

---

GLETSCHER UND SCHNEEDECKE ALS  
HYDROLOGISCHE EINFLUSSGRÖSSEN

G. KASER, Univ.Innsbruck

---

Zusammenfassung

Der Massenhaushalt von Gletschern und der Auf- und Abbau der Schneedecke im Laufe eines Jahres beeinflussen das Abflußverhalten unserer Gewässer grundlegend. In hydrologischen Modellrechnungen spielt die Parametrisierung dieser Größen eine ausschlaggebende Rolle. Dafür ist es notwendig, vor allem die zeitlich veränderliche Ausdehnung der Schneedecke zu kennen.

Auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells könnte aus punktförmigen und flächenhaften Meßdaten z.B. für jeden Monat (jede Woche) die mittlere Ausdehnung der Schneebedeckung ermittelt werden. Der Zugriff auf solche Daten in einem System wie es das GeoLIS vorsieht, wäre wünschenswert.

Einleitung: Beim Gedanken an ein GEO-Informationssystem drängt sich einem Hydrologen u.a. der Wunsch auf, darin die in Schnee und Eis zeitweise gespeicherte Niederschlagsmenge zu erfassen. Gegenüber anderen geowissenschaftlichen und geotechnischen Daten kommt vor allem bei der Erfassung der Schneedecke neben der flächenhaften Ausdehnung und der vertikalen Mächtigkeit die Zeit als vierte Variable dazu. Dies stellt an ein digitales Datenbanksystem sicher erhöhte Anforderungen.

Schnee und Eis im Wasserkreislauf

Der Niederschlag fällt in flüssiger oder fester Form räumlich und zeitlich verteilt auf ein bestimmtes hydrologisches Einzugsgebiet. Die Topographie des Einzugsgebietes beeinflusst vor allem die räumliche Verteilung des Niederschlags.

Während ein Teil des Niederschlags wieder verdunstet wird der Rest nach mehr oder weniger langer Verzögerung dem Abfluß zugeführt. Je nach Form, Größe und Lage des Einzugsgebietes wirken sich verschiedene Ursachen für die Verzögerung unterschiedlich stark aus:

Boden, Vegetation u.a.  
Schneedecke  
Gletscher

Stunden bis Tage  
Tage bis Monate  
Jahre

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen wie sehr das Abflußverhalten alpiner Vorfluter vom Auf- und Abbau der Schneedecke und von der Gletscherspende geprägt ist.

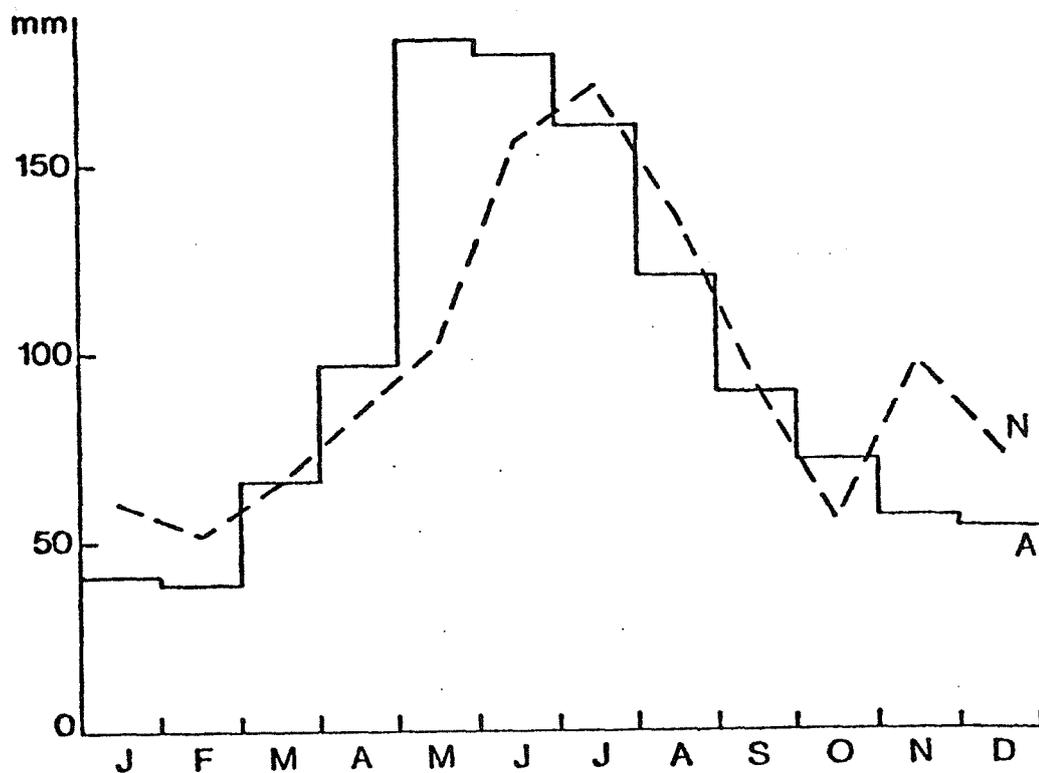


Abb.1: N:Mittlerer Jahresgang des Niederschlags in mm, 1971 - 80. Hopfgarten Brixental.

A: Mittlerer Jahresgang der Abflußhöhe in mm, 1971 - 80. Pegel Hopfgarten - Sonnwies - Brixentaler Ache.  $292,1 \text{ km}^2$ , unvergletschert.

Abb. 1 zeigt die mittleren Jahresgänge (1971-80) der Abflußhöhe der Brixentaler Ache (Tirol) beim Pegel Hopfgarten-Sonnwies und des Niederschlags an der Station Hopfgarten (Hydrographischer Dienst Österreich 1975-1983). Das Einzugsgebiet der Brixentaler Ache ist 292,1 km<sup>2</sup> groß und unvergletschert, hat aber eine mittlere Dauer der Schneedecke zwischen 3 und 8 Monaten im Jahr (Fliri 1970).

In den Wintermonaten wird ein Großteil des Niederschlags in der Schneedecke gespeichert und mit der Schneeschmelze beginnt der Abfluß gegenüber dem Niederschlag anzusteigen um im Mai den höchsten Wert zu erreichen. Im Sommer und im Herbst kommt der überwiegend als Regen fallende Niederschlag wieder relativ schnell zum Abfluß.

Die Abb. 2 zeigt die mittleren Jahresgänge (1971-80) der Abflußhöhe beim Pegel Vent/Rofenache (Tirol) und des Niederschlags an der Station Vent. (Hydrographischer Dienst Österreich 1975-1983). Das Einzugsgebiet der Rofenache ist zu 44 % vergletschert (Kuhn et.al.1979, Hoinkes 1970). Dementsprechend ausgeprägt ist das Abflußverhalten mit den höchsten Werten während der größten Eisablation im Juli und August.

#### Hydrologische Simulationsmodelle:

Für Abflußprognosen, aus wasserwirtschaftlichen, wissenschaftlichen und anderen Gründen werden Wasserkreisläufe u.a. mathematisch simuliert. In alpinen Einzugsgebieten fällt dabei ein Hauptaugenmerk auf:

- den Aufbau der Schneedecke
- den Abbau der Schneedecke
- die Ablation auf Gletschern.

Während für die Simulation des Schneedeckenaufbaus vor allem Niederschlagsdaten notwendig sind, bildet für die Simulation der Abbauprozesse die Energiebilanz auf der Schnee- oder Eisoberfläche die physikalische Grundlage. Dabei werden die Energieströme von und zur Oberfläche durch

- Strahlung
- molekulare Diffusion (Leitung)
- turbulente Diffusion

geführt. Der Restbetrag aus den verschiedenen Energieströmen steht zum Schmelzen zur Verfügung.

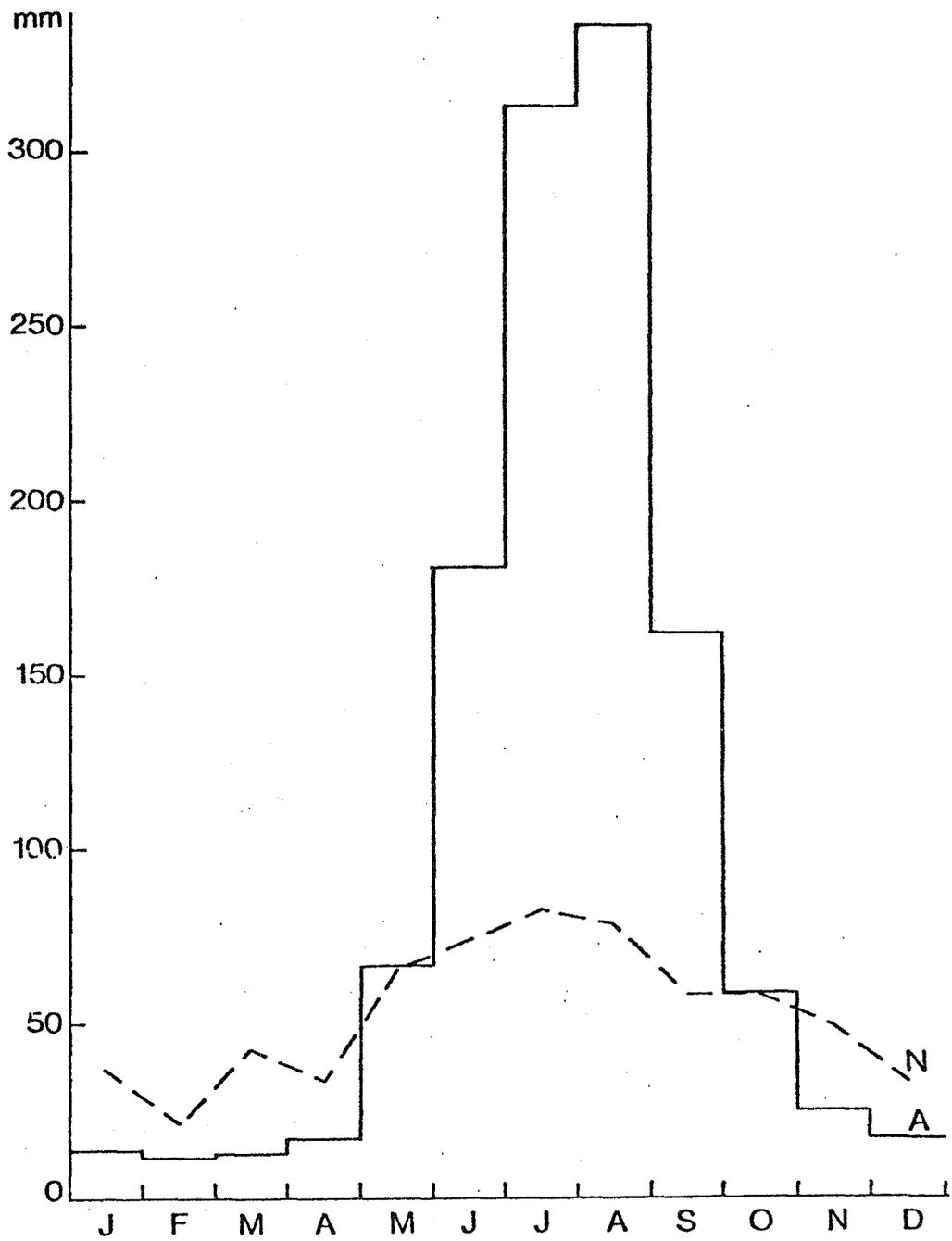


Abb.2: N: Mittlerer Jahresgang des Niederschlags in mm, 1971-80. Vent  
A: Mittlerer Jahresgang der Abflußhöhe in mm, 1971-80. Pegel Vent-  
Röfenache, 96,2 km<sup>2</sup>, 44% vergletschert

Bevor das Schmelzwasser aber zum Abfluß kommt, wird es in der Schneedecke (oder auch in und auf der Eismasse eines Gletschers) durch verschiedene Prozesse verzögert (u.a. Speicherung des Schmelzwassers in der Schneedecke und Wiedergefrieren).

#### Die Schneedecke und ihre Erfassung

Energie- und Massenhaushalt einer Schneedecke sind in der Theorie weitgehend bekannt und an einzelnen Meßstellen auch größtenteils meß- und nachvollziehbar. Für die Abschätzung der Vorgänge auf größeren Flächen (Einzugsgebiete) müssen aber starke Vereinfachungen angenommen werden.

Diese Annahmen werden teilweise dadurch erleichtert, daß die Schneedecke bestimmte Eigenschaften besitzt:

- große horizontale Homogenität
- hohe Albedo
- gute thermische Isolierung
- großes Speichervermögen für Wärme und Wasser
- die Oberfläche kann höchstens eine Temperatur von 0° C erreichen
- Sublimation und Verdunstung haben immer potentielle Werte
- die Oberflächenrauigkeit ist extrem niedrig
- die atmosphärische Grenzschicht über der Schneedecke ist stabil

Die Kenntnis der Ausdehnung der Schneedecke ist natürlich eine notwendige Voraussetzung für hydrologische Untersuchungen in Einzugsgebieten mit zeitweiser Schneebedeckung. Zur Bestimmung der Ausdehnung der Schneedecke stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

Punktmessungen:

- Niederschlagsmessungen (z.T. getrennte Schneemessungen, z.T. durch Temperaturmessungen Zuordnung zu Regen oder Schnee)
- Wassergehalts- und Dichtemessungen (werden an ca. 100 Meßstellen in Österreich unregelmäßig gemessen und vom Hydrographischen Dienst im Hydrographischen Jahrbuch veröffentlicht).

Daraus kann durch verschiedene Methoden die flächenhafte Verteilung der Schneedecke grob ermittelt werden.

flächenhafte Messungen:

- terrestrische und Flugbildaufnahmen (unregelmäßig und teuer)
- Satellitenaufnahmen im optischen Bereich (die Schneedeckenkartierung wird durch Bewölkung erschwert oder unmöglich gemacht)
- Flug- und Satellitenaufnahmen mit Mikrowellensensoren. Diese Wellenlängen durchdringen die Wolkendecke. Mikrowellen dringen auch teilweise in die Schneedecke ein. Dadurch kann eine Bestimmung des Wassergehalts der Schneedecke ermöglicht werden. Die Methoden dazu sind noch im Entwicklungsstadium.

#### Die Schneedecke in einem Geo-Informationssystem:

Die Anwendung mehrerer oder aller punkt- und flächenhaften Informationen kann mit Hilfe eines digitalen Geländemodells in einer für hydrologische Simulationsmodelle brauchbaren Weise kontinuierlich (monatlich, wöchentlich) aufbereitet werden.

Die zeitlich variable Ausdehnung der Schneedecke im unvergletscherten wie im vergletscherten Gebiet könnte in einem vielfältigen Landinformationssystem wie dem GeoLIS abrufbar gespeichert werden. Diese Informationen könnten sowohl bei der Beantwortung aktueller Fragen als auch für statistische Zwecke wertvoll sein.

Literatur:

- Braun, L., Lang H., 1984: Vergleich von Schneeschmelzmodellen unterschiedlicher Komplexität in zwei voralpinen Einzugsgebieten verschiedener Größen: Schneehydrologische Forschung in Mitteleuropa. Mitteilungen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. H.7, 77-90.
- Fliri, F., 1970: Durchschnittliche Zahl der Monate mit Schnee in der Periode 1930/31 bis 1959/60: Tirol-Atlas, Blatt D 11. Amt der Tiroler Landesregierung (Hsg.).
- Hoinkes, H., 1970: Methoden und Möglichkeiten von Massenhaushaltsstudien auf Gletschern: Zeitschrift. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 6/I-II, 37-90.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST ÖSTERR. 1975-1983: Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1971-1980. Bd. 79-88: Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- Keller, H.M., 1975: Simulationsmodell - ein Werkzeug hydrologischer Forschung: Mitteilungen Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Bd. 51, H.1, 133-139.
- Kuhn, M., Kaser, G., Markl, M., Wagner, H.P., Schneider, H., 1979: 25 Jahre Massenhaushaltsuntersuchungen am Hintereisferner: Inst. f. Meteorologie u. Geophysik, Univ.Innsbruck 80 S.
- Kuhn, M., 1984: Physikalische Grundlagen des Energie- und Massenhaushaltes der Schneedecke: Schneehydrologische Forschung in Mitteleuropa: Mitteilungen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. H.7, 5-56.
- Lang, H., 1984: Forecasting Meltwater Runoff from Snow-covered Areas and from Glacier Basins: Real-Time River Flow Forecasting, J.R. Moll Editor, Landbouwhogeschool Wageningen-Nederland, Report 6, 113-145.

- Martinec, J., 1982: Transfer of Results on Snowmelt Runoff from Small to big Basins: Proc. Symp. Hydrolog. Research Basins, Sonderh. Landeshydrologie, Bern.
- Rott, H., 1983: Snow and Ice Monitoring by Microwave Techniques: Remote Sensing: Proc. Alpach Summer School, 27 July - 5. Aug. 1983, (ESA SP-205, Sept. 1983). 75-86.
- Rott, H., 1986: Fernerkundung von Schnee und Eis mittels neuer Sensoren: 2. Österreichisches Symposium Fernerkundung, Oktober 1985 Wien, in Druck.
- Young, G.J., 1985: Techniques for Prediction of Runoff from Glacierized Areas: International Association of Hydrological Sciences Publication No 149, 149 p.