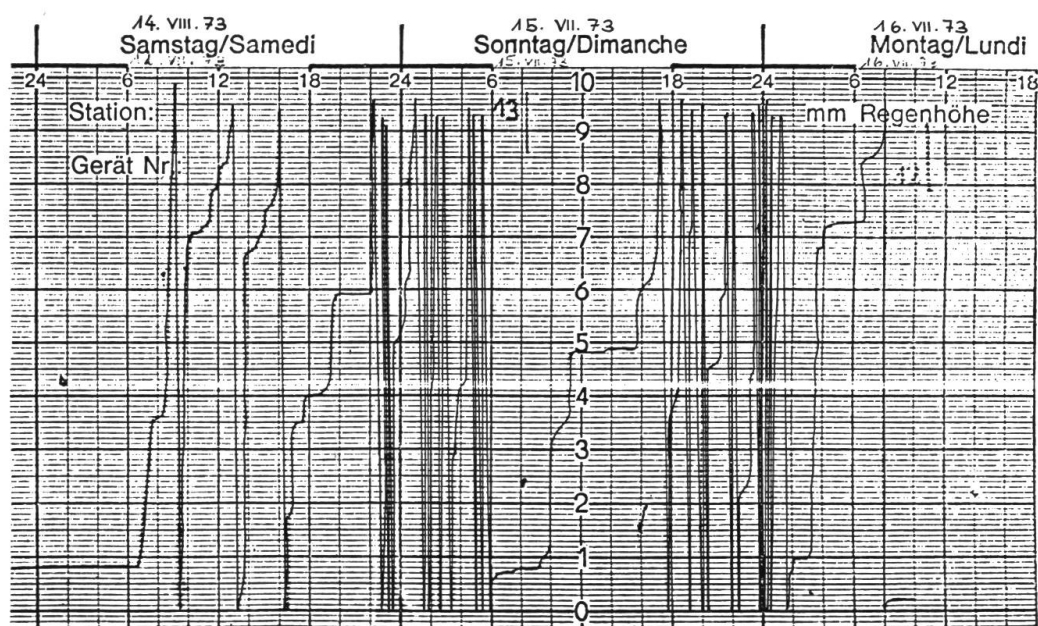
2.8.5. Ergiebige Einzelniederschläge

	Datum	N-Höhe
ISONE	28./29.V.69	79.8 mm
	22./24.VI.69	101.3 mm
AROSIO	28./29.V.69	78.0 mm
	23./24.VI.69	92.9 mm
	18./23.III.71	122.9 mm
	17.IV.71	66.6 mm
	8./9.VII.71	66.0 mm
	2./3.IX.72	106.0 mm
	20./23.IV.73	146.0 mm
	14./15.VII.73	235.3 mm !

Der Niederschlag vom 14./15. Juli 1973 ist ein wohl für lange Zeit einmaliges Ereignis.

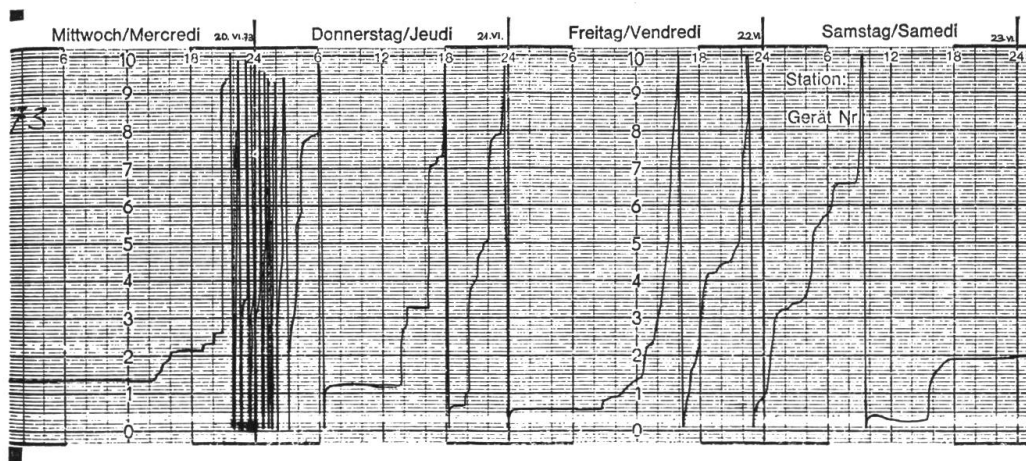
Innerhalb von 38 Stunden fielen 235.3 mm Regen. Das sind mehr als 23 0/0 der Jahressumme von Bern.

Diagramm eines ergiebigen Niederschlages



Figur 18

Diagramm eines ergiebigen Niederschlages mit anschliessendem Dauerregen



Figur 19

Die Wetterkarten geben dazu folgende Auskunft:

- 13. Juli Flache Druckverteilung über ganz Europa. Schwache Winde aus wechselnder Richtung. Wetterübersicht der MZA: « Das mit dem Tief bei Island verbundene Höhentief verlagert sich gegen Irland. Über West- und Mitteleuropa stellt sich somit im Laufe des Samstag eine Südwestlage ein ».
- 14. Juli Das Tief über Irland hat sich verstärkt. Südwestlage in West- und Mitteleuropa. Erste Niederschlagsfront vom Golf von Genua her in die Lombardei vorgestossen.
- 15. Juli Das Tief verlagert sich gegen SE und hat Zentrum über Bretagne. Starke Höhenwinde aus SW (Stärke 5 - 6). Zweite Niederschlagsfront von SW her wird durch Druckanstieg im E leicht gestaut und bleibt in unserem Gebiet sehr wirksam.
- 16. Juli Die Kaltfront = dritte Niederschlagsfront hat in der Nacht zum 16. Juli West- und Mitteleuropa durchquert und brachte den letzten Schub an ertragreichen Niederschlägen.
In Lugano wurden für die gleiche Periode « nur » 169 mm und in Locarno-Monti 158 mm Niederschlag gemessen.

3. ABFLUSS

3.1. Allgemeines

Zur Beobachtung des Abflussgeschehens stehen uns zwei Limnigraphenstationen zur Verfügung. Alle den Abfluss betreffenden Angaben beruhen auf den Aufzeichnungen dieser Pegelmesser.

In SIGIRINO wurde 1961-63 der Pegel täglich einmal abgelesen. Die Resultate dieser Messreihe werden in unserer Untersuchung nicht berücksichtigt.

Tabelle 30

VEDEGGIO

ABFLUSSTATIONEN

Abflusstation	Standort	Höhe ü.M. in m	Einzugs- gebiet in km ²	Mittlere Höhe des Einzugsgeb.i.m.
ISONE	720 200 / 110 125	738	19.64	1450
BIOGGIO	714 700 / 97 650	288	90.08	945
Differenz Bioggio - Isonne			70.44	805

Das wöchentliche Auswechseln der Limnigraphenstreifen besorgten in Isonne die Herren Martinetti und Postizzi, und überwacht wurden die Apparate durch Herrn Prof. Gyax.

Von grosser Bedeutung ist die Beschaffenheit des Flussbettes in unmittelbarer Nähe der Messtelle. Von einem eindeutigen Messprofil spricht man, wenn das Flussbett im Anstehenden liegt, Akkumulation oder Erosion unbedeutend sind, das Flussbett also über Jahre unverändert bleibt, und folglich bei gleicher Pegelhöhe immer gleiche Wasserführung garantiert ist.

Da keine der beiden Stationen diese Bedingungen erfüllt, waren häufige Flügelmessungen nötig, um die Veränderung des Messprofils und die dadurch hervorgerufene Änderung der Wasserführung in bezug auf die Pegelhöhe möglichst schnell zu erfassen. Es muss betont werden, dass die Veränderungen des Flussbettes sehr geringfügig waren, die Abflusskurven beweisen das, und dass folglich die Abflussmengen genau erfasst wurden. LÜTSCHG räumt solchen Messmethoden bei günstigen Verhältnissen, die in unserem Fall sicher vorliegen, eine Fehlertoleranz von 1 - 2 % ein. Durchschnittlich wurden pro Jahr 5 - 7 Kontrollmessungen vorgenommen. All diese zeitraubenden Flügelmessungen wurden durch Herrn und Frau Prof. Gyax durchgeführt.

Die Auswertung der Limnigraphenstreifen besorgten Studenten und Assistenten des Geographischen Institutes der Universität Bern. Die Auswertungstabellen beziehen sich auf das Kalenderjahr, was ein Umrechnen auf das für meine Niederschlagsbeobachtungen verwendete hydrologische Jahr bedingte. Zudem berechnete ich zu jedem A-Wert die entsprechende A-Höhe, damit die A- und die N-Werte direkt verglichen werden konnten.

Sämtliche verwendeten A-Werte sind in den Tabellen 31 bis 33 zusammengestellt. Die drei Zahlen pro Monat/hydrolog. Jahr/Periode bedeuten von oben nach unten: AH = Abfluss-Höhe in mm, A = Abfluss-Menge in m³s⁻¹, AS = Abfluss-Spende in l s⁻¹km⁻².

3.2. Das Einzugsgebiet

Für das engere Untersuchungsgebiet, also die Täler E Isonne, kann gesagt werden, dass wir es mit einem — nach hydrologischen Gesichtspunkten

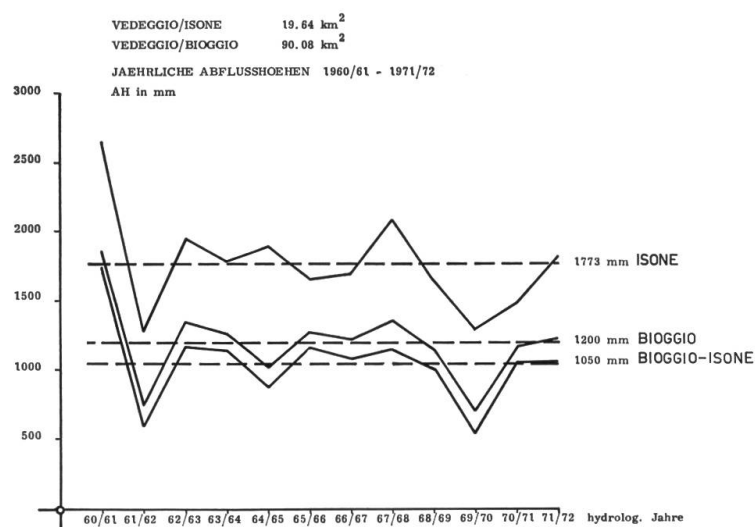
beurteilt — einheitlichen, geschlossenen Gebiet zu tun haben. Das heisst, dass der gemessene Abfluss bei der Limnigraphenstation Isona dem tatsächlichen Abflussgeschehen des Einzugsgebietes entspricht. Es konnte kein unterirdischer Zufluss von Fremdwasser und auch kein Abfluss in andere Gebiete festgestellt werden.

Einen minimalen, nicht nachweisbaren Verlust durch unterirdischen Abfluss in Fremdgebiet vermute ich allerdings auf dem flachen Bergücken NE Piandanzzo. Hier liegen die Abrissränder der grossen Rutschzone des Val Colla diesseits der topographischen Grenzen im Serdena-Tal, und es ist möglich, dass die Niederschläge der Gratzone in den entstandenen Nackentälchen aufgehalten werden, um dann, dem Schichtfallen folgend, ins Nachbartal zu sickern. Da das ganze Problemgebiet nur eine Fläche von höchstens 0.1 km² umfasst, fällt es in bezug auf das Abflussgeschehen überhaupt nicht ins Gewicht.

Die Fläche des engeren Untersuchungsgebietes wurde während der ersten Jahre der Messperiode vom Geographischen Institut mit 20.38 km² angegeben. Mein Hinweis, von 1962, der Seitenbach N der Limnigraphenstation münde unterhalb derselben in den Vedeggio, und das Einzugsgebiet sei demzufolge um ca. 0.5 km² zu reduzieren, wurde offenbar nicht beachtet, und so musste ich alle Resultate von Isona und des Teilgebietes Isona bis Bioggio auf die richtigen Flächeninhalte von 19.64 km² bzw. 70.44 km² umrechnen.

Der untere Teil des Vedeggio-Einzugsgebietes bis Bioggio ist, vom hydrologischen Standpunkt aus gesehen, ebenfalls als homogen zu bezeichnen mit der Einschränkung, dass in der Ceneri-Talung Beziehungen zu den Grundwasservorkommen bestehen, die vor allem ab Sigirino die hydrologische Bilanz entscheidend beeinflussen. (Siehe SCHWAB: "Statistische Untersuchungen über die Grundwasserspiegelschwankungen in der Val d'Agno").

3.3. Der jährliche Abfluss



Figur 20

Tabelle 31

VEDEGGIO/ISONE 19.64 km²
Mittlere Höhe: 1450 m ü.M.

AH = Abflusshöhe in mm₃ · s⁻¹
A = Abflussmenge in m³ · s⁻¹ · km⁻²
AS = Abflussspende in l s⁻¹ · km⁻²

		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		Mittel
1960/61	AH	945	336	268	39	46	104	259	201	295	70	48	31	2642	
	A	6.93	2.54	1.94	0.27	0.37	0.76	1.95	1.47	2.23	0.51	0.34	0.23		1.63
	AS	352.98	129.57	99.61	14.59	19.06	38.69	99.74	75.05	113.83	26.19	17.72	11.83		83.2
1961/62	AH	78	162	129	43	22	32	259	237	194	62	44	34	1296	
	A	0.57	1.22	0.94	0.31	0.17	0.23	1.96	1.73	1.47	0.45	0.32	0.25		0.81
	AS	29.29	62.49	48.02	16.03	9.1	11.82	99.86	88.48	74.97	23.13	16.47	13.05		41.1
1962/63	AH	23	66	23	19	21	49	209	288	335	175	308	434	1950	
	A	0.17	0.49	0.16	0.14	0.17	0.36	1.58	2.10	2.54	1.28	2.26	3.29		1.21
	AS	8.76	25.28	8.57	7.13	8.66	18.42	80.58	107.6	129.29	65.26	114.95	167.31		61.8
1963/64	AH	255	388	112	56	37	76	234	185	212	84	81	59	1779	
	A	1.87	2.94	0.82	0.41	0.29	0.56	1.77	1.35	1.61	0.62	0.59	0.45		1.11
	AS	95.18	149.59	41.82	20.93	14.64	28.53	90.16	68.95	81.75	31.44	30.29	22.79		56.3
1964/65	AH	131	89	91	68	79	80	154	114	244	156	210	484	1900	
	A	0.96	0.68	0.66	0.50	0.64	0.58	1.17	0.84	1.85	1.15	1.54	3.66		1.18
	AS	49.06	34.40	33.80	25.28	32.75	29.71	59.44	42.59	94.30	58.42	78.56	186.56		60.2
1965/66	AH	234	64	55	23	46	54	209	253	233	231	170	94	1666	
	A	1.72	0.48	0.40	0.16	0.37	0.39	1.58	1.85	1.76	1.69	1.24	0.71		1.04
	AS	87.58	24.61	20.38	8.57	18.98	20.13	80.64	94.61	89.76	86.27	63.43	36.45		52.8
1966/67	AH	262	229	82	40	37	160	157	264	103	100	129	146	1709	
	A	1.92	1.73	0.60	0.29	0.30	1.75	1.18	1.93	0.78	0.73	0.94	1.10		1.06
	AS	97.91	88.39	30.76	14.75	15.37	59.85	60.45	98.38	39.78	37.43	48.06	56.16		54.2
1967/68	AH	137	154	58	37	56	83	269	347	227	236	211	272	2087	
	A	1.00	1.16	0.42	0.27	0.44	0.61	2.04	2.54	1.72	1.73	1.54	2.06		1.30
	AS	51.15	59.27	21.55	13.76	22.44	31.16	103.87	129.39	87.59	88.30	78.87	104.90		66.0
1968/69	AH	79	242	69	34	29	76	123	344	332	120	80	126	1654	
	A	0.57	1.83	0.50	0.25	0.23	0.55	0.94	2.52	1.76	0.80	0.52	0.95		1.03
	AS	29.32	93.48	25.62	12.83	12.06	28.40	27.64	128.51	89.55	44.77	26.85	48.64		52.4
1969/70	AH	74	106	65	69	45	72	201	280	144	78	70	88	1292	
	A	0.54	0.80	0.47	0.50	0.36	0.52	1.52	2.05	1.09	0.57	0.51	0.66		0.81
	AS	27.57	41.06	24.24	25.93	18.44	26.95	77.48	104.46	55.62	29.19	26.02	33.83		41.0
1970/71	AH	60	87	46	55	53	85	220	362	226	96	135	55	1480	
	A	0.43	0.65	0.34	0.40	0.43	0.62	1.66	2.66	1.69	0.71	0.99	0.41		0.92
	AS	22.32	33.57	17.33	20.53	21.78	31.63	84.71	135.27	87.17	36.00	50.36	21.10		46.9
1971/72	AH	42	55	50	43	106	237	279	252	395	110	64	186	1819	
	A	0.31	0.41	0.37	0.32	0.83	1.74	2.12	1.85	2.99	0.80	0.47	1.41		1.13
	AS	15.57	21.08	18.79	16.16	42.16	88.36	107.72	93.95	152.35	40.98	23.83	71.83		57.5
1960/61 - 1971/72	AH	193	140	87	44	48	92	214	261	249	127	129	167	1773	
	A	1.42	1.06	0.64	0.32	0.39	0.68	1.62	1.91	1.88	0.93	0.95	1.27		1.10
	AS	72.2	53.9	32.6	16.4	19.7	34.47	82.72	97.29	95.97	47.23	48.23	64.59		56.2

Tabelle 32

VEDEGGIO/BIOGGIO 90.08 km²
Mittlere Höhe: 945 m ü.M.

AH = Abflusshöhe in mm₃ · s⁻¹
A = Abflussmenge in m³ · s⁻¹ · km⁻²
AS = Abflussspende in l s⁻¹ · km⁻²

		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ	Mittel
1960/61	AH	550	310	250	65	45	102	126	85	184	75	47	24	1863	
	A	18.49	10.77	8.40	2.17	1.67	3.44	4.38	2.85	6.40	2.52	1.58	0.83		5.29
	AS	205.35	119.60	93.33	24.11	18.57	38.24	48.64	31.63	71.08	28.01	17.53	9.25		59.1
1961/62	AH	38	132	130	49	21	28	102	92	89	18	12	41	752	
	A	1.29	4.67	4.39	1.66	0.8	0.96	3.66	3.1	3.11	0.63	0.4	1.43		2.15
	AS	14.32	51.80	48.70	18.4	8.8	10.6	39.6	34.4	34.6	6.9	4.4	15.8		23.9
1962/63	AH	25	79	55	36	23	33	171	183	234	119	131	259	1348	
	A	0.84	2.74	1.85	1.22	0.85	1.13	5.93	6.14	8.14	4.02	4.41	8.98		3.85
	AS	9.3	30.4	20.5	13.5	9.4	12.5	65.8	68.2	90.4	44.6	48.7	99.75		42.7
1963/64	AH	117	373	102	48	41	29	190	94	140	53	30	21	1268	
	A	3.95	13.0	3.43	1.61	1.49	2.0	6.6	3.16	4.87	1.79	1.01	0.74		3.61
	AS	43.8	144.0	38.1	17.87	16.54	22.2	73.27	35.08	54.06	19.87	11.21	8.21		40.1
1964/65	AH	53	31	46	27	28	40	42	34	77	64	102	480	1029	
	A	1.78	1.06	1.55	0.92	1.06	1.45	1.47	1.15	2.66	2.17	3.44	16.69		2.94
	AS	19.76	11.77	17.21	10.21	11.77	16.10	16.32	12.77	29.53	24.09	38.19	185.28		32.6
1965/66	AH	289	36	26	20	59	47	151	189	133	160	127	43	1280	
	A	9.73	1.26	0.86	0.69	2.21	1.57	5.25	6.37	4.61	5.40	4.28	1.48		3.66
	AS	108.02	13.99	9.55	7.64	24.56	17.47	58.23	70.67	51.15	59.92	47.50	16.47		40.6
1966/67	AH	223	257	58	27	22	158	109	156	49	36	49	93	1236	
	A	7.51	8.92	1.94	0.91	0.82	5.32	3.77	5.26	1.70	1.20	1.64	3.23		3.53
	AS	83.40	98.98	21.52	10.08	9.13	59.06	41.86	58.43	18.89	13.38	18.18	35.86		39.2
1967/68	AH	125	141	56	24	53	70	163	252	124	62	69	219	1362	
	A	4.21	4.90	1.89	0.80	1.89	2.35	5.68	8.54	4.32	2.10	2.31	7.61		3.87
	AS	46.68	54.43	20.94	8.88	20.98	26.08	63.05	94.80	47.95	23.31	25.64	84.48		43.0
1968/69	AH	78	291	59	37	31	81	73	171	157	96	33	53	1161	
	A	2.61	10.11	1.98	1.23	1.16	2.73	2.55	5.76	5.47	3.23	1.11	1.84		3.31
	AS	28.97	112.23	21.98	13.65	12.88	30.31	28.31	63.94	60.76	35.81	12.36	20.46		36.8
1969/70	AH	31	61	39	49	32	48	136	160	59	31	30	39	714	
	A	1.05	2.11	1.31	1.65	1.20	1.60	4.73	5.37	2.04	1.04	1.02	1.35		2.04
	AS	11.64	23.40	14.56	18.32	13.32	17.76	52.51	59.60	22.65	11.54	11.28	14.99		22.6
1970/71	AH	33	75	55	35	47	80	140	9.71	7.57	2.47	2.40	1.31		3.30
	A	1.10	2.61	1.84	1.19	1.74	2.69	4.86	107.76	84.04	27.40	26.65	14.56		36.6
	AS	12.21	28.97	20.42	13.23	19.28	29.87	53.98	143	223	69	43	141	1229	
1971/72	AH	24	36	31	37	97	187	206	143	7.75	2.33	1.45	4.91		3.50
	A	0.81	1.26	1.06	1.06	3.50	6.29	7.15	53.37	85.96	25.84	16.13	54.46		38.9
	AS	9.05	14.01	11.75	11.75	38.85	69.67	79.36	154	183	71	62	121	1200	
1960/61 - 1971/72	AH	132	152	76	37	42	75	154	5.17	6.36	2.40	2.09	4.20		3.42
	A	4.45	5.28	2.54	1.26	1.53	2.53	4.66	57.43	70.60	26.63	23.15	46.65		38.0
	AS	49.35	58.58	28.22	13.94	17.04	28.10	51.73							

Tabelle 33

VEDEGGIO Jahressummen des Abflusses 1960/61 - 1971/72

		1960/61	61/62	62/63	63/64	64/65	65/66	66/67	67/68	68/69	69/70	70/71	71/72	Mittel
Abflusstation	AH	2642	1296	1950	1779	1900	1666	1709	2087	1654	1292	1480	1819	1773
ISONE	A	1.63	0.81	1.21	1.11	1.18	1.04	1.06	1.30	1.03	0.81	0.92	1.13	1.10
19.64 km²	AS	83.2	41.1	61.8	56.3	60.2	52.8	54.2	66.0	52.4	41.0	46.9	57.5	56.2
SCHWANKUNGSKOEFFIZIENT = 2.04														
Abflusstation	AH	1863	752	1348	1268	1029	1280	1236	1362	1161	714	1154	1229	1200
BIOGGIO	A	5.29	2.15	3.85	3.61	2.94	3.66	3.53	3.87	3.31	2.04	3.30	3.50	3.42
90.08 km²	AS	59.1	23.9	42.7	40.1	32.6	40.6	39.2	43.0	36.8	22.6	36.6	38.9	38.0
SCHWANKUNGSKOEFFIZIENT = 2.61														
Differenz	AH	1751	600	1180	1149	786	1172	1104	1160	1024	553	1063	1064	1050
BIOGGIO-ISONE	A	3.91	1.34	2.63	2.56	1.75	2.62	2.46	2.59	2.29	1.23	2.37	2.37	2.34
70.44 km²	AS	55.5	19.0	37.4	36.3	24.9	37.2	35.0	36.7	32.5	17.5	33.7	33.6	33.3
SCHWANKUNGSKOEFFIZIENT = 3.16														

3.3.1. Isona

Beobachtungsdauer: 1960/61 - 1971/72 = 12 Jahre

Mittlere Abfluss-Höhe	AH	1773 mm
Mittlere Abfluss-Menge	A	1.10 m ³ s ⁻¹
Mittlere Abfluss-Spende	AS	56.20 l s ⁻¹ km ⁻²
Mittlere Abfluss-Masse		34.82 Mio m ³

Die mittlere Abfluss-Höhe wird in den 12 Beobachtungsjahren je 6 mal über- und unterschritten. Der Ausschlag nach oben ist nur im ersten Jahr mit 49 % über dem Mittel extrem gross, in den andern "Überschuss-Jahren" hält er sich innerhalb der 17 %-Grenze. Ebenfalls 17 % weicht der Minimal-Abfluss von 1969/70 nach unten vom Mittelwert ab.

Unsere Beobachtungsreihe beginnt mit einem aussergewöhnlich hohen Jahresabfluss, der hauptsächlich durch die immensen Abflüsse der Monate Oktober, November und Dezember 1960 verursacht wird. Die Abflusshöhe dieses ersten Vierteljahres beträgt 1459 mm oder 87.4 % des langjährigen Mittels, bzw. 58.6 % des Jahres-Abflusses 1960/61. Gleich darauf folgt ein erstes Minimum im Jahre 1961/62. Die folgenden 6 Jahre zeigen ein ausgeglichenes A-Geschehen, das in seiner Gesamtheit leicht über dem Mittelwert liegt. Ab Herbst 1968 beginnt eine dreijährige Defizitperiode, die ihren Tiefpunkt im absoluten Jahres-Minimum von 1969/70 erreicht. Das hydrologische Jahr 1971/72 liegt mit einer A-Höhe von 1819 mm nur 2.5 % über dem 12-jährigen Mittel.

3.3.2. Bioggio

Mittlere Abfluss-Höhe	AH	1200 mm
Mittlere Abfluss-Menge	A	3.42 m ³ s ⁻¹
Mittlere Abfluss-Spende	AS	38.00 l s ⁻¹ km ⁻²
Mittlere Abfluss-Masse		108.10 Mio m ³

Die Kurve der Jahresabflüsse verläuft während der ersten 4 und der letzten 5 Jahre fast parallel zu derjenigen von Isona: extrem hoher Wert von 1960/61 mit einer 55 %-igen Überschreitung des Mittelwertes und anschliessend ein erster Minimalwert von 27 % Defizit gegenüber dem Mittelwert.

Der absolut tiefste A-Wert beträgt 1969/70 genau die Hälfte des Mittelwertes.

Auffallend ist das Divergieren der beiden Kurven ab 1963/64. Isona hat gegenüber dem Vorjahr mehr und Bioggio weniger Abfluss. Die gegengleiche Bewegung im folgenden Jahr und das nochmalige Auseinanderstreben der Kurven 1966/67 können nur durch unterschiedliches N-Geschehen in den beiden Teilgebieten erklärt werden. Die Beziehungen zwischen N + A sollen im nächsten Kapitel näher untersucht werden.

Berechnet man die Differenz zwischen den Werten von Bioggio und Isona, so erhält man Auskunft über das Gebiet zwischen den beiden Stationen, welches die ganze Ceneri-Talung, die E-Hänge des Tamaro-Gradic-

cioli-Massivs sowie den Hauptteil des Val d'Isonne umfasst und 70.44 km² Fläche beinhaltet. Dieses Teilgebiet sei im folgenden Δ Bioggio-Isonne genannt.

3.3.3. Δ Bioggio - Isonne

Mittlere Abfluss-Höhe	AH	1050 mm
Mittlere Abfluss-Menge	A	2.34 m ³ s ⁻¹
Mittlere Abfluss-Spende	AS	33.34 l s ⁻¹ km ⁻²
Mittlere Abfluss-Masse		73.96 Mio m ³

Die Kurve der jährlichen Abfluss-Werte verläuft streng parallel zu derjenigen des Gesamtgebietes. Dieses Resultat ist vorgegeben, sind doch die Wertepaare stark autokorreliert und beträgt doch der Flächeninhalt des Teilgebietes Δ Bioggio-Isonne gut das 3.5-fache des oberen Einzugsgebietes.

3.3.4. Kontribution der Teilgebiete zur Abfluss-Masse

A-Station BIOGGIO	90.08 km ² = 100 ‰	108.10 Mio m ³ = 100 ‰
A-Station ISONE	19.64 km ² = 21.8 ‰	34.82 Mio m ³ = 32 ‰
Δ Bioggio - Isonne	70.44 km ² = 78.2 ‰	73.96 Mio m ³ = 68 ‰

Das Gebiet des Alto Vedeggio liefert mit einem Fünftel Flächenanteil rund einen Drittel der Abflussmenge in Bioggio. Dieser überdurchschnittliche Anteil kommt dank der hohen Abflussspende des obersten Einzugsgebietes zustande. GYGAX ermittelte im MALCANTONE für die Jahre 1939 - 1944 eine mittlere Abflussspende von 45.59 l s⁻¹km⁻².

Die sehr niedrige A-Spende des Gebietes von Isonne bis Bioggio bedarf einer Ergänzung: In einer ersten provisorischen Berechnung von 1963 hat Herr Prof. Gyax für diese Gebiet folgende Resultate erhalten:

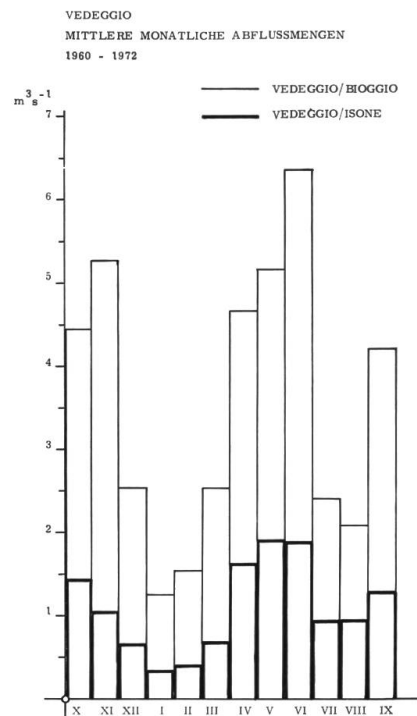
AS für Gebiet Isonne-Sigirino (33 km ²)	= 50 l s ⁻¹ km ⁻²
AS für Gebiet Sigirino-Bioggio (37 km ²)	= 8.3 l s ⁻¹ km ⁻²

In Bioggio besteht ein Defizit von 77 ‰ des theoretisch möglichen Abflusses aus dem Gebiet Sigirino-Bioggio.

SCHWAB hat dann in seiner eingehenden Untersuchung über die Grundwasserschwankungen des Val d'Agno herausgefunden, dass nur der kleinste Teil des Niederschlages der Gegend unterhalb Sigirino als Oberflächenwasser abfließt. Der Grossteil des Niederschlages versickert und speist die Grundwasservorkommen der Vedeggio-Ebene.

Diese Erkenntnisse belegen, dass der allein aus den Abflusswerten errechnete Wert für die Abflussspende des Gebietes Δ Bioggio - Isonne zu klein ist. Eine differenzierte Berechnung ist aber nicht möglich, da die nötigen Messungen fehlen.

3.4. Der monatliche Abfluss



Figur 21

3.4.1. Isona

Deutlich hebt sich die dreimonatige Periode vom April bis Juni mit dem absoluten Maximum im Mai von den benachbarten Monatswerten ab. Fast auf gleiche Abflussmengen wie der Mai kommt der Juni, und auch der April bringt mengenmässig 85 % des abflussreichsten Monats. Das sprunghafte Ansteigen der A-Menge vom März zum April ist auf die Schneeschmelze zurückzuführen. Das Maximum im Mai kann aber nicht mehr durch Schmelzwasser-Zuschüsse allein erklärt werden, vielmehr muss es mit den in der gleichen Periode fallenden hohen Niederschlagswerten in Verbindung gebracht werden: Der Boden ist nach der Schneeschmelze und den recht ergiebigen April-Regen total gesättigt; die Mai-Niederschläge kommen somit im Verlaufe des gleichen und des folgenden Monats vollumfänglich zum Abfluss. Im Juni steuern die Gewittergüsse zusätzlich einen erheblichen Teil zum Direkt-Abfluss bei.

Der Rückgang der Wasserführung um fast die Hälfte der Juni-Menge im Juli und August ist viel grösser als der entsprechende Niederschlags-Rückgang. Das Sommer-Minimum lässt sich nur erklären, wenn eine neue Komponente, die *Verdunstung*, herangezogen wird.

Dem allmählichen Ansteigen in den Herbstmonaten bis zum Herbst-Maximum im Oktober folgt ein ebenso ausgeglichenes Absinken der Abflussmengen in den Wintermonaten.

Das absolute Minimum im Januar und ein fast gleich tiefer Wert im Februar decken sich mit den kältesten Monaten.

In den Monaten Dezember bis Februar kam es in Isona gelegentlich vor, dass die Limnigraphenstation einfrore und nicht mehr funktionierte. Trotzdem konnten die A-Werte mit grosser Genauigkeit auch während dieser Zeit erfasst werden, wurde doch der Pegelstand wöchentlich abgelesen.

3.4.2. Bioggio

Der Gang der mittleren monatlichen Abfluss-Werte in BIOGGIO ist viel sprunghafter und unausgeglichener als derjenige von Isona. Deutlich an der Spitze steht der Monat Juni mit dem absoluten Maximum von $6.36 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Das absolute Minimum im Januar bringt mit $1.26 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ nur 19.8 % des Juni-Wertes. Sehr ausgeprägt ist das Sommer-Minimum im Juli-August. Der August-Wert beträgt 32.8 % des Maximalwertes und liegt an drittletzter Stelle aller Monatssummen. Im Einzugsgebiet des Vedeggio von Isona bis Bioggio beeinflusst die Verdunstung während der Sommermonate das Abflussgeschehen bedeutend mehr als im höher gelegenen Gebiet des Alto Vedeggio.

Das massive Ansteigen der A-Mengen im September und vor allem das Sekundär-Minimum im August zeigen deutlich, dass für unser Gebiet der 1. September der günstigste Termin für den Beginn bzw. das Ende des hydrologischen Jahres wäre. Begründung: Die Rücklagen sind zu diesem Zeitpunkt am meisten erschöpft. Der neue Jahresrhythmus beginnt mit dem Einsetzen der ertragreichen September-Niederschläge.

3.5. Schwankungen

3.5.1. Jahres-Schwankungen

Auf Tabelle 31 sind die Werte der 12-jährigen Periode zusammengestellt. Die Extremwerte für die einzelnen Stationen lauten :

ISONA	Maximum mit 264.2 cm A-Höhe 1960/61
	Minimum mit 129.2 cm A-Höhe 1969/70
BIOGGIO - ISONA	Maximum mit 186.3 cm A-Höhe 1960/61
	Minimum mit 71.4 cm A-Höhe 1969/70
BIOGGIO	Maximum mit 175.1 cm A-Höhe 1960/61
	Minimum mit 55.3 cm A-Höhe 1969/70

Die Schwankungskoeffizienten steigen von 2.0 für Isona über 2.16 für das gesamte Einzugsgebiet des Vedeggio auf 3.16 für das Differenzgebiet Bioggio - Isona. Daraus geht hervor: je kleiner die mittlere Höhe des Gebietes ist, desto grösser wird der Schwankungskoeffizient seines A-Geschehens. Die geringen A-Schwankungen der Alpenflüsse werden von WUNDT als normal bezeichnet, da die Schneerücklagen eine regulierende Funktion auf das A-Geschehen ausüben.

Klammert man das aussergewöhnliche Maximum von 1960/61 aus, so lauten die Schwankungskoeffizienten:

ISONE	1.6
BIOGGIO	1.9
Δ BIOGGIO - ISONE	2.1

Auch so kommt die oben erwähnte Beziehung zwischen dem Schwankungskoeffizienten und der mittleren Höhe noch deutlich zum Ausdruck. Die niedrigeren Werte entsprechen eher dem wahren « Charakter » des Vedeggio. Die mächtigen Lockermassen bis hinauf zu den Quellbächen, der grosse Flächenanteil des Hochwaldes ($> 30\%$) und die in den letzten 10 bis 15 Jahren rapid zunehmende Vergandung fast aller Alpen lassen im allgemeinen extreme Schwankungen gar nicht zu. Die ABFLUSS-MASSEN betragen für die Maximalwerte in ISONE 51.88 Mio m³ (1960/61) und in BIOGGIO 167.82 Mio m³ (1960/61) ; die MINIMALWERTE in ISONE 25.37 Mio m³ und in BIOGGIO 64.32 Mio m³.

3.5.2. Monats-Schwankungen

In ISONE stellen sich die Extremwerte, vor allem die Maximal-Werte, mit einer verblüffenden Regelmässigkeit ein: bis 1964/65 trafen 4 von 5 Maxima im Herbst ein, eines im April; ab 1965/66 war der MAI sechsmal in der Folge der abflussreichste Monat, 1971/72 war es der Juni. Die Minima fallen in 10 von 12 Messungen auf die kälteste Jahreszeit. 2 Minimal-Werte wurden im Herbst registriert.

BIOGGIO hat eine grössere Variationsbreite: die Maxima traten zweimal im September, je dreimal im Oktober, November und Mai und einmal im Juni auf. Die wesentlich grösseren Verdunstungsverluste und der geringere Anteil an lokalen Aufstiegsniederschlägen manifestieren sich darin, dass in BIOGGIO die MINIMAL-Werte je zweimal im August, September und Oktober auftraten. Die andern 6 Minima fielen in die kalte Jahreszeit.

Die Maximal-Werte der beiden Stationen sind in den 12 Jahren 8mal synchron im gleichen Monat aufgetreten, die Minimal-Werte 7mal.

Der mittlere monatliche Schwankungskoeffizient von 12.1 bzw. 12.3 bestätigt den gemässigten Abfluss-Charakter des Vedeggio.

Die monatliche A-MASSE beträgt für den Maximal-Wert in ISONE (Oktober 1960) : 18.56 Mio m³. Das sind 73.2 % der minimalen Jahres-A-Masse von 1960/70.

Für BIOGGIO gilt: monatliche A-Masse des Maximal-Wertes = 49.54 Mio m³ = 77 % der minimalen Jahres-A-Masse von 1969/70.

Tabelle 34

VEDEGGIO / ISONE 19.64 km² DIE MONATLICHEN MAXIMA UND
 VEDEGGIO / BIOGGIO 90.88 km² MINIMA DER JAHRE 1960/61 - 1971/72
 Abflusshöhen in mm

Jahre		Maximum		Minimum		Schw. koeff.
		Monat	mm	Monat	mm	
1960/61	ISONE	Okt.	945	Sept.	31	30.4
	BIOGGIO	Okt.	550	Sept.	24	22.9
1961/62		April	259	Febr.	22	11.8
		Nov.	132	Aug.	12	11.0
1962/63		Sept.	434	Jan.	19	22.8
		Sept.	259	Febr.	23	11.3
1963/64		Nov.	388	Febr.	37	10.5
		Nov.	373	Sept.	21	17.8
1964/65		Sept.	484	Jan.	68	7.1
		Sept.	480	Jan.	27	17.8
1965/66		Mai	253	Jan.	23	11.0
		Okt.	289	Jan	20	14.5
1966/67		Mai	264	Febr.	37	7.1
		Okt.	223	Febr.	22	10.1
1967/68		Mai	347	Jan.	37	9.4
		Mai	252	Jan.	24	10.5
1968/69		Mai	344	Febr.	29	11.9
		Nov.	291	Febr.	31	9.4
1969/70		Mai	280	Febr.	45	6.2
		Mai	160	Aug.	30	5.3
1970/71		Mai	362	Dez.	46	7.9
		Mai	287	Okt	33	8.7
1971/72		Juni	395	Okt.	42	9.4
		Juni	223	Okt.	24	9.3
Mittel			396		36	12.1
			293		24	12.3
extreme Schwankungskoeffizienten :			ISONE	49.7		
			BIOGGIO	45.8		

3.5.3. Kurzfristige Schwankungen

3.5.3.1. Tägliche Schwankungen

Tabelle 35

VEDEGGIO / ISONE 19.64 km²

EXTREME TAGESMITTEL DES ABFLUSSES 1960/61 - 1971/72
in m³s⁻¹

absolutes MAXIMUM				absolutes MINIMUM			
Jahr	Monat	Tag	Menge	Monat	Tag	Menge	Schw. koeff.
1960/61	Juni	1.	12.20	Sept.	30.	0.16	76.3
1961/62	April	18.	7.30	Sept.	30.	0.14	52.1
1962/63	Sept.	2.	8.72	Okt.	4.	0.10	87.2
1963/64	Nov.	4./5.	8.24	Jan.	7./8.	0.17	48.5
1964/65	Sept.	10.	6.77	Jan.	25.	0.43	15.7
1965/66	Juni	19.	8.90	Jan.	31.	0.12	74.2
1966/67	März	11.	4.96	Jan.	27.	0.14	35.4
1967/68	Mai	6.	6.03	Jan.	29.	0.24	25.1
1968/69	Nov.	3.	9.63	Febr.	19.	0.16	60.2
1969/70	April	26.	6.14	Jan.	1.	0.16	38.4
1970/71	Aug.	27.	6.70	Dez.	31.	0.21	31.9
1971/72	Juni	12.	7.70	Jan.	31.	0.26	29.6
Mittel			7.77			0.19	47.9
extremer Schwankungskoeffizient 122							

Diese Werte haben einige Bedeutung für die Praxis: bei Flussverlegungen wie sie im Zusammenhang mit dem Autobahnbau in der Ceneri-Talung vorgenommen wurden, muss berücksichtigt werden, dass der Vedeggio innerhalb von 24 h 8640 m³ oder auch 1 Mio m³ Wasser bringen kann.

Die Werte (Tab. 35) sind Tagesmittel und sind im ersten Schritt innerhalb des gleichen Jahres miteinander verglichen.

Nimmt man die 2 Extrem-Tagesmittel, so ergibt sich der Schwankungskoeffizient von 122. Noch wichtiger für die Praxis ist die Kenntnis der absoluten Extreme, der Hochwasser-Spitzen. Am 16. Juli 1973 erreichte die Spitze den Pegelstand von 150, was einer Wasserführung von ± 35

m^3s^{-1} entsprechen dürfte. Vergleichen wir diesen Wert mit dem kleinsten Tagesmittel, so erhalten wir:

gemessener, extremer Schwankungskoeffizient: 350

3.5.3.2. *Hochwasser-Spitze*

Die absolut grösste Abflussspitze während der letzten 13 Jahre erreichte der Vedeggio am 26. August 1971. Die A-Menge kann nur geschätzt werden, da durch die enormen Wassermassen die Messtation in Bioggio total zerstört, und der Limnigraph von Isonne für einige Tage ausser Betrieb gesetzt wurde. In Isonne stieg der Pegel innerhalb von 4 h von Kote 30 auf > 200 ! Vorsichtige Schätzungen ergaben eine Wasserführung von $50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

3.5.3.3. *Schmelzwasser-Abfluss*

In den Monaten März bis April treten regelmässig tägliche Schwankungen auf, die durch das Abschmelzen der Schneereserven verursacht werden. In ISONNE wird das Maximum zwischen 18 Uhr und 19 Uhr erreicht, das Minimum stellt sich um 12 Uhr ein. In BIOGGIO wird das Maximum zwischen 22 und 24 Uhr, das Minimum um 13 Uhr registriert.

3.5.4. *Die Dauerlinien*

Am Ende eines jeden Kalenderjahres wird eine Dauerlinie des Abflusses erstellt.

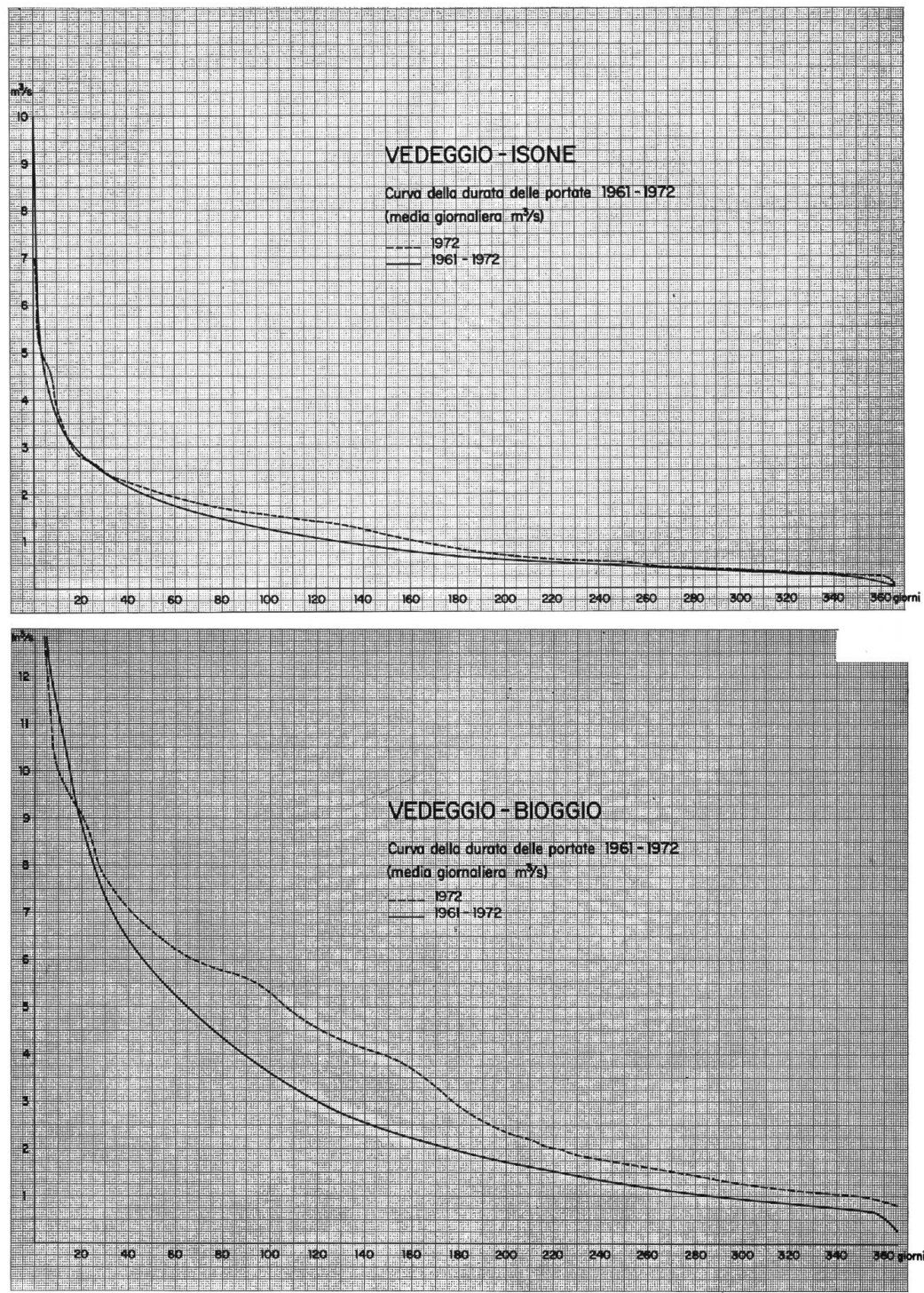
Diese Linien geben Auskunft über die an n-Tagen erreichten oder überschrittenen Tagesmittel.

Die Dauerlinie 1961 - 1972 von Isonne (Figur 22) wird wie folgt interpretiert: während ca. 80 Tagen pro Jahr sind mindestens $1.5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ oder mehr als tägliches Abfluss-Mittel zu erwarten ; oder, während 240 Tagen pro Jahr überschreitet der Vedeggio im langjährigen Mittel das Tagesmittel von $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Auf Figur 23 kommt deutlich zum Ausdruck, dass das Kalenderjahr 1972 abflussmässig bedeutend über dem langjährigen Mittel liegt: z.B.

$$\begin{array}{lcl} \text{Tagesmittel} = 5 \text{ m}^3\text{s}^{-1} & \text{für 1972} & = 105 \text{ mal erreicht} \\ & \text{für 1961 - 72} & = 65 \text{ mal erreicht.} \end{array}$$

Die gleiche Figur zeigt auch, dass in Bioggio zu jedem Zeitpunkt mit einem Mindestabfluss von $0.25 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ gerechnet werden kann.



Figur 22 + 23

3.5.5. Der Abfluss aus dem Van Caneggio

Parallel zu den Pluviographenaufzeichnungen in Isona und den Einzelniederschlagsmessungen in Caneggio wurde bei Ponte di Castello der Pegelstand des Caneggio-Baches täglich abgelesen. Die wichtigsten Resultate lauten:

FIUME DI CANEGGIO

25.V.1969 - 30.IX.1969

Fläche 6.8 km² = 34 ‰ Einzugsgebiet Isona

N-Caneggio 952 mm = 127 ‰ N-Isona

AH-Caneggio 856 mm / AH-Isona = 658 mm

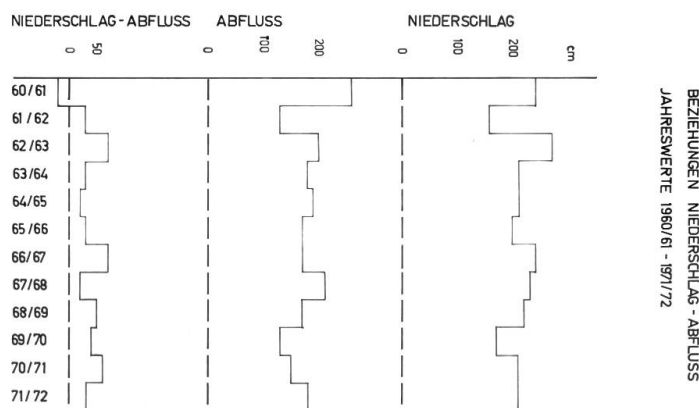
N-Masse Caneggio 5.8 Mio m³ / N-Masse Isona = 12.9 Mio m³

Das Val Caneggio lieferte mit 34 ‰ Flächenanteil 22 ‰ des Abflusses.

4. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN NIEDERSCHLAG UND ABFLUSS

4.1. Die Relationen zwischen den Jahreswerten

In Figur 24 sind die Beziehungen der 2 × 12 Jahreswerte zueinander graphisch dargestellt. Es fällt auf, dass zwischen Niederschlag und Abfluss ein sehr enger Zusammenhang besteht.



Figur 24

Da während unserer Beobachtungsperiode sowohl « nasse » als auch « trockene » Jahre registriert wurden, kommt das synchrone Reagieren der N- und A-Kurve deutlich zum Ausdruck. Das Jahr 1960/61 fällt aus der Reihe, da die absolute A-Höhe die N-Höhe übersteigt. Dieses Verhältnis widerspricht der Norm.

Die Erklärung zu dieser sehr selten vorkommenden Jahresbilanz findet sich in den Niederschlagshöhen der letzten Monate des Vorjahres:

LUGANO erhielt in den Monaten August und September

1960 volle 47 ‰ des mittleren Jahresniederschlages !

BELLINZONA erhielt 52 ‰.

Ein Grossteil dieser N-Massen kam erst im Oktober zum Abfluss und "verfälschte" somit unsere Bilanz von 1960/61 entscheidend.

1967/68 nimmt der A relativ mehr zu als der N. Hier sind ebenfalls Reserven aus dem Vorjahr im Spiel.

4.1.1. Die statistischen Berechnungen

Die Abhängigkeit der Abflusshöhen von den Niederschlagshöhen wurde ebenfalls mit statistischen Methoden untersucht. Sämtliche vorhandenen

N- und A-Werte wurden dem Computer der BEDAG zur Verarbeitung "gefüttert". Hier möchte ich Herrn Dr. Dettwiler vom Geographischen Institut herzlich danken für seine Ratschläge und für das Zusammenstellen der Programm-Karten.

4.1.2. Beziehungen Niederschlag-Abfluss

Hydrolog. Jahre

AH-ISONNE	= 0.697 N-Gebiet + 235 mm	k = 0.79
	= 0.828 N-Senestro + 189 mm	k = 0.80
	= 0.853 N-Bellinzona + 409 mm	k = 0.87
	= 0.853 N-Isonne + 0.260 N-Caneggio + 193 mm	
AH-BIOGGIO	= 0.793 N-Serdena — 502 mm	k = 0.78
	= 0.835 N-Bellinzona — 94 mm	k = 0.81
	= 0.943 N-Serdena — 0.706 N-Pianscuro + 0.406	
	N-Caneggio — 263 mm	
AH-BIOGGIO-ISONNE	= 0.793 N-Serdena — 652 mm	k = 0.74
	= 0.811 N-Bellinzona — 207 mm	k = 0.74

Die Abhängigkeiten sind nicht so eng wie es erwartet wurde. Wie ich bereits in Kapitel "Niederschläge" erwähnt habe, lag während unserer Beobachtungsperiode der 1. Oktober oft sehr ungünstig in bezug auf den Abschluss bzw. Neubeginn einer hydrologischen Bilanzphase. Der ideale Zeitpunkt für einen Abschluss wäre in unserem Fall der 1. September gewesen.

Da in den meisten Jahren Kontrollmessungen im Juli/August vorgenommen wurden, verwendete ich diese Werte zu einer weiteren Untersuchungsreihe. Die Resultate:

4.1.3. Beziehungen Niederschlag-Abfluss

Übergreifende hydrolog. Jahre

AH-ISONNE	= 0.987 N-Isonne — 87 mm	k = 0.99
	= 0.942 N-Senestro — 85 mm	k = 0.99
	= 1.352 N-Isonne — 0.296 N-Caneggio — 88 mm	
AH-BIOGGIO	= 0.612 N-Senestro + 10 mm	k = 0.99
	= 0.701 N-Bellinzona + 120 mm	k = 0.99
	= 0.120 N-Senestro — 0.438 N-Serdena — 20 mm	

Die Beziehungen dieser Wertepaare sind sehr eng. Ich habe immer nur die besten Relationen herausgeschrieben. Der Prozentanteil der Gesamtvariabilität beträgt in allen obigen Formeln mehr als 98 %, d.h. in 98 von 100 Fällen lässt sich der Abfluss der Periode 1. September - 31. August

mit Sicherheit aus den in der gleichen Zeit erfolgten Niederschlägen erklären.

4.1.4. Abflusskoeffizienten

Tabelle 36

VEDEGGIO / ISONE 19.64 km²

ABFLUSSKOEFFIZIENTEN

Jahr	N mm	A mm	A-Koeffizient ‰
1960/61	2391	2642	110.5
1961/62	1563	1296	82.9
1962/63	2699	1950	72.2
1963/64	2130	1779	83.5
1964/65	2113	1900	89.9
1965/66	2026	1666	82.2
1966/67	2432	1709	70.3
1967/68	2305	2087	90.5
1968/69	2214	1654	74.7
1969/70	1656	1292	78.0
1970/71	2093	1480	70.7
1971/72	2142	1819	84.9
1960/61 - 1971/72			82.53

Der A-Koeffizient gibt den Prozentanteil des Gesamtabflusses am Gesamtniederschlag an. Der mittlere A-Koeffizient beträgt für das Gebiet des Alto-Vedeggio 82.53 ‰. Die Schwankungen sind mit 40.2 ‰ sehr hoch, was sich aus der südlichen Lage, der kleinen Fläche und der geringen mittleren Höhe ü.M. erklären lässt.

Abflusskoeffizienten anderer Gebiete :

Tessin :	70.7 ‰	BROCKMANN
Magliasina :	72.0 ‰	GYGAX
Greina :	87.3 ‰	WITSCHI
Verzasca :	83.3 ‰	GRUETTER

4.2. Die Relation zwischen den Monatswerten

Die Monatswerte des Abflusses sind genau erfasst. Schwieriger ist es, die entsprechenden Werte für den Gebietsniederschlag zu bestimmen. Mit Hilfe der prozentualen Niederschlagsverteilung der Station Isonne — als Kontrollfaktor zog ich noch die gleichen Werte von Bellinzona bei — wurde der jeweilige Jahresniederschlag auf die einzelnen Monate verteilt.

In Figur 24 sind die Mittelwerte dargestellt. Die Kurven 1 und 2 wurden bereits besprochen. Kurve 3 zeigt die Bilanz. Sie schliesst eindeutig positiv ab, d.h. nicht alle Niederschläge flossen ab. Die Aktivposten sind

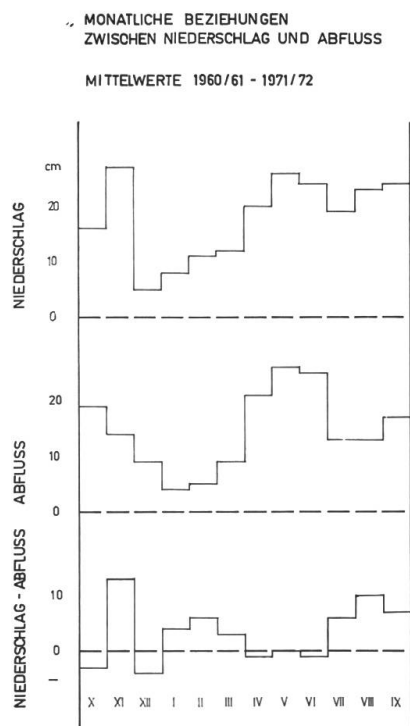
Tabelle 37

VEDEGGIO/ISONE

PROZENTUALE VERTEILUNG VON N + A

1960/61 - 1971/72	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σ
Niederschlag	7.5	12.5	2.5	3.6	5.2	5.7	9.1	12.1	11.3	8.8	10.6	11.1	100
Abfluss	10.9	7.9	4.9	2.5	2.7	5.2	12.1	14.7	14.0	7.2	7.3	9.4	100

den Reserven und der Verdunstung zuzuordnen. Im Verlaufe eines Jahres werden die Reserven hauptsächlich in den Monaten November, Januar, Februar und März geöffnet. Die N-Überschüsse der Sommermonate Juli bis September werden grösstenteils durch die Verdunstung absorbiert. Die grossen Zehrperioden sind Dezember, April bis Juni und Oktober.



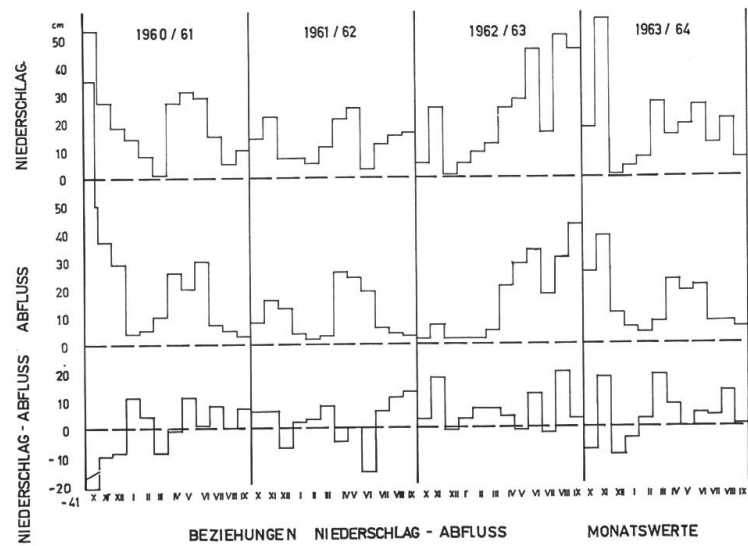
Figur 25

Auf den Figuren 25 bis 28 sind die Beziehungen der einzelnen Monate dargestellt.

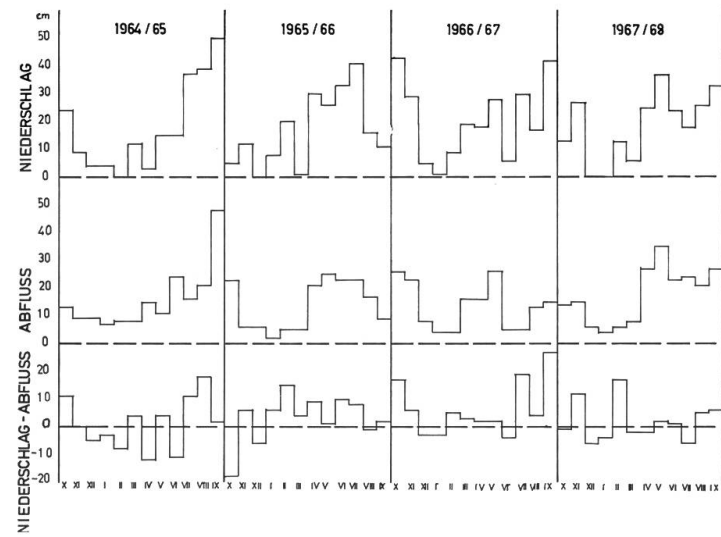
Der erste Monat, Oktober 1960 fällt total aus dem Rahmen : rund doppelt soviel Abfluss wie Niederschlag !

Der Verdacht, es sei falsch gemessen worden, wird durch folgende Tatsachen entkräftet :

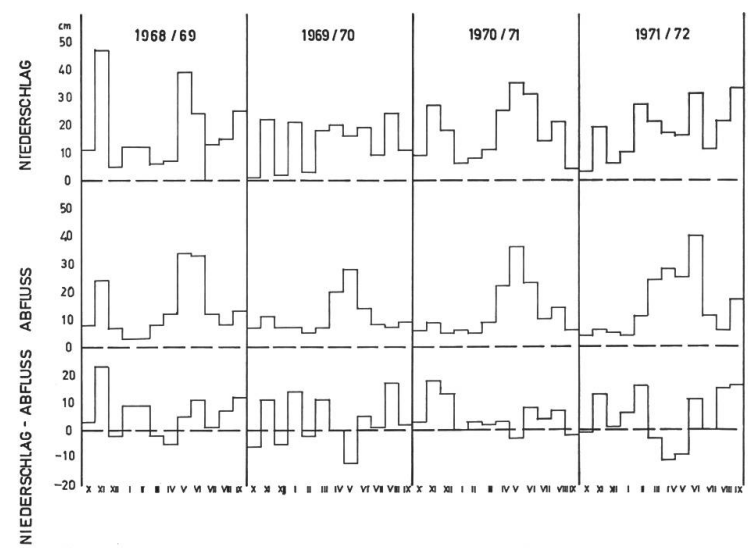
	BELLINZONA	LUGANO	CRANA-TORRICELLA
N August 1960	360 mm	356 mm	540 mm
N September	449 mm	440 mm	635 mm
Σ	809 mm	796 mm	1175 mm
% - Jahresmittel	52 ‰	47 ‰	56 ‰



Figur 26



Figur 27



Figur 28

Der Niederschlag der 2 vorangehenden Monate erreichte also mehr als die Hälfte der mittleren Jahressumme. Wenn man dazu in Betracht zieht, dass der Boden unseres Untersuchungsgebietes der mächtigen Lockermassen wegen einen sehr hohen Retentionsgrad besitzt, so wird es durchaus glaubhaft, dass der Grossteil der August- und September-N erst im Oktober zum Abfluss kamen. Das *N a c h h i n k e n* der monatlichen A-Kurve gegenüber kräftigen Ausschlägen der N-Kurve ist ein weiterer Beweis für die grosse Retentionsfähigkeit unseres Gebietes.

Nach Trockenperioden fliessen sehr wenig N direkt ab, weil die Rücklagen aufgefüllt werden, andernseits spendet der Alto Vedeggio noch weit in Trockenperioden hinein überdurchschnittliche A-Werte aus eben diesen Rücklagen.

4.3. DIE RESULTATE DER JAHRE 1972/73 und 1973/74

<i>Niederschlag</i>		1972/73	1973/74
Senestro		145.7 cm	
Pianscuro		175.7 cm	159.0 cm
Caneggio		176.0 cm	151.4 cm
Serdena		176.7 cm	138.0 cm
Gebiet		174.1 cm	147.5 cm
<i>Abfluss</i>			
ISONE	AH	139.53 cm	143.1 cm
	A	0.88 m ³ s ⁻¹	0.89 m ³ s ⁻¹
	AS	44.2 l s ⁻¹ km ⁻²	45.4 l s ⁻¹ km ⁻²
BIOGGIO	AH	89.9 cm	59.2 cm
	A	2.58 m ³ s ⁻¹	1.69 m ³ s ⁻¹
	AS	28.7 l s ⁻¹ km ⁻²	18.8 l s ⁻¹ km ⁻²

Niederschlagsmässig liegen beide Jahre weit unter dem langjährigen Durchschnitt. Die Folge davon ist ein neues A-Minimum für Bioggio im Jahre 1973/74.

SCHLUSSBEMERKUNG

Die jährlichen Beziehungen zwischen N und A über längere Perioden (Jahr und länger) sind sehr eng ; grosse Schwankungen sind wegen geringer mittlerer Höhe und kleinem Einzugsgebiet relativ häufig anzutreffen. Die kurzfristigen, (monatlichen + täglichen) Perioden zeigen wegen der grossen Retentionsfähigkeit des Bodens = Verzögerung des Abfluss-Geschehens, keine enge Relation zwischen N und A.