

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 78 (1980)

Heft: 3: 125 Jahre ETH Zürich : Sonderheft Institut für Kulturtechnik

Artikel: Statistische Untersuchungen von Extremabflüssen aus kleinen Einzugsgebieten

Autor: Widmoser, P. / Sydler, P.-A. / Zollinger, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-230150>

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: 22.02.2026

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

Ergebnis:

Unter Berücksichtigung der Voraussetzungen liegt aus der Sicht des Eigentümers Nr. 33 die Rendite für sein in das Güterzusammenlegungsunternehmen investierte Kapital bei einem internen Zinsfuss von rund 12,5% (Zinssatz für 1. Hypotheken 1979: 4½%). Würden bei gleichen Voraussetzungen die öffentlichen Kosten (Beiträge Bund und Kanton) ebenfalls miteingerechnet, ergäbe sich bei effektiven Projektkosten von Fr. 156 000.– ein interner Zinsfuss von 1,5%.

5. Schlussbemerkungen

Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, wie sie an einem Beispiel dargestellt wurden, lassen sich bei Güterzusammenlegungen im Planungs-/Vorprojektstadium als Grundlage für einen Investitionsentscheid des einzelnen Grundeigentümers ohne Schwierigkeiten an Modellbetrieben anstellen. Die ermittelten Nutzen sind objektiv erfassbar und stellen einen *unteren* Nutzenhorizont dar, zu dem sich zusätzlich Nutzen, wie verbesserte Ertragssteigerungsmöglichkeiten, innerbetriebliche Rationalisierungen (Arbeitsorganisation, Produktivität), Arbeitszeitverkürzungen usw., aufaddieren.

Vor allem für die grosse Zahl der Grundeigentümer, welche den Boden nicht mehr selber bewirtschaften und somit den direkten Kontakt mit der landwirtschaftlichen Bodennutzung ver-

loren haben, ergeben sich daraus gut abwägbare Entscheidungsgrundlagen. Die in diesem Fall vom Verpächter getätigten Investitionen würden, auf Grund der daraus für den Pächter resultierenden verbesserten Produktionsvoraussetzungen, ohne weiteres eine Anpassung des Pachtzinses rechtfertigen.

Jede Art der Bodennutzung, sei es nun eine bauliche oder landwirtschaftliche, erfordert nicht zuletzt auch im Interesse einer zweckmässigen Nutzung des Bodens eine zonengerechte Erschliessung.

Anmerkungen

(1) Vgl. Fünfter Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung über die Lage der Schweizerischen Landwirtschaft und die Agrarpolitik des Bundes vom 22. Dezember 1976 (Fünfter Landwirtschaftsbericht), S. 174 ff.

(2) Vgl. Fünfter Landwirtschaftsbericht, a. a. O., S. 223.

(3) Vgl. Jeker, Ruedi: Pachtweise Arrondierung – eine Alternative zur Güterzusammenlegung? in: Die Grüne, Schweizerische Landwirtschaftliche Zeitschrift, Nr. 49, vom 9. Dezember 1977, S. 14–23.

(4) Grob, Heinrich: Rationalisierung in der Bodennutzung, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 202, Zürich, 30. August 1977.

(5) Neben der angelsächsischen Literatur finden sich in deutscher Sprache zur Methode der Nutzen-Kosten-Untersuchungen wertvolle Angaben bei Schmidtke, R. F.: Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, 5. Kontaktstudienkurs vom 21.–25. März 1977, Institut für Hydraulik und Wasserbau, TH Darmstadt. Vgl. auch die darin zitierte Literatur.

(6) Miltenburg, A. J. van: Rentabilitätsberechnungen von Flurbereinigungen, in: Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 11. Jg. 1970, Berlin und Hamburg, S. 40–52.

(7) Weitere Arbeiten zum Problem der Kosten-Nutzen Ermittlung bei landwirtschaftlichen Strukturverbesserungsmassnahmen: Hinderfeld, H.: Kosten und Nutzen agrarstruktureller Massnahmen – insb. der Flurbereinigung sowie der Aussiedlung und Althofsanierung landw. Betriebe – aus privat- und gesamtwirtschaftlicher Sicht, Diss., Giessen 1970; Hirt, R.: Bau- und Unterhaltskosten von Wald- und Güterstrassen, in: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen (128) Nr. 4, April 1977, S. 199–217; Möser, H.: Nutzwertanalytische Ansätze in der Flurbereinigungsplanung, in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Nr. 3/75, Stuttgart 1975, S. 105–116; Wrede H.-J.: Kosten-Nutzen-Berechnung bei Integralmeliorationen, in: Wasser und Boden, Nr. 12, Dezember 1971, Hamburg und Berlin 1971, S. 341–344.

(8) Vgl. Schmidtke R. F., a. a. O.

(9) Die Daten zum Fallbeispiel stammen aus den Unterlagen des SIA Solothurn, Arbeitsgruppe Thal: 100-Jahr-Jubiläum, Ausstellung Güterzusammenlegung «Kosten-Nutzen-Analyse für Eigentümer Nr. 33» (ervielfältigt).

(10) Giger, R.: Neuere Ansätze zu einem Kostenverteiler nach Massgabe des effektiven Nutzens bei Gesamtmeliorationen (Güterzusammenlegungen), Institut für Kulturtechnik, Abteilung Planung und Strukturverbesserung ETH-Zürich, 1979, Bericht Nr. 63 (ervielfältigt).

(11) Vgl. Giger, R., a. a. O., S. 5 ff.

(12) Vgl. Schmidtke, R. F., a. a. O.

Adresse des Verfassers:
R. Jeker, dipl. Kulturing. ETH,
Institut für Kulturtechnik,
Abteilung Planung und Strukturverbesserung,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich

Statistische Untersuchungen von Extremabflüssen aus kleinen Einzugsgebieten

P. Widmoser, P.-A. Sydler, F. Zollinger

Es wird eine Forschungsarbeit (Nationalfondsprojekt Nr. 2.727.77) beschrieben, welche eine Abschätzung von Extremabflüssen aus kleinen Einzugsgebieten zum Ziel hat. Die Methode besteht in einer Auswertung von vorhandenen Beobachtungsreihen im nördlichen Alpenbereich. Die Auswertungsergebnisse werden mit topografischen Grössen der Einzugsgebiete korreliert, die aus Karten 1:50 000 entnommen werden können. Die Schlussergebnisse sollen erlauben, Extremwerte für beliebige Häufigkeiten ausschliesslich anhand topografischer Kartenerhebungen abzuschätzen.

1. Problemstellung

Im Kulturtechnischen Wasserbau spielen vorwiegend Abflusswerte aus kleineren Einzugsgebieten (mehrere Hektaren bis etwa 50 km²) eine Rolle. Als Planungs- und Projektgrundlage werden Bemessungswerte hauptsächlich

für Hoch- und Niederwasserabflüsse (Extremwerte) benötigt. Das Festlegen von Bemessungswerten kann sich an Erfahrung, an rein praktischen oder auch wirtschaftlichen Risikoüberlegungen orientieren. Wie dies auch immer geschieht, eine zusätzliche Abschät-

zung des Abflussverhaltens aus Naturbeobachtungen ist stets erwünscht, bei Risikoüberlegungen sogar erforderlich. Diese Abschätzungen beziehen sich im allgemeinen entweder auf eine Reihe von Abflussmessungen (statistische Auswertung) oder auf Kennwerte des

Un travail de recherche (Fonds National No 2.727.77) est décrit qui a comme but l'estimation de débits extrêmes de petits bassins versant. La méthode consiste à dépouiller des séries d'observation venant de la partie nord des Alpes. Les résultats de ces dépouillements sont corrélés avec des paramètres des bassins versant. Ces paramètres peuvent être extraits de cartes topographiques de 1:50 000. Les résultats finaux permettront à partir de ces cartes, de déterminer des débits extrêmes de n'importe quelle probabilité.

jeweiligen Einzugsgebietes mit oder ohne ausgewählten Regenmerkmalen (deterministische Modelle). (Siehe dazu auch den Beitrag von I. Storchenegger.) Im vorliegenden Beitrag wird ein derzeit laufendes Forschungsprojekt¹ beschrieben, welches vorhandene mehrjährige Abflussbeobachtungen mit bestimmten Merkmalen der zugehörigen Einzugsgebiete in Zusammenhang bringt. Damit könnte man von der Methodik her das Projekt etwa zwischen die statistischen und deterministischen Modelle einordnen, wobei statistische Methoden im Vordergrund stehen.

2. Vorgeschichte

Das Forschungsprojekt baut auf Überlegungen und Erfahrungen auf, die bereits vor einigen Jahren am Institut für Kuiturtechnik, ETH-Zürich, gemacht und in [4] 1974 veröffentlicht wurden.

Die damalige Arbeit, die ohne spezielle Förderung entstanden war, hatte sich auf 40 kleine Einzugsgebiete der Schweiz beschränkt. Die Ergebnisse in Form von «Abflussformeln» haben in der Praxis wenig Anklang gefunden.

Für die Hochwasserschätzung kann dabei folgender Grund angeführt werden:

¹Das Forschungsprojekt wird vom Schweizerischen Nationalfonds (Projekt Nr. 2.727.77) finanziell unterstützt und von den Autoren gemeinsam bearbeitet.

den: Die Schätzungen liegen gegenüber «Erfahrungswerten» meist deutlich tiefer. Dabei ist nun aber anzumerken, dass diese Feststellung nicht allein zu Lasten der ermittelten Hochwasserformel [4] geht. Wie andernorts [5] verdeutlicht wird, liegt nämlich die derzeit übliche Wahl der Bemessungsjährlichkeit (z. B. 100 Jahre im Flussbau), welche ja wiederum den Bemessungsabfluss bestimmt, meist viel zu tief. Die Schätzung der Niederwasser hingegen blieb aus Zeitmangel, wie in der zitierten Arbeit [4] bereits angemerkt, auf die Anwendung der Gumbelverteilung beschränkt. Dies führte in gewissen Fällen zu negativen Abflusswerten, was das Vertrauen in die Formeln natürlich nicht förderte. In der laufenden Forschungsarbeit wird dieser Mangel behoben und zudem durch Erweiterung des Datenmaterials eine verbesserte Vorhersage angestrebt.

3. Methodik

3.1 Verwendetes Datenmaterial

Im laufenden Forschungsvorhaben werden insgesamt 91 Einzugsgebiete (52 aus der Schweiz, 21 aus Bayern², 18 aus Österreich) des nördlichen Alpenraumes

²Die Werte aus Bayern wurden freundlicherweise vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft zusammengestellt.

berücksichtigt. Die Gebietsgrößen liegen zwischen 0,54 und 147 km² (Durchschnitt 47,1 km²), die Beobachtungsperioden zwischen 8 und 56 Jahren für die einzelnen Messstationen (Durchschnitt 23,2 Jahre). Insgesamt werden ca. 2000 Beobachtungsjahre ausgewertet.

Für jedes Jahr werden die höchste Abflussspitze und die Niederwassermenge festgehalten. In allen Fällen, in denen weniger als 20 Beobachtungsjahre vorliegen, werden alle Abflussspitzen, die über einem gewählten Schwellenwert (mit einer Jährlichkeit von ca. $T = 2$) liegen, in die Auswertung miteinbezogen. Damit stehen pro Einzugsgebiet mindestens 13, maximal 97 (Durchschnitt 34,6) Hochwasser-Abflusswerte zur Verfügung. Die Gesamtzahl der untersuchten Hochwasser-Beobachtungen beträgt 3179 (Abb. 1).

3.2 Bisherige Untersuchungen

Alle Datenreihen wurden statistischen Tests unterworfen, um Hinweise über eventuelle systematische Änderungen im Abflussregime zu erhalten. Die angewendeten Tests werden im folgenden zusammen mit den Ergebnissen kurz beschrieben.

3.2.1. Trenduntersuchungen

Zunächst wurde mit den Methoden der Regression das Bestehen eines linearen

Geografische Verteilung der untersuchten Einzugsgebiete

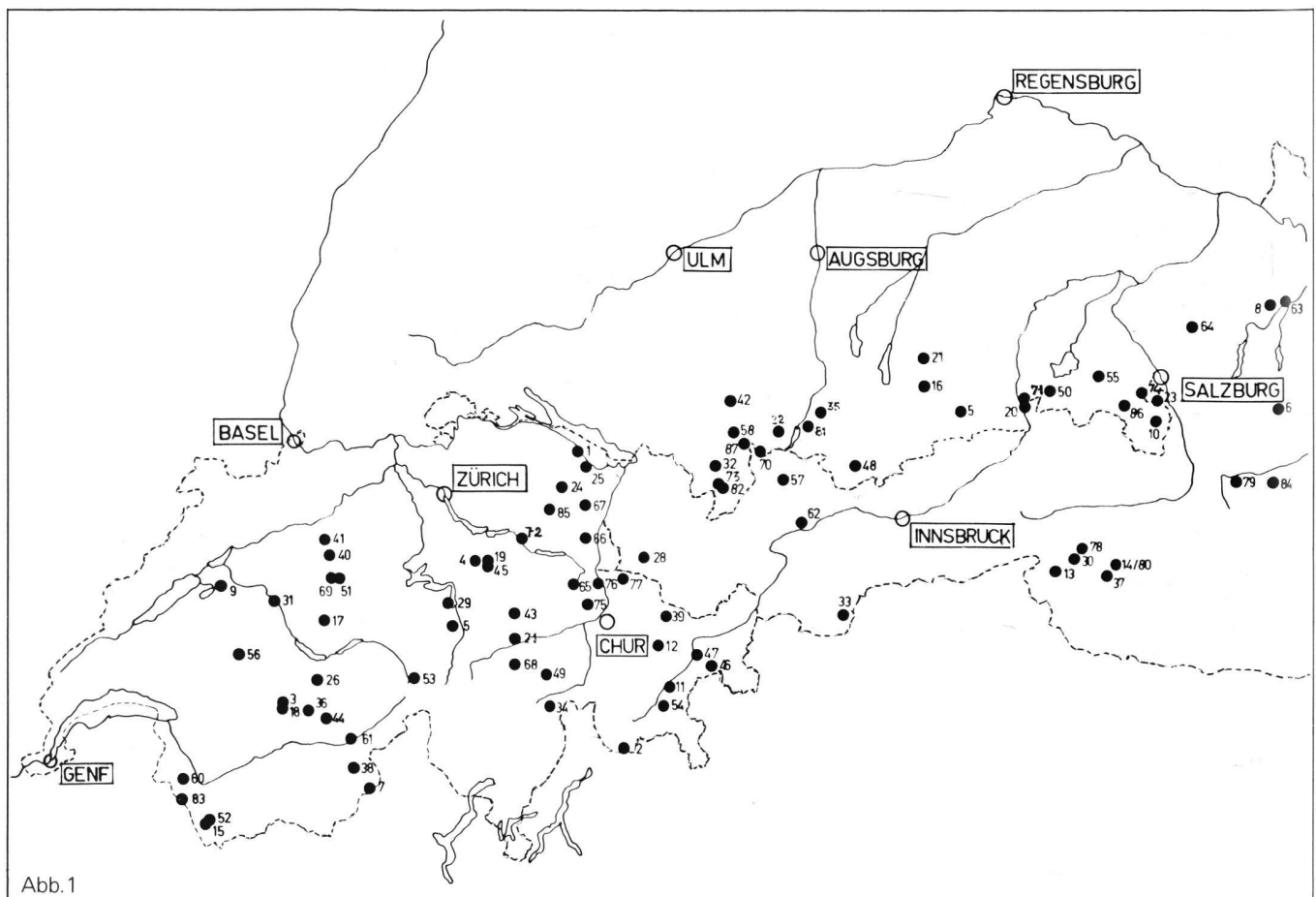


Abb. 1

Trends untersucht. Die Tabelle gibt jene Einzugsgebiete wieder, in denen Verdacht auf Trend (Vertrauensgrenzen 1% bzw. 5%) besteht. Positive Trendneigungen bedeuten mit fortschreitenden Jahren zunehmende Abflüsse, negative bedeuten abnehmende Abflüsse. Die ziemlich grosse Anzahl solcher Gebiete hat überrascht. Den Ursachen dafür konnte bisher im einzelnen nicht nachgegangen werden. Erklärungen sind bei Eingriffen im Einzugsgebiet oder am Gewässer, aber eventuell auch in meteorologischen Änderungen zu suchen. Insbesondere bei kurzen Beobachtungsreihen können aber auch (natürliche) Fluktuationen einen Trend vortäuschen. Auch ist die Neigung (Stärke) des Trends aufgrund des Stichprobencharakters der Beobachtungsreihe mit einem Fehler behaftet. Die weitere Auswertung erfolgt mit (trendfreien) Werten.

3.2.2. Parameterfreie Tests

Die (trendfreien) Beobachtungsreihen wurden weiteren Tests unterzogen [1]. Der Iterationstest ordnet die Beobachtungsreihen in ihrer zeitlichen Reihenfolge oberhalb (+) und unterhalb (–) ihres Medianwertes an und ordnet ihnen je nach Lage + oder – Vorzeichen zu.

Folgen von + oder – Vorzeichen werden Iteration genannt. Wenige und kurze Iterationen deuten auf systematische (Häufung) (cluster) von Werten gleicher Grössenordnung, viele und kurze auf systematische (Regelmässigkeit) (Periodizität). Der Phasenhäufigkeitstest oder Zeichenfolgetest verläuft wie der vorhin beschriebene Iterationstest. Es werden jedoch Differenzen zeitlich aufeinanderfolgender Beobachtungen zur Vorzeichenbestimmung (+, –) anstatt der Lage bezüglich des Medianwertes herangezogen.

Die Deutung des Testergebnisses ist ähnlich wie beim Iterationstest. Gehäufte Folgen von Vorzeichen können als Trend, starker Wechsel als Periodizität gedeutet werden. Weiter wurde zur Aufdeckung von Inhomogenitäten in den Beobachtungsreihen der U-Test nach Wilcoxon und der Variabilitätstest (Rangdispersionstest) nach Sigel und Tukey durchgeführt. Dazu wurden die Beobachtungsreihen dreimal zeitlich in je zwei Teilbereiche (1:2, 1:1, 2:1) aufgeteilt. Im U-Test wird auf signifikant unterschiedliche Mittelwerte, im Variabilitätstest auf signifikant verschiedene Varianzen der zwei Teilbereiche geprüft. Mindestens einer der erwähnten Tests spricht bei 36 Niederwasser- bzw. bei

43 Hochwasser-Beobachtungsreihen an. Das Ergebnis überrascht. Bei verhältnismässig kurzen Beobachtungsreihen können, wie beim Trend, natürliche Schwankungen systematische Einflüsse vortäuschen. Von Umfragen werden noch Erklärungen für diesen Befund erhofft.

3.2.3. Güte der Beobachtungsreihen

Es waren Gütekriterien aufzustellen, um die Beobachtungen verschiedenen Güteklassen zuordnen zu können. Drei Güteklassen wurden eingeführt (I = gut, II = brauchbar, III = mit Vorbehalt). Beobachtungen mit offensichtlichen Mängeln (Niederwasser schlecht erfasst; Einfluss von Seen oder Speichern usw.) wurden entfernt. Die eingeführten Gütekriterien beziehen sich auf die Beobachtungsdauer (I: ≥ 25 , II: ≥ 15 , III: < 15 Jahre) bzw. die Anzahl der erhobenen Beobachtungen bei partiellen Hochwasserreihen (I: ≥ 20 , II: ≥ 12 , III: < 12 Beobachtungen) auf die Grösse der Trendkorrektur ($I: |TK| \cdot \bar{Q} \leq 0.15$, II: ≤ 0.3 , III: > 0.3) und auf die Anzahl der gefundenen, voneinander unabhängigen positiven Ergebnisse bei den parameterfreien Tests (I: kein positiver Test, II: 2 positive Tests, III: 3 positive Tests). Nach diesen Kriterien müssen ca. 60%

Tabelle: Ergebnisse der Trenduntersuchung

Gewässer	Station	Art des Abflusses	beobachtete Trendneigung	Trendkorrektur	Korrelationskoeffizient
Alpbach 1 (S)	Erstfeld, Obersee	HQ	–.0833*	–.0099	.3629
Zwischenbergen 8 (S)	Im Fah (Ticino 2)	NQ	–.0021**	–.0010	.6375
Chamuerabach (S)	Campovasto (Inn 2)	HQ	–1.2300**	–.4431	.5685
Dischmabach (S)	Davos	NQ	.0138**	.0074	.8055
Dorferbach/Seeba. (A)	Spöttling	NQ	–.0033**	–.0009	.5163
Ellbach (D)	Bad Tölz	NQ	–.0047*	–.0009	.3693
Edbach (S)	Euthal	NQ	.0015**	.0005	.6093
Geltnach (D)	Hoermannshausen	NQ	.0063**	.0028	.4884
Glanbach (A)	Moos	NQ	.0013*	.0002	.4856
Glatt (S)	Herisau	NQ	.0023*	.0003	.5325
Grossbach (S)	Gross	HQ	1.0684**	.3457	.5427
Kander (S)	Gasterntal (Aare 1)	HQ	–.1968**	–.0734	.5386
Ködnitzbach (A)	Glor	NQ	–.0050**	–.0018	.6240
Langeten 1 (S)	Huttwil	NQ	–.0319**	–.0125	.7569
OVA 1 da Fuorn (S)	Zerne	NQ	–.0088**	–.0025	.5939
OVA 2 da Cluozza (S)	Zerne	NQ	–.0026	.0010	.3978
Partnach (D)	Partenkirchen	NQ	–.0111*	–.0039	.3866
Peilerbach (S)	Vals (Rhein 1)	HQ	.7210*	.0358	.4741
Rosegbach (S)	Pontresina (Inn 1)	NQ	.0023	–.0003	.3687
Rote Traun (D)	Wernleiten	NQ	–.0073*	–.0017	.3488
Rote Traun (D)	Wernleiten	HQ	.3871*	.0388	.2579
Rotlech (A)	Rieden	NQ	.0528*	.0030	.5982
Satlina (S)	Brig	NQ	–.0135**	.0146	.3209
Schwemmbach (A)	Friedburg	NQ	–.0350*	–.0123	.6094
Schwemmbach (A)	Friedburg	HQ	.6271*	.0076	.3712
Sitter 2 (S)	Appenzell (Rhein 2)	NQ	.0052*	.0004	.3845
Steiacher-Ache (D)	Fallmühle	NQ	.0067*	.0009	.5081
Stoisser Ach (D)	Fiding	NQ	–.0051**	–.0025	.5605
Teischnitzbach (A)	Spöttling	HQ	–.1198*	–.0119	.4407
Trauchgauer-Ach (D)	Trauchgau	HQ	–.1192*	–.0104	.2249
Trettach (D)	Oberstdorf	HQ	.6471**	.2704	.4913
Untertalbach (A)	Teter	NQ	–.0052*	–.0006	.4472

* Vertrauensgrenze von 5%

** Vertrauensgrenze von 1%

der Daten der Güteklasse II zugeordnet werden.

3.2.4. Suchen der statistischen Verteilungsparameter

Anhand der geprüften Datenreihen wurden für jede Station die Hochwasserbeobachtungen der Gumbelverteilung, die Niedrigwasserwerte der Weibullverteilung (welche keine negativen Abflusswerte zulässt) angepasst. Diese beiden Verteilungsfunktionen sind durch zwei bzw. drei Verteilungsparameter bestimmt. Tests, ob diese Verteilungsfunktionen auch annehmbar sind, wurden durchgeführt. Computerzeichnungen lieferten zusätzlich einen optischen Eindruck über die Güte der Anpassung. Näheres zur Wahl der Verteilungsfunktionen und zur Schätzung der Verteilungsparameter findet man u. a. bei [2] und [3].

3.2.5. Datenorganisation

Der Einsatz des Computers war bei dieser Untersuchung unerlässlich. Sowohl die Menge der Daten als auch die Komplexität der Berechnungen (Verteilungsfunktionen, Korrelationen) wären ansonsten nicht zu bewältigen. Somit stellte sich sofort die Frage nach der zu wählenden Datenorganisation. Von Anfang an wurde verlangt, die Daten im Computer direkt zu speichern und nicht etwa in Form von Lochkarten, die jedesmal neu einzulesen wären. Ein weiterer grundlegender Entscheid war, die Daten sequentiell zu organisieren, d. h. ein Einzugsgebiet folgt dem anderen. Das Herausgreifen irgendeines Gebietes, z. B. anhand seines Namens, ist somit nicht in diesem Fall möglich. Dieser Nachteil wiegt nicht schwer, da meistens alle Gebiete gleichzeitig bearbeitet werden.

Das Datenmaterial eines jeden Gebietes lässt sich in allgemeine Gebietsparameter und in die eigentlichen Beobachtungswerte (Extremwert und Monat des Auftretens) aufteilen. Die Anzahl der Werte in diesen zwei Gruppen ist für jedes Gebiet verschieden. Somit wurde für jedes Gebiet eine variable Anzahl

Records mit den allgemeinen Parametern gebildet, die, nach einem Abschlussrecord, von einer ebenfalls beliebigen Anzahl Records mit den Messwerten gefolgt werden. Jedes Record ist mit dem Namen des Gebietes und einer laufenden Nummer gekennzeichnet. Die Daten eines ganzen Gebietes können mit einem eigenen Unterprogramm eingelesen werden, womit die Werte in Tabellenform dem Benutzer zur Verfügung stehen.

3.3. Weiteres Vorgehen und Ziel

Aus dem Beobachtungsmaterial werden Verteilungsparameter geschätzt, die man anschliessend mit einer Reihe von Gebietsmerkmalen der jeweils entsprechenden Einzugsgebiete korreliert. Solche Gebietsmerkmale (Grösse des Einzugsgebietes, mittlere Hangneigung, Fließlängen und -gefälle usw.) werden, soweit nicht bekannt, aus topografischen Karten 1:50 000 entnommen.

Diese Korrelation führt zu Abflussformeln, welche die Extrapolation auf Gebiete innerhalb des Alpennordrandes erlauben soll, wenn z. B. keine Abflussdaten vorliegen.

Ziel ist die Abschätzung von Hoch- oder Niederwasserabflüssen gewählter Häufigkeit mit Hilfe gezielter Kartenerhebungen. Der erforderliche Rechenaufwand soll mit einem Taschenrechner zu bewältigen sein.

4. Kritische Überlegungen

Das angeführte Vorgehen müsste zu Ergebnissen führen, die gegenüber den derzeit meist gebräuchlichen «empirischen Formeln» folgende Vorteile bietet:

- Es stützt sich auf ein ausgewähltes, relativ umfangreiches hydrologisches Beobachtungsmaterial (insgesamt etwas über 2000 Beobachtungsjahre).
- Es liefert Bemessungswerte, die mit dem Begriff der Jährlichkeit (d. h. der Über- oder Unterschreitungshäufigkeit) gekoppelt sind.
- Es ist auf den praktischen, kulturtechnischen Einsatz, bei dem meist wenig Aufwand für hydrologische Vorunter-

suchungen möglich ist, zugeschnitten, da alle nötigen Bestimmungsgrößen vorhandenen topografischen Kartenwerken zu entnehmen sind.

Beim letzterwähnten Punkt sind jedoch Einwände angebracht, welche die Autoren im Augenblick nicht entkräften können: Wie weit lassen sich Hoch- und Niederwasserereignisse aus kleinen Einzugsgebieten allein aus topografischen Gebietsmerkmalen genügend genau vorhersagen? Müssten nicht auch ausgewählte Regenmerkmale für Teilgebiete des nördlichen Alpenbereiches mitberücksichtigt werden? Wenn ja, welche? Eine andere Frage lautet: Wie ist der Zusammenhang zwischen Abfluss- und Gebietsmerkmalen möglichst sinnvoll herzustellen? Diese letzte Frage ist gleichbedeutend mit der Suche nach einem physikalisch begründbaren Ansatz (deterministisches Modell) für die Korrelation zwischen den Abfluss- und Gebietsmerkmalen.

Dieser Ansatz ist noch nicht gefunden, so dass vorläufig nur ein Herantasten an die bestmögliche Verknüpfung der Abfluss- und Gebietsmerkmale möglich ist.

Literatur

- [1] Eggers, H.: Parameterfreie statistische Methoden zur Analyse von Datenreihen. Mitteilungen Th. Rehbock – Flussbaulabor, Heft 158, 1970.
- [2] Eggers, H.: Der Einfluss seltener Ereignisse bei der Bestimmung der Hochwasserwahrscheinlichkeit. Mitteilungen Th. Rehbock – Flussbaulabor, Heft 167, 1979.
- [3] Koberg, D., Eggers, H., Buck, W.: Die Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit für deutsche Flussgebiete. Mitteilungen Th. Rehbock – Flussbaulabor, Heft 163, 1975.
- [4] Widmoser, P.: Extremabflüsse aus 40 kleinen Einzugsgebieten der Schweiz. Schweiz. Bauzeitung, Heft 32, 1974.
- [5] Widmoser, P.: Bestimmung von Bemessungswerten aus Hochwasserbeobachtungen. Wasserwirtschaft, Heft 7/8, 1976.

Adresse der Verfasser:
P. Widmoser, P.-A. Sydler, F. Zollinger,
Institut für Kulturtechnik,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich

Digitales Geländemodell

P.-A. Sydler

Die Anwendung hydrologischer Modelle verlangt neben Niederschlags- und Abflussmessungen auch Gebietskennwerte. Ein Teil dieser Parameter ist aus topographischen Karten zu entnehmen. Damit diese Bestimmung automatisch und für beliebige Teilgebiete erfolgen kann, wurde am Institut für Kulturtechnik ein digitales Geländemodell eines Einzugsgebietes erstellt. Der Aufbau, die Speicherung und die Anwendung dieses Modells wird im vorliegenden Aufsatz behandelt.

L'application de modèles hydrologiques demande, à côté des mesures de pluie et de débit, des paramètres du bassin versant. Une partie de ces paramètres peut être déterminée à partir de cartes topographiques. Afin de permettre la détermination de ces valeurs pour n'importe quelle surface du bassin versant, et surtout de pouvoir l'automatiser, l'institut du génie rural de l'EPFZ a établi un modèle digital d'un bassin versant. La structure, la mise en mémoire et l'utilisation de ce modèle sont traitées dans cet article.