

# Erfassung, Aufbereitung und Auswertung hydrogeologischer Messdaten

Autor(en): **Angehrn, Peter P. / Hanke, Joachim**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **80 (1988)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940702>

## **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 häuslichen Abwässer aus dem Einzugsgebiet des Türlersees werden heute alle in Kläranlagen abgeleitet. Trotzdem erfüllt der Gewässerzustand die eidgenössischen Qualitätsanforderungen noch nicht. Das Amt für Gewässerschutz und Wasserbau hat daher verschiedene seeinterne Sanierungsmassnahmen studieren lassen. Im Mai 1987 bewilligte der Regierungsrat einen Kredit von 216000 Franken für den Bau einer sogenannten Zirkulationsunterstützungsanlage.

Die Anlage ist über der tiefsten Stelle im See verankert. Mit einem Injektor wird Luft ins Seewasser gemischt und durch ein Rohr in die Tiefe gepumpt. Diese Luft trägt nur unwesentlich zur Sauerstoffanreicherung im Wasser bei; hingegen wird durch das Wasser-Luft-Gemisch eine Zirkulation

des Wassers erzwungen. Das sauerstoffarme Tiefenwasser gelangt dabei an die Oberfläche des Sees und kommt damit in Kontakt mit der Atmosphäre. Hier kann sich das Wasser mit Sauerstoff anreichern.

Mit dem Einsetzen der natürlichen Schichtung der Wassermassen im Frühjahr soll die Anlage abgestellt und erst im Herbst 1988 wieder in Betrieb gesetzt werden. Sowohl während der Winterzirkulation als auch im Sommerhalbjahr wird die Wasserqualität genau überwacht. Das Amt für Gewässerschutz und Wasserbau rechnet damit, dass im Frühjahr 1988 bereits eine – wenn auch geringe – Verbesserung des Seezustandes feststellbar ist.

Kantonale Informationsstelle, 8090 Zürich

## Erfassung, Aufbereitung und Auswertung hydrogeologischer Messdaten

Peter P. Angehrn und Joachim Hanke

### Zusammenfassung

*Es wird ein Überblick über herkömmliche und moderne Techniken der Datenerfassung, Verarbeitung und Auswertung in der Hydrogeologie und den ihr verwandten Nachbargebieten gegeben. Vor- und Nachteile, Grenzen und neue Möglichkeiten werden aufgezeigt. Die Schlussfolgerung ist, herkömmliche und moderne Arbeitsverfahren nach Möglichkeit kombiniert zu nutzen. Ein entsprechendes Konzept wird erläutert.*

*Résumé: Rassemblement, traitement et interprétation des données hydrogéologiques*

*L'objectif est d'informer sur des méthodes conventionnelles et actuelles du rassemblement, du traitement et de l'interprétation des données dans l'hydrogéologie et dans les domaines apparentés. Des avantages et des désavantages, des limites et de nouvelles possibilités sont mises en évidence. Le but est de mettre à profit autant que possible une combinaison des procédés de travail conventionnels et actuels. La conception correspondante sera expliquée.*

*Summary: Recording, processing and interpretation of hydrogeological data*

*This paper reviews both conventional and modern methods used for the collection, analysis and interpretation of data in hydrogeology and related disciplines. The advantages, disadvantages, and limits of each approach are discussed with the objective of integrating new data collection and analytical techniques with traditional procedures. One example of an automated data collection, processing and analysis system is presented.*

### 1. Einleitung

Aufgrund des sich positiv entwickelnden Umweltbewusstseins gewinnen heutzutage nebst der vermehrten Erforschung, Ausbeutung und technischen Verwertung natürlicher Ressourcen auch ihre Überwachung und ihr Schutz zunehmend an Bedeutung. Insbesondere auf den Gebieten der Erforschung, der Nutzung und des Schutzes des für uns so wichtigen Grund- und Oberflächenwassers ergaben sich in der jüngeren Vergangenheit sowohl neuartige Möglichkeiten als auch Herausforderungen. Beispielsweise haben

Gefährdungen nachgewiesenermassen deutlich zugenommen. Häufig ist deshalb die Erfassung, Aufbereitung und Verarbeitung vielfältigen Datenmaterials von zentraler Bedeutung. Herkömmliche und neuartige Geräte und Arbeitsmethoden werden eingesetzt. Die elektronische Datenverarbeitung nimmt immer breiteren Raum ein.

### 2. Allgemeines

Auf dem Gebiet der Hydrogeologie und ihrer Nachbardisziplinen ist vielfältiges und meist umfangreiches Messdatenmaterial zu erfassen und zu bearbeiten. Viele verschiedene Parameter und Untersuchungsgrössen müssen beim Studium der Grund- und Oberflächengewässer berücksichtigt werden. Verbesserte Messtechnik und erhöhte Messgenauigkeit trugen dazu bei, dass oft eine wahre Datenflut zu bewältigen ist.

Das Datenmaterial lässt sich grob in zwei Gruppen unterteilen. Einerseits sind es Messgrössen, welche die «Quantität» eines (Grund-)Wasservorkommens beschreiben, wie z.B. die (Grund-)Wasserspiegellage bzw. der Abstich, Pumpmengen, Ab- und Durchflussmengen usw., andererseits physikalische, chemische und biologische Qualitätsparameter, wie etwa Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Konzentrationen verschiedener Elemente, Ionen und Verbindungen oder die Anzahl von Keimen.

Das Datenmaterial, der erforderliche Messaufwand und die Anforderungen an die Messgenauigkeit können je nach Fragestellung und Projektgrösse recht unterschiedlich sein. Für hydrogeologische Detail- und Einzeluntersuchungen, wie etwa Pumpversuche, Schutzzonendimensionierungen oder Gutachten bei Bauvorhaben (z.B. Beratungen für Bau und Betrieb einer Brunnenanlage oder Grundwasserwärmepumpe), ergeben sich andere Anforderungen als für grossräumige Studien und Erkundungen etwa bei der Ausarbeitung von Bewirtschaftungs- bzw. Nutzungsplänen oder Langzeitbeobachtungen im Rahmen von Überwachungs- oder Sanierungsmassnahmen.

Die Messtechnik umfasst Handmessungen und Probenahmen mit Hilfe einfacher Geräte, aber auch vollautomatische, digital-elektronische Messmethoden. Stichprobenartige Einzelmessungen kommen ebenso vor, wie die analoge Aufzeichnung von Dauerlinien oder die direkte digitale Messwerterfassung. Verschiedene Kombinationen sind möglich. Die Palette eingesetzter Messgeräte reicht vom einfachen Massstab/Pegel bzw. der Brunnenpfeife oder dem Lichtlot, aber auch von simplen Mess- und Schöpfgefässen über verschiedene Schreibsysteme (Limnigraphenstationen) bis hin zu modernen, höchst komplizierten und oft leider auch sehr empfindlichen Messfühlern und Analysegeräten.

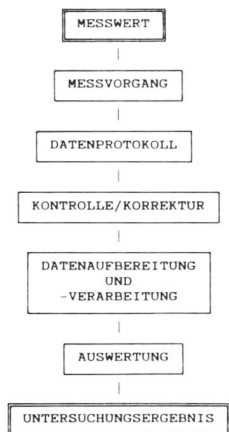
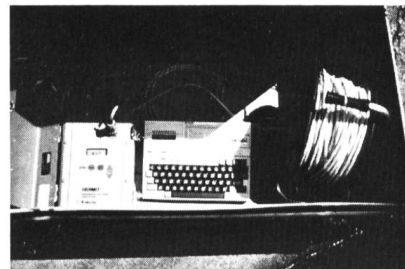
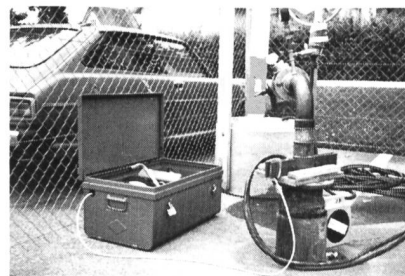
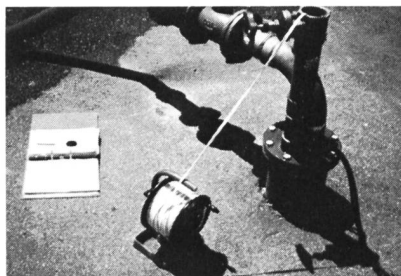


Bild 1, links. Beispiel eines Ablaufschemas von der Messdatenaufnahme bis zur Auswertung.

Bild 2, Mitte. Herkömmliche Grundwasserspiegelmessung bei einem Pumpversuch mittels Kabellichtlot und Formblättern.

Bild 3, rechts, oben. Automatische, digitale Messdatenerfassung (Grundwasserspiegel) bei einem Pumpversuch mittels Drucksonde angeschlossen an Hermit-Datensammler, Kontrollmessung mit Kabellichtlot.

Bild 3, rechts, unten. Ein Feldcomputer ist zwecks Datenübertragung für eine Zwischenauswertung mit dem Datensammler verbunden.



Je nach Parameter, Art oder Zweck der Datenerfassung können Aufbereitung, Speicherung und Auswertung unterschiedlich sein. Bei vielen Langzeitbeobachtungen (z. B. von Pegelschreibern in einem Messstellennetz) begnügte man sich früher aufgrund des anfallenden Papierberges häufig mit deren Archivierung. Das heisst, meist fand keine Vorauswertung oder Aufbereitung statt, und der Zugang war erschwert. So liegt nicht selten auch heute noch wertvolles, ergänzendes Daten- und Informationsmaterial unbenutzt brach. Dies ist bei herkömmlicher Arbeitsweise meist durch zu grossen Zeit- und Kostenaufwand begründet. Vielfach fehlten geeignete Hilfsmittel zur Bearbeitung und Auswertung. Die elektronische Datenverarbeitung bietet nunmehr vielfältige Möglichkeiten.

Die Speicherung bzw. Ablage hydrogeologischer Messdatenmaterials kann vereinfacht gesagt auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen: Entweder werden Daten als «papierne Aktenberg» archiviert oder mit Hilfe eines zwar platzsparenden, meist aber nicht direkt einsehbaren elektronischen Speichermediums. Beide Möglichkeiten haben ihre Berechtigung. Sie werden häufig kombiniert angewendet. Ihre Vor- und Nachteile müssen abgewägt werden.

Das gesammelte und gespeicherte Datenmaterial wird vermehrt mit Computern dargestellt und ausgewertet. Vielfältige Einzelprogramme und Programmsysteme sind erhältlich. Die Palette reicht von einfachen oder komfortableren Darstellungsprogrammen zur Produktion von Ganglinien oder Isolinienplänen über Statistik, Pumpversuchsauswertungen, die Analyse hydro- und geochemischer Daten bis zum Einsatz numerischer Simulationsmodelle.

### 3. Fragestellungen und Anwendungsbeispiele aus der Praxis eines hydrogeologischen Büros

An einigen Beispielen sollen die Möglichkeiten verschiedener Arbeitsmittel im Hydrogeologie-Alltag vorgestellt werden.

Die Vorgehensweise ist bei allen Arbeitsmethoden ähnlich. Ist eine Messdatenaufnahme erforderlich, so kann man vereinfacht folgendes Ablaufschema annehmen: Der Datenerfassung folgt ein Aufbereitungs- und Kontrollschritt. Anschliessend werden die Daten verarbeitet, gespeichert und schliesslich ausgewertet. Dies führt zum Ergebnis der Untersuchung (Bild 1).

### Möglichkeiten der konventionellen Messwerterfassung

Die Sammlung von Messdaten von Hand, also mit einfachen Hilfsmitteln und Protokollierung im Feldbuch, ist noch immer die gebräuchlichste und flexibelste Methode (Bild 2). Sie ist jedoch aufgrund des meist grossen Personalbedarfs teuer. Soll beispielsweise bei einem Pumpversuch ausser im Pumpbrunnen und dessen naher Umgebung auch in entfernteren Piezometern gemessen werden, so sind leicht drei oder mehr Beobachter erforderlich. Zum Beispiel für Erkundungsmesskampagnen, stichprobenartige Einzelmessungen oder Untersuchungen, bei denen der Einsatz automatischer Messgeräte unmöglich ist oder sich nicht lohnt, kann auf herkömmliche Handmessungen durch den Menschen nicht verzichtet werden.

Messdaten werden meist auf geeignete Formblätter aufgezeichnet, die Gewähr bieten, dass die Daten später korrekt gelesen und verwertet werden können. Aber ist nicht auch häufig noch die «Methode der fliegenden Blätter» in Gebrauch?

In jedem Fall muss also einem Datenverlust vorgebeugt werden, der durch Verlieren, Unleserlichkeit, (z. B. durch Witterungseinflüsse) oder sonstige Pannen eintreten kann. Nachteilig kann bei Handaufzeichnungen sein, dass im Felde, meist aus Zeitgründen (oder wegen des schlechten Wetters), eine Überprüfung bzw. Verifikation des Messdatenmaterials unterbleibt.

Die gebräuchlichste Methode der kontinuierlichen Sammlung von Langzeitdaten ist der Einsatz von Schreibsystemen. Vorteilhaft ist, dass ein oder mehrere Messwerte in Abhängigkeit von der Zeit als anschauliche Kurve (z. B. Ganglinie) dargestellt werden. Man gewinnt so bereits vor Ort eine Übersicht über das Verhalten der Messgrösse(n). Auch hier können Daten durch mangelnde Leserlichkeit oder Ausfall des Gerätes (z. B. durch Fehlbedienung) verlorengelassen.

Die Auswertung von Handaufzeichnungen oder Schreiberstreifen gestaltet sich bei herkömmlicher Verfahrensweise meist recht aufwendig. Das Ablesen von Werten, Eintragen in Reinlisten, Anfertigen von Gang- oder Isolinienplänen von Hand, aber auch herkömmliche Rechnungen kosten viel Mühe und Zeit. Daher werden zunehmend moderne Hilfsmittel eingesetzt.

### Rechnerunterstützte Datenaufnahme

Eine gewisse Reduktion des Zeit- und Kostenaufwandes sowie erhebliche Fortschritte in bezug auf die Datensicherheit bieten Arbeitsmethoden, die herkömmliche Messverfahren mit dem Einsatz moderner Technik verbinden. Nicht erst bei der Speicherung und Aufbereitung von Datensätzen im Büro oder Rechenzentrum können elektronische Hilfsmittel benutzt werden, sondern schon bei der Datenaufnahme.

Feldrechner treten an die Stelle herkömmlicher Messblätter. Sie dienen sozusagen als elektronisches Notizbuch. Eine doppelte Datensicherung wird bereits vor Ort möglich, z. B. durch Speicherung auf Magnetbandkassette oder Diskette und zusätzlichen Ausdruck auf Papier. Durch eine Abfrage in geeigneter Dialogform können Messfehler vermieden oder sofort korrigiert werden.

Zudem kann man mit kleineren Rechnungen oder Zwischenauswertungen die Daten bereits im Feld überprüfen. Mit der Datenaufnahme auf ein elektronisches Speichermedium wird die direkte Datenübertragung auf ein grösseres Rechnersystem zwecks späterer Weiterbearbeitung und Auswertung möglich (z. B. durch Schnittstelle oder Disketten). Das verringert den Aufwand und Fehlerquellen, wie sie bei einer manuellen Dateneingabe (Eintippen) entstehen können.

Mit ihren heutigen Ausmassen und dem geringen Gewicht können moderne «Hand-Held-Computer» bei entsprechender Robustheit als Feldrechner gut und preiswert eingesetzt werden. Notwendig sind dazu allerdings geeignete Programmsysteme für die Aufnahme von Felddaten. Bereits ältere Modelle (z. B. Epson HX-20) waren felddauglich und wurden mit Erfolg verwendet. Jedoch sind sie aufgrund ihrer begrenzten Kapazität bei den zunehmend steigenden Anforderungen und der raschen Entwicklung im Kleinrechnerbereich nur noch bedingt geeignet.

Nachteilig kann beim Einsatz von Feldcomputern sein, dass ihre Handhabung gewöhnungsbedürftig ist. Das kann zu Anfangsfehlern führen und die Arbeit verlangsamen. Auch besteht noch ein Mangel an geeigneten Programmsystemen, die einfach zu bedienen und anwendungssicher sind. Unangenehm ist ein Defekt am Rechner bei den Feldarbeiten. Häufig ist kein Ersatz zur Hand, und es muss wieder zu Stift und Papier gegriffen werden. Alte Tugenden und Fähigkeiten sollte man also auch bei der Verwendung moderner Hilfsmittel nicht über Bord werfen.

Feldrechner eignen sich gut für die Sammlung und Übertragung von Messdaten, die von automatischen, mit einer Analog-Digital-Wandlung und entsprechendem Speicher ausgerüsteten Schreibersystemen aufgenommen wurden. Man kann die Daten, so wie früher die Messstreifen, monatlich (oder weniger häufig) abholen, erspart sich dann aber das mühsame und zeitraubende Digitalisieren. Aus Gründen der Überschaubarkeit und Kontrolle sollte auf eine graphische Darstellung an der Messstation dennoch nicht verzichtet werden. Vielfach wird der nicht direkt einsehbare Datenaufnahme in eine «black box» misstraut. Das gilt auch für Systeme, die direkt an einen zentralen Rechner angeschlossen sind oder alleinstehend im Feld Daten sammeln. Der Mensch benötigt Möglichkeiten, zu kontrollieren und einzugreifen.

### Vollautomatisierte Messdatenerfassung

Als Beispiel für ein System zur automatisierten, digitalen Datenerfassung, Speicherung, Übertragung und Verarbeitung sei das hydrogeologische Messdatenaufnahmesystem Hermit der Firma In-Situ Inc., Laramie, Wy., USA, kurz vor-

gestellt. Mit Hilfe dieses Gerätes ist es möglich, viele verschiedene Parameter zu registrieren, zu speichern, zu übertragen und dann zu bearbeiten.

Das System ist modular aufgebaut. Es besteht aus einer programmierbaren Zentraleinheit zur Steuerung und Datenspeicherung sowie Messfühlern für die Registrierung der entsprechenden Parameter. Eingebaut ist eine Echtzeituhr zur zeitrichtigen Registrierung. Die Daten können zeitlinear oder -logarithmisch aufgenommen werden. Über eine Parallelschnittstelle ist der Datentransfer auf einen tragbaren Feldcomputer oder direkt zum Verarbeitungsrechner möglich. Zur Überprüfung können Messwerte und Kontrollparameter direkt auf einer Anzeige am Gerät abgelesen bzw. durch den Feldrechner ausgedruckt werden. Es lassen sich nahezu beliebige Messfühler an bis zu sechzehn Eingängen (Hermit 2000) anschliessen. Dies könnten beispielsweise Druckaufnehmer für die Registrierung von Grundwasserspiegelhöhen bei einem Pumpversuch oder bei Überwachungsaufgaben sein. Weiterhin sind Messsonden für Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert usw. verfügbar. Hermit ist als eigenständige Messeinheit mit eingebauter Stromversorgung zur Registrierung von in der Grundausstattung rund 8000 Datenpunkten (einzelne Messwerte) ausgelegt. Die Speicherkapazität kann vergrössert werden. Im System-Gesamtkonzept ist die Verwaltung bzw. Verarbeitung und Auswertung der Daten auf einem Personalcomputer enthalten. Entsprechende Programme sind erhältlich.

Bild 3 zeigt das Gerät im Einsatz. Es ist zur Datenübertragung an einen Feldcomputer (Epson HX-20) angeschlossen.

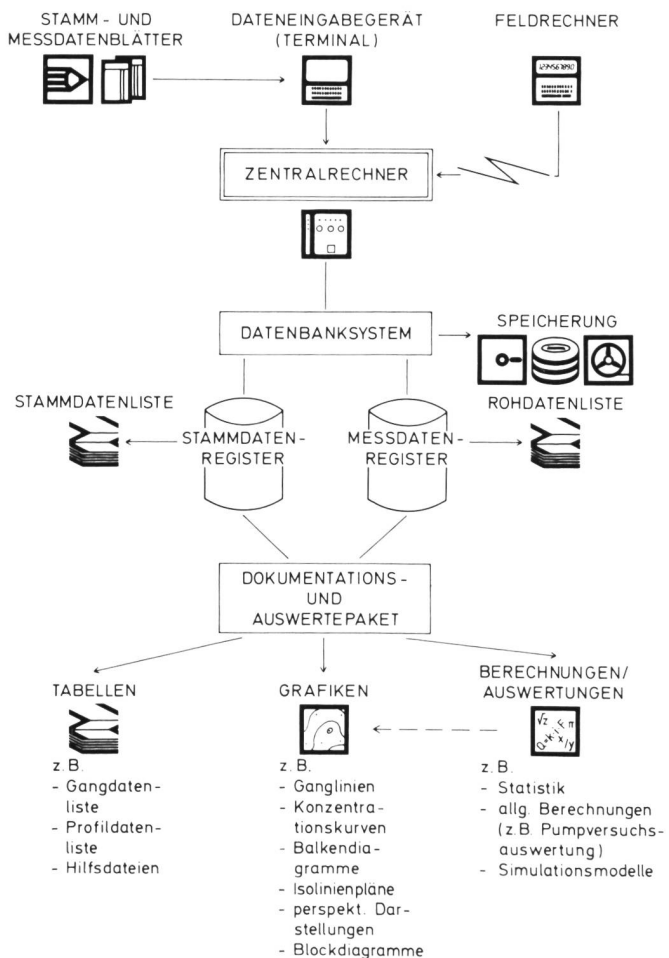


Bild 4. Beispiel eines Verarbeitungskonzeptes für hydrogeologisches Stamm- und Messdatenmaterial.



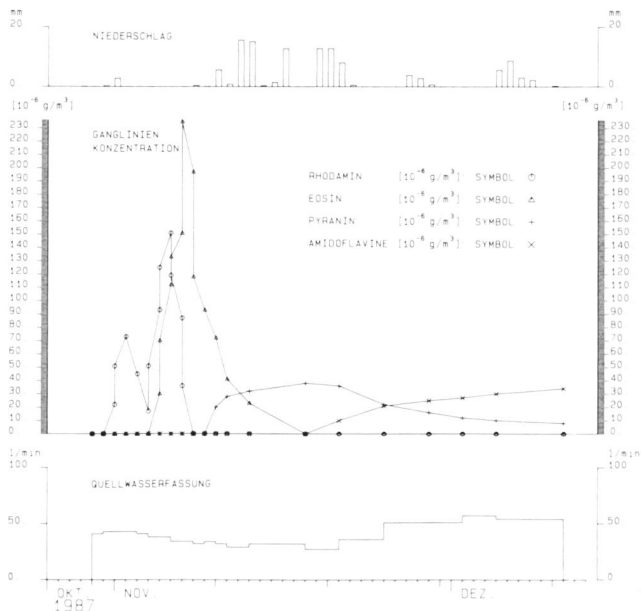


Bild 5. Färbversuchsdiagramm, erstellt mit Hilfe des Darstellungs- und Auswertesystems Hyddata. Parallel zur Darstellung der Konzentrationskurven läuft die Berechnung von Medianwerten. Diese werden mit dem Datenprotokoll in einer gesonderten Liste ausgegeben.

Es bestehen bereits Konzepte und Systemprototypen zur weiteren Automatisierung von Messverfahren und zur direkten Messwertübermittlung. Solche Geräte können beispielsweise dazu dienen, Pumpversuche automatisch durchzuführen. Dabei stellt der Hydrogeologe im Büro ein Pumpversuchsprogramm auf und gibt es in den Feldrechner ein. Der Messtechniker installiert nach diesen Anweisungen das System und aktiviert es. Dieses übernimmt dann die Messtätigkeit und steuert bzw. überwacht den Versuch gemäss Programm und überträgt das Datenmaterial zur Zentrale.

Auch in der Schweiz geht die Entwicklung automatischer Registrierstationen und entsprechender Messstellenetze voran. Das betrifft vornehmlich den Bereich der Observierung. Beispielsweise sind die Landeshydrologie und -geologie, aber auch einige Kantone dabei, ihr Beobachtungsnetz auf- bzw. auszubauen und mit entsprechender Technik auszurüsten.

#### Rechnergestützte Datenverarbeitung und Auswertung

Auf den Gebieten der Verarbeitung, Darstellung und Auswertung hydrogeologischer Messdaten werden schon seit geraumer Zeit Computer verwendet. Sie ersetzen mühsame Handarbeit.

Die meisten Programmpakete kombinieren eine Datenbank mit einem Darstellungs- und Auswertesystem. Als Beispiel seien hier das Datenbanksystem Hydbank und das Datenausgabe- und -Darstellungspaket Hyddata genannt, die sich gut zur Speicherung und Aufbereitung von Stamm- und Messdatenmaterial eignen. Je nach Aufgabenstellung und Umfang der Daten lassen sich auch Softwaresysteme benutzen oder anpassen, die für andere Zwecke und anderes Datenmaterial entwickelt wurden.

Bild 4 zeigt ein Datenverarbeitungskonzept, worin ein Register beliebig gewonnener Messdaten mit einer Stammdatei verknüpft ist. Beide können durch ein Datenbanksystem hergestellt und verwaltet werden.

Das Datenbanksystem enthält alle notwendigen Funktionen zur Erstellung, Korrektur und Speicherung des Stamm- und Messdatenmaterials. Die Stammdaten enthalten die Be-

schreibung der Beobachtungsstellen (Lage, Aufbau, administrative Angaben). Die Messdaten können beliebiger Natur sein: Abstich-/Grundwasserspiegelhöhe, Pumpmengen, Temperaturen, sonstige physikalisch geo-/hydrochemische oder hydrobiologische Messdaten sowie ergänzendes Datenmaterial, z.B. Niederschlag. Entsprechende Listen können ausgegeben werden. Alle Daten werden in einem geeigneten Format gespeichert und so aufbereitet, dass sie für den Einsatz im Dokumentations- und Auswertepaket zur Verfügung stehen.

Dieses dient zunächst dazu, Tabellen von Teilen oder vom gesamten Messdatenmaterial zu erstellen. Diese können dann ausgedruckt werden und dienen z.B. als Material für Berichtsbeilagen oder Jahrbücher.

Es können auch verschiedene graphische Darstellungen gewählt werden. Das sind beispielsweise Pumpversuchsdiagramme, Temperatur-Tiefenprofile, Konzentrationskurven (z.B. bei Färbversuchen oder für Verunreinigungen), Balkendiagramme, Isolinienpläne beliebiger Parameter oder perspektivische Darstellungen. Isolinien können mit verschiedenen Verfahren berechnet werden (Methode der kleinsten Quadrate, Kriging, Spline-Funktionen usw.)

Als Beispiel zeigt Bild 5 ein Färbversuchsdiagramm, das mit Hilfe des Dokumentations- und Auswertepaketes Hyddata erstellt worden ist. Dabei wurden die in der Datenbank gespeicherten Werte für Niederschlag, Farbstoffkonzentration und Quellschüttungsmenge kombiniert. Gleichzeitig wurden Medianwerte ermittelt und dann gemeinsam mit dem Datenprotokoll in einer gesonderten Liste ausgedruckt.

Mehr und mehr werden geostatistische Verfahren zur Interpolation und Interpretation von Messwerten (z.B.  $k_f$ -Werten) benutzt. Zusätzlich können Funktions- und Rechenprogramme enthalten sein, die z.B. statistische Auswertungen ermöglichen oder Pumpversuchsauswertungen nach bekannten Verfahren (*Dupuit/Thiem, Theis, Jacob* usw.). Zuletzt sei der Einsatz von Simulationsmodellen erwähnt. Sie nehmen immer breiteren Raum ein bei der Beurteilung und Vorhersage hydrogeologischer und hydrochemischer Verhältnisse. Nebst analytischen Modellen werden hauptsächlich numerische Verfahren (Finite Differenzen, Finite Elemente) verwendet. Der Katalog dieser Modelle ist schon umfassend, die Entwicklung geht aber weiter.

#### 4. Schlussfolgerungen

Eine fortschrittliche Messdatenaufnahme, Bearbeitung und Auswertung sollte die Vorteile der Elektronik und der elektronischen Datenverarbeitung umfassend ausschöpfen, gleichzeitig aber herkömmliche Verfahrensweisen integrieren können.

Dadurch wird ein flexibles, zielgerichtetes Arbeiten bei gleichzeitiger Reduktion des Zeit- und Kostenaufwandes möglich.

#### Literatur

Büro für Hydrogeologie: Programmsystem-Übersicht über ein Datenbanksystem (Hydbank) und ein Datenausgabe- und -darstellungspaket (Hyddata) für Grundwasseruntersuchungen. Weggis, Mai 1985.

Eidgenössisches Departement des Innern; Arbeitsgruppe langfristige Grundwasserbeobachtung: Schlussbericht. Bern, Dezember 1980.

In-Situ Inc.: Hermit Environmental Data Logger, Model SE1000B. Owner's Manual. Laramie, WY, USA, April 1985.

Way Shao-Shih, McKee C.R., Wainwright H.K.: A Computerized Ground Water Monitoring System. «Ground Water Mon. Rev.», Winter 1984.

Adresse der Verfasser: Peter P. Angehrn, Dr. phil. nat., Hydrogeologe, und Joachim Hanke, Diplom-Geophysiker, c/o Büro für Hydrogeologie AG, Kastanienweg 2, CH-6353 Weggis.