Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 66 (1974)
Heft: 4-5

Artikel: Das Hochwasser vom November 1972
Autor: Windel, Albrecht
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921249

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: 15.10.2025

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

Das Hochwasser vom November 1972

DK 627.517

Albrecht Windel

Der geneigte Leser wird vielleicht erstaunt sein, hier einer Betrachtung über ein Geschehen zu begegnen, das seine Tagesaktualität bereits verloren zu haben scheint. Aktuell oder zeitnah ist eine relative Umschreibung. Den Kostenträgern von Sanierungsmassnahmen nach dem September 1968 zum Beispiel ist das Hochwasser 1968 auch noch heute in bester Erinnerung. Aus den Methoden der angewandten Statistik reiner Zufälle (wie Münz- oder Kugelwurf) wissen wir, dass ein seltenes und aussergewöhnliches Ereignis innerhalb langer Zeitabschnitte gleicher Dauer kaum öfter als vier Mal eintreten kann. Es ist also immer fraglich, ob wir ein solches Ereignis je erleben werden. Verweilen wir also bei dem, was sicher noch in unserem Bewusstsein vorhanden ist. Der Ansatz zu Aussergewöhnlichem ist auch in weniger seltenen Ereignissen bereits enthalten. Und schliesslich befinden sich die «Bestseller 1972», nämlich die Annalen der Niederschläge, Abflüsse und Wasserstände, immerhin noch in der Drucklegung und werden erst beim Lesen «aktuell» werden.

Niederschlag und Abfluss sind Wendepunkte innerhalb von komplizierten Kreisläufen, die wir als den Wasserhaushalt der Natur bezeichnen. Die Haushaltbilanz wird beeinflusst durch:

Klimatische Faktoren:

- Lokale, regionale, zeitliche Verteilung des Niederschlags
- Länge der regenfreien Pausen
- Extremwerte in Trocken- und Nassjahren
- Anteil des Schnees am Niederschlag
- Luftfeuchtigkeit, Luft- und Bodentemperaturen
- Verdunstungswerte
- Sonnentage, Frost- und Eistage

Geologisch-bodenkundliche Faktoren:

- Bodenartliche und bodentypologische Ausprägung des Bodenprofils
- Durchlässigkeit des Bodens und des oberflächennahen Ausgangsgesteins
- Flurabstand des Grundwassers und Grundwasserspiegel-Schwankungen

Geographische Faktoren:

- Morphologie, Exposition und Geländeneigung
- Gewässer (Flüsse, Seen, Talsperren, Moore, Sümpfe)
- Dauer und Häufigkeit der Ueberschwemmungen der Talauen
- Grösse der überschwemmten Flächen und Stauhöhen
- Verteilung von Wald (Laub-, Misch- oder Nadelwald), Grünland und Acker (Anbauart und Fruchtfolge)

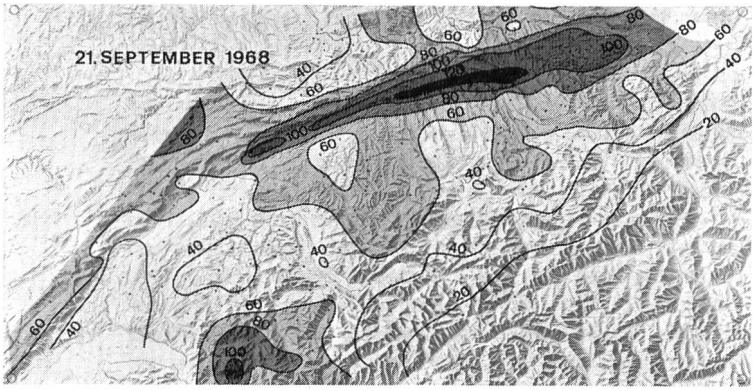
Obwohl in den humiden Zonen unseres Planeten der Niederschlag den Abfluss immer übertrifft, ist im grossen und auf lange Zeit gesehen die Bilanz stets ausgeglichen. Die Biosphäre lebt letztlich von einer scheinbaren «Verlustgrösse», von dem also, was nicht abfliesst. In dem Verhalten dieser dritten Grösse wird die Umkehrung oder summarisch der ganze Verwandlungs- und Erneuerungsprozess sichtbar. Leider ist diese Grösse, der vielfältigen Aspekte und Beziehungen wegen, am wenigsten quantitativ erfassbar. Kein Wunder, dass man sich an das Messbare, zum Beispiel an den Niederschlag und den Abfluss, hält. Am ehesten ist noch der Abfluss «in den Griff» zu bekommen. Mit zunehmender Verfeinerung mathematischer Denkmodelle und der Entwicklung einer Datenverarbeitungs-Technik wurde es möglich, hydrologische Grössen in Funktion der Zeit zu analysieren, das heisst den Gang des Geschehens auf seine bewirkenden Komponenten wie Trend, periodischen und Zufallsanteil zu untersuchen. Eine derart «bereinigte» Ganglinie oder Zeitreihe kann jetzt simuliert und mühelos bis auf einige tausend Jahre erweitert werden. Selbstverständlich hat dieses Vorgehen seine Berechtigung, es macht vieles durchschaubar. Die Einheitsganglinie als Systemfunktion veredelt und verbessert die eingegebenen Messwerte allerdings nicht. Die gemachten Beobachtungen, das heisst die Ereignisse, ihre Häufigkeit und Verteilung, werden mathematisch auf die bestmögliche Weise einem System angepasst mit dem Ziel, sie in ihrem künftigen Ablauf und in ihrer Grössenordnung sichtbar zu machen.

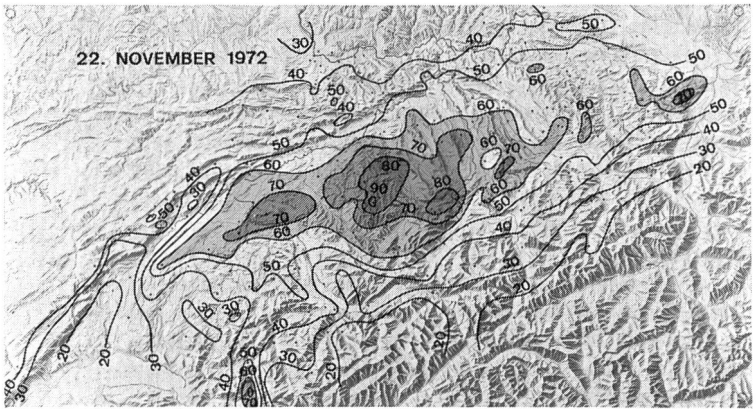
Dennoch sind immer wieder die tatsächlich eingetretenen grösseren Hochwasser, an deren Entstehung, wie in unserem Land, so verschiedenartige geographische Räume und meteorologische Situationen mitwirken, ein grandioses, faszinierendes Zusammenspiel der Natur. Das Hochwasser vom November 1972 wird wahrscheinlich nicht als ein Extremfall in die Jahresreihen von Niederschlag und Abfluss eingehen, obwohl es für die untere Aare und Reuss neue Abflussscheitelwerte brachte. Seine Entstehung gibt viele interessante Rätsel auf, die im Rahmen einer kurzen Abhandlung zwar nicht gelöst werden können, jedoch soll auf einige Aspekte hier wenigstens hingewiesen werden. Beschreibungen vorangegangener Hochwasserereignisse sind in dieser Zeitschrift bereits erschienen, nämlich dasjenige vom Juni 1953 (Heft 10/1953) und vom September 1968 (Heft 7/8, 1969).

Das Hochwasser vom November 1972 ist vielleicht dadurch gekennzeichnet, dass mit eher bescheideneren Regenintensitäten (verglichen mit September 1968), jedoch von langer Dauer, optimale Wirkungen im Abfluss erzielt worden sind. Betroffen wurde die Alpennordseite, und es war (soweit sich das vor dem Erscheinen des Hydrographischen Jahrbuches 1972 übersehen lässt) auch eher ein Hochwasser der Flüsse als dasjenige der Bäche und kleineren Einzugsgebiete, von Ausnahmen, wie zum Beispiel der Wigger, abgesehen. Eine gewisse Parallelität und das Ueberlagern von Abflüssen aus den einzelnen Teilgebieten hat sich teilweise zu beachtlichen Wasserfrachten (Abflussfüllen) konzentriert. Eine maximale Abflussmenge in bezug auf das jeweilige Wasserdargebot des Niederschlags kann nur eintreten, wenn das gesamte Einzugsgebiet vollständig überregnet wird, das heisst wenn die Regendauer mindestens gleich gross ist wie die Fliesszeit des Oberflächenabflusses von der Wasserscheide bis zum Messort. Tatsächlich erreicht der volle Abfluss aus einem Teilgebiet aber erst dessen Ausgangspunkt, wenn die Regendauer die Fliesszeit etwa zweimal T_m des Oberflächenabflusses überschreitet. Diese Bedingung war im November 1972 offensichtlich mehrmals erfüllt.

DIE NIEDERSCHLAGSPHASEN UND IHRE VERTEILUNG

Gesamthaft gesehen fiel auf der Alpennordseite fast das Dreifache des langjährigen Mittels der Novemberniederschläge, wobei in Orten wie zum Beispiel Frauenfeld, Winterthur, Luzern, Gsteig (4,64) u.a.m. der vierfache Wert deutlich überschritten wurde. Das Jahr 1972 war bis zum Beginn der Regenperiode durch eine auffallende Trockenheit gekennzeichnet. Die Monatsabflüsse von Aare, Reuss und Rhein waren auf fast 53 % des langjährigen Mittels





Bilder 1a und 1b Flächenverteilung hochwasserbildender Niederschläge.

herabgesunken, lediglich die Limmat lag etwas über 65 %. Allgemein begann die Niederschlagsperiode am 11. und dauerte bis zum 23. November. Bis zum Monatsende fielen nur noch unbedeutende Niederschläge, und auch der Monat Dezember erreichte etwa 30 % seines langjährigen Mittelwertes. Aus den Regentabellen der MZA, Zürich, lassen sich drei Phasen erkennen:

11. bis 14.	16. bis 17.	und	21. bis 22.
vier Tage	zwei Tage		zwei Tage

Die Niederschlagsmengen vor und zwischen den einzelnen Phasen sowie das Abklingen am 23./24. waren sehr uneinheitlich verteilt und so gering, dass sie für den späteren Abflussvergleich der Hauptstationen praktisch ohne Bedeutung sind. Die nachfolgende Beschreibung erfolgt anhand von Isohyetenkarten, die für die sechs wichtigsten Tage angefertigt wurden.

Die erste Phase erhielt prozentual den grössten Anteil (30 bis 45 %) vom Monatsniederschlag. Die Niederschläge steigerten sich vom 11. (ca. 10 mm) an und erreichten gesamthaft gesehen am 13. ihr erstes Maximum. Ein Sturmtief über der Nordsee verlagerte sich an diesem Tage gegen die Ostsee, eine Kaltluftfront durchquerte die Schweiz, und es kam zu einer fast vollständigen, 24stündigen Ueberregnung, bzw. zu Schneefall bis auf 1000 m, bei der die Nordwestseite der Alpen und das Voralpengebiet den grössten Niederschlag (ca. 50 mm) erhielten (Maxima: Gsteig 110 mm, Adelboden 62, Lungern 65, Braunwald 72, oberes Thurgebiet 60 bis 70 mm). Eine zweite Regenfront überquerte den Neuenburger-Jura, verstärkte sich über dem Chasseral bis Weissenstein (70 mm) und strich in etwas abgeschwächter Form (40 bis 50 mm) über das Aaretal, erfasste die Einzugsgebiete von Langeten, Wigger, Uerke, untere Suhre, Wyna und zog sich nordwärts, zwischen Laufenburg und Aaremündung zum Süd-Schwarzwald hin. Das übrige Mittelland erhielt eine durchschnittliche Menge von 30 mm. Auffallend war, dass entlang der Linie: Langnau i. E. — Belp — Fribourg — Waadt — Genfersee weniger als 10 mm fiel. Von diesem Defizit wurden daher das mittlere und untere Saane- (Sense)-Gebiet, die Aare vom Thunersee bis zur Saanemündung und das Emmegebiet (BE) betroffen.

Nach einem allgemeinen Temperaturanstieg wird am 14. mit einer stürmischen West- und später Nordwestströmung feuchte Luft gegen die Alpen gesteuert. Die Verteilung der Tagesniederschläge, jetzt in abgeschwächten Werten, zeigt ein sehr ähnliches Bild wie am Vortage, wobei der Schwerpunkt, abnehmend von Südwest nach Nordost, auf das Voralpengebiet entlang der Linie: Diablerets — Diemtigtal (75 mm) — Pilatus — Sihlsee — Säntis (mit Ausläufer: Thurtal — Hörnli) verlegt ist. Das Gebiet erhöhter Niederschläge über dem Jura hat sich erweitert, sein Ausläufer über das Aaretal in Richtung Schwarzwald ist abgeschwächt. Allerdings ist zu beachten, dass die zusammenhängende Regendauer sich mutmasslich auf 6 bis 12 Stunden verkürzt und die Regenintensität (mm/h) sich vielerorts erhöht hat und zwar in der Nacht vom 14. zum 15. November.

Nach der Regenpause des 15. bleibt die Schweiz am 16. und 17. auch weiterhin im Bereich einer kräftigen bis stürmischen Westströmung. Ergiebige Niederschläge fallen am 16. entlang der Alpen und im Jura mit Streichrichtung gegen den Schwarzwald. Zwischen beiden Regenzügen bilden sich Querverbindungszonen:

— Churfirsten — oberes Thurtal — Hörnli — Winterthur — Töss — und Glattmündung;
— Brienzer-Rothorn — Napf — Murgenthal;
— Oberes Saane- und Simmegebiet — Richtung Chaumont — Chasseral.

Der Niederschlag lässt am 17., besonders in den Alpen und im Jura, erheblich nach. Die Mittelteile der drei Verbindungszonen vom Vortage auf der Linie: Montreux — Napf — Toggenburg — Winterthur — resp. Gäbris, erhalten 25 bis 30 mm. Total haben beide Tage etwa 20 % der Monatsmenge gebracht, führten aber zum Teil zu ähnlich hohen Abflusspitzen wie in der ersten Regenphase.

Die dritte und letzte Phase, die in allen Fällen die maximalen Abflussscheitelwerte brachte, begann am frühen Nachmittag des 21. und dauerte bis zum Vormittag des 23. November. Es war ungefähr ein 40- bis 45stündiger Dauerregen, also fast doppelt so lang wie derjenige vom 21./22. September 1968. Die Isohyetenkarte des 22. November 1972 ist in Bild 1 derjenigen des 21. September 1968 gegenübergestellt. Aus dieser Darstellung sind vergleichend Ausdehnung und Verteilung der gleichen Niederschlagsstufen auf die jeweils betroffenen Gebietsflächen zu ersehen. Man hätte natürlich auch die Niederschlagswerte der drei Tage 21. bis 23. November 1972 summieren und in e i n e r Isohyetenkarte darstellen können. Das würde zeigen, dass bei der Bildung der maximalen Hochwasserwellen 1972 wesentlich grössere Niederschlagsmengen (jedoch nicht Intensitäten!) als 1968 beteiligt waren.

An dieser Stelle sei auf die Erläuterungen verwiesen, die Dr. H. W. Courvoisier im Heft Nr. 7/8, 1969, zur Entstehung der ergiebigen Niederschläge vom 21./22. September 1968 gegeben hat. Nach Durchsicht der gesamten Boden- und Höhenwetterkarten des November 1972 fällt es auf, dass im Bereich der eingangs beschriebenen Regentage sich immer wieder die von Dr. Courvoisier erwähnten isobaren-parallelen Frontalzonen oder «Schleifzonen» gebildet haben. Interessant ist der Vergleich der jeweiligen

Wetterkarten vom 22. September 1968, 01 Uhr, mit denjenigen vom 22. November 1972, 01 Uhr — eine nur scheinbar «ähnliche» Disposition? Typisch ist die stärkere Höhenströmung am 22. November 1972 über Westeuropa, die bis zum 23. November noch anhält.

Sicherlich besteht in der ganzen Regenzeit des November 1972 eine spätherbstlich, starke Westwind-Wetterlage, bei der ständig feuchte Luftmassen durch rasch wandernde Sturmtiefs über weite Entfernungen herangeführt und an Bodenerhebungen sowie an kälteren oder dichteren Luftmassen zum Aufgleiten gezwungen werden. Da der Steigungswinkel verhältnismässig klein bleibt, können diese vorwiegend advektiven Niederschläge deshalb grossflächige Niederschlagsgebiete mit mässigen Intensitäten überstreichen. Im Detail gesehen werden die Vorgänge offensichtlich sehr unübersichtlich, weil eine wetterlagenbedingte Strömung nicht in allen Höhenschichten einheitlich ist. Die «Sprünge» in den Linien der relativen Luftfeuchtigkeiten innerhalb der einzelnen Höhenstufen weisen u. a. darauf hin, dass die zum Aufsteigen gezwungenen Luftmassen labilisiert werden, weil in den unteren und wasserdampfreichen Schichten mehr latente Wärme frei wird als in den oberen. Innerhalb von grossflächigen Aufgleitregen bilden sich örtlich, wie zum Beispiel über dem Napfgebiet am 22. November 1972, vermutlich konvektive Schauerzellen. Die zu andern Zeiten im Alpengebiet durchgeführten Radarbeobachtungen haben ein verwirrendes Bild von dem Wechsel der Regenintensitäten in allen Höhenstufen gegeben.

Es wäre vielleicht der Mühe wert, die Regenannalen seit 1864 daraufhin zu untersuchen, ob die beiden «Dauerregen-Modelle» 1968 und 1972 in bezug auf ihre Lage typisch waren. Ein gleichsam parallel südwärts verschobenes Niederschlagsereignis, wie dasjenige des 21. September 1968, und gleicher Ausdehnung, wäre eigentlich die Disposition zu einer erheblichen Katastrophe, weil dann alle Einzugsgebiete der rechtsseitigen Mittellandzuflüsse zur Aare optimal überregnet würden.

Bevor wir uns der Betrachtung der Abflüsse zuwenden, soll Bild 2 noch die Intensität und Dynamik hochwasserbildender Niederschläge veranschaulichen, soweit dies auf Grund von einfachen Messungen möglich ist. In der

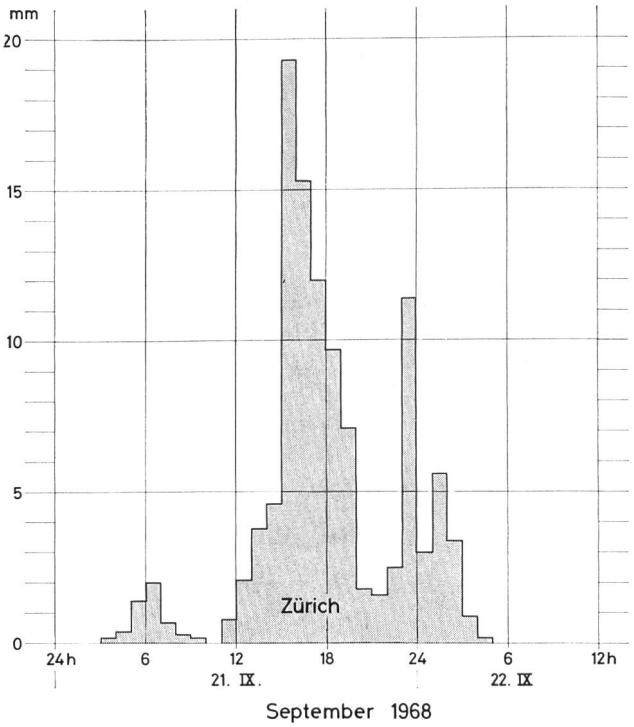


Bild 2a

Schweiz gibt es leider sehr wenige Pluviographen. Die beiden für unseren Fall zur Verfügung stehenden Geräte in Oeschberg und Luzern lagen aber immerhin am Rande des zentralen Geschehens und lassen gewisse Analogievergleiche zu.

Die Tageswerte der Niederschläge im oberen Napfgebiet waren mindestens 50 % grösser als in Luzern. Bei der Betrachtung dieser Regendiagramme beachte man, dass der Zuwachs von 1 mm pro Stunde schon eine fiktive Regenspende von 278 l/s auf den Quadratkilometer, oder pro Stunde eine Regenfracht von 1000 Kubikmeter auf diese Fläche ergibt. Man kann sich vorstellen, wie zum Beispiel ein «Chlapf» im Zürcher Diagramm vom 21. September 1968 sich auswirken kann.

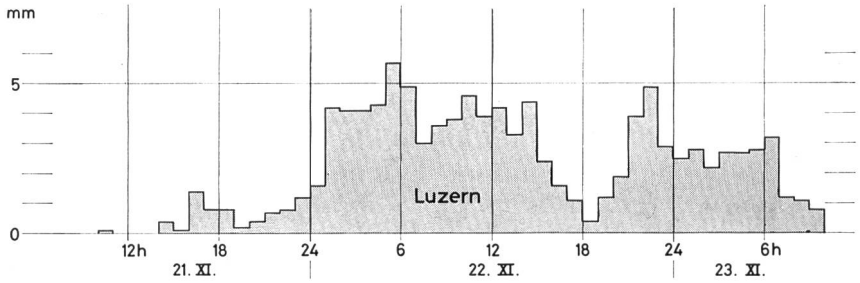


Bild 2b November 1972

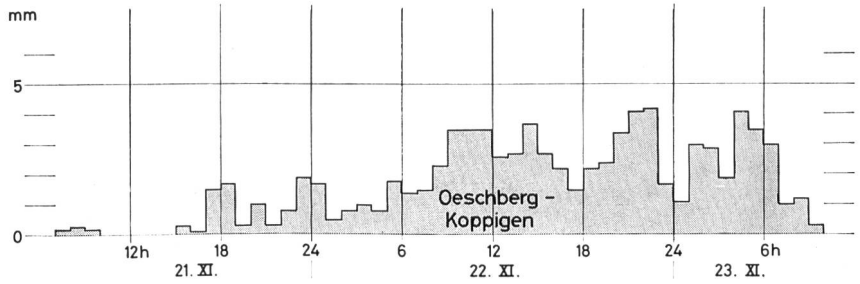


Bild 2c November 1972

Bilder 2a bis 2c
Zeitablauf hochwasserbildender Niederschläge

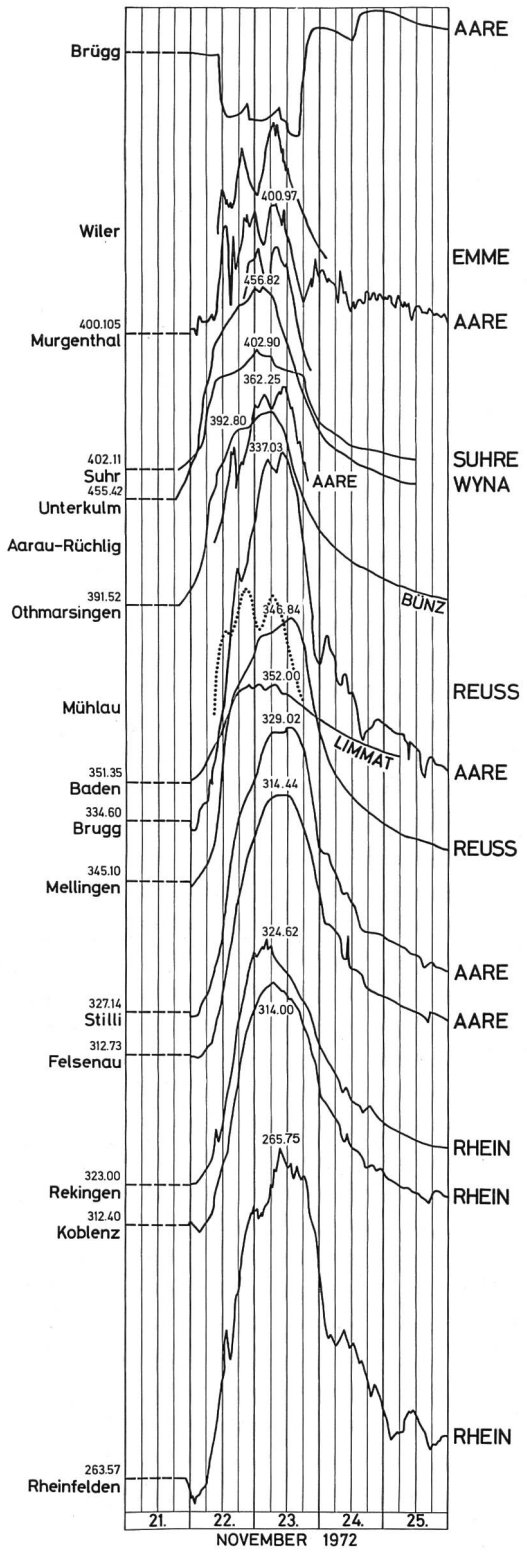


Bild 3 Ganglinien maximale Hochwasserstände im November 1972.

Für die zeitliche Verteilung oder Akzentuierung der Niederschläge lassen sich in beiden Fällen, nach dem Vorregen des 21. September 1972, am 22./23. etwa drei Phasen erkennen, die sich zum Beispiel in den Wasserstandsganglinien der Pegel an der Emme (Eggiwil und Wiler) und der Langeten (Huttwil und Lotzwil) mit interessanten Variationen wieder finden lassen, wobei das «Zeitmodell Luzern» eher der Emme und dasjenige von Oeschberg der Langeten zugeordnet ist. Die Langeten hat ihre Maxima übrigens schon in der ersten Phase am 22. zwischen 17.00 (Huttwil) und 19.00 Uhr (Lotzwil) gebildet. Die beiden nächsten Phasen sind hier in zunehmendem Masse gedämpft.

DIE UMWANDLUNG DES NIEDERSCHLAGES IN DEN ABFLUSS

Die Bildung und Gestalt einer Hochwasserwelle ist etwas sehr Typisches. Die Grösse des Abflusses und seine Verteilung wird durch die ständig variable Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluss innerhalb eines Einzugsgebietes geprägt. Zur kurzen Darstellung des n i c h t linearen Regen-Abfluss-Verhaltens eignen sich heute gebräuchliche Abflussmodelle, wobei es hier nur um ihre Struktur, nicht aber um die mathematische Behandlung der Bestimmungsgleichung gehen soll.

Der zeitlich variable Oberflächenabfluss aus einem Teileinzugsgebiet ist das Produkt aus der zeitlich veränderlichen Niederschlagsintensität und der Flächengrösse, (einem Umrechnungsmodul), und einem variablen Beiwert. Da nur ein Teil des Niederschlages das Gewässer als Oberflächenabfluss erreicht, ist die vorzunehmende Festlegung dieses Anteils mit Hilfe des Gesamt-Abflussbeiwertes von entscheidender Bedeutung. Wichtig vor allem für den zeitlichen Ablauf ist aber die Tatsache, dass dieser Abflussbeiwert keine konstante Grösse ist, sondern je nach Regenmenge und Intensität mit dem zeitlichen Ablauf eines Hochwasserereignisses sehr unterschiedliche Werte liefert. Seine Variabilität wird im wesentlichen von der Regenintensität und der Regendauer beeinflusst, seine Zunahme von der zeitbezogenen Niederschlagssumme, das heisst von der Regenmenge. Diese Faktoren sind, da sie sich nur auf ein bestimmtes Ereignis beziehen, e r e i g n i s - a b h ä n g i g e Festwerte. Die letzte Einflussgrösse auf den Gesamt-Abflussbeiwert ist ein g e b i e t s a b h ä n g i - g e r Festwert. Man könnte ihn als Grund-Abflussbeiwert bezeichnen. Er charakterisiert das Einzugsgebiet und ist unabhängig von dem Niederschlagsereignis. In ihm kommen zum Ausdruck die

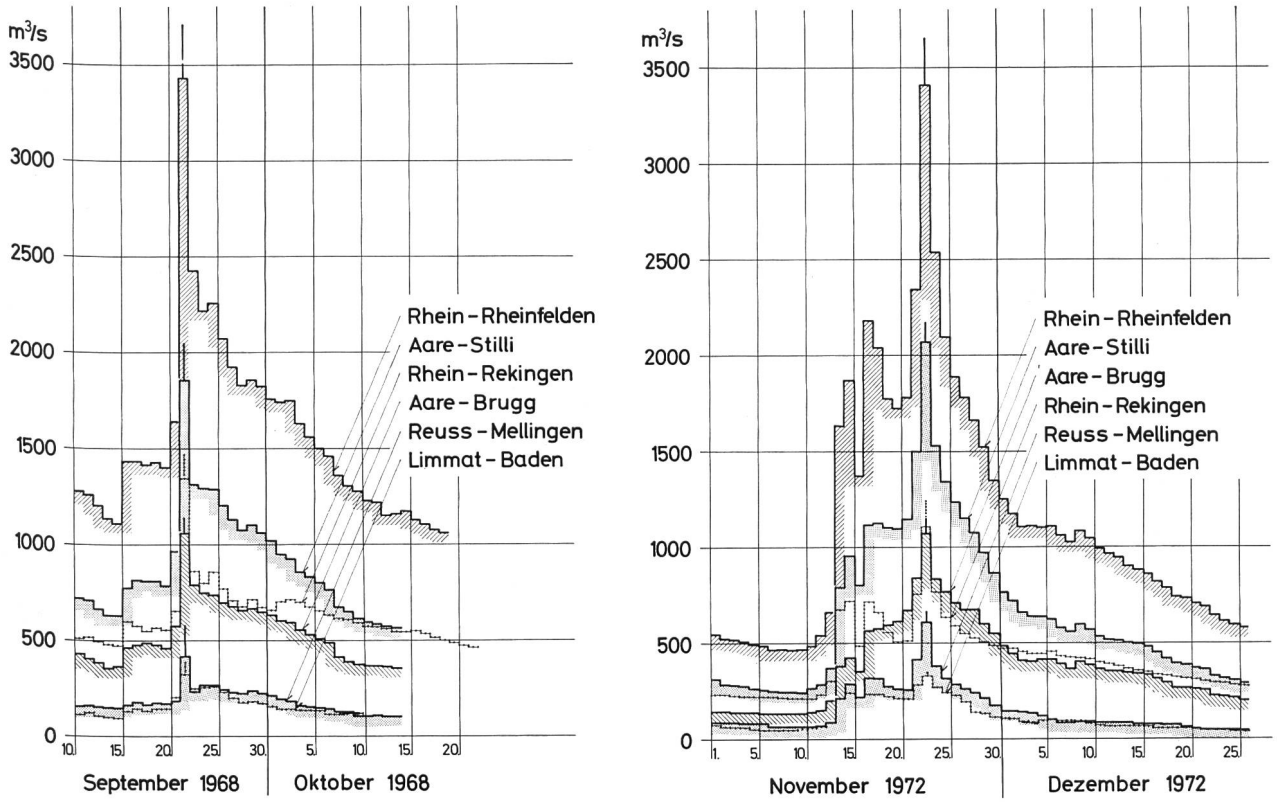
— Topographie (Geländeneigung, Vorflutersystem)
— Morphologie (Bewuchs, Vegetation, Besiedlung und Erschliessung)
— Geologie (Bodenverhältnisse, Durchlässigkeit und Grundwasserstand)

Durch die verschiedenen Laufzeiten des Oberflächenabflusses zum und im Vorfluter (mit den gebietseigenen Fliessparametern), sowie durch die natürlichen Retentionswirkungen des Geländes, erhält die Hochwasserwelle ihre letzte Akzentuierung. Bei der Betrachtung von Limnigraphen-Aufzeichnungen verschiedener Hochwasser wird man feststellen, dass jedes sein eigenes Gepräge hat.

Die Antwort auf die Frage, wie entsteht ein seltenes Hochwasserereignis, wie baut sich die Ganglinie zu einer grossen Spitze auf, können wir aber nur dann geben, wenn uns die erforderlichen Messwerte auf der Eingabeseite: Regen in differenzierter und zeitbezogener Form zur Verfügung stehen. So können wir bestenfalls den Zusammenhang von Voraussetzungen und Umständen, die zu dem Ereignis führen, erahnen.

DER HOCHWASSERVERLAUF IN DEN ABFLÜSSEN

Bild 3 veranschaulicht den «Hochwasser-Fahrplan» der Flüsse in der letzten Dauerregenperiode vom 21. bis 23. November und zwar als Wasserstandsganglinien. Die Station Murgenthal zeigt eine Synchronisation im Rhythmus mit der Emme in Wiler, wobei die erste Mittagsspitze am 22. November noch aus dem Abfluss des Bielersees verstärkt wird. Im weiteren Verlauf sieht man sehr schön die



Bilder 4a und b Tagesmittel der Abflussmengen anlässlich der beiden Hochwasservorkommen von 1968 und 1972.

«Bremsspuren» des Regulierwehres Nidau, die sich noch bis zur Station Brugg verfolgen lassen. Die am 23. November bei der Station Brugg sichtbar werdende grösste Abflussminderung zwischen 12.00 und 17.00 Uhr ist sieben Stunden später in Brugg und nach weiteren sechs Stunden in Rheinfelden erkennbar, ebenso natürlich auch der Einfluss der dann nachfolgenden Wasserzugaben ab 17.00 Uhr. Der ausgeprägte Dreiphasen-Charakter von Murgenthal wird, wie man sieht, in Richtung Olten — Aarau — Brugg völlig durch die Zuflüsse aus den Zwischeneinzugsgebieten verändert. Bei der Darstellung der aargauischen Bäche fehlt leider die Limnigraphenaufzeichnung von Zofingen. Dieses Gerät wurde am 22./23. buchstäblich von der übermässigen Sandführung der Wigger begraben. Die Wigger hat trotz grosser Ueberschwemmungen in der Talschaft von Willisau bis Zofingen einen Scheitelabfluss von mehr als 100 m³/s gehabt. Ein weiterer interessanter Fall für Phasenumwandlung und Dämpfungseffekt bildet die Reuss. Die Durchgänge bei den Stationen Mühlau und Mellingen lassen die Auswirkung der Retention in der Reussebene erkennen. Im weiteren zeigt der Fahrplan, dass die Einzugsgebiete von Thur, Töss und Glatt ihre Spitzen so rechtzeitig durch die Station Rekingen (Rhein) brachten, dass wenigstens in dieser Hinsicht ein zusätzliches Drama an der Aaremündung (ähnlich der Ueberflutung von Koblenz 1965 und 1968) vermieden wurde. Der Pegel Rheinfelden fällt seit den frühen Vormittagsstunden des 23. November bereits wieder, also zu einer Zeit, da die Aare-Stationen «ihre» Höchstwasserstände innerhalb langjähriger Beobachtungsreihen aufbauen. Die Limmat, mit den Abflüssen aus dem Linth- und Sihlgebiet, zeigte in Baden (wie in Rekingen) schon um 7.00 Uhr fallende Tendenz, so dass sie zu keinem Störfaktor wurde.

Der Zürichsee wird hier eine ähnlich regulierende Wirkung wie Nidau für die Aare gehabt haben. Von dem mysteriösen Zusammenwirken der Stationen Brugg, Mellingen und Stilli wollen wir lieber den Schleier des Geheimnisses nicht lüften. Aber ähnlich wie die Verkehrs- und Autobahnpolizei bei einem Aufbruch der Massen nach einem grossen Fussballmatch in Bern darf man zum Schluss erleichtert aufatmen und feststellen: wir sind noch einmal davongekommen — es hätte nicht viel gefehlt, und . . .

Doch kehren wir auf den Boden der Realität zurück. Bild 4 vergleicht die Tagesmittel der Abflussmengen während der beiden geschlossenen Hochwasserperioden 1968 und 1972. Hier, sowohl wie in Bild 5 — wo die Bilanz in den Hochwasserfrachten gezogen wird — sehen wir die Ausgabewerte der Eingabe: Regen. Die stossweise Eingabe des Regens ist durch die Variabilität des Abflussbeiwertes zu einer zusammenhängenden Hochwasserwelle transformiert worden. Man beachte die verschiedenartigen Abfluss-Ausgangssituationen am 15. September 1968 (gehobene Mittelwasserführung) und am 10. November 1972 (Niederwasserbereich), sowie das zunächst raschere Abklingen der Hochwasserwellen 1972 gegenüber 1968, wo besonders der Nachschub aus den Hochrheineinzugsgebieten auffällt. Der Nachschub 1972 setzt, wie die Ganglinie Rheinfelden trefflich zeigt, erst nach etwa zehn Tagen ein und hält dann einen ganzen Monat an, wobei die Linie Rekingen retarierend (vermutlich dank der Bodenseespeicherung) der Linie Stilli sehr nahe kommt.

Die Abschlussbilanz (Bild 5) zieht, etwas vereinfachend, in beiden Fällen nur diejenigen Abflussmengen in Betracht, die ü b e r der Basis der jeweiligen Ausgangssituation zum Abfluss gekommen sind, wobei eine Differenzierung zwischen der Spitzenfracht (drei Tage) und der Gesamtfracht vorgenommen wurde. Die prozentualen Anteile dieser beiden Grössen sind immer auf Rheinfelden bezogen, ferner wurde die Abflussdauer in Tagen angegeben. Das Hochwasser 1972 hat gegenüber 1968 mindestens die dop-

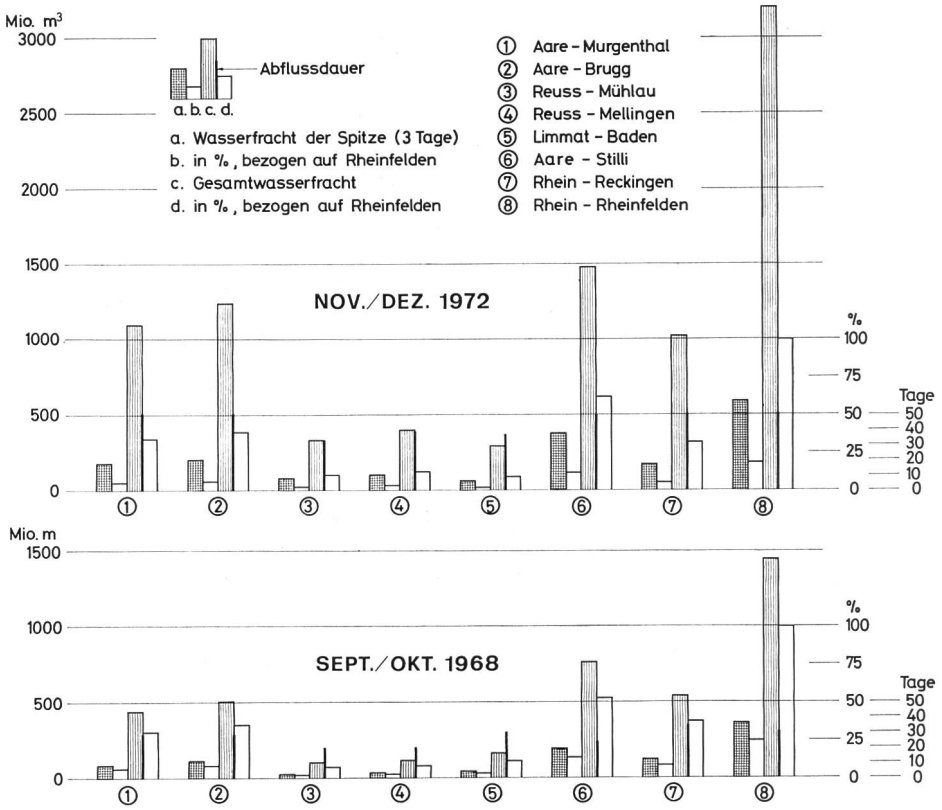


Bild 5
Hochwasserfrachten 1968 und 1972

pelte Gesamtfracht und in jedem Falle auch die grösseren Spitzenfrachten. In dieser Darstellung fehlt natürlich das ca. 1700 km² grosse rechtsrheinische Einzugsgebiet des Südschwarzwaldes, es ist implicite in der Differenz zwischen Rheinfelden zu Stilli und Rekingen enthalten. Die Abflussgrössen in Rheinfelden werden, wie zu erwarten, von Aare und Hochrhein bestimmt. Bei der prozentualen Betrachtung ist festzustellen, dass 1968 die Spitzenfrachten in Brugg, Baden und Rekingen etwas grösser waren, ebenso die Gesamtfrachten von Baden und vor allem von Rekingen.

Ein abschliessender Vergleich zwischen beiden Hochwassertypen ist in Bild 6 versucht worden. Die Festlegung von «Bemessungs-Hochwassern» für verschieden grosse Einzugsgebiete ist ja eine notwendige Voraussetzung für den Wasserbau. Das Abflussmodell der Natur wird hier in

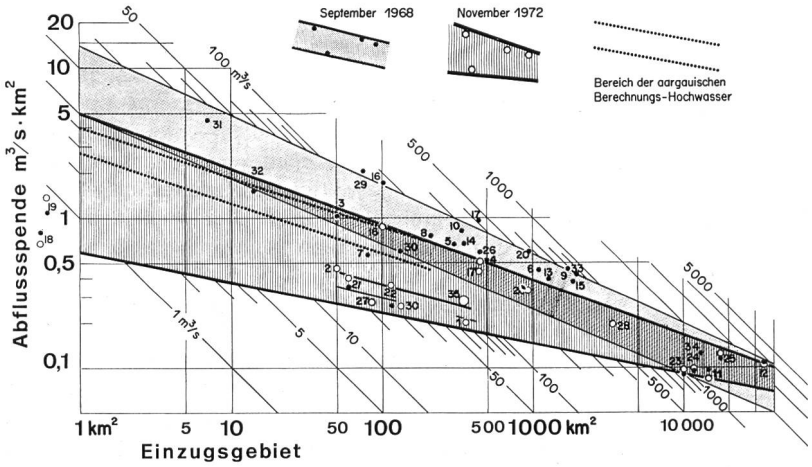


Bild 6
Maximale spezifische Abflussmengen in Abhängigkeit der Grösse des Einzugsgebietes

RHEINGEBIET:
1 Rheintalischer Binnenkanal St. Margrethen
2 Goldach — Goldach
3 Aach — Salmsach
4 Thur — Jonenschwil
5 Sitters — Bernhardzell
6 Thur — Halden
7 Murg — Wängi
8 Murg — Frauenfeld
9 Thur — Andelfingen
10 Töss — Neftenbach
11 Rhein — Rekingen
12 Rhein — Rheinfelden

AAREGEBIET:
13 Sarine — Fribourg
14 Sense — Thörishaus
15 Saane — Laupen
16 Emme— Eggiwil
17 Emme — Emmenmatt
18 Sperbelgraben — Wasen
19 Rappengraben — Wasen
20 Emme — Gerlafingen/Wiler
21 Langeten — Huttwil
22 Langeten — Lotzwil
23 Aare — Murgenthal
24 Aare — Brugg
25 Aare — Stilli

REUSSGEBIET:
26 Emme — Malters
27 Lorze — Baar
28 Reuss — Mellingen

RHONEGEBIET:
29 Eau Noire — Le Châtelard
30 Grande Eau — Aigle
31 Baye de Montreux — Les Avants
32 Baye de Montreux — Montreux
33 Arve — Genève
34 Rhone — Chancy, Aux Ripes

35 Wigger — Kantonsgrenze LU/AG (Schätzwert)

jedem Falle wertvolle Hinweise geben und es ermöglichen, die eingangs erwähnten mathematischen Modelle zu «eichen».

Die Darstellung ist sicher nicht erschöpfend. Es wurde versucht, die Abflussspitzen aus den Regengebieten mit den grössten Tagessummen beider Hauptereignisse zu erfassen. Für November 1972 steht eine sorgfältige Nachlese im neuen Jahrbuch und eine allfällige Ergänzung der Darstellung noch aus. Obwohl die Einzugsgebiete der Abfluss-Messstationen in beiden Fällen mehrheitlich 60 mm und mehr Tagesniederschlag erhalten haben, kommt im Vergleich der einzelnen Werte ein unterschiedliches Regen-Abfluss-Verhalten zum Ausdruck; auf die bewirkenden Komponenten wurde bereits hingewiesen. Die vorgenommene Abgrenzung beider Hochwasserbereiche ist daher nicht definitiv, sondern im Sinne einer Zuordnung zu verstehen.

Es überrascht, «Aussenseiter» dabei zu finden, die man an dieser Stelle (auf Grund ihrer Lage zum Regenzentrum) eigentlich nicht vermutet. Dies betrifft besonders die Stationen des gesamten Emmegebietes, wobei die Streubreite zwischen Eggiwil und den kleinen Testgebieten: Sperbel- und Rappengraben auffällt. Eigentlich sollte man gerade bei den kleinen Einzugsgebieten einen grösseren spezifischen Abfluss erwarten dürfen. Die Abflussspitzen aus dem Einzugsgebiet der Langeten liegen eigentlich immer unter ihrem «Erwartungswert», was auch bei der Wigger zu beobachten ist. Die Verminderung des Abflussbeiwertes ist hier nicht in ereignis- sondern in gebietsabhängigen Faktoren zu suchen. Möglicherweise ist ein stärkeres Retentionsvermögen vorhanden. Immerhin ergibt die in der Darstellung angedeutete Verbindung der Abflüsse aus dem Napfgebiet (Sperbel- und Rappengraben — Langeten — Wigger) mit der Station Murgenthal in beiden Hochwasserereignissen eine sinnvolle Beziehung.

Adresse des Verfassers:
Ing. A. Windel
Adjunkt beim Kant. Baudepartement, Abt. Wasserwirtschaft
Laurenzentorgasse 11, 5000 Aarau

Der in das Diagramm eingetragene Bereich aargauischer Berechnungs-Hochwasser zeigt, dass für den Bemessungsfall wasserbaulicher Massnahmen ein Erwartungswert mindestens an der oberen Grenze eines Hochwassers November 1972 zu suchen ist.

Wenn man die Jahresreihen der Abflüsse durchgeht, so hat man den Eindruck, dass die A a r e zwischen Thunersee und Murgenthal sowie die meisten Einzugsgebiete ihrer Zubringer, für ein aussergewöhnliches November-Hochwasser besonders anfällig sind. In diesem Gebiet traten, innerhalb der Beobachtungsperiode, im Monat November der Jahre 1944, 1950 und 1972 die grössten Abflussmengen auf.

Bei Bauten am Wasser spielen in vielen Fällen nicht nur der geheimnisvolle «HHW» — der höchste Hochwasserstand — sondern auch die Kenntnis der wahrscheinlichen Wiederkehrintervalle, oder die Jährigkeit bestimmter Hochwasser-Ereignisse eine wichtige Rolle. Die «Zufälle» des Lebens wie die der Natur haben — anders als beim Münzenwurf — die unangenehme Eigenschaft, nicht «normal» verteilt zu sein. Die Verteilung jährlicher Hochwasserereignisse innerhalb längerer Zeiträume gehorcht anscheinend jenen Verteilungsfunktionen, die sich einer gewissen «Schiefe», also einer asymmetrischen Verteilung anzupassen vermögen. Es stehen zwar viele zur Verfügung, doch zeigt ihre Anwendung eine grosse Streuung bei der Extrapolation. Welcher Funktion darf man Glauben schenken? Derjenigen, die im mathematischen Prüftest die beste Anpassung ergibt? Nicht immer! Es würden unter Umständen bei der Anwendung der Ergebnisse einer gutangepassten Verteilungsfunktion ganz erhebliche Baukosten investiert werden müssen. Es wäre zu wünschen, dass sich Berufene aus Forschung und Lehre der Lösung dieses Problems einmal annehmen möchten, um eine «geeignete» Funktion für bestimmte Flussgebiete zu empfehlen.

Bildernachweis: Bilder 1a und 1b Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 26. 1. 1973.

Bild C
Schwarzerlenbestand am Rand eines ehemaligen Reussarmes bei Aristau.

THEMATISCHES INHALTSVERZEICHNIS Seiten

Vorwort, geschichtlicher Rückblick auf das Amt	121
Rückblick auf die Jahre 1960 bis 1970	123
Die alten Wasserrechte	126
Wasserbau und Gewässerunterhalt nach dem neuen Baugesetz	129
Die Aufgaben der Abteilung Wasserbau und Wasserwirtschaft	131
Naturnaher Wasserbau an ausgeführten Beispielen	134
Ausbau der Wigger	137
Abflussverhältnisse, Berechnungsmethoden, Dimensionierungs-Grundsätze	139
Wasser und Boden in der Reussebene	142
Kraftwerk Bremgarten-Zufikon	149
Pumpwerke und Kanäle im Reusstal	154
Natur und Landschaft im Reusstal	159
Wasserzinsberechnung für Kraftwerke	167
Leitbild der Wasserversorgung des Kantons Aargau	170
Das Hochwasser vom November 1972	175

WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Schweizerische Monatsschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft, Wasserversorgung, Gewässerschutz und Binnenschiffahrt. Offizielles Organ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes und seiner Gruppen: Reussverband, Associazione Ticinese di Economia delle Acque, Verband Aare-Rheinwerke, Linth-Limmatverband, Rheinverband, Aargauischer Wasserwirtschaftsverband; des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren.

COURS D'EAU ET ENERGIE

Revue mensuelle suisse traitant de la législation sur l'utilisation des eaux, des constructions hydrauliques, de la mise en valeur des forces hydrauliques, de l'économie énergétique, de l'alimentation en eau, de la protection des cours d'eau et de la navigation fluviale. Organe officiel de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux et de ses groupes, du Comité National Suisse des Grands Barrages.

HERAUSGEBER und INHABER: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistrasse 3A, 5401 Baden.

REDAKTION: G. A. Töndury, dipl. Bau-Ing. ETH, Direktor des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Rütistrasse 3A, 5400 Baden.
Telefon (056) 22 50 69, Telegramm-Adresse: Wasserverband 5401 Baden.

ADMINISTRATION: Zeitschriftenverlag Buchdruckerei AG Baden, Rütistrasse 3, 5400 Baden.
Telefon (056) 22 55 04, Postcheck-Adresse: «Wasser- und Energiewirtschaft», 50-12262, Aarau.
Abonnement: 12 Monate Fr. 55.—, 6 Monate Fr. 28.—, für das Ausland Fr. 65.—.
Einzelpreis Heft Nr. 4/5 Fr. 12.— plus Porto (Einzelpreis variierend je nach Umfang)

INSERATENANNAHME: Orell Füssli Werbe AG, Zürich

DRUCK: Buchdruckerei AG Baden, Rütistrasse 3, 5400 Baden, Telefon (056) 22 55 04.

Nachdruck von Text und Bildern nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet.
La reproduction des illustrations et du texte n'est autorisée qu'après approbation de la Rédaction et avec indication précise de la source.