Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 78 (1986)

Heft: 5-6

Artikel: Erfahrungen mit einer Anlage zur Datenerfassung und -übertragung in einem hydrologischen Forschungsgebiet

Autor: Koch, Franz / Lang, Herbert / Moser, Ulrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940851

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

striert wurde nur gerade ein leichter Rutschungsschaden aus Neirivue/FR.

Dezember: sonnig und mild, ausserdem schneearm. Leichte Überschwemmungen gegen Ende des Jahres verzeichnete einzig der Kanton Freiburg.

Zusammenfassend war das Jahr 1985 gesamtschweizerisch beurteilt eher schadenarm, obwohl es eines der extremsten Wetterjahre dieses Jahrhunderts war: Nach der extremen Kälte im Januar folgten ein kühler und nasser Frühling, eine noch selten dagewesene Trockenheit im Sommer und Herbst und schliesslich ein zu kalter und schneereicher November und ein zu warmer Dezember.

Literaturverzeichnis:

[1] *J. Zeller, H. Geiger* und *G. Röthlisberger* (1979): «Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes». EAFV, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, Band 4.

[2] SMA, Schweizerische Meteorologische Anstalt, Zürich. Schriftliche Mitteilung des Beobachters in Schwarzenburg.

Adresse der Verfasser: *Jürg Zeller* und *Gerhard Röthlisberger*, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf.

Erfahrungen mit einer Anlage zur Datenerfassung und -übertragung in einem hydrologischen Forschungsgebiet

Franz Koch, Herbert Lang und Ulrich Moser

Zusammenfassung

Im Forschungsgebiet Rietholzbach (Kanton St. Gallen) ist seit 10 Jahren eine automatische Datenerfassungsanlage in Betrieb. Sie steuert die laufende Messung von hydrologischen und klimatologischen Grössen und überträgt die Daten via Telefonnetz zur Zentralstation in Zürich. Im Jahre 1982 wurde die Anlage fast vollständig erneuert. Aufbau, Funktionsweise und die Möglichkeiten der Datenabfrage werden beschrieben. Fragen der Überwachung, der Betriebssicherheit und die Probleme des Blitzschutzes werden diskutiert. Angegeben wird auch der personelle und finanzielle Betriebsaufwand. Die Anlage hat sich im mehrjährigen Betrieb bewährt und soll weiter ausgebaut werden.

Résumé: Expériences avec un système de collection et transmission de données faites dans un bassin de recherches hydrologiques

Dans le bassin de recherches du Rietholzbach (Canton de St-Gall), un système automatique de collection de données hydrologiques est en service depuis une dizaine d'années. Il contrôle le mesurage continu des variables hydrologiques et climatiques et transmet les données à la station centrale à Zurich par ligne téléphonique. Au cours des années, le système a été modernisé presque complètement. La disposition et la fonctionnement des composants sont expliquées, ainsi que les possibilités d'appeler les données. Des questions de surveillance, de sécurité d'exploitation, ainsi que les mesures de parafoudre sont discutées. Les expériences gagnées durant ces années d'opération sont favorables.

Summary: Experience gained from an automatic data collection and transmission system in a hydrological research basin

An automatic data collection system has been in operation in the Rietholzbach research basin for about ten years. It controls the continuous measurements of hydrologic and climatic variables and transmits the data via public telephone line to the central station in Zurich. Most of its components have been modernized in the course of time. Layout, operation and data interrogation modes are described; control and reliability of operation and the protection against damage caused by lightning are discussed. The system has proved reliable during all these years it has been in operation.

Einleitung

Am Geographischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH), Abteilung Hydrologie, ist seit etwa 10 Jahren eine automatische Datenerfassungs- und Datenübertragungsanlage in Betrieb. Es handelt sich um die Anlage im Einzugsgebiet des Rietholzbaches, der mit dem Gonzenbach vereinigt im unteren Toggenburg (Kanton St. Gallen) der Thur zufliesst (Bild 1). Dieses hydrologische Forschungsgebiet dient als Feldlabor wissenschaftlichen Untersuchungen und der Ausbildung. Hier werden der natürliche Wasserhaushalt und die Abflussprozesse laufend erfasst. Schwerpunkte des Forschungsprogrammes sind die Bestimmung der Komponenten des Wasserhaushaltes im Kurzzeit- und Langzeitbereich, insbesondere der Verdunstung nach mehreren Methoden, die Analyse der Abflussbildung bei Regen und Schneeschmelze sowie Studien der Verwendbarkeit eines kleinen Gebietes als Index für die übergeordneten Flussgebiete. Die Datenerfassung als technisches Hilfsmittel spielt in diesen Untersuchungen eine wichtige Rolle. Seit 1978 sind mehr als 20 Publikationen über die Arbeiten im Rietholzbachgebiet erschienen. Eine Auswahl davon ist am Schluss angeführt.

Das Forschungsgebiet Rietholzbach besitzt voralpinen Charakter, liegt im Höhenbereich von 680 bis 950 m ü.M. und hat ein Fläche von 3,18 km². Davon sind rund 21% bewaldet. Es ist in den Jahren 1975 und 1976 als Testgebiet eingerichtet worden und soll über einen längeren Zeitraum betrieben werden. Zurzeit ist es wie folgt instrumentiert:

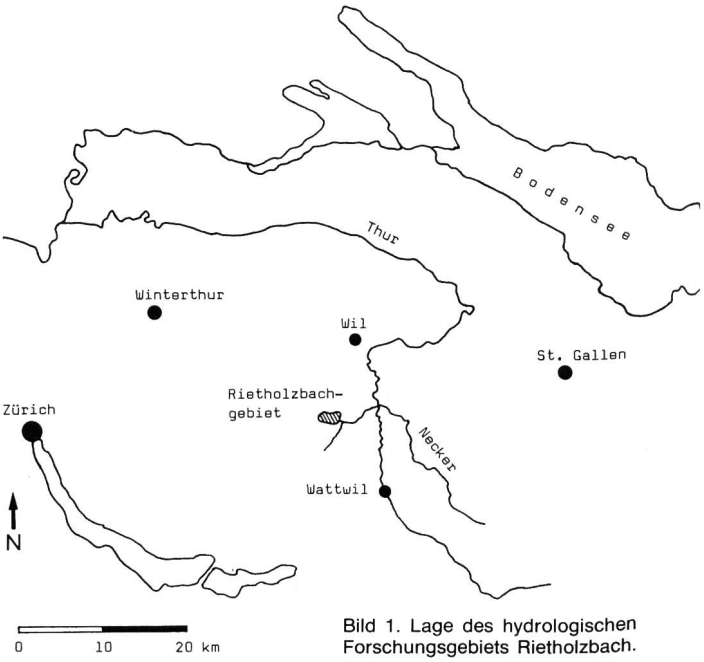


Bild 1. Lage des hydrologischen Forschungsgebiets Rietholzbach.

– Abflussmessstation Rietholz mit hoher Genauigkeit für niedrige und hohe Abflüsse, ausgerüstet mit einem Pneumatikpegel, der die Messwerte digital sowie analog registriert.
– Hydroklimatische Station Büel mit folgenden Messgrössen und -geräten: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Bodentemperatur, Windgeschwindigkeit, kurzwellige Einstrahlung, kurzwellige Reflexstrahlung, Wäge-Lysimeter (3,14 m² Oberfläche, 2,2 m Tiefe), Gammastrahlensonde (Wasseräquivalent der Schneedecke), Class-A-Pan (Verdunstung einer freien Wasseroberfläche), Schmelzwasserlysimeter.
– Zusätzliche Regenmesser, im Gebiet verteilt.

Bei den elektronischen Geräten zur Datenerfassung gibt es grundsätzlich zwei Systeme. Die einen Geräte speichern die Daten am Messort auf einem auswechselbaren Datenträger (Lochstreifen, Magnetbandkassette, Festspeicher). Der «beschriebene» Datenträger wird periodisch durch einen «leeren» ersetzt. Die Messdaten werden an einer Auswertestelle weiterverarbeitet. Beim andern System gibt das Messgerät die Daten sofort oder nach einer kurzen Zwischenspeicherung über eine elektrische Verbindung (Draht, Funk, öffentliches Telefonnetz) an die Auswertestelle weiter. Vorteile dieses Systems sind, dass an der Auswertestelle die Messwerte jederzeit zur Verfügung stehen und Ausfälle sofort erkannt werden. Nachteile sind das Erfordernis einer festen Draht- oder Funkverbindung oder einer Telefonleitung und das Aufrechterhalten der Betriebsbereitschaft dieser Verbindung. Welches System der Datenerfassung man wählt, hängt unter anderem davon ab, ob die Daten jederzeit verfügbar sein müssen, welchen Umfang die täglich anfallende Datenmenge hat und wie lange eine Messreihe werden soll.

Um die Daten aus dem Rietholzbachgebiet jederzeit verfügbar zu haben (operationelle Abflussprognosen) und um eine laufende Kontrolle der Messanlage zu ermöglichen (täglich annähernd 1800 Messwerte) entschloss man sich, eine Datenerfassungsanlage mit telefonischer Fernübertragung zu installieren. Parallel zur elektronischen Erfassung der Daten werden alle wichtigen Messgrössen mechanisch registriert, um Lücken, die durch mögliche Ausfälle der Elektronik entstehen, schliessen zu können und auch um Vergleichsdaten zu haben.

Anlage zur Datenerfassung und Datenfernübertragung

Die nachfolgend beschriebene Anlage besteht aus zwei Aussenstationen, die 1,5 km voneinander entfernt sind, und der Zentralstation im Institut in Zürich, rund 35 km von den Aussenstationen entfernt (Bild 2). Eine der Aussenstationen (Rietholz) misst den Wasserstand an der Abflussmessstelle in 5-Minuten-Intervallen. Während 5 Jahren wurden hier ausserdem Klimadaten erfasst. An der zweiten Aussenstation (hydroklimatische Station Büel) sind 20 verschiedene Geber angeschlossen. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen beträgt hier bei den meisten Gebern eine Stunde; einige Geber werden in 5-Minuten-Intervallen abgefragt.

In den Jahren 1977, 1978, 1980 und 1981 wurden die Aussenstationen durch Blitzschlag ausser Betrieb gesetzt. Diese Blitzeinwirkungen hatten zum Teil verheerende Folgen für die Elektronik. Immer häufigere Ausfälle der elektronischen Bauteile in den darauffolgenden Jahren sowie die zunehmende Schwierigkeit, vom Hersteller die nötigen Ersatzteile zu erhalten (bei der im Jahre 1975 installierten Anlage handelte es sich um einen Prototyp) bewogen uns im Jahre 1982, den grössten Teil der Datenerfassungsanlage

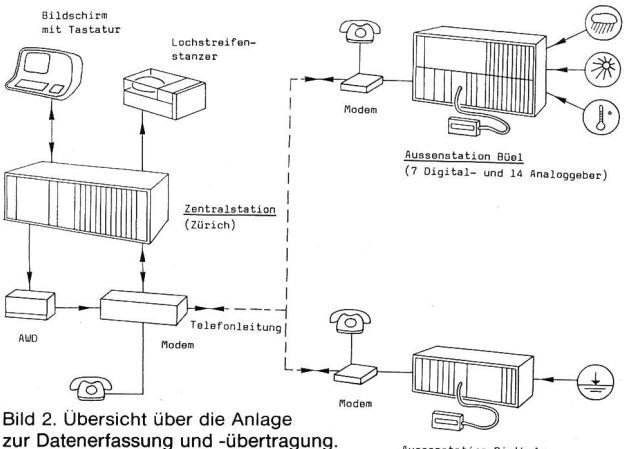


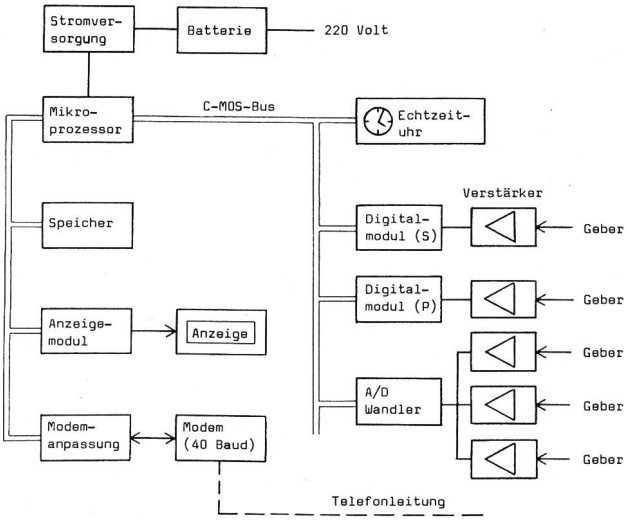
Bild 2. Übersicht über die Anlage zur Datenerfassung und -übertragung. AWD = automatische Wähleinheit für Datenverbindungen.

zu ersetzen. Dabei wurden eine im Stromverbrauch günstigere Technologie (C-MOS anstelle TTL) sowie ein Mikroprozessor zur Steuerung der ganzen Anlage eingeführt.

Die Aussenstationen bestehen heute aus folgenden Komponenten (Bild 3):
– *Messwertgeber:* Umwandlung der physikalischen Grössen in elektrische, analoge Signale.
– *Messwertverstärker mit Dateneingabemodul:* In den Messwertverstärkern werden die unterschiedlichen elektrischen Eingangssignale von den Gebern auf eine einheitliche Ausgangsspannung von 0 bis 10 V angeglichen. Die Dateneingabemodule verbinden die Messwertverstärker mit dem Mikroprozessor.
– *Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler):* Mit dem A/D-Wandler werden die analogen Signale der Messwertgeber (0 bis 10 V) in 11-Bit-Binärwerte umgewandelt.
– *Digitalmodul (DMS, DMP):* Die Digitalmodule dienen dem Anschluss digitaler Messwertgeber, deren Daten in serieller (DMS) oder paralleler (DMP) Form anfallen.
– *Zentrale Recheneinheit (CPU):* Der CPU-Einschub enthält einen Mikroprozessor (MC 6800) und seinen Taktgeber. Die Aufgaben des Prozessors sind:

- Steuerung der Dateneingabemodule
- Datenreduzierung (Mittelwertbildung)
- Erfassung der Extremwerte
- Steuerung der Datenanzeige
- Steuerung der Datenübertragung
- Decodierung der Rücksignale

Bild 3. Blockschaltbild der Aussenstation Büel. S = serieller Dateneingang; P = paralleler Dateneingang.



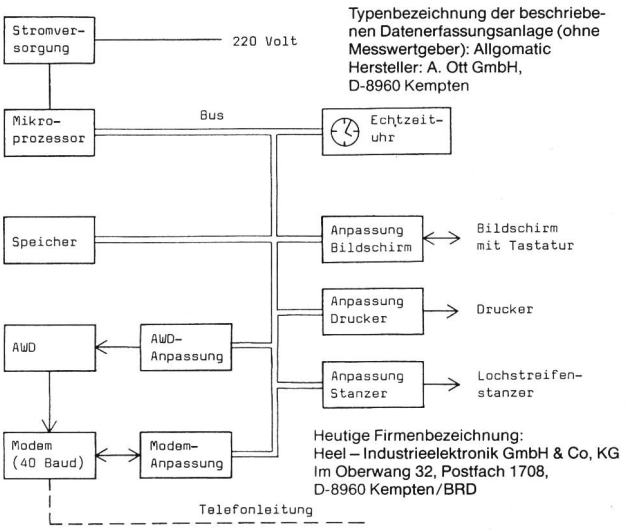


Bild 4. Blockschaltbild der Zentralstation in Zürich. AWD = automatische Wähleinheit für Datenverbindungen.

Die von der CPU verwendeten Programme sind Standardversionen mit kundenspezifischen Anpassungen. Das Gesamtprogramm setzt sich aus einer Vielzahl von Unterprogrammen zusammen. Diese Programme sind in einem Festwertspeicher (EPROM) gespeichert. Das Programm umfasst zirka 8 k-Bytes.

– *Datenspeicher (RAM):* Der Datenspeicher ist in C-MOS-Technik aufgebaut. Er kann bis zu 32 k-Bytes ausgebaut werden. Der Speicherinhalt bleibt auch bei Netzausfall erhalten (Notbatterie).

– *Echtzeituhr:* Der Uhreinschub trägt einen Quarz mit der Grundfrequenz von 1048 kHz, von der alle im System benötigten Frequenzen (ausser die Frequenz der CPU) abgeleitet werden. Er dient als Zeitgeber für die Dateneingabemodule sowie als Zeitgeber für den Mikroprozessor. Auf dem Einschub befindet sich ein Zähler für Minuten, Stunden und Tage, der über die Frontplatte des Moduls eingestellt werden kann.

– *Anzeigeeinschub und Datenanzeige:* Der Anzeigeeinschub dient als Verbindungsglied zwischen dem Mikroprozessor und der Datenanzeige. Die Datenanzeige wird über die Frontplatte des Anzeigeeinschubes angeschlossen. Mit dieser Baugruppe ist es möglich, sowohl die Momentanwerte der angeschlossenen Geber als auch die Uhrzeit und die Tageszahl zur Anzeige zu bringen. Die Datenanzeige besteht aus einer 6dekadigen Flüssigkristallanzeige.

– *Modulation-Demodulation-Einschub (Modemeinschub):* Der Modemeinschub bildet die Schnittstelle zwischen dem Mikroprozessor und dem Modem der Telefonanlage. Er stellt die Verbindung des Datenbus mit der Ausgangsleitung zum Telefonmodem her. Alle Signale von und zu dem Modem sind über Optokoppler galvanisch getrennt. Der Modem wird vom Programm gesteuert.

– *Stromversorgung mit Netzausfallsicherung:* Der Stromversorgungsmodul dient zur Versorgung aller Baugruppen mit elektrischer Spannung in der richtigen Grösse. Bei Netzausfall werden die wichtigsten Komponenten durch eine Batterie notversorgt, so dass der Betrieb bis über 24 h ohne Netzspeisung möglich ist.

Das Messintervall kann für jeden Messwertgeber einzeln festgelegt werden. Auch kann jeder einzelne Geber zu- oder abgeschaltet werden, ohne dass die Anlage geändert werden muss.

Der «Minutenimpuls», der vom Uhreinschub ausgeht, wird von den Dateneingabemodulen verwertet; falls ein Geber abgefragt werden soll, wird ein Messzyklus eingeleitet. Der Geber wird abgefragt, und das Signal wird durch den A/D-Wandler digitalisiert, sofern es nicht schon in digitaler Form vorhanden ist. Die Uhrzeit wird dem Messwert zugeordnet, und der gemessene Wert wird mit der Uhrzeit in dem Teil des Datenspeichers (RAM) abgelegt, der für den betreffenden Geber reserviert ist.

Ein Messignal, von einem Messfühler kommend, wird durch verschiedene Wandler und Steuereinrichtungen geleitet, bis es im Speicher abgelegt wird. Jede dieser Einheiten (Geber – Messwertverstärker – Dateneingabemodul – A/D-Wandler – Speicher) kann das Messignal verfälschen. Ein digitalisiertes Signal läuft weniger Gefahr, verfälscht zu werden als ein analoges Signal. Aus diesem Grund versucht man, jedes analoge Signal möglichst in ein digitales zu verwandeln. Der A/D-Wandler bestimmt dabei, mit welcher Auflösung ein Signal weiterverarbeitet wird. Bei einem 11-Bit-Wandler ergibt sich eine Auflösung von 2046 Stufen. Mit dem Eingangsbereich von 0 bis 10 V erhält man eine Auflösung von 4,9 mV pro Stufe oder zum Beispiel bei der Temperaturmessung (Bereich: –20°C bis +30°C) eine theoretische Auflösung von 0,0244°C pro Stufe. Da aber die Messwertverstärker keine genügend grosse Stabilität besitzen und die Messfühler eine Fehlergrenze von einem Mehrfachen der Auflösung des A/D-Wandlers aufweisen, beträgt hier die Auflösung nur 0,1°C.

Die Zentralstation besteht aus folgenden Komponenten (Bild 4):

– *Zentrale Recheneinheit (CPU):* Der CPU-Einschub enthält einen Mikroprozessor (MC 6800) und seinen Taktgeber, wie in den Aussenstationen. Die Aufgaben des Prozessors sind:

- Steuerung der Ausgabemodule und der Datenausgabe
- Steuerung und Überwachung des automatischen Abfragebetriebes
- Steuerung der Datenübertragung

Die von der CPU verwendeten Programme sind Standardversionen. Diese Programme sind in einem Festwertspeicher (EPROM) von 16 k-Bytes gespeichert.

– *Datenspeicher (RAM):* 32 k-Bytes, in C-MOS-Technik aufgebaut.

– *Echtzeituhr:* Wie in den Aussenstationen.

– *Modulation-/Demodulation-Einschub (Modemeinschub):* Wie in den Aussenstationen, aber mit erweitertem Modem.

– *Automatische Wähleinrichtung (AWD-Einschub):* Der AWD-Einschub bildet die Schnittstelle zwischen dem Mikroprozessor und der AWD-Einrichtung der Telefonanlage. Über diese Einrichtung kann die Zentralstation alle ihr eingegebenen Telefonnummern selbständig anwählen.

– *Stromversorgung:* Der Stromversorgungsmodul dient zur Versorgung aller Baugruppen mit elektrischer Spannung in der richtigen Grösse. Er wird aus der Netzspannung (220 V) gespiesen.

Jede Aussenstation kann nur von der Zentralstation aus abgefragt werden. Die Zentralstation stellt dabei über die automatische Wähleinheit für Datenverbindungen (AWD) die Verbindung her. Wenn Zentral- und Aussenstation miteinander verbunden sind, werden die Messdaten entsprechend dem gewählten Abfragemodus in den Speicher der Zentralstation eingelesen. Nach dem Abschluss der Datenübertragung gibt die Zentralstation die Daten an die verschiedenen Peripheriegeräte oder an einen Computer weiter (Ausgabeformat: ASCII).

Folgende Arten der Datenabfrage sind möglich (Abfragemodi):

- Momentanwert von jedem Geber
- neueste n Messwerte von jedem Geber ($n \leq 30$)
- alle Messwerte des aktuellen Tages, von einem bestimmten Geber
- alle Messwerte eines bestimmten Tages, von jedem Geber (aktueller Tag, erster, zweiter oder dritter zurückliegender Tag)

Bei einer Abfrage wird der Speicherinhalt der Aussenstation nicht verändert, und auch ein allfälliger, gerade ablaufender Messzyklus wird nicht beeinflusst. Deshalb sind beliebig viele Abfragen möglich.

Von der Zentralstation aus können gewisse Befehle den Aussenstationen erteilt werden. So kann man die Uhrzeit und die Tagnummer von der Zentrale aus einstellen. Eine Verarbeitung der Messdaten in der Zentralstation ist nicht möglich; sie steuert und überwacht nur den ganzen Datentransfer. Ausgewertet werden die Messdaten auf einem Computer.

Erfahrungen aus dem täglichen Gebrauch

Die von den Aussenstationen Rietholz und Büel erfassten Daten werden täglich um 6.00 Uhr vollautomatisch abgefragt. Die Zeit der Abfrage kann beliebig festgelegt werden. Unmittelbar nach der Übertragung zur Zentralstation in Zürich werden die Messdaten des Vortages auf einen Papierlochstreifen gestanzt. Im Laufe des Vormittags wird dieser Lochstreifen in einen Tischrechner (Hewlett-Packard Modell 9830) eingelesen, welcher die Daten umrechnet von elektrischer Spannung in die ursprünglichen hydrometeorologischen Grössen. Der Rechner druckt einen Teil der so aufgearbeiteten Daten in Tabellenform aus, und einige Messgrössen werden zur besseren Kontrolle graphisch aufgezeichnet (Bild 5). Alle Messdaten werden auf ein Magnetband (Compactcassette) abgelegt. Durch diese Verarbeitungsart ist eine dauernde Kontrolle über das hydrologische Geschehen im Untersuchungsgebiet und über die Funktion der messtechnischen Einrichtungen gewährleistet. Ein Ausfall eines Gebers oder einer ganzen Aussenstation lässt sich leicht feststellen, und Massnahmen zur Behebung von allfälligen Störungen können sogleich ergriffen werden. Dies ermöglicht, Messlücken auf ein Minimum zu beschränken.

Ein Tischrechner der Generation des HP 9830 eignet sich nicht für das Archivieren und weitere Verarbeiten der anfallenden Datenmenge. Er arbeitet zu langsam, und der verwendete Massenspeicher erlaubt keinen raschen Zugriff zu den Daten. Die gemessenen Werte werden im Rechenzentrum der ETH weiterverarbeitet. Ein direkter Anschluss der Datenübertragungsanlage an das Rechenzentrum ist zurzeit nicht möglich. Somit werden die auf Compactcassetten zwischengelagerten Daten alle vier bis fünf Wochen wieder in den Tischrechner eingelesen, auf Lücken und unsinnige Messwerte geprüft und über eine Datenverbindung zum Grosscomputer übertragen. Dort werden Tagesmittel, Monatsmittel und Jahresmittel gebildet. Die Daten werden anschliessend auf Magnetbändern im Rechenzentrum endgültig gespeichert.

Die Anlage kann bei Bedarf ausgebaut werden. Im Laufe des Jahres 1986 sollen vier weitere Aussenstationen mit Standorten ausserhalb des Rietholzbachgebietes angeschlossen werden. Dadurch wird sich der Datenanfall vervielfachen. Vom Zeitpunkt der Erweiterung an soll die ganze Anlage durch einen übergeordneten Minicomputer (PDP 11/40), der bereits im Institut in Betrieb ist, gesteuert werden. Dieser Computer wird die Zentralstation überwachen, die übertragenen Messdaten zu Kontrollzwecken ausgeben und sie täglich zum Grosscomputer der ETH übertragen.

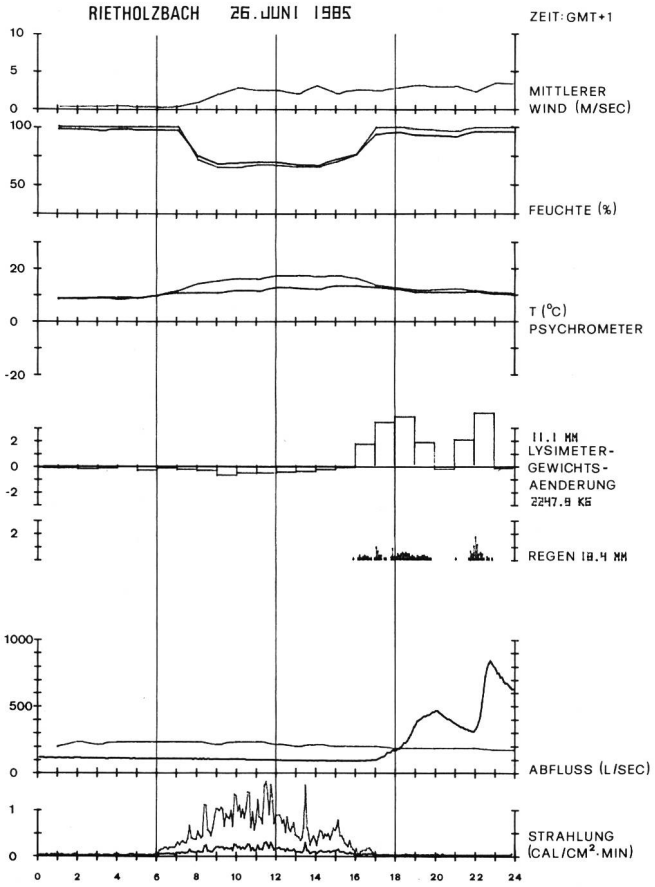


Bild 5. Graphische Darstellung zur Kontrolle der am Vortag erfassten Daten.

Ist einmal eine neuzeitliche Datenerfassungsanlage wie die hier beschriebene vollständig eingerichtet und sind alle erforderlichen Computerprogramme geschrieben und ausgetestet, so sind im Routinebetrieb keine bedeutenden Schwierigkeiten zu erwarten. Leider sind aber Ausfälle in der Elektronik nicht zu vermeiden. Welche Auswirkungen ziehen diese Ausfälle nach sich? Ausfälle in der Zentralstation sind vielfach schnell zu beheben, stehen doch im allgemeinen das Personal und die meisten Prüf- und Messgeräte in unmittelbarer Nähe zur Verfügung. Dank der Speicherkapazität der Aussenstationen (im vorliegenden Fall Daten von 3 Tagen) können auch grössere Unterbrüche in der Zentralstation ohne Datenverlust überbrückt werden. Bei Ausfällen in den Aussenstationen sind Störungen hingegen meistens schwer oder nicht von der Zentralstation aus zu lokalisieren. Darum sollte man beim Aufbau einer Anlage besondere Aufmerksamkeit der Störungsverhinderung und der Fehlererkennung schenken. Die Aussenstationen sind zudem exponierter in bezug auf klimatische und elektrische Einwirkungen.

Eine Gefahr ist die Beeinflussung durch atmosphärische Überspannung (Blitzschlag). Konnte man frühere Geräte kurzzeitig gefahrlos mit mehreren hundert Volt überlasten, so genügen bei den heutigen Halbleiterschaltungen, vor allem in C-MOS-Technik, kleine Spannungsimpulse, um die Geräte zu beschädigen. Solche Spannungsimpulse können von Schaltvorgängen im Stromnetz, von statischen Aufladungen oder atmosphärischen Entladungen kommen. Schutzmassnahmen gegen Blitzeinwirkungen kosten viel Geld. Darum muss die Aufwendung für den Schutz in ein

vernünftiges Verhältnis zu den ohne Schutzmassnahmen zu erwartenden Schäden gesetzt werden. Gegen direkten Blitzschlag ist eine Aussenstation praktisch nicht zu schützen; ein solcher kommt aber bei uns selten vor. Zu verhindern gilt es die Überspannungsimpulse durch nahen Blitzschlag oder durch elektrische Aufladungen von Freileitungen. Die Schutzeinrichtung in der hier vorgestellten Anlage besteht aus Edelgasableitern mit nachgeschalteten Filtern und Transzorbdioden.

In den 10 Betriebsjahren erlitten die Aussenstationen 4 eindeutig auf Blitzeinwirkung zurückzuführende Ausfälle. Zwei dieser «Einschläge» hatten verheerende Folgen für die Elektronik, weil die Anlage damals noch unzureichend geschützt war. Die Ausfälle dauerten mehrere Wochen, da die gesamte Elektronik der betroffenen Aussenstation ausgebaut und zum Hersteller zur Reparatur gebracht werden musste. Die späteren «Einschläge», nach dem Einbau der erwähnten Schutzeinrichtung, führten zu kleinen Schäden, die ohne grossen Aufwand an Ort und Stelle behoben werden konnten.

Weitere Ausfälle in der Datenerfassung werden durch Stromunterbrüche im Netz verursacht. Gespeicherte Messwerte gehen dabei nicht verloren, aber es können keine neuen Messungen erfolgen, da der Analogteil nicht von der Notbatterie gespiesen wird. Daneben treten Datenausfälle wegen Störungen im Telefonnetz auf, vor allem beim Bruch von Freileitungen unter Schneelasten.

Störungen, die sich direkt auf Ausfälle von elektronischen Bauteilen zurückführen lassen, sind etwa 9mal aufgetreten. Hauptsächlich betroffen waren Bauteile der Stromversorgung und des C-MOS-Speicherteiles der früheren Anlage. Mit der Inbetriebnahme der moderneren, verbesserten Anlage ist ein hoher Grad von Zuverlässigkeit erreicht worden. Tabelle 1 zeigt die Datenausfälle der vergangenen Jahre.

Tabelle 1. Datenausfälle bei beiden Aussenstationen (Dauer der Ausfälle, bezogen auf die mögliche, jährliche Betriebsdauer von 2mal 365 Tagen)

Jahr	Ausfälle an Daten (zeitlich, in Prozenten)	Grund der Ausfälle
1975	2,3	Installation, Stromversorgung
1976	5,3	Speicher, Stromversorgung
1977	6,0	Blitzschlag, Stromunterbrüche
1978	5,4	Blitzschlag, Stromunterbrüche
1979	1,6	Stromunterbrüche
1980	5,1	Blitzschlag, Stromunterbrüche
1981	5,8	Blitzschlag, Speicher, Steuerung
1982	8,7*	Neuinstallation, Speicher
1983	1,8	Revision, Stromversorgung
1984	0,6	Revision, Mikroprozessor
1985	0,8	Blitzschlag, Modem

* Inklusive Datenausfall, verursacht durch die Installation der neuen Anlage.

Aufwand und Kosten bei der Anschaffung und beim Betrieb

Der Betrieb eines kontinuierlichen Messprogrammes mit automatischer Datenerfassung und -übertragung während mehrerer Jahre erfordert einen beträchtlichen personellen und finanziellen Aufwand. Die Materialkosten lassen sich aufteilen in Anschaffungskosten und Unterhaltskosten. Die hier beschriebene Anlage (2 Aussenstationen mit zusammen 25 Geberanschlüssen, 1 komplette Zentralstation ohne Rechner) kostete bei der Anschaffung im Jahre 1982 70000 Franken. Dazu kam der Betrag von 15000 Franken für die Modulations- und Demodulationseinrichtung sowie die automatische Wähleinheit. Nicht eingerechnet sind hier die Anschaffungskosten der Geber und die Kosten der baulichen Anlagen. Für den Unterhalt belaufen sich die Materialkosten auf etwa 2000 Franken/Jahr.

Im Normalfall werden die Messstationen einmal pro Woche besucht. Dabei überprüft man alle Messgeräte, allfällige Reparaturen werden ausgeführt oder die Instrumente werden ausgewechselt. Für diese Messtour (inklusive verschiedener Kontrollmessungen für Eichzwecke) ist etwa ½ Manntag pro Woche nötig. Die tägliche Verarbeitung der Daten im Institut dauert ungefähr 20 Minuten. Das Überprüfen und Speichern der Daten auf dem Grosscomputer benötigt zirka 2 Stunden pro Monat. Diese Angaben beziehen sich nur auf das Erfassen der Daten. Nicht eingerechnet sind das Kontrollieren der Daten, das Schreiben der Computerprogramme, das weitere Bearbeiten der Daten und die Behebung von grösseren Störungen. Die Messanlage wird durch einen Elektroingenieur und einen technischen Mitarbeiter betreut.

Das Beheben von Störungen durch den Hersteller kann schon bei kleinen Reparaturen grössere Kosten verursachen. Die meisten Ausfälle konnten bis jetzt durch das eigene Personal, oft in Zusammenarbeit und in telefonischem Kontakt mit dem Hersteller, behoben werden.

Bei mechanischen Messgeräten kann ein interessierter Beobachter einfache Schäden beheben; bei den heutigen, durch die Elektronik geprägten Messtechniken kann schon eine defekte Sicherung den gleichen Beobachter in Schwierigkeiten bringen. Je umfassender eine Messanlage ist und je mehr Möglichkeiten der Betriebsweise sie bietet, um so anspruchsvoller ist vielfach auch die Wartung. Es zeigt sich, dass gerade bei Feldmessungen eine ständige und gute Betreuung der Messanlage wichtig ist, auch dann, wenn es sich um eine «automatische», mikroprozessorgesteuerte Anlage handelt. Datenfehler, die sich immer einstellen, sind nachträglich oft nur unter zeitraubenden Umständen und teilweise gar nicht mehr zu korrigieren. Es lohnt sich, bei der Anschaffung einer solchen Anlage deren Betrieb genau zu planen und auch die Probleme der Ausfälle, Störungen und Datenfehler zu bedenken.

Literatur

Meier, R., Schädler, B. (1979) Die Ausaperung der Schneedecke in Abhängigkeit von Strahlung und Relief. «Arch. Met. Geoph. Biokl., Serie B» *27* (1979), 151–158

Meier, R. (1980) Fernerkundungsmethoden zur Erfassung der Bodenfeuchtigkeit im hydrologischen Einzugsgebiet Rietholzbach. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, Nr. 45 (1980)

Schädler, B. (1980) Die Variabilität der Evapotranspiration im Einzugsgebiet Rietholzbach bestimmt mit Energiebilanzmethoden. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, Nr. 46 (1980)

Lang, H., Schädler, B. (1980) Wasserhaushalt und Wärmehaushalt. «wasser, energie, luft» *72* (1980), 284–289

Germann, P. (1981) Untersuchungen über den Bodenwasserhaushalt im hydrologischen Einzugsgebiet Rietholzbach. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, Nr. 51 (1981)

Braun, L.N., Zuidema, P.K. (1982) Modelling snowmelt during advection-melt situations in a small basin (Rietholzbach). International Symposium on Hydrological Research Basins and their Use in Water Resources Planning, 21–23 September 1982, Berne. Sonderheft der Landeshydrologie, Bern (1982), 771–780

Germann, P., Schädler, B., Meier, R. (1982) The variation of some hydrological elements within a prealpine basin. Int. Symposium on Hydrological Research Basins and their Use in Water Resources Planning, 21–23 September 1982, Berne. Sonderheft der Landeshydrologie, Bern (1982), 301–310

Zuidema, P., Kölla, E. (1983) Ein Niederschlag/Abfluss-Modell für kleine Einzugsgebiete. «wasser, energie, luft», *75* (1983), 124–125

Grebner, D., Brutsaert, W.H. (eds.) (1984) The EVAPEX-ALPEX Campaign 1982. Zürcher Geographische Schriften, Heft 18 (1984), Geographisches Institut, ETH Zürich

Braun, L.N. (1985) Simulation of snowmelt-runoff in lowland and lower Alpine regions of Switzerland. Zürcher Geographische Schriften, Heft 21 (1985) Geographisches Institut, ETH Zürich

Adresse der Verfasser: *Franz Koch*, Dr. *Herbert Lang*, Dr. *Ulrich Moser*, Geographisches Institut ETH, Abteilung Hydrologie, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich.