

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 62 (1970)
Heft: 4

Artikel: Abflussformen beim Abbau der Schneedecke
Autor: Martinec, Juroslav
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921058>

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: 09.08.2025

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

1. Einleitung

Mit Rücksicht auf ihren Anteil an der Wasserbilanz verdient die Schneedecke eine entsprechende Aufmerksamkeit in der Wasserwirtschaft. Der Schneeabfluss muss z. B. bei Durchflussvorhersagen berücksichtigt werden, die für den Betrieb der Wasserkraftwerke [1], für die Binnenschifffahrt und Wasserversorgung erfordert werden. Konzentrierte Messungen in ausgewählten Einzugsgebieten ermöglichen eine bessere Einsicht in den Schneeabflussprozess.

Während der Schneeschmelze ist die Intensität des Abflusses neben anderen Faktoren hauptsächlich durch die Lufttemperatur bestimmt. Die Durchflussganglinie hat eine charakteristische Form, in der sich der Tagesverlauf der Temperatur widerspiegelt. Wenn die Tagesschwankungen der Temperatur regelmässig auftreten, entstehen mit einer gewissen Verzögerung auch entsprechende Durchflussschwankungen. Ein Beispiel einer solchen Periode von dem repräsentativen Einzugsgebiet Modry Dul [2] ist in Bild 1 gezeigt.

In den Limnigraphenaufzeichnungen vom Testgebiet Dischma bei Davos [3] kann man oft einen ähnlichen Durchflussverlauf finden. Die Sache wird aber komplizierter mit Rücksicht auf den grösseren Höhenbereich (gemeint wird der Höhenbereich von Dischma). Die Schneeschmelze erstreckt sich auf einige Monate, wobei die untere Grenze der Schneedecke allmählich höher steigt. Zugleich richtet sich die obere Grenze der schmelzenden Schneedecke nach der Temperatur und nach dem Temperaturhöhengradienten. Als Folge davon kann man in verschiedenen Phasen der Schneeschmelze Änderungen in der Form der Wasserstandganglinie beobachten.

2. Beziehung zwischen Niederschlägen und Abfluss

Bis jetzt hat man die Durchflussganglinien hauptsächlich nur im Zusammenhang mit Regenniederschlägen untersucht. Dabei wurde die von Sherman [4] eingeführte Methode des sogenannten «Unit hydrograph» von vielen Autoren verwendet und weiterentwickelt [z. B. 5, 6, 7]. Beim Abfluss von Schnee und Eis musste man sich mit der Feststellung von Sherman [8] begnügen, dass die Anwendung der Unit-Hydrograph Theorie in diesem Fall ausgeschlossen ist, weil einige Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Es ist wahr, dass z. B. auch die Wasserbewegung in der Schneedecke anders verläuft als beim Oberflächenabfluss durch Regenfall. Andererseits kann man das von der Schneedecke geschmolzene Wasser als Regenwasser in veränderten Bedingungen betrachten. Man kann versuchen, nach den Beiträgen der Schneedecke von einzelnen Höhenzonen die entsprechenden resultierenden Formen der Durchflussganglinien zu konstruieren.

Wenn es auf eine Abflussfläche gleichmässig regnet, steigt der Durchfluss allmählich und erreicht das Maximum, wenn das Wasser vom entferntesten Teil der Fläche das Durchflussprofil erreicht, d. h. nach Ablauf der Konzentrationszeit T_k . Wenn zugleich der Regen aufhört, bekommt man von der nächsten Umgebung der Messstelle keinen Beitrag mehr, aber das Wasser von den entferntesten Teilen ist immer noch unterwegs. Die beitragende Fläche wird

immer kleiner und der Durchfluss sinkt, bis die entferntesten Wasserteilchen die Messstelle erreicht haben.

Bei diesem theoretischen und vereinfachten Fall würde die Durchflussganglinie ein Dreieck bilden (Bild 2), wobei die Basis der Summe der Konzentrationszeit T_k und der Regendauer T entspricht. Die Höhe des Dreiecks stellt das Durchflussmaximum dar und entspricht der Regenspende. Allerdings müsste man in Wirklichkeit mit Abweichungen von dieser vereinfachten Form rechnen, z. B. mit der Wirkung der Infiltration und des Abflusses unter der Oberfläche. Die Senkungslinie des Durchflusses würde dann länger sein als der steigende Zweig.

Beim Schneeabfluss kann man zum vereinfachten Schema zurückkehren. Mit Rücksicht auf den Temperaturverlauf kann man nur während der Tagesstunden mit einem beträchtlichen Abflussbeitrag rechnen und dazu mit einer vergrösserten Schneeschmelze etwa im mittleren Drittel dieser Periode. Dieser Fall ist ebenfalls in Bild 2 schematisch dargestellt. Auch flächenmässig ist die Verteilung der Schneeschmelze nicht gleichmässig, sondern nimmt mit den normalerweise niedrigeren Temperaturen in den höheren Zonen ab. Diese Situation haben Linsley, Kohler und Paulhus [9],

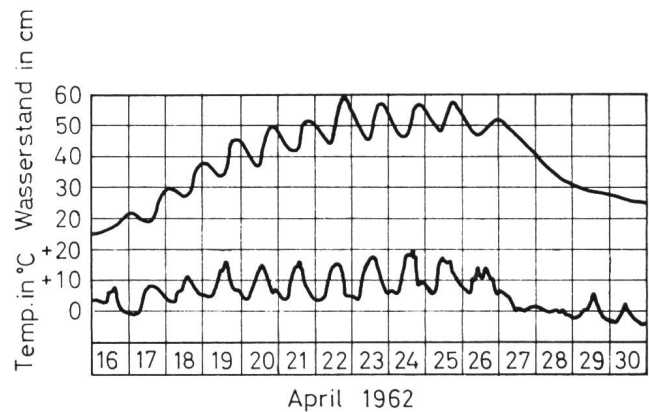


Bild 1 Temperatur- und Durchflussverlauf während der Schneeschmelze

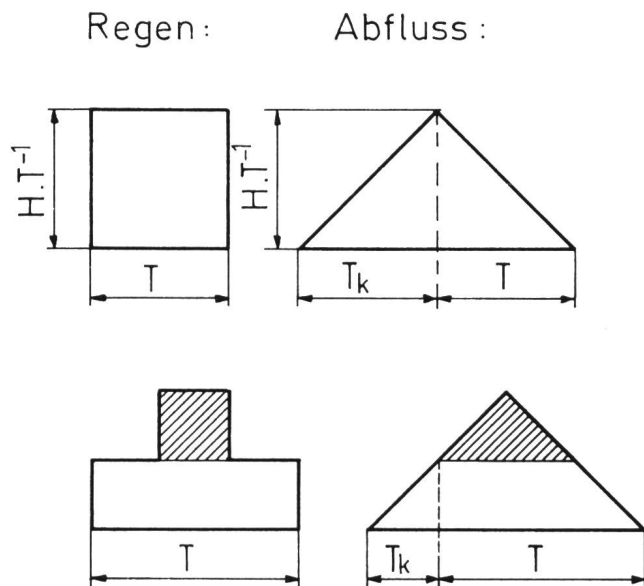


Bild 2 Schematische Durchflussganglinie nach einem regelmässigen Regen

[1] Literaturhinweise am Ende des Berichts

freilich wieder nur für Regen, folgendermassen dargestellt: Der Regen ist in vier Zonen des Einzugsgebietes ungleichförmig aufgeteilt, so dass die Niederschlagshöhe über der niedrigsten Zone A am grössten ist und in den weiteren Zonen B, C, D abnimmt.

Dieser hypothetische Fall ergibt einen ähnlichen Durchflussverlauf wie bei der Schneeschmelze.

3. Abflussverlauf in Dischma während der Schneeschmelze

Um die Schneeschmelzverteilung im Testgebiet Dischma abzuschätzen, hat man die ganze Fläche in folgende drei Zonen aufgeteilt:

Zone A: 1668 bis 2100 m ü. M., Fläche 8,9 km²

Zone B: 2100 bis 2600 m ü. M., Fläche 24,5 km²

Zone C: 2600 bis 3146 m ü. M., Fläche 9,9 km²

Die Situation ist in Bild 3 dargestellt.

Die seit August 1963 gemessenen Durchflüsse wurden noch nicht durch entsprechende Schneemessungen ergänzt, so dass man den Zustand der Schneedecke nur indirekt abschätzen musste [10]. Die Obergrenze der Schneeschmelze wurde nach Lufttemperaturen von Arosa (1818 m ü. M.) mit dem Temperaturgradienten 0,7 °C/100 m abgeschätzt. Dieser Gradient wurde nach der Temperaturschätzung von

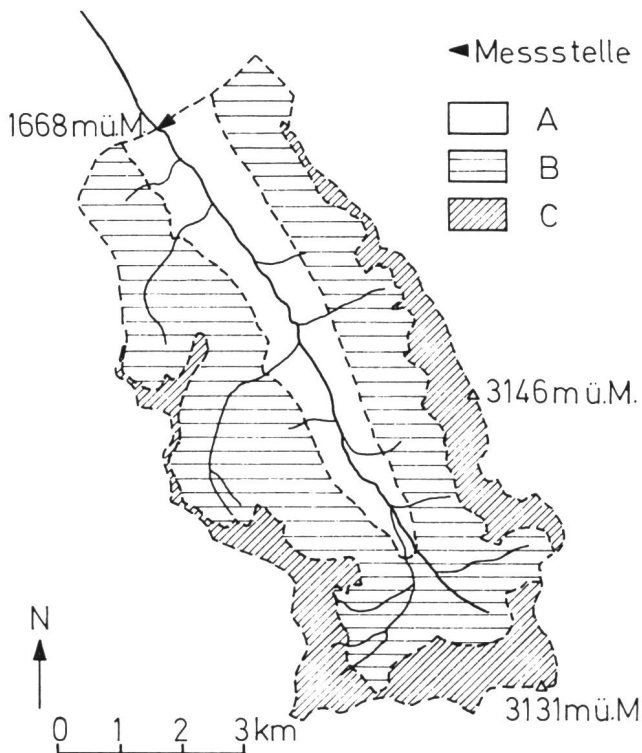


Bild 3 Situation des Einzugsgebietes Dischma

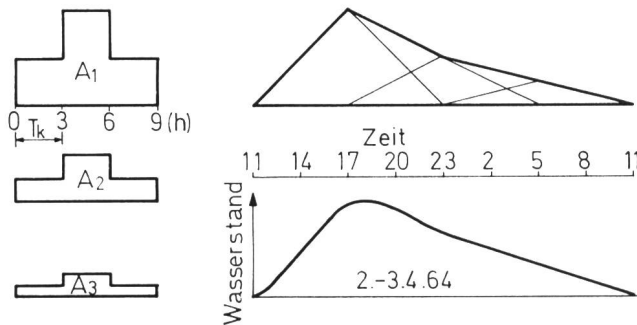


Bild 4 Schneeabfluss am 2. — 3. 4. 1964

Zingg gewählt. Schliesslich konnte das Ausmass der Schneedecke eigentlich auch nach dem resultierenden Durchflussverlauf rückgängig beurteilt werden.

In den folgenden Beispielen wird versucht, die schematisch zusammengesetzten Formen des Hydrogramms mit den wirklichen Durchflussganglinien zu vergleichen. Angaben über das wahrscheinliche Ausmass der Schneedecke und Schneeschmelze sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Die Abflussverhältnisse am 2./3. 4. 1964 sind in Bild 4 sehr vereinfacht dargestellt. Die Abflussbeiträge aus den drei Teilzonen A₁, A₂ und A₃ wurden schematisch mit Rücksicht auf den Temperaturtagesverlauf und auf die Temperaturabnahme in den höheren Teilzonen dargestellt. Der resultierende Durchflussverlauf ist, wie bereits erwähnt, von der Konzentrationszeit abhängig. Zur Bestimmung dieser Grösse gibt es nur empirische Formeln für den Regenoberflächenabfluss, die nur unsichere Ergebnisse angeben. Zum Beispiel mit der modifizierten Kirpich-Formel [11]

$$T_k = \frac{L^{1.15}}{7700 H^{0.38}} \quad (1)$$

wobei T_k = Konzentrationszeit in Stunden

L = Länge des Einzugsgebietes entlang des Wasserlaufs zu der entferntesten Stelle in ft

H = Höhendifferenz im Einzugsgebiet in ft

ergibt sich für die A-Zone des Dischmatales die Konzentrationszeit 1 Stunde. Dabei soll nach Gray [12] gelten

$$T_v = 0,6 T_k \quad (2)$$

wobei T_v = Verzögerung zwischen dem Regenzentrum und dem Durchflussmaximum

Zugleich gibt Snyder [5] für T_v die folgende Gleichung an:

$$T_v = C_t (L L_c)^{0,3} \quad (3)$$

wobei C_t = Koeffizient im Bereich von 1,8 bis 2,2

L = Länge wie in der Gleichung (1), aber in englischen Meilen

L_c = Distanz vom Zentrum des Einzugsgebietes zum Schlussprofil, in englischen Meilen

Tabelle 1

PHASEN DER SCHNEESCHMELZE IN DISCHMA

Datum	Untergrenze der Schneedecke m ü. M.	Durchschnittl. Temperatur in Arosa ° C	Null-Grad-Grenze m ü. M.	Am Abfluss beteiligte Zonen
2. bis 3. 4. 1964	1668	2,5	2180	A
1. bis 3. 5. 1966	1668	7,6	2900	A, B, C
6. bis 10. 6. 1966	2050	11,1	über 3146	B, C
11. bis 13. 6. 1964	2600	14,4	über 3146	C
16. bis 19. 7. 1964	2750	16,3	über 3146	C

Für die A-Zone des Dischmatales kann man diese Größen nicht genau bestimmen, aber man würde zu einer Verzögerung von über 4 Stunden kommen. Nach der Gleichung (2) wäre dann die Konzentrationszeit über 7 Stunden.

Bei der Schneeschmelze muss ein wesentlicher Teil des Wassers durch die Schneedecke fließen, so dass im allgemeinen längere Zeiten zu erwarten sind. Dies wird auch unterstützt durch eine Studie von De Quervain [3] über die vertikalen Versickerungsgeschwindigkeiten in der Schneedecke, wobei Abflussverzögerungen von 29 bis 80 Minuten für 1 m Schnee gemessen wurden, je nach der Schneearart und nach dem Wasserzufluss. Somit wird auch die Verzögerung des Durchflussanstiegs gegenüber der Temperatur verständlich, die in Dischma auch am Anfang der Schneeschmelze (d. h. wenn noch die Schneedecke bis zur Messstelle reicht) festzustellen ist.

Unterschiedlich zu dem Regenabfluss ist das Nachholen des Wassers durch den Abfluss von höheren Zonen durch die Schneedecke erschwert. Unter dieser Voraussetzung kann das Wasser von A_2 in A_1 erst dann weiterfließen, wenn ein entsprechender Raum von dem von A_1 wegfließenden Wasser freigemacht wurde. Bei der Zusammensetzung der Durchflussbeiträge von den drei Teilzonen in Bild 4 beginnt der Durchfluss von einer höheren Zone, erst nachdem das Maximum von der niedrigen Zone erreicht wurde. Auf diese Weise erhält man den für die Schneeschmelze charakteristischen Durchflussverlauf, der mit der wirklichen Ganglinie der Wasserstände vergleichbar ist (Bild 4). (Der Durchflussverlauf wird auch in weiteren Abbildungen mit Wasserstandganglinien [3] dargestellt). Charakteristisch ist der steigende Zweig, der auch bei höheren Abflüssen nie so steil werden kann wie beim Regenabfluss. Um den entsprechenden Zeitmassstab zu erreichen, müsste man eine Konzentrationszeit von 3 Stunden für jede Teilzone, d. h. 9 Stunden für die ganze A-Zone wählen.

Vom 1. bis 3. 5. 1966 fand die Schneeschmelze praktisch im ganzen Einzugsgebiet statt. In diesem Fall musste man eine kürzere Konzentrationszeit wählen (3,5 Stunden für A, 10,5 Stunden für das ganze Gebiet), was mit der höheren Intensität des Abflusses begründet werden könnte. Das wäre in Übereinstimmung mit den erwähnten Versickerungsexperimenten von De Quervain [13], bei welchen die Abflussverzögerung durch die Erhöhung des Zuflusses auf die Hälfte herabgesetzt wurde.

In Bild 5 sieht man die regelmässige dreieckige Form des Hydrogramms.

In der Periode vom 6. bis 10. 6. 1966 konnte man sich der gemessenen Wasserstandganglinie unter folgenden Voraussetzungen annähern: In der A-Zone gab es wahrscheinlich keinen Schnee mehr und auch die untere Hälfte von B war teilweise schneefrei. In der oberen Hälfte war die Schneebedeckung grösser, dafür aber die Temperatur niedriger. Somit würde man zwei gleiche zeitlich verschobene Beiträge und das breite Durchflussmaximum erhalten, das für diese Phase des Schneeabflusses kennzeichnend ist (Bild 6).

Vom 11. bis 13. 6. 1964 tritt wieder die dreieckige Form des Hydrogramms auf (Bild 7). Der Unterschied zur Periode vom 1. bis 3. Mai 1966 liegt nur darin, dass die Schneedecke wahrscheinlich nur noch in der C-Zone übrigbleibt, so dass das Schmelzwasser einen längeren Weg zur Messstelle zurücklegen muss und der Anstieg um etwa anderthalb Stunden später erfolgt.

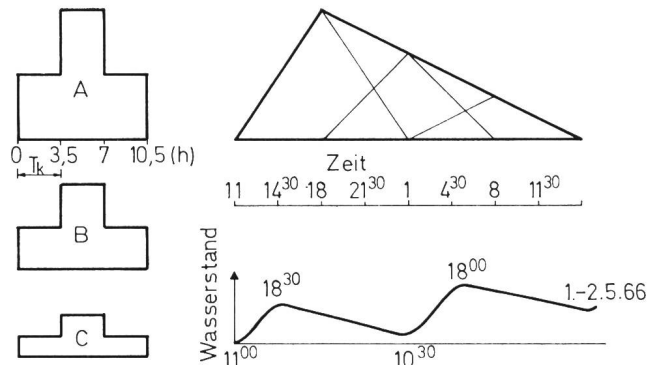


Bild 5 Schneeabfluss am 1. — 2. 5. 1966

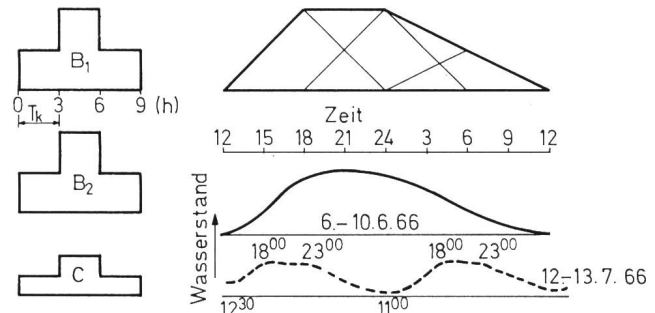


Bild 6 Schneeabfluss am 6. — 10. 6. 1966

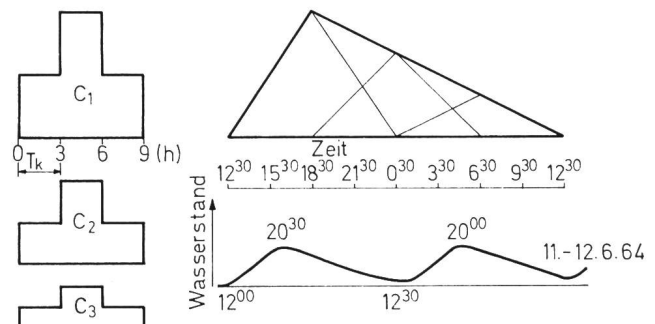


Bild 7 Schneeabfluss am 11. — 12. 6. 1964

In der Endphase der Schneeschmelze kann man voraussetzen, dass die Schneedecke auch in der obersten Zone immer mehr abgebaut wurde, dagegen beteiligte sich der Gletscherabfluss mit einem wachsenden Prozentsatz am Gesamtdurchfluss. Für diesen Prozess ist der Sommer 1964 charakteristisch, weil die Schneedecke relativ früh abgeschmolzen war, so dass sich der Gletscherabfluss noch während der warmen Jahreszeit spürbar machen konnte.

In Bild 8 wird versucht, die rundförmige Wasserstandganglinie vom 16. bis 19. 7. 1964 zu rekonstruieren. Der Gletscherabfluss ist wahrscheinlich besonders in den Mittagsstunden relativ hoch und erreicht die Messstelle am frühesten, weil sich das Wasser fast auf der ganzen Strecke in Gerinnen bewegt. Der Oberflächenabfluss von der Schneedecke erfolgt langsamer und man kann sich vorstellen, dass das Wasser von zwei verschiedenen übriggebliebenen Schneefeldern mit einer Zeitverschiebung eintritt, wobei der spätere Beitrag etwas grösser sein sollte.

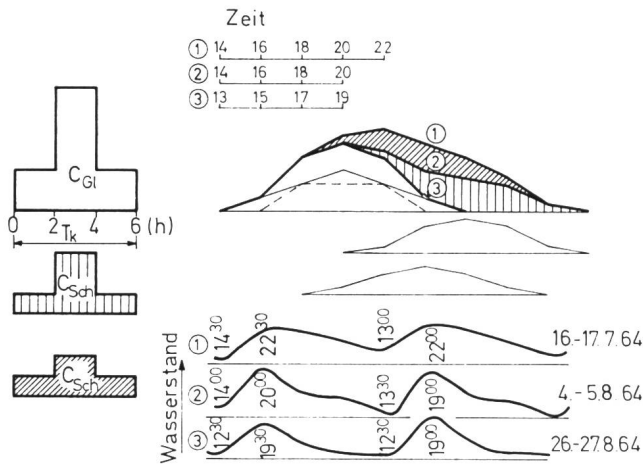


Bild 8. Schneeabfluss am 16. — 17. 7., 4. — 5. 8., 26. — 27. 8 1964

Im weiteren Verlauf verschwindet zuerst das kleinere Schneefeld, so dass der frühere Schneebeitrag wegfällt. Es entsteht eine Hydrogrammform mit einer Verflachung am frühen Morgen, die man auf den Wasserstandaufzeichnungen vom 25. bis 27. 7. bzw. 4. bis 5. 8. 1964 beobachten kann. Um diese Form zu erreichen, muss man aber eine längere Konzentrationszeit voraussetzen. Die Senkungslinie ist gegenüber dem Schema mehr in die Länge gezogen, wie bereits bei Bild 2 erwähnt. Während der Schneeschmelzperiode wurde das Durchflussmaximum allmählich immer später erreicht mit Rücksicht auf die längere Strecke des Ober-

flächenabflusses von der unteren Schneegrenze. Jetzt tritt das Maximum zum erstenmal wieder früher auf, weil der Hauptbeitrag von den Gletschern kommt.

Vom 26. bis 28. 8. 1964 waren die letzten Schnee-Ueberreste wahrscheinlich verschwunden, und zugleich verschwindet auch die Verflachung der Senkungslinie. Die Wasserstandganglinie ist reduziert auf einen eher symmetrischen Gipfel vom Gletscherabfluss. Infolge der hohen Temperatur (Durchschnitt 16°C in Arosa und $12,4^{\circ}$ am Weissfluhjoch) und Sonnenstrahlung konnte ein für die niederschlagsfreie Periode relativ hoher Durchfluss (im Durchschnitt $1,65\text{ m}^3/\text{sec}$) noch einmal erreicht werden.

Bild 9 gibt eine allgemeine Vorstellung über das Auftreten von Minimal- und Maximaldurchflüssen. Diese Durchschnittswerte wurden aus Limnigraphenaufzeichnungen [3] ermittelt.

Die Verkürzung der zeitlichen Differenz zwischen Maximum und Minimum im August kann auf die Reduktion der ursprünglich länglichen Form der zum Abfluss beitragenden Fläche zurückzuführen, wie es Walser [14] für den Regenabfluss theoretisch nachgewiesen hat. Die allmähliche Verzögerung des ganzen Anstiegs wird dadurch erklärt, dass das Wasser einen immer längeren Weg zur Messstelle zurückzulegen hat.

4. Schlussbetrachtungen

Die Formen der Durchflussganglinien wurden bis jetzt für die Regenniederschläge und die Morphologie der Einzugsgebiete untersucht. In diesem Beitrag wird versucht, den Durchflussverlauf auf die Flächenverteilung der Schneedecke zurückzuführen.

Obwohl für diese Bearbeitung keine direkten Schneemessungen von Dischma vorhanden waren, konnte man auf Grund der Limnigraphenaufzeichnungen feststellen, dass dieses repräsentative Einzugsgebiet für das Studium des Schneeabflussprozesses sehr gut geeignet ist.

Die jetzt eingeleiteten Messungen werden ermöglichen, die Wasserbilanz einschliesslich des Abflussverlaufs genauer und mit Rücksicht auf meteorologische Faktoren zu prüfen. Untersuchungen von weiteren repräsentativen Gebieten, die im Laufe des Internationalen Hydrologischen Dezenniums gefördert und koordiniert werden, können dabei auch ausgenutzt werden.

Bei der Berechnung des Schneeabflusses kann man von der folgenden Formel ausgehen:

$$A_n = c [t_n^{\circ} \cdot T \cdot (1-k) + A_{n-1} \cdot k] \quad (4)$$

wobei A_n = Abflusshöhe in cm in 24 Stunden

A_{n-1} = Abflusshöhe in vorherigen 24 Stunden

t° = Anzahl der Tagesgrade $^{\circ}\text{C}$

T = Temperaturfaktor $\text{cm}/1^{\circ}\text{C}$
(einschliesslich weiterer Einflüsse auf die Schneeschmelze)

c = Abflusskoeffizient

k = Senkungskoeffizient für den eintägigen Intervall

Aus der Auswertung der Abflüsse in Dischma geht hervor, dass man von dieser für Modry Dul [2] aufgestellten Gleichung eine kompliziertere Formel ableiten muss, die den grösseren Höhenbereich berücksichtigen würde. Somit wäre es möglich, auch vom Hochgebirge die zu erwartenden Schneeabflussmengen auf Grund von Temperaturprognosen zu berechnen.

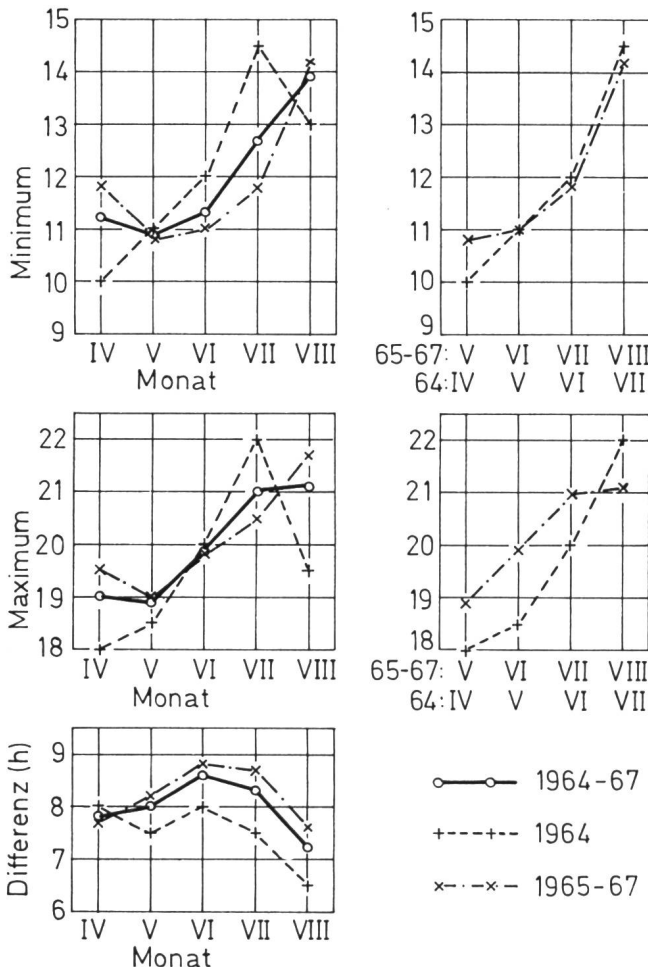


Bild 9 Zeitverschiebung der täglichen Minimal- und Maximaldurchflüsse

LITERATUR

- [1] F. Lugiez, P. Kasser, H. Jensen, P. Guillot:
La prévision des débits du Rhin. Bulletin AIHS, No 3, September 1969, S. 91/116
- [2] Martinec, J.:
Forecasting streamflow from snow storage in an experimental watershed. General Assembly of Berkeley of I.U.G.G., Symposium Surface Waters, S. 127/134.
- [3] Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern:
Limnigraphenaufzeichnungen vom Dischmabach 1964 bis 1967
- [4] Sherman L. K.:
Stream flow from rainfall by the unit-graph method. Eng. News-Rec., Vol. 108, S. 501/505, 1932
- [5] Snyder F. F.:
Synthetic unit-graphs. Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 19, S. 447/454, 1938
- [6] Remenieras G.:
Détermination de l'hydrogramme consécutif à une averse donnée par la méthode de l'hydrogramme unitaire. La Houille Blanche, No spécial B, Déc. 1960
- [7] Jacquet J.:
Application de la méthode de l'hydrogramme unitaire à quelques cours d'eau français. La Houille Blanche, No spécial B, Déc. 1960
- [8] Ven Te Chow:
Applied Hydrology, Section 14, S. 14—14. Mc Graw-Hill, 1964
- [9] Linsley R. K., Kohler M. A., Paulhus J. L. H.:
Applied Hydrology. Mc Graw-Hill, 1949
- [10] Zingg Th.:
Schneebeziehungen in den Schweizer Alpen. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1965/66, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern.
- [11] Kirpich Z. P.:
Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Eng., Vol. 10, No 6, S. 362, June 1940
- [12] Gray D. M.:
Derivation of Hydrographs from small watersheds from measurable physical characteristics. Iowa State University of Science and Technology, Research Bulletin 506, June 1962
- [13] De Quervain M.:
Ueber den Abbau der alpinen Schneedecke AIHS, Assemblée générale d'Oslo 1948, Vol. II, Commission de la Neige et des Glaciers, S.55/68
- [14] Walser E.:
Beitrag zur Theorie der Hochwasser, Wasser- und Energiewirtschaft Nr. 12, 1954

Adresse des Verfassers:

Dipl.-Ing. Jaroslav Martinec, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch/Davos

DIE KÜNFTIGE ROLLE DER HYDRAULISCHEN SPEICHERKRAFTWERKE UND DIE MÖGLICHKEIT IHRER NUTZUNGSSTEIGERUNG

Alfred Ruttner

DK 621.221.3

Vorwort

Der rasante Einbruch der Kernenergienutzung in die konventionellen Erzeugungsarten elektrischer Energie führt zu einem strukturellen und funktionellen Wandel innerhalb dieses Sektors der Energiewirtschaft. Standen bisher die hydraulischen und die kalorischen Elektrizitätswerke im allgemeinen in gleichwertiger und ergänzender Partnerschaft zueinander, so zielt nun mit dem Sturm der Reaktorwerke die Entwicklung auf die Zurückdrängung des Baues neuer Wasserkraftwerke und auf die dirigierte Einordnung der vorhandenen hydraulischen Energiekapazität in die von Reaktorwerken kalorisch erzeugte Energiemasse.

Die bisherige Hauptaufgabe der hydraulischen Speicher- und Pumpspeicherwerke, den Sommerzufluss für die Erzeugung von wertvoller Winterenergie zu speichern, wird an Bedeutung verlieren. Sie werden aber, wegen ihrer ausser-

ordentlich raschen Regelbarkeit, die sehr wichtige Aufgabe der Deckung der Bedarfsspitzen in weit höherem Ausmass als bisher zu übernehmen und die gleichfalls notwendige Rolle einer Momentanreserve zu erfüllen haben. Dies um so mehr, je grösser die Einheiten der Reaktor-Grundlastwerke sein werden.

In Ländern wie der Schweiz, in denen die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Nutzung von Speicherräumen für Wasserkraftanlagen bereits weitgehend ausgewertet sind, werden Ueberlegungen anzustellen sein, ob nicht die bereits vorhandenen Speicher erweitert, d. h. ihr Nutzraum vergrössert werden kann. Eine sehr wirtschaftliche Ausbaumöglichkeit für Speicher mit Gewichtsmauern als Sperrbauwerk wird hier anhand einer, in ihrer Art neuesten, erprobten Bauweise dargelegt.

Der Ansturm der Atomkraftwerke

Die elektrische Energie ist ein dominierender Faktor in Technik und Wirtschaft unseres Zeitalters geworden. Zu ihrer konventionellen Erzeugung durch Nutzung der potentiellen Energie des Wassers und der thermischen Energie verschiedener Energieträger — im wesentlichen Kohle, Erdöl und Erdgas — ist die beim künstlichen Atomkernspaltungsprozess freiwerdende Energie gekommen.

Die technische Entwicklung und die derzeit schon erzielte Wirtschaftlichkeit der auf diesem Prozess basierenden thermischen Reaktorwerke ist soweit gediehen, dass nun ihre Zahl und Leistungsgrösse ständig und rasch im Wachsen ist.

Die US-Atomenergiekommision rechnet, dass, einschliesslich der bereits errichteten Kernkraftwerke, in acht

Jahren 120 Leistungsreaktoren in den USA in Betrieb sein werden; davon waren Ende 1968 44 in Bau, 42 in Planung. Im EWG-Bereich waren anfangs 1969 41 Leistungsreaktoren mit zusammen 13 150 MW Nettoleistung in Betrieb. Der weit überwiegende Anteil entfällt hier auf Grossbritannien, wo der Bau der Atomkraftwerke seinen Ausgang genommen hatte. 1958 wurde nach mehrjährigen Entwicklungs- und Bauarbeiten in Calder-Hall das erste Atomkraftwerk der Welt zur industriellen Erzeugung elektrischer Energie in Betrieb genommen. Bis 1969 wurden in rascher Folge elf Reaktorwerke dieses Typs (Magnox) errichtet und mit einer Gesamtleistung von 5 300 MW in Betrieb genommen. Eine weitere Baureihe von vier Kraftwerken mit je zwei Reaktoren mit einer Gesamtleistung von 5 000 MW wird 1970 bis 1974