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: 79 (1981)

Heft: 5: Beruf - Erwartungen - Realität - Nachwuchs

Artikel: Hydrologie und Computer

Autor: Grubinger, H. / Sydler, P.-A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-230650

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: 13.07.2025

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

Hydrologie und Computer

H. Grubinger, P.-A. Sydler

Die Hydrologie sogenannter Klein-Einzugsgebiete (<100 km²) und der Wildbäche wurde bis um das Jahr 1965 von der Wissenschaft kaum beachtet. Von der Ingenieur-Praxis her befasste man sich seit etwa 1924 im Hinblick auf die Bemessung von Ortskanalisationen mit der Analyse von Starkregen kurzer Dauer. Für die Hydromelioration und für die Korrektion kleiner (Wild-)Bachläufe sind erst in den letzten Jahren – und da vor allem durch Schweizer Arbeiten – Fortschritte in der Auswertung von Starkregen grösserer Dauer erzielt worden. Auch am Institut für Kulturtechnik der ETHZ begann man auf diesem Gebiet 1962 mit Vorversuchen, 1968 mit der Ausrüstung eines Versuchsgebietes. Die Einblicke in das Niederschlags-Abflussgeschehen in der ‹Grosser Runs› sind wertvolle Grundlagen für Extremwertstatistiken und die Arbeit mit N-A-Modellen.
Als wesentliches Arbeitsinstrument wurde hiezu ein Datenerfassungs- und Ablagesystem aufgebaut. Mit Hilfe elektronischer Mess- und Registriergeräte werden die hydrologischen und meteorologischen Daten im Felde erhoben und gespeichert. Ein effizientes Programmsystem erlaubt anschliessend eine rasche Verarbeitung der Daten. Die bereinigten Messwerte werden in eine Datenbank abgelegt, wo sie jederzeit auf einfache Art wieder hervorgeholt werden können und für Auswertungen zur Verfügung stehen.

Jusqu'en 1965 l'hydrologie des petits bassins versant (<100 km²) et des torrents n'a guère été prise en considération par les sciences. Pour le dimensionnement des canalisations de localité l'analyse de pluies fortes de courte durée fut entreprise dès 1924. Les dernières années seulement le dépouillement de pluies de plus longue durée fit des progrès, ceci grâce aussi à de nombreux travaux en Suisse, et apporta ainsi une aide sensible à l'hydromélioration et aux travaux de correction de torrents et de petites rivières.
A cet effet, l'on entreprit à l'Institut du Génie Rural de l'EPFZ dès 1962 des essais préalables qui aboutissèrent 1968 à l'equipement d'un bassin versant de recherche. Les expériences acquises sur la pluie et le débit dans ce bassin versant sont la base d'analyses statistiques et de travaux avec des modèles de/pluie-débit.
Le travail initial de ces recherches fut l'établissement d'un système intégré de collection et de mises en mémoires des données. Des appareils de mesure et d'enregistrement eléctroniques relèvent les valeurs et les collectionnent dans le terrain. Un système efficace de programmes permet ensuite le dépouillement rapide des données. Une fois les données traitées, elles sont déposées dans une banque de données. De là il est possible de les rechercher facilement à tout moment et de les utiliser pour les analyses désirées.

1. Die hydrologische Bedeutung von Klein-Einzugsgebieten

1.1 Allgemeines

In der Ingenieurhydrologie bestimmen vor allem Nutzungs- und Schutzüberlegungen die Fragestellungen, wie an folgender Übersicht erkennbar ist:

Schutz-Erfordernis	Nutzungs-Bedarf
Verhinderung von Überflutung und Versumpfung – im Siedlungsgebiet – in der freien Landschaft Schutz des Bodens vor Wasserangriff Probleme bei Niederwasserführung – zul. Abwassereinleitung – Fischerei – Erwärmung	Energiegewinnung Schiffahrt Trink- und Brauchwasser Bewässerungs-Bedarf Kühlwasser-Bedarf
Analysen für grosse, kleine und kleinste hydrologische Einzugsgebiete verschiedenen Regimes	

In alten Bewässerungskulturen, also schon vor Jahrtausenden, hat man den Wasserstand der Flüsse beobachtet; man erinnere sich nur an den Nilmesser bei Assuan, der den Priestern Prognosen für die Bewässerung und die Schiffahrt in der Niloase ermöglichte.

Der Rhein wird seit 1808 am Pegel Basel-Schifflände beobachtet, doch erst in den letzten hundert Jahren begann man mit Wasserstandsprognosen auf der Basis der Mittelwert-Hydrologie und entwickelte daraus im wesentlichen empirische Hochwasserformeln. Heute wird die Abflussbildung ganzer Flussgebiete, gestützt auf Messdaten, simuliert und werden Extremereignisse und ihre Frequenz mit hochgezüchteten stochastischen Methoden ermittelt.
Für Klein- und Kleinst-Einzugsgebiete (KEG < 100 km², KstEG < 5 km²) verfügte man bis um 1940 nur vereinzelt über systematische hydrologische Beobachtungen des Abflusses bzw. des Niederschlages. Das Interesse am Regime dieser vielfach wildbachartigen kleineren Gewässer setzte erst mit der Aufgabe ein, Kanalisationen bemessen und Siedlungen [2], Verkehrsanlagen sowie landwirtschaftliche Nutzflächen insbesondere in Bergregionen vor Wasserschaden bewahren zu müssen.
Specht [11] hatte zwar bereits 1915 in Bayern Regenintensitäten in Abhängigkeit von der Regendauer ermittelt, und Salcher [9] hatte ebenfalls 1915 sogenannte Hochwasserregen und deren Frequenz zur Anflussberechnung an österreichischen Gewässern herangezogen. Doch erst mit Melli [7] um 1924 und dann vor allem mit Reinhold 1929 und 1940 wurden die Starkregen systematisch beobachtet und aus dem daraus abgeleiteten Bemessungsregen der massgebende Höchstabfluss bestimmt. Hörler und Rhein [5] haben darauf aufbauend das Verfahren 1962 verbessert, um es in der Ortskanalisation und im Strassenbau anwenden zu können. Für den landwirtschaftlichen Wasserbau und zum Teil auch für die Wildbachverbauung befriedigten diese Ergebnisse nach wie vor nicht. Für die Meliorationswerke erschienen die Abflusswerte zu hoch und damit für die Bauten zu kostspielig. Auch sollte die geringere Empfindlichkeit des offenen Landes gegen Überflutungen besser berücksichtigt werden. Schliesslich benötigt man in der Melioration (Fremdwasser-Zulauf) und in der Wildbachverbauung die Kenntnis der Regen mit einer Dauer von über einer Stunde. Im Meliorationswesen behalf man sich deswegen und wohl auch aus einer gewissen Bequemlichkeit weiterhin mit empirischen Formeln, wie etwa derjenigen von Izkowsky aus dem Jahr 1886!
In der Zwischenzeit wurden in der Schweiz einerseits durch Hörler [6] die

Intensitäten von Starkregen längerer Dauer studiert und das Material für technische Bemessungsarbeiten aufbereitet und 1977 veröffentlicht; zum anderen haben Zeller und Mitarbeiter [17] seit 1976 Starkniederschläge mit einer Dauer bis zu mehreren Tagen insbesondere für die Belange der Gewässerkorrektion bearbeitet und veröffentlicht. Dazu hat der ganze Fragenkomplex auch international zunehmend Bearbeiter gefunden. Anzumerken ist, dass in den Jahren seit 1940 zuerst sehr langsam und mit dem Aufkommen der Rechenanlagen beschleunigt das mathematische Rüstzeug für diese hydrologische Forschung entwickelt worden ist. Dabei ging allerdings manchem Hydrologen der Kontakt zum eigentlichen Naturgeschehen verloren.

1.2 Zur Methodik

Es war daher ein wesentliches Anliegen von H. Grubinger [3], die letzten Endes verallgemeinernde Bearbeitung ingenieurhydrologischer Fragen durch naturwissenschaftlich exakte Feldbeobachtung zu ergänzen, also ein Versuchsgebiet zur Verfügung zu haben, welches ermöglicht, weitgehend unbeeinflusste Naturvorgänge zu beobachten, messend zu begleiten und modellmässig nachzubilden. Die damit verbundenen messtechnischen Probleme und ihre Bewältigung vermitteln das tiefere Verständnis für die Gültigkeit und den Wert einzelner Daten und ganzer Datenreihen sowie für die Aussagekraft rechnerischer Ergebnisse.

Das Endziel hydrologischer Arbeit ist ja keineswegs darin zu sehen, die Naturvorgänge durch äusserst komplexe mathematische Modelle zu beschreiben, sondern so vereinfacht darzustellen, dass sie in der Praxis sicher und ohne grossen Aufwand angewandt werden können. Erst wenn Antworten auf die zum Teil aus der Praxis kommenden Fragen dort wieder Eingang gefunden haben, darf die Erforschung als abgeschlossen oder zumindest als vorläufig abgeschlossen betrachtet werden.

Die Erforschung von Naturvorgängen insbesondere hydrologischer Art ist auf zwei verschiedene Arten möglich:

- rein statistisch, indem vorliegendes Beobachtungsmaterial ausgewertet wird, um daraus Zusammenhänge abzuleiten;
- deterministisch, indem der Vorgang schrittweise durch mathematische Gleichungen erfasst wird (Erkennen der physikalischen Zusammenhänge, Kausalität) [12].

Am Institut für Kulturtechnik (IfK) sei als Vertreter der ersten Art P. Widmoser in [16] genannt, während A. Petraschek in [8] den zweiten Weg einschlug.

Beide Untersuchungsarten bauen aber auf den selben Grundlagen auf, nämlich auf Messungen in der Natur. Nur in den seltensten Fällen kann schon auf vorhandenes Material zurückgegriffen werden; die Bearbeitung einer bestimmten Frage verlangt meist umfangreiche Messungen über längere Zeiträume im Felde. Das war und bleibt auch für die einschlägigen Arbeiten am IfK gültig.

1.3 Die Arbeiten des IfK

Seit 1962 hat man am Institut [4] begonnen, gemeinsam mit dem Eidg. Meliorationsamt in Bern die Frage der Erfassung des Fremdwasserzuflusses zu den Meliorationsperimetern wie auch die Abflussbildung im Perimeter selbst zu analysieren. Neben dem Wunsch der in der Praxis tätigen Ingenieure nach einem Formelansatz zur verbesserten Berechnung der Hochwasserabflüsse stellte sich aus den Zonierungsaufgaben der Raumplanung die Frage nach den angemessenen technischen und planerischen Massnahmen.

Nach Erfahrungen mit den kleinen Versuchsflächen am Ramersberg/OW und Brünnelistock/SZ in den Jahren 1962–1966 und am Gurnigel/BE 1967/69 konnte 1968 das 9,06 km^2 grosse Einzugsgebiet der Grosser Runs/SZ nordwestlich des Sihlsees als Testgebiet ausgewählt und eingerichtet werden. 1969 war das Gebiet bereits mit 11 Regenschreibern und einer Abfluss-Messstation des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft ausgerüstet. Dieses dichte Beobachtungsnetz in teilweise schwer zugänglichem Gelände führte 1973 zum Versuch, die hydrologischen Messungen zu automatisieren und zu intensivieren. Dank der Unterstützung der ETH konnte dafür ein Forschungsprojekt in Angriff genommen werden, das auch die Entwicklung neuer Aufnehmer (Sonden) und eines Registriergerätes ermöglichte, worüber 1974 in dieser Zeitschrift bereits berichtet worden ist [10].

Neben der Eigenentwicklung der Messtechnik erwies sich der Aufbau eines umfassenden Datenaufbereitungs- und Ablagesystems als unerlässlich; die grossen Datenmengen mussten nicht nur geordnet aufbewahrt, sondern sollten auch rasch und einfach benutzt werden können.

2. Der Aufbau der Computer-Datenbank

2.1 Einführung

In einem entsprechend dicht bestückten Versuchsgebiet fallen grosse Datenmengen an, die nur bei weitgehender Automatisierung mit erträglichem Arbeitsaufwand verarbeitet werden können. Diese Daten sollen dann jederzeit greifbar sein, das heisst, mittels ausführlicher Dokumentation können beliebige Ereignisse verschiedener Messstationen rasch und einfach herausgeholt werden.

2.2 Bedingungen

Das Kennzeichen dieser gesamten Arbeit, gleichzeitig die Hauptschwierigkeit, liegt im grossen Computer- und Elektronikanteil, der neben den hydrologischen und hydraulischen Fragen zu bewältigen ist. Dabei sind für das IfK optimale Lösungen zu suchen, die jedoch von der Computertechnik und der Elektronik her nicht unbedingt als die besten bezeichnet werden können. Diese Diskrepanz lässt sich wie folgt begründen:

- Beschränkte finanzielle und personelle Mittel eines Kleininstitutes.
- Anforderung an die elektronischen Geräte und Sonden, dass sie in abgelegenen Gebieten und klimatisch harten Bedingungen eingesetzt werden können.
- Der computertechnische Teil muss den Bedürfnissen des IfK genügen, also spezifisch auf hydrologische Fragen ausgerichtet sein. Eine langfristige Sicherheit des Ablage- und Verwaltungssystems ist verlangt.
- Von beiden wird gefordert, dass Nichtfachleute sie bedienen, anwenden und warten, sowie allenfalls Anpassungen und Änderungen vornehmen können. Diese Bedingung war für die Konstanz des ganzen Systems unbedingt einzuhalten.

2.3 Arbeitsablauf und seine Gliederung

Die Gliederung der gesamten Arbeit in einzelne Kapitel ist recht einfach, richtet sie sich doch mehr oder weniger nach dem chronologischen Ablauf der anfallenden Arbeiten, sei es im Feld oder im Labor. Dieser Ablauf, der in Abb. 1 zu sehen ist, soll das Grundgerüst der gesamten Arbeit sein. Demzufolge werden folgende Kapitel behandelt, die im Rahmen dieses Artikels aber nur vereinfacht und unvollständig behandelt werden können, ausführliche Beschreibungen sind bei Sydler [14] zu finden:

Messen

Die eigentliche Messung erfolgt mit einem Aufnehmer (Sonde), mit dem die zu messende Grösse in einen mechanischen, elektronischen oder elektrischen Wert umgewandelt wird.

Registrieren

Die einzelnen Messungen müssen im Felde gespeichert werden, da kontinuierliche Daten verlangt sind. Die Zeit zwischen zwei Wartungen (Auswechseln des Datenträgers und/oder der Batterie) sollte 2–4 Wochen betragen. Über die eingesetzten Geräte und Energieträger ist sorgfältig Buch zu führen.

Eichmessungen
Während des Betriebes sind Eichmessungen durchzuführen, die erlauben sollen, den Zusammenhang zwischen der gesuchten Grösse und dem gemessenen Wert herzustellen.

Digitalisieren
Die registrierten Messungen müssen auf einen computerlesbaren Träger gebracht werden. Dies kann von Hand, halb- oder vollautomatisch geschehen.

Aufarbeiten
Die verschiedenen Datenträger werden in den Computer eingelesen und müssen zu einheitlichen Reihen aufgearbeitet werden. Die Mehrkanalregistrierungen verlangen hier eine besondere Arbeit.

Bearbeiten
Leider sind nicht immer alle Reihen fehlerfrei. Deshalb sind Korrekturen unumgänglich. Selbstverständlich müssen auch alle Reihen kontrolliert und gezeichnet werden.

Eichen
Die eigentliche Messung liefert in den seltensten Fällen direkt die gesuchte Grösse. Die Werte müssen deshalb geeicht werden. Dies geschieht mit Hilfe der im Feld ermittelten Eichkurven.

Ablage
Nach ihrer endgültigen Bereinigung kann die Reihe abgelegt werden. Die Ablage geschieht auf Magnetbändern. Über den Standort der einzelnen Reihen ist genau Buch zu führen.

Suchen
Das Endziel ist erreicht, wenn die einzelnen Reihen wieder gefunden werden können, selbstverständlich auf einfachste Art. Dabei hat der Benützer die Gewähr, dass diese Daten vor ihrer Ablage sachgemäss behandelt wurden, da sie alle Stufen der Bearbeitung durchlaufen haben. Er ist auf eine ausführliche Dokumentation angewiesen.

Aus der Darstellung in Abb. 1 geht klar hervor, dass die einzelnen Schritte fliessend ineinander übergehen. Es ist dies auch ein Postulat der Arbeit, dass das gesamte *Rad* durchlaufen werden muss. Dennoch scheint es ausserordentlich wichtig, dass der Austausch eines einzelnen Sektors möglich ist, ohne das ganze Rad ersetzen zu müssen. (Man bedenke, dass sowohl neue Registriergeräte als auch neue Computer auf dem Markt erscheinen werden.) Dieser Austausch eines Verfahrens oder eines Gerätes ist aber nur möglich, wenn bei jedem Schritt die Nahtstellen ganz klar festgelegt und auf möglichst wenige Orte konzentriert sind.

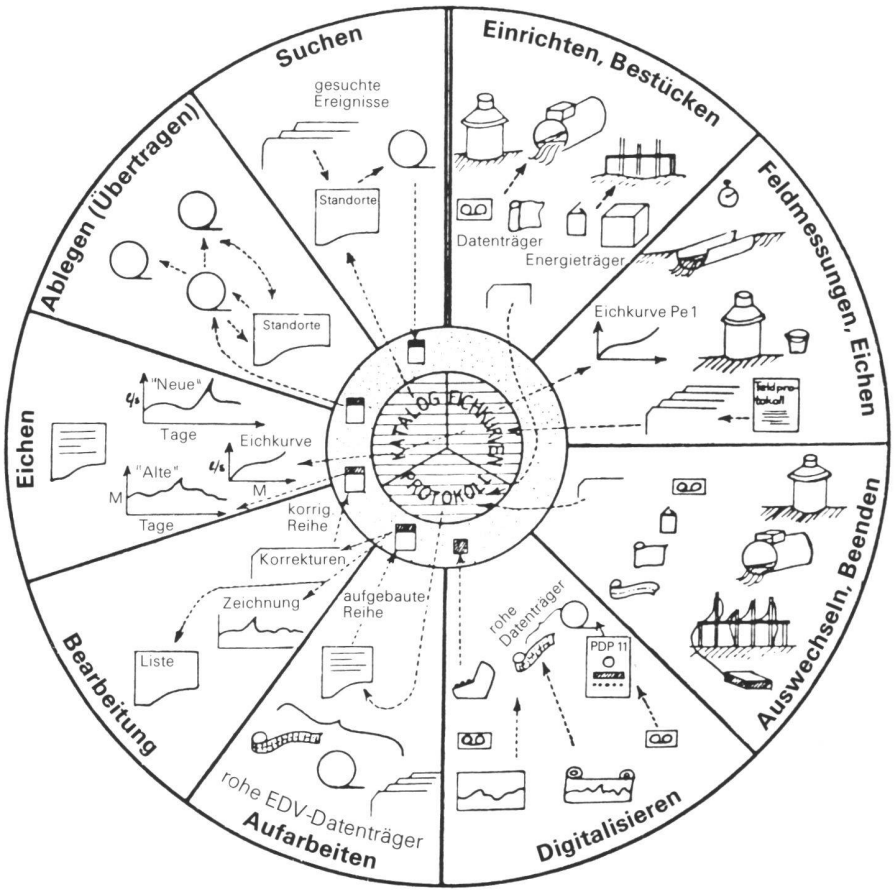
3. Messen und Registrieren

Theoretisch sind die zwei Schritte Messen und Registrieren getrennt voneinander zu behandeln. Das Messen umfasst das reine Umsetzen der zu messenden Grösse in eine mechanische, elektrische oder elektronische Grösse durch einen Aufnehmer (Sonde). Das Registrieren beinhaltet das Auslösen der Messungen und deren Speicherung über eine längere Zeit. Diese Speicherung ist für hydrologische Fragestellungen unumgänglich, da der Verlauf einer bestimmten Grösse gesucht ist. Die Einzelmessung sagt in den meisten Fällen wenig aus. Darin liegt der grosse Unterschied zu andern Fachgebieten, wo oft nur ein einzelner Wert gesucht ist.
Die Speicherung selber ist aber noch nicht genügend. Gesucht ist eine zeitlich genau bestimmte Registrierung, denn in vielen Fällen wird der zeitliche Verlauf eines Ereignisses an verschiedenen Messstellen untersucht. Diese Synchronisation ist durch genaue Registriergeräte und eine sorgfältige und präzise Inbetriebnahme derselben zu erreichen.

Die eingangs erwähnten zwei Schritte Messen und Registrieren beeinflussen sich stark. Trotzdem sollte man immer wieder in Betracht ziehen, wie sie getrennt voneinander aussehen würden (Schema in Abb. 2).

Beim eigentlichen Messen dominiert eine Bedingung, die zu erfüllen versucht werden muss: Der Zusammenhang zwischen Messgrösse und erhaltenem Messwert muss eindeutig sein und konstant bleiben. ‹Konstant› heisst in diesem Fall:

- sich mit der Temperatur nicht ändern (Tag/Nacht- oder Sommer/Winter-Schwankungen),



Legende

Abb. 1 Gesamtablauf der Arbeit

- identisch sein, ob die Messgrösse steigt oder fällt (keine Hysterese),
- langfristig stabil bleiben.

Sowohl die Bedingung der Temperaturunabhängigkeit als auch die langfristige Stabilität sind ausserordentlich schwer zu erfüllen:

- Ablagerungen, Materialveränderungen und Abnützung können den Aufnehmer verändern.
- Insbesondere die elektronischen Bausteine weisen alle eine Temperaturdrift auf, somit ändern sie ihre Charakteristik.

Beim Bau der Sonden ist somit diesen beiden Punkten die grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Im weitern ist zu beachten, dass die Sonde den gesamten Messbereich bestreicht und die Auflösung über diesen den Anforderungen des Messprogramms entspricht.

Liegt der Messwert einmal vor, so geht es in zweiter Linie darum, ihn zu speichern (eine direkte Überführung der Messungen in einen Computer wird in diesem Beitrag nicht behandelt). Heute bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an:

- Graphische Aufzeichnung auf einen Papierstreifen, also kontinuierliche Registrierung.
- Speicherung auf einem elektronischen Datenträger, z. B. Lochstreifen oder Magnetband, und damit diskrete Registrierung.

Beim Entscheid für die eine oder andere Art ist hauptsächlich die spätere Weiterverarbeitung zu berücksichtigen. Dienen die Daten einer reinen Überwachung eines Vorganges, kann die graphische Speicherung genügen. Sobald die Daten aber, zwecks Auswertung, einem Computer zugeführt werden müssen, sollten sie auf einen elektronischen Datenträger abgelegt werden, da deren spätere Verarbeitung somit wesentlich erleichtert wird. Diese Art hat aber zwei Nachteile:

a) Die heutigen Registriergeräte erlauben nur eine Ablage von Werten in festen Zeitschritten. Aus Platzgründen wird man immer einen Kompromiss zwischen Einsatzdauer des Datenträgers, d. h. möglichst grosser Zeitschritt (weniger Wartung), und genauem Erfassen des Ablaufes, also kleinem Zeitschritt, zu treffen haben. Das hat zur Folge, dass Veränderungen, die innerhalb eines Zeitschrittes erfolgen, nicht erfasst werden können.

b) Ein elektronischer Datenträger kann nicht ‹angeschaut› werden, somit kann man nicht in einfacher Art feststellen, ob er richtig arbeitet oder nicht.

Diese beiden Nachteile können durch eine parallele Registrierung auf Papierstreifen optimal behoben werden:

- Anhand einer graphischen Aufzeichnung erkennt man rasch, ob die Anlage funktioniert oder nicht.
- Die Aufzeichnung ist kontinuierlich, also sind auch Vorgänge innerhalb kleiner Zeitschritte erfasst.

Nach diesem Prinzip wurden die Regenmessstation und die Hauptabflussstation des Testgebietes des IfK ausgerüstet: Für die eigentliche Weiterverarbeitung werden die Daten alle 6 Minuten auf ein Magnetband geschrieben. Dies verlangt ein Auswechseln dieses Datenträgers alle 2–3 Wochen. Parallel dazu wird der Messwert auf einen Papierstreifen gezeichnet, womit schnelle Abläufe erkannt werden können und periodische Kontrollen möglich sind.

Es besteht die Hoffnung, dass der Nachteil der diskreten Registrierung, d. h. Ablage von Werten in festen Zeitschritten, mit der immer leistungsfähigeren Elektronik behoben werden kann: Dies wäre möglich, indem nicht eine Zeitveränderung, sondern die Wertveränderung die Registrierung auslösen würde. Damit wäre man in der Lage, den Verlauf der Messgrösse genau zu erfassen; man hätte aber eine schwierigere Auswertung in Kauf zu nehmen.

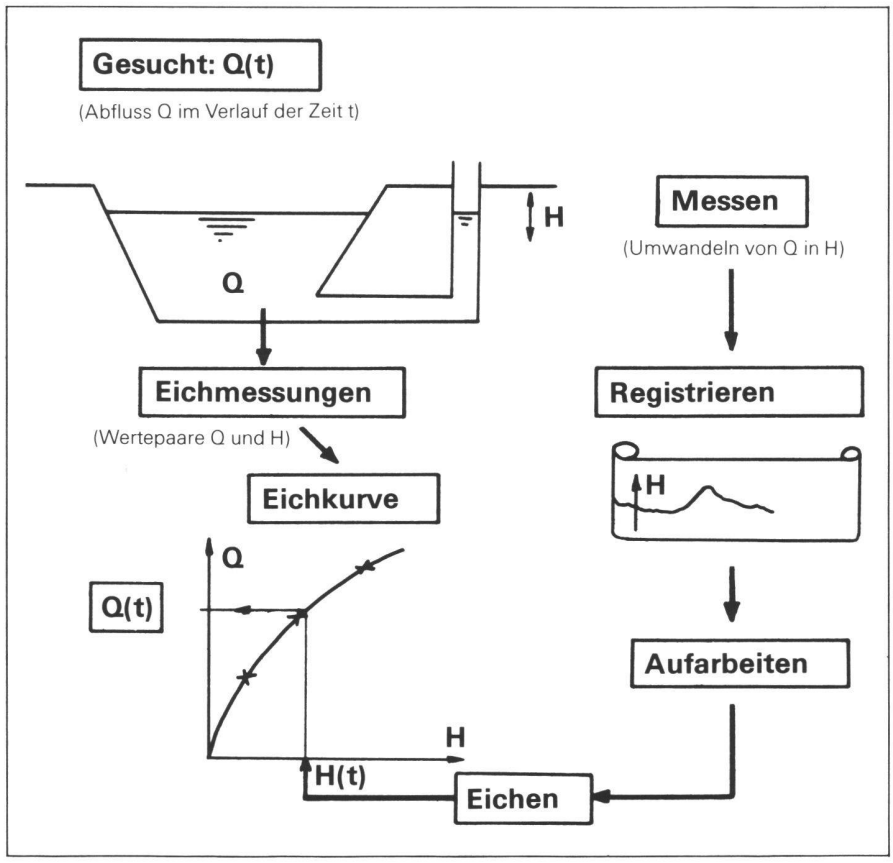


Abb. 2 Zusammenhang zwischen Messen, Registrieren und Eichen

4. Digitalisieren

Als Resultat der Feldmessungen fallen Datenträger an, auf denen die Information gezeichnet, gelocht oder elektronisch gespeichert ist. Diese Messungen müssen auf irgendeine Art in den Computer gebracht werden. Lochstreifen können z. B. direkt eingelesen werden, Magnetbandkassetten je nach Beschriftungsart auch. Papierstreifen hingegen bedürfen eines Umschreibens, eines Digitalisierens. Heute geschieht dies meistens mit Hilfe eines Digitizers. Der Bearbeiter fährt den Kurven nach, und die Werte werden auf einen Lochstreifen oder ein Magnetband abgelegt. Das direkte Einspeisen in einen Computer ist nicht sinnvoll, da die Daten sehr langsam anfallen.

Muss das Digitalisieren durch Herauslesen der Werte und anschliessendes Ablochen erfolgen, verlangt dies einen sehr grossen Aufwand. Diese verschiedenen Möglichkeiten seien hier aufgezählt, um die Bedeutung dieses Schrittes zu unterstreichen. Wenngleich ein uninteressanter Teil der Arbeit, so bildet er doch den Angelpunkt zwischen den Feld- und Computerdaten. Auch hier kann die moderne Elektronik mit der Zeit Hilfe bringen, indem die Daten immer leichter auf einen computergerechten Datenträger gebracht und von dort natürlich auch rasch und problemlos in einen Computer eingelesen werden können.

Unter allen Umständen ist in einem Messkonzept diesem Schritt das nötige Gewicht zu geben und genügend Zeit dafür vorzusehen.

5. Aufarbeiten

Die vorliegenden Daten können nun in einen Computer eingelesen werden. Dort haben sie aber noch verschiedene Formate, je nach Ursprungsdatenträger. In einem ersten Schritt geht es nun darum, sie alle in ein einheitliches Format zu bringen. Es wäre nicht denkbar, in jedem der folgenden Programme diese verschiedenen Datenträger-Formate einzubauen. Diese Vereinheitlichung entspricht auch dem Postulat, die Nahtstellen zwischen den einzelnen Schritten möglichst klein zu halten.

Im Falle der Datenbank des IfK wurde deshalb eine *Reihe* definiert, welche die Werte eines Messstandortes während eines Jahres enthält. (Der Suchschlüssel ist also mit Standort und Jahr gegeben.) Am Anfang jeder Reihe steht ein Kopf, der die wichtigsten Angaben wie Identifikation (Standort, Jahr), Anfang, Ende, Zeitschritt usw. enthält. Anschliessend folgen alle Werte, jeweils zehn in einer Zeile. Jede Zeile erhält eine laufende Nummer und die Zeit des ersten Wertes. Abb. 3 zeigt die Struktur einer solchen Reihe.

Dieser Art Ablage haftet ein grosser Nachteil an: Ändert sich ein Messwert auch lange Zeit nicht, muss er trotzdem ständig gespeichert werden. Dies wäre nicht notwendig, wenn z. B. an jeden Wert die Zeit angehängt würde. Die gewählte Art braucht somit mehr Speicherplatz, ist aber einfacher in der Bearbeitung; im Falle der Wert-Zeit-Ablage ist es umgekehrt. In Anbetracht, dass zahlreiche Anwendungen der Daten diese in konstanten Zeitschritten verlangen und der Speicherplatz billig ist, lässt sich die gewählte Lösung vertreten.

6. Bearbeiten

Liegen die Daten in einer einheitlichen Form vor, können sie ausgedruckt und gezeichnet werden, wonach sie der Bearbeiter das erste Mal ‹sieht›. In Anbetracht der Datenmenge bleibt das Ausdrucken nur kleinen Abschnitten vorbehalten. Um eine ganze Reihe auszugeben, eignet sich nur die Zeichnung (eine 3monatige Reihe im 6-Minuten-Intervall hat ungefähr 22 000 Punkte). Damit einzelne Reihen untereinander verglichen werden können, muss die Möglichkeit bestehen, sie auf den gleichen zeitlichen Nullpunkt zu bringen, wie dies Abb. 4 zeigt.

Anhand der Zeichnung ist es dem Bearbeiter möglich, falsche Werte zu eruieren. Damit beginnt aber die heikle Aufgabe der Korrektur von Messungen. Es ist unbestritten, dass es eindeutige Fehler gibt, die zu korrigieren sicher erlaubt ist. Zusätzlich aber können zahlreiche Fehler auftreten, deren Eindeutigkeit äusserst zweifelhaft ist, auch wenn durch Korrelationsrechnung mit benachbarten Stationen eine gewisse Sicherheit gewonnen werden kann. Die eigentliche Messung aber wird damit nicht ersetzt. Besonders kritisch wird es, wenn die Zeit der Messwerte Fehler aufweist. Dann werden hydrologische Untersuchungen, bei denen die zeitliche Abfolge einzelner Ereignisse entscheidend ist, sehr unsicher.

```
RU0000RE00   JAHR...........1969  ANFANGSZEIT....541550  (14.AUG 15UHR30: 0)
**********   AUFNEHMER NR..    0  ENDZEIT........552240  (19.AUG  2UHR24: 0)
             BEARBEITER......SYD  ZEITINTERVALL....  10  [1/100 STD]
             FAKTOR.......10^  3  ANZAHL WERTE.... 1030  DIMENSION....MM/STD

FOLGENDER ABSCHNITT WIRD GEDRUCKT :
.....  15.AUG 15: 0 (543900) BIS 16.AUG  5: 0 (545300)

ZEIT: 543850   INDEX:    20
     0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
ZEIT: 543950   INDEX:    21
     0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
ZEIT: 544050   INDEX:    22
     0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
ZEIT: 544150   INDEX:    23
     0      0      0      0     53    263   1041   1712   5502  11475
ZEIT: 544250   INDEX:    24
 11868  11348   9791   7239   5516   5450   5348   3977   2156   1846
ZEIT: 544350   INDEX:    25
  5299   8981  16704  26938  33174  24554  13262  11195  12935  14660
ZEIT: 544450   INDEX:    26
 13370  12162  11457  10566   9177   6625   3377   1644    985    862
ZEIT: 544550   INDEX:    27
   834    794    649    442    262    232    244    207    176    151
ZEIT: 544650   INDEX:    28
   125     75     56     26     21     80    144    298    510    700
ZEIT: 544750   INDEX:    29
   779    784    949   1206   1355   1010    480    359    459    534
ZEIT: 544850   INDEX:    30
   338    173    142    164    216    111     73     22      0      0
ZEIT: 544950   INDEX:    31
     0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
ZEIT: 545050   INDEX:    32
     0      0      0      7     18     18    125    313    619    915
ZEIT: 545150   INDEX:    33
   539    191    113    110     93     52     19      0      0      3
ZEIT: 545250   INDEX:    34
    13     23     59    117    174    192    213    245    304    365
```

Abb. 3 Beispiel einer Reihe

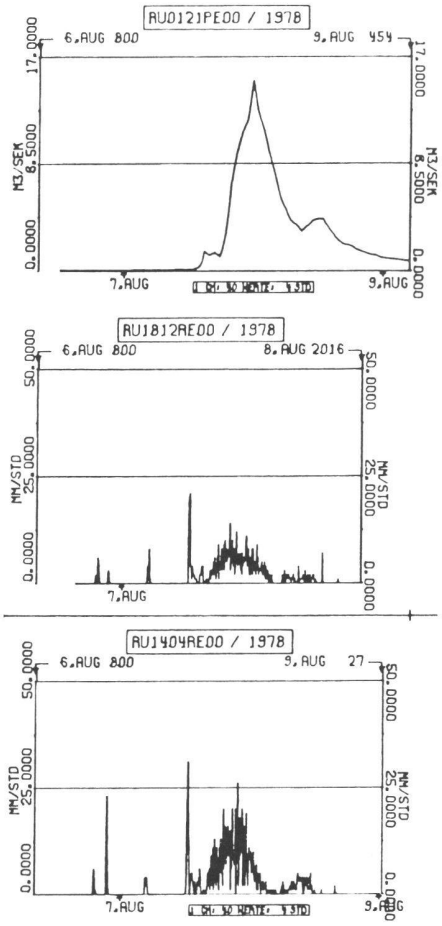


Abb. 4 Zeichnung von Reihen mit gleichem Nullpunkt

Diese Bemerkungen über das Korrigieren der Messungen möge aufzeigen, wie problematisch diese Arbeit an sich ist. Man kann fast die Gleichung aufstellen, dass die Summe des Aufwandes, der beim Registrieren und beim Bearbeiten geleistet wird, sich die Waagschale hält. Das heisst, wird viel Aufwand bei der Registrierung getrieben, so wird das Bearbeiten einfach und umgekehrt. Es ist nun eindeutig, dass es sinnvoller ist, bei der Registrierung viel Arbeit aufzuwenden, denn nur so gewinnt man effektive Messwerte. Einen grossen Aufwand in die Bearbeitung zu stecken, bringt nur gute Korrekturen, aber keine guten Messungen.

7. Eichen

An diesem Punkt sei nochmals der gesamte Ablauf in Erinnerung gerufen: Beim Messen wurde die gesuchte Grösse, z. B. der Abfluss, in einen Messwert, die Wasserhöhe, umgewandelt. Alle folgenden Schritte befassten sich nur noch mit diesem Messwert. Somit stehen im Moment diese Messwerte zur Verfügung. Was den Bearbeiter interessiert, ist aber die ursprüngliche Messgrösse. Diese findet er, indem er während des Feldbetriebes eine Eichkurve ermittelt und seine vorliegen-

den Messungen mit dieser eicht (siehe Abb. 2). Damit wird klar, dass die Genauigkeit seiner Werte entscheidend von der Genauigkeit der Eichkurve abhängt. Bei der Besprechung der Aufnehmer wurde erwähnt, dass sich ihre Charakteristik nur mit grossem Aufwand konstant halten lässt. Damit wird offensichtlich auch ihre Eichkurve unsicher. Dieser Tatsache ist unbedingt Rechnung zu tragen, indem die Eichkurve der Sonde ständig kontrolliert und überprüft wird. Es ist auch Sache des jeweiligen Bearbeiters, zu entscheiden, mit welcher Eichkurve welche Punkte geeicht werden sollen. Es geht nicht an, in einer späteren Phase irgendeine Eichkurve anzunehmen, denn damit würden schwerwiegende Fehler erzeugt.

Das Konstanthalten der Eichkurven kann in gewissen Fällen durch starke Temperaturabhängigkeiten verunmöglicht werden. Dann bleibt nichts anderes übrig, als eine zweiparametrige Eichkurve zu bestimmen, d. h. den Zusammenhang der Messgrösse in Funktion des Messwertes und der Temperatur zu erheben. Dabei ist aber sehr genau abzuklären, ob dieser Zusammenhang eindeutig ist. Dieses Verfahren zwingt auch zur Speicherung eines weiteren Parameters, der jedoch häufig ungenauer als der gesuchte Messwert erhoben werden kann.

8. Ablegen und Suchen

Nach erfolgter Eichung, eventuell begleitet durch das Zeichnen der neuen Reihe, liegen die gesuchten Daten in bereinigter Form vor. Der Bearbeiter hat somit diese Daten ‹nur› noch zu versorgen, also in das Datenbanksystem einzuspeisen.

Die Grundbedingungen, die an ein solches Ablagesystem gestellt werden, sind die folgenden:

a) Die Sicherheit der Ablage muss über Jahre hinaus gewährleistet sein. Die rohen Datenträger existieren oft nicht mehr, so dass eventuell verlorengegangene Daten nicht wieder erzeugt werden können.

b) Das System soll von der Grösse her unbegrenzt sein. Zu Beginn ist weder die Anzahl noch die Grösse der abzulegenden Reihen auszumachen.

c) Das Suchen einer beliebigen Reihe soll einfach und sicher erfolgen können. Der Bearbeiter soll nicht gezwungen sein, lange Listen durchsuchen und anschliessend komplizierte Steuerbefehle schreiben zu müssen. Diese Arbeiten sollen ihm abgenommen werden, so dass er nur die gewünschten Reihen anzugeben hat.

d) Von den abgelegten Daten soll eine ausführliche Dokumentation sowohl über ihre Entstehungsgeschichte als auch über ihren Verlauf bestehen.

Der erste Punkt, die Sicherheit, lässt sich gewährleisten, indem die gesamte Ablage mehrfach vollzogen wird. Dies ist selbstverständlich sehr aufwendig, ist aber die einzige sichere Methode.

Punkt b) (Grösse) und Punkt c) (Suchen) bestimmen die Art des Ablagesystems. Die Bedingung für das Suchen ist noch zu präzisieren: Verlangt ist wohl ein einfaches, nicht aber ein sehr rasches Suchen. Auch kann davon ausgegangen werden, dass das Suchen nicht sehr häufig erfolgt.

Diese Randbedingungen verhelfen zum Entscheid, ob das System auf einem raschen (Platten- oder Trommelspeicher) oder einem langsamen Speicher (Magnetband) aufzubauen ist. Dabei ist immer zu bedenken, dass die gesamte Ablage mehrfach auszuführen ist. In Anbetracht der Grösse und des nicht erforderlichen raschen Zugriffes wurde eine Ablage auf 3 Magnetbändern mit einer automatischen Verwaltung aufgebaut. Das bedeutet, dass in einem Katalog alle Identifikationen der Reihen, ihre Hauptcharakteristiken und ihre Standorte auf den Magnetbändern gespeichert sind. Das Suchen einer Reihe spielt sich in zwei Stufen ab: Suchen der Identifikation im Katalog, damit Erfassen der Magnetbandbezeichnung und -position und im zweiten Schritt das eigentliche Herauskopieren der gewünschten Reihe (Abb. 5 zeigt das Verfahren).

Diese Ablageart ist sicher, da jede Information dreifach gespeichert ist. (Durch die Verwendung von 3 Magnetbändern wird gewährleistet, dass nach dem Ausfall eines Bandes und der Zuhilfenahme des 2. Bandes für das Kopieren immer noch ein Band unberührt vorhanden ist.)

Es sei aber betont, dass in der jetzigen Version des Systems die dreifache Ablage nicht automatisch erfolgt. Es ist Sache des Bearbeiters, dafür zu sorgen, dass seine Information auf alle drei Bänder abgelegt ist. Dabei ist es selbst-

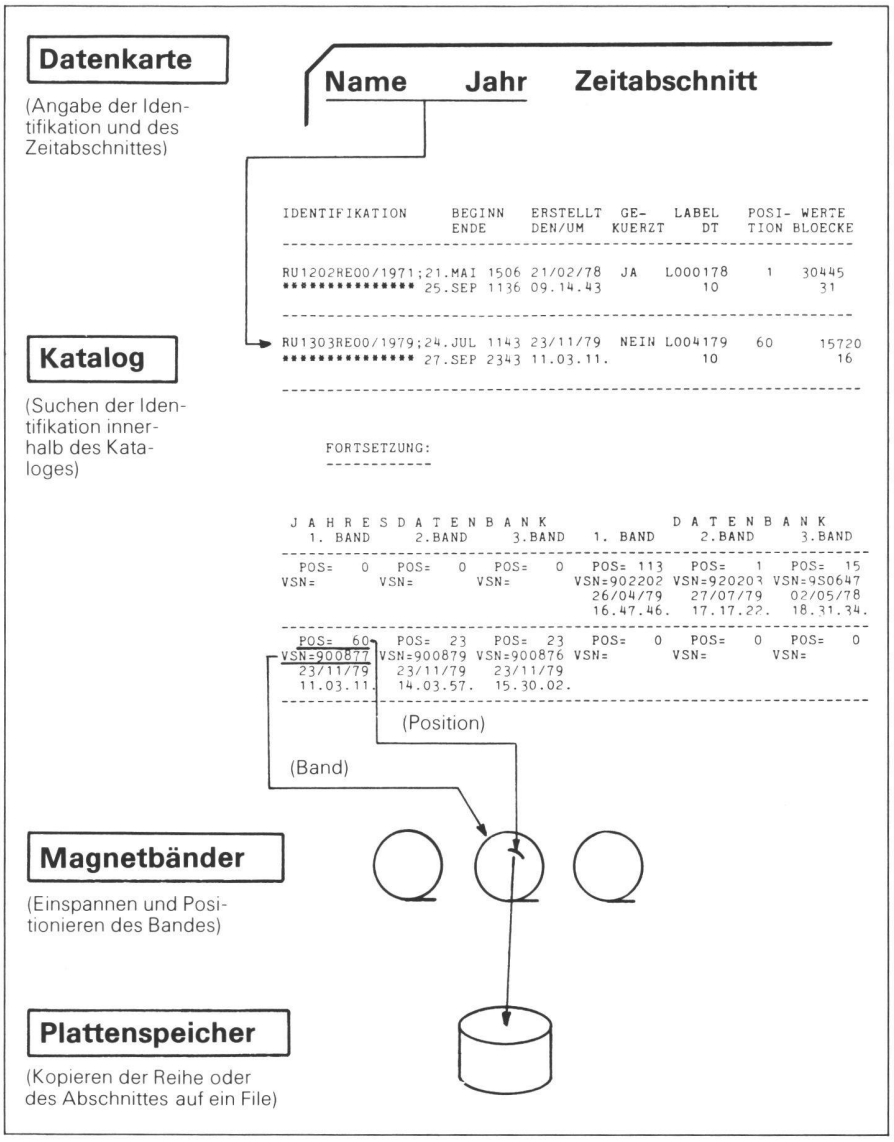


Abb. 5 Verwaltungssystem der Reihen

verständlich seinem Ermessen überlassen, ob bei Vorhandensein der Information an einer andern Stelle er diese nur auf ein Band ablegt und sie erst in einer späteren Phase überträgt.
Die Speicherung auf Magnetbänder erfordert weder eine Beschränkung der Anzahl noch der Grösse der Reihen. Der letzte Punkt, das einfache Suchen, ist ebenfalls erfüllt, da mit dem Katalog der Ablauf automatisch erfolgen kann.

9. Programm-System

Betrachtet man am Schluss nochmals das gesamte Rad (Abb. 1), so erkennt man sofort, dass zahlreiche Schritte mit Computerprogrammen auszuführen sind. Um dem Postulat der Einfachheit gerecht zu werden, muss die Auslösung dieser Verarbeitungen ebenfalls auf einfachstem Weg möglich sein. Dies wurde am IfK auf zwei Arten gelöst:
Auf der einen Seite wurde ein eigentliches Programmablagesystem aufgebaut. Mit dessen Hilfe ist es auf einfachste Art möglich, Programme in ihrer Ursprungs- und in der übersetzten Form in Bibliotheken abzulegen. Zusätzlich wird eine Beschreibung erstellt, die alle wesentlichen Elemente des Programmes enthält. Ein solches Ablagesystem erlaubt das einfache Ändern der Programme und sichert die Aktualität der Dokumentation. Dies ist bei einem Gesamtsystem von zirka 200 Programmen und Unterprogrammen eine wesentliche Arbeitseinsparung.
Auf der anderen Seite wurde die eigentliche Auslösung der einzelnen Programme automatisiert: Anhand der Datenkarten erstellt ein erstes Programm die Steuerkarten der weiteren Verarbeitung. Diese besteht häufig darin, mit den im ersten Programm bereitgestellten Dateien die endgültigen Steuerkarten zu erzeugen.
Mit dieser Automatisation wird man dem Postulat gerecht, dass auch Nicht-Fachleute mit diesem System arbeiten können. Um das Arbeiten zu erleichtern, sind zwei weitere Bedingungen unbedingt einzuhalten: einfachste Syntax der einzugebenden Daten (Einsetzen möglichst vieler sinnvoller vorgegebener Werte) und sauber beschriebene Fehlermeldungen, damit eine Behebung falscher Daten einfach und rasch erfolgen kann.

10. Schlussbemerkungen

Nach diesen Darlegungen drängen sich einige abschliessende Bemerkungen auf:
Beim Aufbau des gesamten Systems muss man sich ständig in Erinnerung rufen, dass einzelne Schritte im Lauf der Zeit ändern werden. Dabei soll unter keinen Umständen das ganze Rad zu ersetzen sein. Diese Austauschbarkeit ist ein ausserordentlich wichtiges Postulat und zwingt den Bearbeiter, die Nahtstellen zwischen den Schritten genau zu fixieren und zu dokumentieren.
Ähnlich gelagert ist die Feststellung, dass das Detail zu pflegen ist. Trotz der Vielseitigkeit der anfallenden Arbeiten bedarf jedes Detail einer sauberen Bearbeitung und Beschreibung.
Ein weiterer Punkt betrifft die Bearbeitung des gesamten Rades in einem Guss. Es hat keinen Sinn, einen Sektor sehr ausführlich und damit bearbeitungsextensiv zu gestalten, während davor und darnach nur rudimentäre Ansätze von Automatisation bestehen. Dem Bearbeiter soll von Anfang bis zum Schluss eine effiziente Unterstützung geboten werden, die es ihm erlauben soll, möglichst rasch und einfach zu bereinigten Daten zu kommen, um dann seine eigentliche Auswertung vornehmen zu können. Denn dies ist das Ziel und soll damit die Hauptarbeit bilden. Alle in diesem Beitrag formulierten Schritte sind umfangreiche und unumgängliche Zwischenarbeiten, die aber, wie die Erfahrung zeigt, nicht vernachlässigt werden dürfen.

11. Ausblick

Für das bescheidene Potential des Institutes für Kulturtechnik mit eher knapp bemessenen Forschungsmitteln bedurfte es über 18 Jahre hinweg eines grossen Einsatzes aller Beteiligten, um zu Ergebnissen zu kommen. Im Sektor Extremwertstatistik [18] steht eine zweite Arbeit knapp vor dem Abschluss. Im Verlauf dieses Jahres ist eine grössere Arbeit über die Niederschlag-Abfluss-Beziehung in KEG zu erwarten, und es wird mit einer Messkampagne in Verbindung mit den bereits gespeicherten Daten eine umfangreichere Auswertung vorbereitet. Damit sollten endlich einmal auch verbesserte Grundlagen zur Berechnung des Fremdwasserzuflusses in Meliorationsperimeter bereitgestellt werden können. Als Nebenprodukt wird über neu entwickelte Abflussmessgeräte zu berichten sein. Es versteht sich, dass die Bewältigung der anfallenden Datenmengen eine Voraussetzung für die vorgenannten Auswertungen darstellt; so wurde daher dieser Aufgabe im Gesamtrahmen grosses Gewicht zuerkannt. In den kommenden Jahren sollte das Gebiet der Runs vermehrt für die Ausbildung der Studierenden, zum Beispiel in Verbindung mit einzelnen Vertiefungsblöcken und einem Messpraktikum, sowie für Doktoranden herangezogen werden. Des weiteren sind Teilfragen bezüglich Messtechnik etwa bei Steilgerinnen oder hinsichtlich der effektiven Fliesszeiten in Naturgerinnen sehr interessant. Es geht nun darum, dieses eingerichtete Versuchsgebiet weiterhin betreiben zu können.

Literatur

[1] Bruschin J. und Estève R.: Utilisation de l'analyse fréquentielle des crues pour la détermination de la crue de projet. Schweiz. Bauzeitung 91. Jg., Heft 32 und 33, 1973.

[2] Bürkli A.: Grösste Abflussmengen bei städt. Abzugskanälen mit bes. Berücksichtigung der Überschwemmungen in der Umgebung von Zürich im Juni 1878. Zürich 1880.

[3] Grubinger H.: Einführungsreferat zu INTERPRÄVENT 1971 (Internat. Symposion: Grenzen und Möglichkeiten der Vorbeugung vor Unwetterkatastrophen im alpinen Raum ‹Das kombinierte System der Berghang-Entwässerung›. Villach 1971).

[4] Grubinger H.: Beitrag zur Publikation der Landw. Forschungskommission über ‹Stand und Ziele der landwirtschaftlichen und kulturellen Forschung in der Schweiz. Wissenschaftspolitik›, Beiheft 9, Bern 1976.

[6] Hörler und Rhein: Die Intensität der Starkregen in der Schweiz. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie 24, 1962.

[6] Hörler A.: Die Intensitäten von Starkregen längerer Dauer für verschiedene Ortschaften der Schweiz. Gas, Wasser, Abwasser, Heft 12, 1977.

[7] Melli K.: Die Dimensionierung städtischer Kanale. Schweiz. Bauzeitung, Bd. 84, Nr. 12, 1924.

[8] Petrascheck A.: Über die Wirkung systematischer Entwässerungen in Hanglagen. Diss. ETH-Nr. 5079, 1973.

[9] Salcher E.: Zur Berechnung von Hochwasser-Abflüssen. Wasserwirtschaft und Technik, Nr. 28–30, 1936.

[10] Schreiber A., Storchenegger I., Widmoser P.: Die Messung hydrologischer Werte in kleinen Einzugsgebieten. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 9/74.

[11] Specht A.: Grösste Regenfälle in Bayern und ihre Verwertung zu Hochwasserberechnungen. Abb. d. Kgl. Bayer. Hydrotechn. Büros, München 1915.

[12] Storchenegger I.: Zur Berechnung von Hochwassern kleiner Einzugsgebiete aus dem Niederschlag. Vermessung Photogrammetrie, Kulturtechnik 3/80.

[13] Strele G.: Grundriss der Wildbach- und Lawinenverbauung, S. 12, Springer Verlag, Wien 1950.

[14] Sydler P.-A.: Automatische Gewinnung hydrologischer Daten und ihre Speicherung in einer benützerfreundlichen Computer-Datenbank. Diss. ETH Nr. 6584, 1980.

[15] Sydler P.-A.: Digitales Geländemodell. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 3/80.

[16] Widmoser P.: Extremabflüsse aus 40 kleinen Einzugsgebieten der Schweiz. Schweiz. Bauzeitung, Bd. 92, Nr. 32, 1974.

[17] Zeller J.: Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse. Eidg. Anst. f. d. forst. Versuchswesen, Heft 126, 1974.

[18] Widmoser P., Sydler P.-A., Zollinger F.: Statistische Untersuchungen von Extremabflüssen aus kleinen Einzugsgebieten. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik; Sonderheft Institut für Kulturtechnik 3/80.

Adresse der Verfasser:
Prof. Dr. Dr. H. Grubinger,
Institut für Kulturtechnik,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich

Dr. P.-A. Sydler, Motor-Columbus,
CH-5400 Baden, früher Institut für Kulturtechnik, CH-8093 Zürich