

Abflußregimeforschung und ihre praktische Bedeutung

Luft, Wasser und Boden sind die drei Sphären, mit denen sich die physisch-geographische, besonders auch die geo-ökologische Forschung beschäftigt. Der Geofaktor Wasser zeichnet sich dabei als verbindendes Agens von hoher Variabilität aus. Insbesondere ist das Wasser stark am Stoffumsatz einer Landschaft beteiligt.

In der Festlandhydrologie stellt der Abfluss das zentrale Element dar. Bäche und Flüsse sind oft die Lebensadern einer Landschaft und der wirtschaftende Mensch ist vielfältig mit dem Gerinneabfluss verbunden. Die wichtigsten Nutzungen des Gerinneabflusses sind: Wasserkraft, Flussschifffahrt, Flösserei, Flussfischerei, Bewässerung, Wasserversorgung, Vorflutung und Erholung.

Neben dem Vorkommen ist vor allem auch der Abflussgang von grösster Bedeutung für die Nutzung. Hier hat die Abflussregimeforschung ihre Wurzel und ihre praktische Bedeutung ist klar ersichtlich.

Innerhalb der Physischen Geographie bildet die Regimeforschung eine klassische Arbeitsrichtung. Sie ist eng mit dem Namen PARDE verbunden. Er hat vor rund 50 Jahren die Grundbegriffe geprägt und insbesondere mit der Formulierung des "Abflusskoeffizienten" einen entscheidenden Schritt getan (PARDE 1933). Als Abflusskoeffizient definiert er den Quotienten aus einem mittleren Monatsabfluss und dem mittleren Jahresabfluss einer Station. Damit konnte er aufgrund unterschiedlicher Steuerfaktoren Typen von Abflussregimes herauskristallisieren und so die Abflüsse einer Region ordnen. Er unterscheidet einfache und komplexe Regimes.

Diese Gedanken wurden von verschiedener Seite aufgenommen. BRENKEN (1959) hat die Regimeklassifikation besonders von der praktischen Seite her angegangen, um Nutzungsbewertungen für die Fließgewässer vornehmen zu können. Unter Einbezug weiterer Daten und der Beschreibung von Typ-Regimes für die klimatisch-hydrologischen Zonen der Erde konnte

GUILCHER (1965) den Ansatz von PARDE ausdehnen. CHORLEY (1969) folgt zwar für das Ordnungssystem dem Klassifikationsansatz von KOEPPEN, verwendet aber ebenfalls den Abflusskoeffizienten. Eine klimazonenunabhängige Klassifikation der Abflussregimes der Erde wurde von L'VOVIĆ (1960) im Mira-Atlas veröffentlicht.

KELLER hat im Rahmen der IHD mit seinen Mitarbeiteren ausgiebig Regimeforschung betrieben. Er versuchte speziell die Formel von PARDE fortzuentwickeln, damit sie universell anwendbar ist. Seine Regimeformel beinhaltet die Angabe der Maxima und Minima im Jahresgang, unter Bezifferung (Klasseneinteilung) der extremen Abflusskoeffizienten. Die kartographische Umsetzung in kleinen Massstäben wurde in verschiedenen Beispielen angeführt, so für Mitteleuropa und das Nilgebiet (KELLER 1968).

GRIMM (1968) geht noch einen Schritt weiter, indem er zusätzlich sekundäre Maxima und die Jahresabflusspende in seine Regimeformel einbezieht. Es entstehen eindeutig definierte Regimetypen, welche die Ausarbeitung von Kausalbeziehungen Raum - Regimetyp ermöglichen.

Diese Bemühungen galten in erster Linie wissenschaftlichem Interesse. KELLER (1972) selbst hat dann den Begriff "Abflussregime" weiter gefasst und damit der geographisch-hydrologischen Regimeforschung auch das Arbeiten im angewandten Sektor der Hydrologie eröffnet.

In der Hydrologie versteht man unter Abflussregime die zeitlichen Schwankungen des Abflusses in einem Querschnitt im weitesten Sinne. Letztlich ist darin die Hydrologie des Gerinneabflusses überhaupt zu verstehen. Ein moderner Zweig der Regimeforschung bildet zum Beispiel die Ganglinienseparation (HERRMANN und STICHLER 1982). Wir wollen uns

Christian Leibundgut, Dr., Rolf Weingartner, Hugo Aschwanden, Geographisches Institut der Universität Bern, Abteilung Hydrologie, Hallerstr. 12, 3012 Bern

auf den engeren Begriff im Sinne von PARDE beschränken.

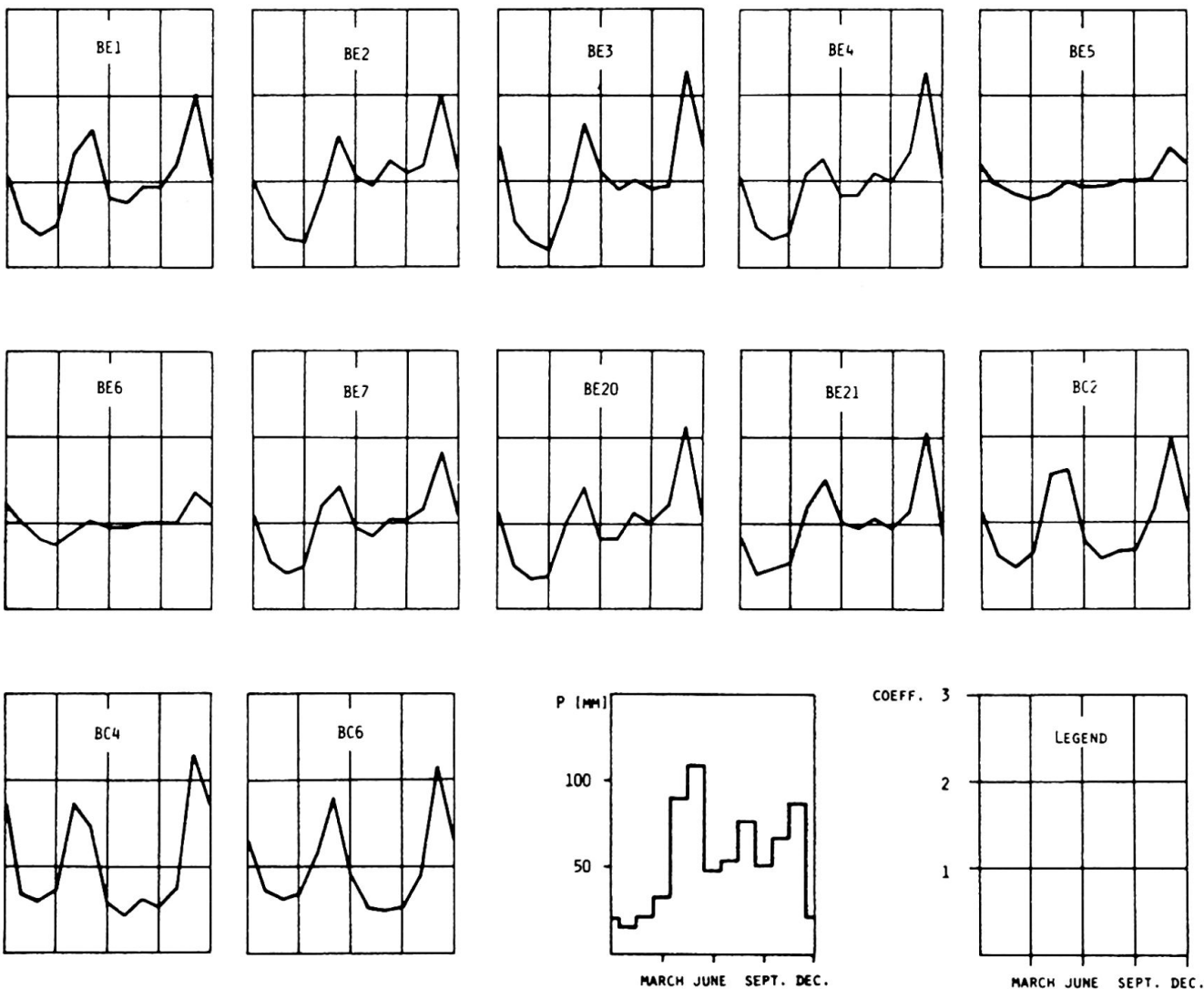
Anhand von zwei Beispielen soll die Abflussregimeforschung am Geographischen Institut der Universität Bern und insbesondere deren praktische Bedeutung angesprochen werden.

Bei der Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Probleme in der Dritten Welt stellt sich häufig das Problem einer ungenügenden Kenntnis der hydrologischen Vorgänge. Hier kann über den Ansatz "Abflussregime" im Sinne einer Vorerkundung schnell ein Ueberblick gewonnen werden, der Grössenordnungen und Haupt-Steuermechanismen erkennen lässt.

Im Gebiet des nordwestlichen Mt. Kenya und dessen Vorland werden seit einigen Jahren die hydrologischen Grundlagen für eine wasserwirtschaftliche Planung erarbeitet. Die regional-hydrologischen Aspekte sind LEIBUNDGUT (1982) zu entnehmen.

In diesen unter dem Aequator gelegenen Einzugsgebieten herrscht der Niederschlag meist als Hauptsteuergrösse vor. Die Abflüsse weisen einen zweigipfligen Verlauf auf. Sie können als "Aequatoriales Abflussregime der Hochgebirge mit 2 Maxima" bezeichnet werden (LEIBUNDGUT 1983). Entsprechend den wechselnden Einflüssen der verschiedenen Windsysteme in der äquatorialen Tiefdruckrinne (ITC)

Abb. 1: Abflussregimes der nw Mt. Kenya-Region 1960-1980. P: Niederschlag Cedarvale Farm. BE1 usw.: Regionale Stationen-Bezeichnungen.



und der starken Modifizierung durch die Gebirgstopographie, sind bereits deutliche regionale Differenzierungen festzustellen. Die Regimes Teleswani-BE 5 und Timau-BE 6 zum Beispiel zeigen einen starken Retentionseinfluss an.

Die gesamthaft ergiebigsten Niederschläge der "long rains" im Frühling fallen im Anschluss an die ausgeprägteste Trockenperiode in den Vormonaten. Ein grösserer Teil des Niederschlagswassers wird zur Auffüllung des Boden-Untergrundspeichers aufgebracht. Es kommt daher nur zu einem relativen Maximum (Mai) im jährlichen Abflussgang. Der aufgefüllte Speicher, zusammen mit der geringeren Verdunstung und den "continental rains", vermag den Gerinneabfluss in der folgenden Trockenperiode so zu speisen, dass gesamthaft grössere Mengen zum Abfluss kommen als in der ersten Trockenperiode. Der Speicher wird offenbar nur teilweise abgebaut, so dass die "short rains" das Jahres-Abflussmaximum zu erzeugen vermögen. Infolge der verstärkten potentiellen Verdunstung bei minimalen Niederschlägen wird der Speicher anschliessend rasch weitgehend entleert.

Damit ist ein Einblick in die Mechanismen des Abflusses gewonnen. Mit diesen Kenntnissen lassen sich eine hydrologische Bewertung vornehmen und erste Entschiede für die wasserwirtschaftliche Nutzung der abfliessenden Wassermengen treffen.

In der Schweiz hat die hydrologische Forschung einen hohen Standard erreicht. Viele Einzugsgebiete sind im Detail erforscht. Trotzdem fehlen hydrologische Gesamtübersichten in mittleren Massstäben (1:200'000 bis 1:500'000), welche dem Praktiker profunde Einblicke in die hydrologischen Mechanismen vermitteln und welche beispielsweise auch dem Hydrologen helfen, seine Resultate in ein grösseres Ganzes einzuordnen (Regionalisierung). Hier eröffnet sich ein breites Arbeitsfeld für den Hydrogeographen.

In der landschaftsökologischen und hydrologischen Literatur wird immer wieder auf die Bedeutung des Abflussregimes als integraler, relativ leicht erfassbarer Faktor zur Kennzeichnung des Wasserhaushaltes eines Gebietes hingewiesen (z.B. LESER 1976, HERRMANN 1965). Mit einer auf Abflussregimetyphen basierenden hydrologischen Regionalisierung werden demnach wesentliche Grundzüge des Wasserhaushaltes erfasst. Dieser letzte Gedanke darf als Ausgangspunkt des Nationalfondsprojektes "Abschätzung der Abflüsse in Fliessgewässern an Stellen ohne Direktmessung - Regimetypisierung" angesehen werden, das am Geographischen Institut der Universität Bern in Bear-

beitung ist.

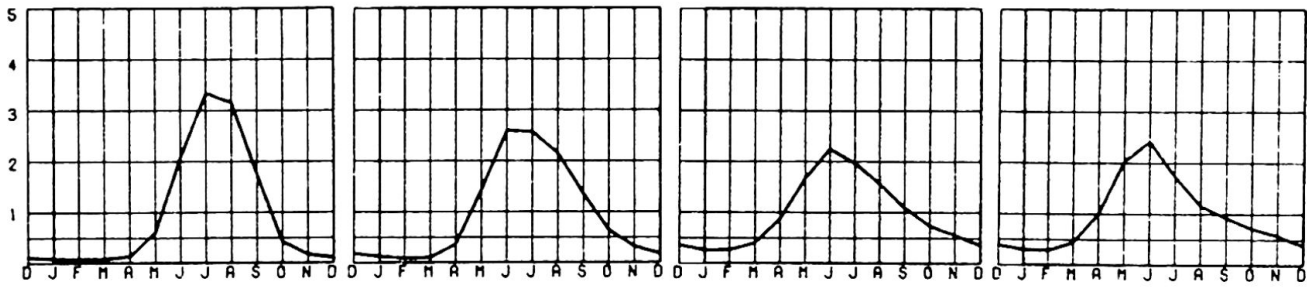
Die Schweiz verfügt über ein sehr gut ausgebautes hydrologisches Messnetz (EMMENEGGER 1974). Trotzdem sind in bezug auf unsere Fragestellung für rund 55 % der Landesfläche keine oder nur bedingt brauchbare Abflussreihen vorhanden. Deshalb werden zur Zeit Methoden erarbeitet, welche in Einzugsgebieten ohne Direktmessung eine quantitative Abflussregime-Abschätzung ermöglichen und welche dem Praktiker eine bedeutende Hilfe zur Lösung seiner spezifischen Probleme bieten.

Die Projektarbeiten in der nordalpinen Zone sind vorerst abgeschlossen (ASCHSCHWANDEN und WEINGARTNER 1983): Die Abflussdaten lassen vier Regimehaupttypen erkennen (Abb. 2). Aufgrund der arealen Vergletscherung und der mittleren Einzugsgebietshöhe ist es nun möglich, das Abflussregime mit grosser Sicherheit zu bestimmen. Mit diesen Grundlagen, welche z.B. eine Rekonstruktion der natürlichen Abflussverhältnisse ermöglichen, kann ein Beitrag zur aktuellen Frage der Restwassermengen von Kraftwerkanlagen geleistet werden, und zwar sowohl im Hinblick auf die Bemessung der winterlichen Minimalabflüsse wie auch in bezug auf den für Fauna und Flora bedeutsamen saisonalen Abflussgang (AKERET 1982).

Parallel zum Mittelwasserprojekt laufen an den Eidg. Technischen Hochschulen NF-Projekte zu den Abfluss-Extrema. Sollte es gelingen, diese drei Teilaspekte zu einem Ganzen zusammenzufügen, so ist man nicht mehr weit entfernt von einer nicht nur wissenschaftlich bedeutsamen gesamtschweizerischen "Synthese Abfluss". Wie Untersuchungen von BINGELI (1974), JATON (1980) u.a. zeigen, bestehen sowohl beim Niederschlag wie bei der Verdunstung ähnliche Kausalbeziehungen zwischen einfachen strukturellen Einzugsgebietparametern und dem betreffenden hydrologischen Element wie bei den Abflussregimes, so dass eine umfassende mittelmasstäbliche Betrachtung des schweizerischen Wasserhaushaltes in naher Zukunft möglich erscheint.

Innerhalb des Mittelwasser-Projektes werden das Mittelland, der Jura und die Südschweiz in ähnlicher Weise wie der nordalpine Raum bearbeitet. Eine Vertiefung der Aussagen darf durch die Modellierung der einzelnen Regimetyphen erwartet werden. Gesamthaft ist eine neue Phase der Regimeforschung festzustellen. Die Verfeinerung der Aussagen, wie sie mit Hilfe moderner Methoden möglich ist, dürfte die praktische Bedeutung der Abflussregime-Kenntnisse in Zukunft steigern.

Abb. 2: Die Regimehaupttypen der nordalpinen Zone (mittlere Einzugsgebietshöhe über 1550m) und ihre wichtigsten Kenngrößen



Matter Vispa, Zermatt
1950-1960

Hinterrhein, Hinterrh.
1945-1980

Schächen, Bürglen
1930-1966

Plessur, Chur
1931-1980

GLAZIAL

GLAZIONIVAL

NIVOGLAZIAL

NIVAL

Mögliche Untertypen:

- a-glazial
- b-glazial

Mögliche Untertypen:

- a-glazionival
- b-glazionival

Monat	Streubereich der AK
JAN	0.03-0.14
FEB	0.03-0.12
MRZ	0.04-0.14
APR	0.12-0.29
MAI	0.55-1.01
JUN	1.85-2.18
JUL	2.83-3.34
AUG	2.60-3.27
SEP	1.53-1.95
OKT	0.42-0.66
NOV	0.11-0.31
DEZ	0.05-0.18

Monat	Streubereich der AK
JAN	0.09-0.24
FEB	0.08-0.21
MRZ	0.09-0.31
APR	0.25-0.69
MAI	1.02-1.46
JUN	2.20-2.84
JUL	2.40-2.80
AUG	1.71-2.24
SEP	1.15-1.44
OKT	0.57-0.95
NOV	0.16-0.49
DEZ	0.14-0.30

Monat	Streubereich der AK
JAN	0.13-0.37
FEB	0.12-0.33
MRZ	0.13-0.41
APR	0.34-0.88
MAI	1.23-2.03
JUN	2.25-3.00
JUL	1.93-2.37
AUG	1.30-1.80
SEP	1.02-1.26
OKT	0.46-0.86
NOV	0.32-0.62
DEZ	0.20-0.45

Monat	Streubereich der AK
JAN	0.20-0.35
FEB	0.25-0.41
MRZ	0.38-0.60
APR	0.99-1.23
MAI	1.88-2.60
JUN	2.04-2.59
JUL	1.40-1.94
AUG	1.07-1.47
SEP	0.72-1.05
OKT	0.53-0.72
NOV	0.45-0.63
DEZ	0.27-0.49

Mittl.Höhe Vergletsch:

- a:ab 2400m ab 40%
- b:ab 2100m 22-40%

Mittl.Höhe Vergletsch:

- a:ab 2000m 12-22%
- b:ab 2300m 1-12%
- 1900-2300m 6-12%

Mittl.Höhe Vergletsch:

- 1500-1900m 3-12%
- 1900-2300m 1- 6%

Mittl.Höhe Vergletsch:

- 1550-1900m 0-3%
- ab 1900m 0-1%

SUMMARY

The almost classic investigation of runoff regimes has been intensified in the last few years. It is a very significant part of hydrological research. As the examples of Kenya and the Swiss Alps show, the runoff regime analysis gives an important contribution to solving hydrological, geocological and watereconomical problems.

LITERATUR

AKERET, E. (1982): Schlussbericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe "Restwasser", Bern.

ASCHWANDEN, H., WEINGARTNER R. (1983): Die Abflussregimes der Schweiz, Teil I: Alpine Abflussregimes. Geogr. Inst. der Univ. Bern.

BINGGELI, V. (1974): Hydrologische Studien im zentralen Schweizerischen Alpenvorland, insbesondere im Gebiet der Langete. In: Beiträge z.Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 22.

BRENKEN, G. (1959): Versuch einer Klassifikation der Flüsse und Ströme der Erde nach wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Diss. TH Karlsruhe.

- CHORLEY, R.J. (Hrsgb.) (1969): *Introduction to Physical Hydrology*. Methuen, London.
- EMMENEGGER, Ch. (1974): *Hydrometrische Stationsnetze in der Schweiz: Zusammenhänge und aktuelle Probleme*. Fortbildungskurs f. Angew. Hydrologie, Sursee.
- GRIMM, F. (1968): *Das Abflussverhalten in Europa-Typen und regionale Gliederung*. Wiss. Veröff. Dt. Inst. f. Länderkunde, Bd 25/26, Leipzig.
- GUILCHER, A. (1965): *Précis d'hydrologie marine et continentale*. Masson, Paris.
- HERRMANN, A., STICHLER, W. (1982): *Surface Runoff Separation and Discrimination of Subsurface Storage Systems using Environmental Isotopes*. In: *Beitr. z. Hydrologie, Sonderheft Nr. 3*, 233-252.
- HERRMANN, R. (1965): *Vergleichende Hydrogeographie des Taunus und seiner südlichen und südöstlichen Randgebiete*. In: *Giess. Geograph. Schriften, Heft 5*.
- JATON, J.F. (1980): *Détermination des écoulements annuels et mensuels moyens d'un bassin versant*. EPFL Publ. no 190, Lausanne.
- KELLER, R., SKIRKE, A., SEIFRIED, A. (1972): *Methoden zur Klassifikation von Abflussregimen*. In: *2. Ber. d. Comm. IGU on the IHD: 89-118*.
- LEIBUNDGUT, Ch. (1982): *Beitrag zum Gerinneabfluss am Mt. Kenya*. *Jb. d. Geograph. Ges., Bern*.
- LEIBUNDGUT, Ch. (1983): *Runoff Regime of a Tropical High Mountain Region*. IAHS-Publ. No. 140: 313-324, Hamburg.
- LESER, H. (1976): *Landschaftsökologie*. Ulmer, Stuttgart.
- L'VOVIČ, M.I. (1960): *Gidrologija susi*. In: *Sovetskaja Geografija, AN SSSR, Geogr. obscesto SSR, 141-156, Moskva*.
- PARDE, M. (1933): *Fleuves et rivières*. A. Coun, Paris.

Dieser Artikel wurde ursprünglich als Beitrag für das Themenheft "Angewandte Geographie in der Schweiz" (Nr. 2/84) geschrieben und konnte dort aus Platzgründen nicht erscheinen.

Literaturbesprechungen

BAILLY Antoine/BEGUIN Hubert: *Introduction à la géographie humaine*. Masson, Paris 1982, 192 S., 33 Fig. 10 Tab., Ffrs. 99.--.

Die dringende Notwendigkeit eines umfassenden und aktuellen eigenen Lehrbuches für die Anthropogeographie wurde in den vergangenen Jahren im französischen Sprachbereich immer offensichtlicher. Die Autoren dieser im allgemeinen leicht lesbaren Veröffentlichung

haben denn auch das grosse Verdienst, diesen Bedarf vorerst abgedeckt zu haben. Wie ist aber diese Publikation hinsichtlich der Zielsetzung der Autoren zu beurteilen, eine geeignete Basislektüre für Studenten vorzulegen und strengere Normen für das wissenschaftliche Handeln der Geographen zu formulieren?

Die pädagogische Absicht kommt im Aufbau und der Themenauswahl sehr gut zum Ausdruck. Im ersten Teil werden zunächst die verschiedenen Erkenntnisinteressen