

Die automatische Messung von Fliesszeiten und die Bestimmung von Fliessgeschwindigkeiten in Bergbächen

Autor(en): **Grunow, H.-G.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **84 (1986)**

Heft 12

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-233118>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die automatische Messung von Fliesszeiten und die Bestimmung von Fliessgeschwindigkeiten in Bergbächen

H.-G. Grunow

Das Institut für Kulturtechnik der ETH, Abteilung Wasser und Boden, hat im Sommerhalbjahr 1986 Fliesszeiten bzw. Fliessgeschwindigkeiten an einem Bergbach gemessen. Wegen erschwerender Randbedingungen kam dafür nur die automatische Messung in Betracht. Da für solche Messungen kaum Geräte «von der Stange» erhältlich sind, wurde eine Anlage konzipiert und aufgebaut, die von der Erkennung des Wasserstandes über die Dosierung des Tracers, seine Erkennung und Messung im Wasserlauf und den Datentransfer bis zur Registrierung auf Datenloggern alle Vorgänge automatisch vornimmt. Die Erfahrungen beim Betrieb sind sehr gut; das Konzept hat sich bewährt. Im folgenden Bericht wird diese Anlage beschrieben, erste Erfahrungen werden mitgeteilt und allenfalls erforderliche Erweiterungen diskutiert.

Durant le premier semestre de 1986, la Division Eau et Sol de l'Institut de Génie Rural de l'EPFZ a mesuré les temps, respectivement les vitesses d'écoulement d'un ruisseau de montagne. En raison de conditions rendues plus difficiles, seule la mesure automatique est entrée en considération. Etant donné que des appareils ad hoc ne sont guère disponibles sur le marché, une installation automatique de mesure permettant la reconnaissance des niveau d'eau, le dosage des marqueurs, leur reconnaissance et mesure dans le cours d'eau, le transfert et l'enregistrement informatisé des données a été conçue et construite. Les expériences faites avec cette installation sont bonnes; le concept s'est révélé concluant. L'article suivant décrit cette installation et rend compte des premières expériences, le cas échéant discute les extensions nécessaires.

1. Projektziel

Das Fliessverhalten, insbesondere die Fliessgeschwindigkeit bei verschiedenen Abflussmengen in steilen Bergbächen ($I > 7\%$) ist bis heute nicht hinreichend bekannt. Es gibt zwar eine Reihe von Abflussformeln [1],[2],[3],[4],[5], die eine Berechnung der Abflusskonzentration bzw. der Konzentrationszeit ermöglichen sollen, doch weichen die Aussagen dieser Formeln beträchtlich voneinander ab. Dabei ist nach [6] der Einfluss des Gefälles am überraschendsten, da es im Gegensatz zum Potenzgesetz und den herkömmlichen Konzentrationszeitformeln die Fliesszeit direkt proportional beeinflusst. Dies bedeutet, dass die Rauheit und somit ihr Einfluss auf die Strömung mit zunehmendem Gefälle ebenfalls sehr stark ansteigt.

Um dieses Resultat zu kontrollieren, um die Messungen überdies von der Anwesenheit des Messpersonals unabhängig machen zu können, um die Messungen jederzeit vornehmen zu können, sie genauer, sicherer und schliesslich auch ungefährlicher zu machen, beschlossen wir, ein Vorprojekt zu beantragen, mit dem die automatische Messung mit all ihren Vorzügen realisiert werden sollte.

Dieses Vorprojekt wurde von der Forschungskommission der ETH bewilligt und mit 45 000 Franken dotiert, wofür wir an dieser Stelle danken möchten.

2. Messprinzip

Wir bestimmen die Zeit, die ein Wasserteilchen oder ein in ihm gelöstes Tracerpartikel benötigt, um einen nach Länge und Gefälle definierten Bachabschnitt zu passieren.

Zu diesem Zweck impfen wir den Bach bei Erreichen eines von acht definierten Wasserstandsniveaus mit einer entsprechenden Tracermenge, in unserem Fall mit reinstem Speisesalz. Diese Salzmenge verändert die elektrische Leitfähigkeit des Bachwassers deutlich, so dass die Bewegung der bachabwärts fliessenden Salzwolke mit Hilfe von Leitfähigkeitsmessgeräten messend verfolgt werden kann.

Der Durchgang des Scheitels der Salzwolke bei der oberen, der Impfstelle zunächst gelegenen Messstelle wie auch bei jener der weiter bachabwärts gelegenen zweiten Messstelle wird zusammen mit der Uhrzeit registriert, so dass sowohl die Zeit zwischen den Scheiteldurchgängen ($\hat{=}$ Fliesszeit) als auch die Zeit zwischen den Fusspunkten der Anstiegsflanken ($\hat{=}$ Anlaufzeit) und überdies die Zeit zwischen dem Durchgang der beiden Schwerpunkte der Wolke ($\hat{=}$ mittlere Fliesszeit) exakt bestimmt werden kann. Am Rande sei vermerkt, dass diese Art der «Momentan-Injektion» auch die genaue Bestimmung der abfliessenden Wassermenge ermöglicht, was mit herkömmlichen Mitteln bei undefiniertem Profil und grossen Abflussmengen fast unmöglich ist.

3. Messanlage

(Abb. 1: Zahlen in Klammern sind identisch mit denen der Abbildung)

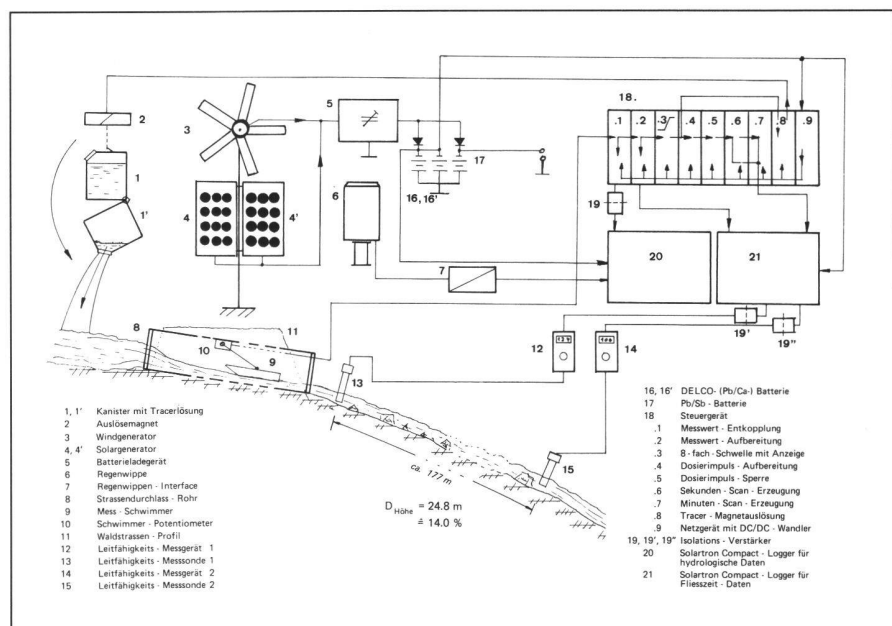


Abb. 1: Schematische Darstellung der Messanlage.

3.1 Erfassung der hydrologischen Daten

Da bei der Interpretation hydrologischer Daten unweigerlich die Frage nach dem den Abfluss verursachenden Vorregen gestellt wird – man denke an Seiten- und Hangzuflüsse – registrieren wir den Niederschlag ebenfalls. Er wird mit einer Regenwippe nach Joss – Tognini (6) erfasst, im Interface (7) aufbereitet und in Abständen von sechs Minuten auf dem Datenlogger (20) registriert. – Zur Bestimmung der Fliesszeit ist u.a. die abfließende Wassermenge Q von Bedeutung. Diese wird mit Hilfe des Mess-Schwimmers (9) und des an seinem Dreh- und Haltepunkt angebrachten Präzisionspotentiometers (10) erfasst und – zusammen mit den Regendaten – auf dem Datenlogger (20) registriert, wobei der elektrische Messwert vorher im Entkopplungsverstärker (18.1) entkoppelt wird. Der Mess-Schwimmer (9) befindet sich im Strassendurchlass-Rohr (8), dessen Auslauf in Abb. 2 zu sehen ist. Im Inneren des Rohres erkennt man den Schwenkarm, an dem der Mess-Schwimmer hängt und der den Pegel auf das Potentiometer (10) überträgt.



Abb. 2: Auslauf des Strassendurchlass-Rohres (8). Im Rohrrinnern ist der Schwenkarm des Mess-Schwimmers (9) zu erkennen.

3.2 Erfassung der Fliesszeit-Daten

Der mit dem Schwimmer (9) und dem Potentiometer (10) gemessene Wert wird nach dem Verlassen des Entkopplungsverstärkers in den Messwert-Aufbereitungsverstärker (18.2) transferiert, an dessen Ausgang ein sich auf «Pegel – $\emptyset$ », (Pegel- $\emptyset$ ist jener Wasserstand, bei dem kein Durchfluss feststellbar ist, so dass der Schwimmer auf dem Boden des Rohres

aufsitzt) beziehendes Signal ansteht. Dieses Signal wird dem Datenlogger (21) zugeführt, der alle Fliesszeitdaten registriert. Ausserdem wird dieses Signal im Schwellen-Detektor (18.3) mit acht vorgegebenen Werten der Abflussmengen verglichen. Die entsprechende Schwelle wird erkannt, angezeigt und in den Schaltungen (18.4) und (18.5) zu einem Impuls aufbereitet. Dieser Impuls bewirkt dreierlei:

- Der Datenlogger (21) wird gestartet
- Die Sekunden-Scan-Erzeugung (18.6) wird gestartet
- Der zu dieser Schwelle gehörende Kanister mit der Tracerlösung (1') wird ausgelöst, so dass sich sein Inhalt in den Bach ergiesst.

Während der an (18.6) vorgewählten Zeit wird in ebenfalls vorgewählten Zeitabständen ein Messimpuls nach dem anderen erzeugt, z.B. in Abständen von 15 sec. Ist die vorgewählte Anzahl von Messungen absolviert, z.B. 40, so schaltet die Logik auf einen Minutentakt um. Auch hier sind Zahl und Intervall der Messimpulse wählbar. Das geschieht in (18.7). Während dieser Messung werden alle anderen Schwellen gesperrt, um zu verhindern, dass bei schnellem Steigen des Pegels eine weitere Tracerwolke auf die Messstrecke geschickt wird und dabei die vorhergehende Messung stört. Erst nach dem Ende der ersten Messung werden die übrigen Schwellen wieder freigegeben. Die Leitfähigkeit wird zunächst bei der Messstelle 1, d.h. mit der Messsonde (13) gemessen und im Leitfähigkeitsmessgerät in ein elektrisches Signal umgewandelt, das sowohl vor Ort angezeigt, wie auch über den Isolations-(Trenn-)Verstärker (19') dem Datenlogger (21) zugeführt wird. Nach dem Durchfliessen der Messstrecke – hier ca. 177 m («ca.» deswegen, weil das Bachbett vermessen wurde, wogegen der Weg des Wassers durchaus länger sein kann, weil Umwege, Becken und Schwellen passiert werden) – erreicht die Tracerwolke die Messsonde (15). Über das Leitfähigkeitsmessgerät (14) und einen weiteren Trennverstärker (19'') wird auch dieser Wert auf dem Datenlogger (21) registriert. Eine im Datenlogger integrierte Zeitbasis schreibt zu jeder Messung die Uhrzeit, so dass die Rekonstruktion dieses Ereignisses nach Zeit und Menge möglich ist.

3.3 Energieversorgung

Schon beim Entwurf der Anlage berücksichtigten wir den Umstand, dass wir im vorgesehenen Messgebiet keinen Netzanschluss haben würden. Das geschah zum einen durch die Verwendung von elektronischen Bauteilen, die mit kleinsten Strommengen auskommen und zum anderen dadurch, dass wir uns nach anderen Energieträgern umsahen. Unsere guten Erfahrungen mit Solar-Generatoren liessen uns wieder zu solchen Aggregaten

greifen (4,4'). Für sonnenarme, aber windreiche Tage (Warmsektor und Kaltfront eines Tiefs) setzten wir einen Windgenerator (3) ein. Mit Hilfe eines Batterieladegerätes (5) luden wir zwei wartungsfreie Blei/Kalzium-Batterien (16,16') und für Arbeiten im Inneren des hier eingesetzten Messwagens (Reparaturen, Beleuchtung, Funk, Heizung) eine herkömmliche Blei/Antimonbatterie (17). Ausserdem wurden die Auslösemagnete (2) der Kanister mit dieser Batterie im Pufferbetrieb «scharf» gehalten.

3.4 Messstation

Durch die schlechten Erfahrungen früherer Jahre gewarnt, brachten wir alle Messgeräte, Werkzeuge, Funk, Material, Ersatzteile usw. in einem zu einem Messwagen umgebauten Wohnwagen unter. Diese Massnahme bewährte sich ausserordentlich, hatten wir doch keine Verluste an Material zu beklagen. Ausserdem wurde durch eine leichte Beheizung des Wagens im Spätherbst die Bildung von Kondenswasser verhindert, so dass auch die sonst üblichen Störungen an den Kassettenlaufwerken der Datenlogger ausblieben. Zudem erlaubte die Konstruktion dieses Messwagens die Überwachung aller interessierenden Punkte der Anlage und liess auch die Beobachtung der Vorgänge im Bach von einem vor der Witterung geschützten Punkt aus zu.

3.5 Tracer-Gestell (Abb. 3 und 4)

Im Interesse des Versuchsablaufs arbeiteten wir mit in Wasser gelöstem Speisesalz als Tracer. Das bedingt für höhere Konzentrationen, wie sie bei Hochwasser erforderlich werden, den Einsatz von ca. 20 bis 40 Litern Tracerlösung. Dass die dadurch auftretenden Belastungen beim Kippen der Kanister sehr gross werden, leuchtete ein. Daher bauten wir ein solides Gestell, in dem die Kipphalterungen für die Kanister untergebracht wurden. Da der Kippvorgang aber immer noch zu schweren Erschütterungen des ganzen Gestells führte – wodurch mechanische Schäden und «seismische» Auslösungen weiterer Kanister unvermeidlich wurden –, bauten wir für jeden Kanister eine hydraulische Dämpfung ein, so dass die Tracerlösung ohne zu spritzen gleichmässig und ruhig in den Bach strömen kann. Der Kippvorgang wurde durch den schon erwähnten Elektromagneten (2) eingeleitet. Weil dieser zu schwach war, den durch das Gewicht der Tracerlösung vorbelasteten Kanister zu entriegeln, löste der Magnet ein Fallgewicht aus, das seinerseits den Kanister entriegelte. Als Schutz vor der Witterung und der «spielerischen Neugier» von Touristen errichteten wir um das Gestell herum ein verschliessbares – mit Well-GfK verkleidetes – Gerüst, das diese Störungen dann auch fernhielt.

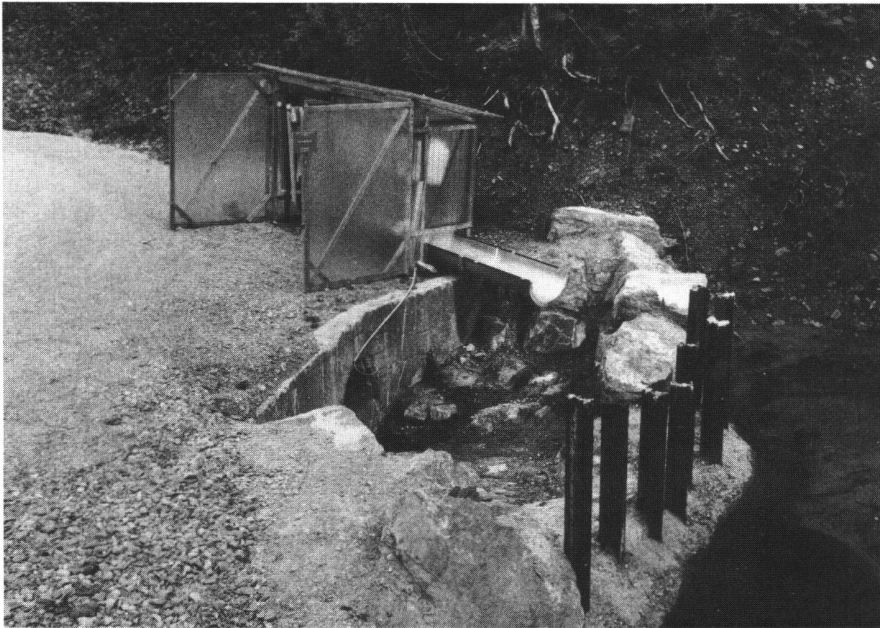


Abb. 3: Tracer-Gestell mit Treibholz-Sperre und dem Einlauf des Strassendurchlasses.

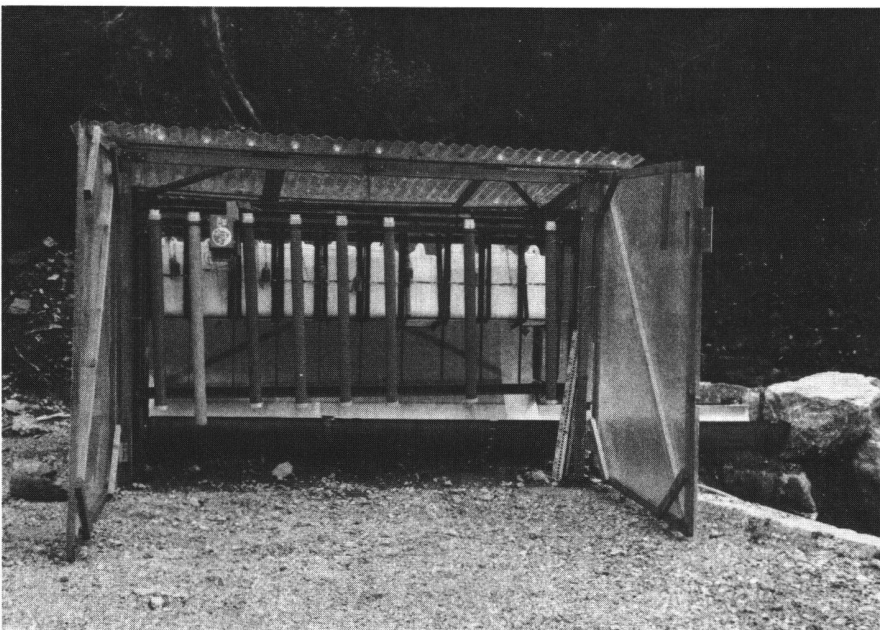


Abb. 4: Tracer-Gestell, Frontansicht.

3.6 Leitfähigkeits-Messstationen

Die Leitfähigkeitsmessgeräte sind für Laborbetrieb vorgesehen und mussten daher für den Feldbetrieb in verschiedenen Punkten modifiziert werden. Da es sich um batteriebetriebene Geräte handelt, deren Batterien nur etwa drei Tage durchhielten, wurden die Geräte von den Batterien in der Messstation versorgt.

Bei diesen Geräten wird die Leitfähigkeit mit offenen Elektroden gemessen. Dieser Umstand wirkt sich störend aus, wenn ein zweites Gerät im selben Gerinne arbeitet; auch die «Bodenleitung», d.h. Fehlströme durch den feuchten Erdboden galt es zu eliminieren. Daher arbeiteten wir von Anfang an mit Isolationsverstärkern, die die Geräte versorgungs- wie signalmässig to-

tal voneinander und vom Potential der Datenlogger entkoppelten.

Zur Anpassung an die rauen Witterungsbedingungen wurden die Geräte in robuste GfK-Gehäuse eingebaut, die mit Fenstern versehen sind, was die Wartung und die Ablesung der aktuellen Messwerte erleichterte.

Die Messsonden waren ebenfalls nur für den Laborbetrieb ausgelegt. Da zu erwarten war, dass bei Hochwasser auch gröberes Geschiebe transportiert werden würde, wurden die Elektroden (Sonden) in Chromstahlrohre eingebaut und an der Sensorenspitze mit einem Schutzkäfig versehen. Die Sonden wurden an Orten eingebaut, an denen nicht mit einer totalen Versandung zu rechnen war und die auch

eine mechanische Befestigung zuließen. Durch alle diese Massnahmen erreichten wir einen störungsfreien Betrieb. Siehe dazu auch unter 4.1.

3.7 Regenwippe

Es handelt sich bei dem eingesetzten Gerät um das bewährte Modell Joss – Tognini. Diesen Typ verwendeten wir schon in früheren Jahren. Auch das zum Registrieren der Regenwerte erforderliche Interface stammt aus früheren Messeinsätzen und bewährte sich hier wieder.

3.8 Mess-Schwimmer

Dieser Schwimmer ist eine Entwicklung des Instituts für Kulturtechnik. Seine Form macht es möglich, einerseits sehr kleine Wassermengen zu messen und noch sinnvoll aufzulösen, andererseits ist dieser Typ auch bei Hochwasser, bei dem grosse Mengen Geschiebe mitgeführt werden, noch ein zuverlässiger Messwertgeber. Das in diesem Strassendurchlass eingesetzte Modell versieht schon seit drei Jahren seinen Dienst ohne Störung oder Ausfälle. Der eigentliche Sensor ist ein Präzisionspotentiometer, das sich entgegen allen Erwartungen auch im dritten Jahr seines Einsatzes als elektrisch und mechanisch stabil erwies (10) [7].

- Die Abb. 5 vermittelt einen Eindruck von der Wassermenge, die das
- Die Abb. 5 vermittelt einen Eindruck von der Wassermenge, die das Strassendurchlass-Rohr bei einem mittleren Hochwasser durchfliesst. Das Potentiometerkabel und das dieses schützende Rohr sind im Bild gut zu erkennen, ebenso die Einlaufrinne für die Tracerlösung.
- Abb. 6 zeigt das Tracergestell mit fünf ausgelösten Kanistern nach dem Hochwasser in Abb. 5.

3.9 Solartron Compact Logger

Bei diesen Daten-Loggern handelt es sich um ältere Modelle, die sich – speziell im Messwagen geschützt aufgestellt – als sehr zuverlässig erwiesen, aber doch in mancher Beziehung veraltet sind und zusätzliche Massnahmen erfordern. Dabei steht der hohe Stromverbrauch voran. Diesem Bedarf wurden wir durch die unter 3.3. beschriebene Energieversorgung gerecht. Ein wesentlicher Nachteil sind die verschiedenen «Null»-Potentiale des Loggers bei den analogen und digitalen Eingängen. An diesem Nachteil des Gerätes lässt sich nichts ändern, so dass wir gezwungen waren, dessen Folgen zu verhindern. Wo nötig, wurden Aufnehmer über DC/DC-Wandler potentialfrei versorgt; mussten auch die Signal-Nullpotentiale vom Potential des Loggers getrennt werden, so setzten wir «Isolationsverstärker» ein, wie sie unter 3.6 schon erwähnt wurden. Ausser den genannten Nachteilen dieser Geräte stören Gewicht und langwieriges Transferieren des In-

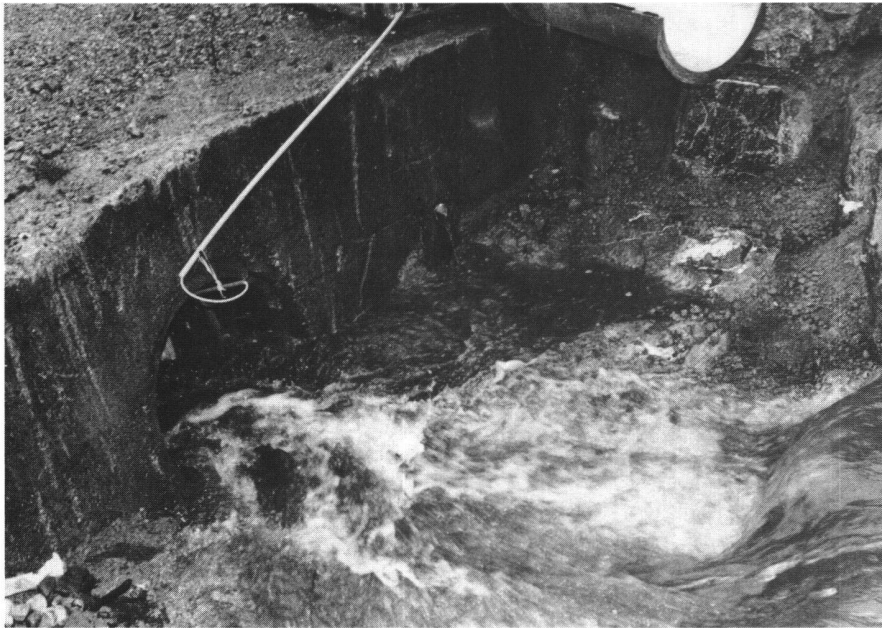


Abb. 5: Während eines mittleren Hochwassers ...

halts der bespielten Kassetten in den ETH-Computer.

Da die Geräte im übrigen intakt und funktionsfähig und für die meist langsam ablaufenden Niederschlag-/Abflussvorgänge immer noch schnell genug sind, da zudem alle Interfaces nunmehr einwandfrei arbeiten, zögern wir, «moderne» Geräte anzuschaffen, die diese Nachteile nicht haben. (Dafür möglicherweise andere...)

4. Erfahrungen mit der Steuer-Messanlage

4.1 Die Anlage versah vom ersten Tag an ihren Dienst in der vorgesehenen Weise. Wir hatten lediglich ein Störereignis zu verzeichnen: Nach einem heftigen Gewitter arbeitete eines der Leitfähigkeits-Messgeräte nicht mehr zuverlässig, und bei der Steuerung war die Umschaltung von Sekunden- auf Minutentakt ausgefallen, so dass das Gerät ständig im 15-Sekundentakt registrierte. Als Ursache wurde bei beiden Geräten ein Blitzschlag in der Nähe vermutet, da bei beiden je ein IC ausgefallen war. Das blieb die einzige Störung, was wohl auch darauf zurückzuführen sein dürfte, dass wir alle Module mit Blitzschutz versehen hatten. Die Schäden wurden behoben, worauf die Anlage bis zum Ende der Messaison einwandfrei arbeitete.

Der erwähnte Blitzschlag hatte auch alle Anzeigen des Achtfach-Schwellen-Indikators zum Aufleuchten gebracht; wegen der unter 3.2. beschriebenen Dosierimpuls-Sperre wurde aber kein weiterer Kanister ausgelöst.

Die mechanischen Teile der Anlage arbeiteten ebenfalls störungsfrei, wozu auch die regelmässige Wartung beitrug.



Abb. 6: ... wurden fünf Tracer-Kanister ausgelöst.

4.2 Messdaten

Wie bereits unter 2. berichtet, werden die Leitfähigkeitswerte zusammen mit der Uhrzeit registriert. Die registrierten Werte werden in den ETH-Computer übertragen und stehen jederzeit in der vom IfK eingerichteten Datenbank für gezielte Auswertungen zur Verfügung.

Die bisher vorgenommene Auswertung erstreckte sich nur auf die Vollständigkeit der Daten. Wir konnten feststellen, dass alle Messdaten wie vorgesehen aufgezeichnet worden waren. Auch die Durchgänge der Salzwolken bei den beiden Leitfähigkeitsmessstellen sind in bezug auf Zeit und Amplitude einwandfrei auszuwerten, wobei eine leichte Erhöhung der Tracerkonzen-

trationen bei den höheren Schwellen vorgenommen werden sollte.

Die Erfassung der Messdaten ist zuverlässig.

4.3 Gesamtbeurteilung

4.3.1 Technisch

Das Herzstück der Anlage, das Mess- und Steuergerät, wurde in bewährter, feldgerechter CMOS-Technologie aufgebaut, wobei die Transparenz der Anlagen-Funktion und ein möglichst kleiner Stromverbrauch wesentlich waren.

Die Tracer-Dosierstation ist robust und störungsempfindlich aufgebaut. Abwiegen, Lösen und Einfüllen des Tracers in die Dosierkanister ist ohne weitere Umstände möglich. Die aus zwei Solargeneratoren und einem Windgenerator bestehende Energiestation bewährte sich ebenfalls. Während der gesamten Messzeit waren die drei Batterien zu keinem Zeitpunkt durch eine Tiefentladung gefährdet.

4.3.2 Wartung, Unterhalt

Dank der für das Mess- und Steuergerät angewandten Modul-Bauweise (Zusammenfassung von elektronischen Bauelementen zu übersichtlichen Baugruppen mit eindeutigen Funktionen und die leichte Austauschbarkeit dieser Module gegen Reserve-Module) ergab sich ein zu vernachlässigender Reparaturzeitanfall. Die Wartung der Anlage beschränkte sich auf Funktionskontrollen, das Nachfüllen der Tracerkanister und den Wechsel der Kassetten. Ein Nachteil lässt sich indessen nicht übersehen: Ob ein Modul, eine Datenleitung, eine Batterie oder ein Geber ausgefallen ist, muss durch recht umständliche Tests ermittelt werden, da die Daten in der Kassette gespeichert und daher nicht sichtbar sind. Wir haben deshalb beschlossen, einem Kontrollschreiber alle Daten zuzuführen, um auf einen Blick den Betriebszustand des Systems erkennen zu können.

4.3.3 Anwendungsbereich

Die gesamte Anlage ist dank ihres Gruppenaufbaus (Mess- und Steuergeräte, Hilfsmittel und Hilfsstoffe im Messwagen, Dosierung mit dem Dosiergestell, Messwerterfassung mit z.T. leicht beweglichen Aufnehmern) sehr flexibel, vielseitig und mobil. Sofern das entsprechende «Messfeld» vorbereitet ist, ist die Anlage innerhalb eines Tages an einen anderen Ort zu verbringen und dort nach einem weiteren Tag einsatzbereit. So können folgende Messungen beim Einsatz von zwei Personen innerhalb von ca. 48 Stunden anlaufen:

- Niederschlagsmessungen von kleinsten und kleinen Einzugsgebieten
- Abflussmessungen aus grösseren bis grossen Einzugsgebieten
- Pegel-(Fern)Überwachung
- kontinuierliche Leitfähigkeitsmessungen
- Fliesszeitmessungen

- Bodensaugspannungs-Messungen
- kontinuierliche Messungen von Klimadaten wie Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit Luftdruck Windrichtung Windgeschwindigkeit Sonnenscheindauer.

5. Ausbau der Anlage

Nachdem das *Vorprojekt* – die Entwicklung der Messeinrichtung – erfolgreich abgeschlossen werden konnte, betrifft das nun vorgelegte *Hauptprojekt* die eigentlichen hydrologischen Fragen, wie in Kap. 1, «Projektziel», kurz beschrieben. Dafür stellt sich die messtechnische Situation wie folgt dar:

5.1 Messbetrieb am «Stockbach» in der «Grosser Runs»

Die eigentliche Messkampagne begann im Juni nach dem Ende der Schneeschmelze und der Einrichtung der Station. In diesem Jahr sollten alle wesentlichen Daten zur Erreichung des Projektziels gewonnen werden. Dazu gehört natürlich auch die statistische Sicherung der Resultate, so dass eine entsprechend grössere Datenmenge erfasst werden muss. Da die, die Tracer-Dosierung auslösenden Wasserstands-niveaus frei gewählt werden können, sind auch Erweiterungen der Messaufgaben zu grösseren oder kleineren Abflussmengen sowie feinere Auflösungen ohne weiteres einstellbar.

5.2 Messungen an anderen Bächen

Erwogen werden Vergleichsmessungen an Bächen in anderen geologischen Formationen (Granit-Gneismassive, z.B. Obergestlenbach VS, Kalkalpine Formation, z.B. Münstertal GR etc.). Dafür ist die Anlage in der vorliegenden Form ohne weiteres einzusetzen; dank des Messwa-

gens und seiner Ausrüstung als Messzentrale ist die ganze Anlage mobil und daher leicht zu dislozieren.

5.3 Messbetrieb an der «Grosser Runs»

Da der Runsbach nach verschiedenen Ausbrüchen verbaut werden soll, bestünde die Möglichkeit, das Fliessverhalten eines typischen Gerinneabschnittes vor und nach Abschluss der Korrektur dieses grossen Wildbaches messend zu verfolgen und zu vergleichen.

Dazu könnte die Mess- und Steueranlage in ihrer jetzigen Form verwendet werden, jedenfalls soweit es die Zentrale betrifft.

Anpassungen würden dort nötig, wo grössere Entfernungen zwischen den Messprofilen überwunden werden müssen als bisher. Das betrifft in erster Linie die Übermittlung der Messdaten. Die direkte Übertragung der Messwerte und die Energieversorgung der «Satelliten» müsste auf andere Methoden umgestellt werden, so die Umwandlung der Daten in Frequenzen, deren sichere Übertragung ohne störende Felder und Erdpotentiale über einen stabilen Zweidrahtleiter, der während der Messpausen der «Satelliten-Batterie» den zur Nachladung nötigen Strom zuführt. Auch müsste die Dosierung von Tracerlösung auf festen Tracer umgestellt werden.

Hingegen wären wesentliche Teile der erforderlichen «Mess-Infrastruktur» dort bereits vorhanden, so ein wettersicherer Raum für die Messstation, eine Datenleitung zum Hauptpegel, mehrere in den Bach gebaute Schwellen, die sich zur Messwertfassung bestens eignen und Netzanschluss.

Leider konnte diese Möglichkeit jedoch wegen der schon sprichwörtlichen Personal- und Finanzknappheit sowie anderer Prioritätsgewichtung durch die Forschungskommission nicht wahrgenommen werden.

6. Dank

An dieser Stelle sei den Herren Professor DDr. H. Grubinger, Dr. I. Storchenegger und Dipl. Kultur-Ing. K. Sprecher für ihre Anregungen und Hinweise bei der Konzipierung der Anlage und manche fruchtbare Diskussion gedankt. Besonderer Dank gebührt meinem Mitarbeiter D. Spörri, der sich speditiv des Aufbaus der Anlage annahm und eigene Ideen in das Projekt einbrachte.

Literatur:

- [1] Kirpich, Z.P. 1940: Civil Engineering. Time of Concentration of Small Agricultural Watershed.
- [2] Widmoser, P. 1978: Wasser und Boden 30, 16–19. Zur Berechnung der Anlaufzeit nach Kirpich.
- [3] Fickert, R. 1934: Die grössten Sommerhochwässer des sächsischen Muldegebietes in den letzten Jahrzehnten. Beilage zum Jahrbuch des Sächs. Amtes für Gewässerkunde, Abflussjahr 1934.
- [4] Dyck, S. et al. 1978: Angewandte Hydrologie, Teil 2. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin.
- [5] Petraschek, A. 1978: Die Berechnung des Oberflächenabflusses von Flächenelementen. Österreichische Wasserwirtschaft, 30, 65–72.
- [6] Storchenegger, I.J. 1984: Orts- und Ereignisbeschreibende Parameter für Niederschlag – Abfluss – Modelle. Diss. ETH Zürich Nr. 7479.
- [7] Grunow, H.-G. 1981: Abflussmessung in horizontalen Messschalen und Steilgerinnen mit Potentiometern in Verbindung mit speziellen Schwimmern. Internat. Symposium Interpraevent, Bad Ischl. 4, Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt.

Adresse des Verfassers:

H.-G. Grunow
Institut für Kulturtechnik
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich



Historische Vermessungsinstrumente verkauft

E. R. Gawletta, Sülzthalstrasse 123
D-5064 Rösrath, Telefon 0049 / 220 581 446

Vermarktungsarbeiten

übernimmt und erledigt

- genau
- prompt
- zuverlässig
- nach Instruktion GBV für Geometerbüros und Vermessungsämter in der deutschsprachigen Schweiz

Josef Lehmann, Vermarktungsunternehmer,
9555 Tobel TG

Tel. 073 / 45 12 19 oder 9556 Affeltrangen, Tel. 073 / 45 15 42

Neue Programmserie für Personalcomputer

PCGEOTRI – PCHELMER – PCNAEHER

Mit den bewährten Programmen können die interessantesten Berechnungsaufgaben der Vermessung bequem, sicher und kostengünstig am Arbeitsplatz gelöst werden. Dazu gehören unter anderem:

- Einfache Dialogbearbeitung
- Triangulation IV. Ordnung
- Polygon- und Nivellementsnetze
- Verschiebungs- und Deformationsnetze
- Automatische Koordinatenberechnung
- Transformation

Das Ausgleichungsprogramm PCGEOTRI ist vom Bundesamt für Landestopographie offiziell verifiziert und anerkannt.

G. Appius + J. Kappeler, Rigiblickweg 12
6048 Horw, Tel. G 041 / 47 44 67