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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 87 (1995)

Heft: 1-2

Artikel: Integrierte Datenbaken für die Bewirtschaftung und den Schutz des Grundwassers

Autor: Romunde, Bernd J. / Angehrn, Peter P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940390

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: 12.07.2025

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

Integrierte Datenbanken für die Bewirtschaftung und den Schutz des Grundwassers

Bernd J. Romunde, Peter P. Angehrn

Stichworte: Relationale Datenbanken auf Personal-Computer-Plattform
Hydrogeologisches Datenregister
Gewässerbewirtschaftung
Grundwasserqualitätsüberwachung
Energetische Grundwasserbewirtschaftung

Zusammenfassung

Infolge fortgeschrittener Messtechnik fallen heute nicht nur im Bereich der Grundwassererschliessung und -bewirtschaftung sowie des Gewässerschutzes in erheblich grösserem Umfang Daten an, als dies noch vor einigen Jahren oder Jahrzehnten der Fall war. Nur mittels einer effizienten Speicherung und Verwaltung kann aus diesen Daten der entsprechende Nutzen gezogen werden. Eine leichte Verfügbarkeit in geeigneter Form muss den zuständigen Stellen helfen, das tatsächlich vorhandene Wissen in ihre Entscheidungsprozesse einzubeziehen. Verschiedene Anforderungen der Benutzer aus unterschiedlichen Bereichen des Gewässerschutzes und der Hydrogeologie sind entweder nicht – oder nur um den Preis einer schlecht beherrschbaren Komplexität – in einem einzelnen Programm integrierbar. Ein System aus mehreren Datenbanken wird vorgestellt. Verschiedene Beispiele illustrieren Anwendungsbereiche und Zusammenspiel der einzelnen Programme.

1. Einführung

Die Registrierung und Archivierung vielfältiger Daten aus dem Bereich Grund- und Oberflächenwasser stellen eine Grundvoraussetzung für die güte- und mengenmässige Überwachung und Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen sowie jeder weiterführenden hydrogeologischen Grundlagenarbeit dar. Daten über und im Zusammenhang mit Grundwasser werden von unterschiedlichen Behörden erhoben, nicht nur von denjenigen Dienststellen, die direkt im Bereich des Gewässerschutzes tätig sind, wie beispielsweise die Ämter für Umweltschutz.

Dementsprechend werden Messdaten durch unterschiedliche Institutionen gesammelt, gespeichert und in Entscheidungsprozesse einbezogen. Die Daten fallen beispielsweise bei routinemässiger, kontinuierlicher Überwachung an. Dies ist eine Aufgabe, die gewöhnlich vom Amt für Umweltschutz wahrgenommen wird. Vereinzelte Messwerte stammen aus der Überwachung von Baumassnahmen oder aus Forschungsbohrungen. Sondierbohrungen für neue Trinkwasserfassungen oder grundwasserbetriebene Wärmepumpenanlagen verlangen Kontrollmessun-

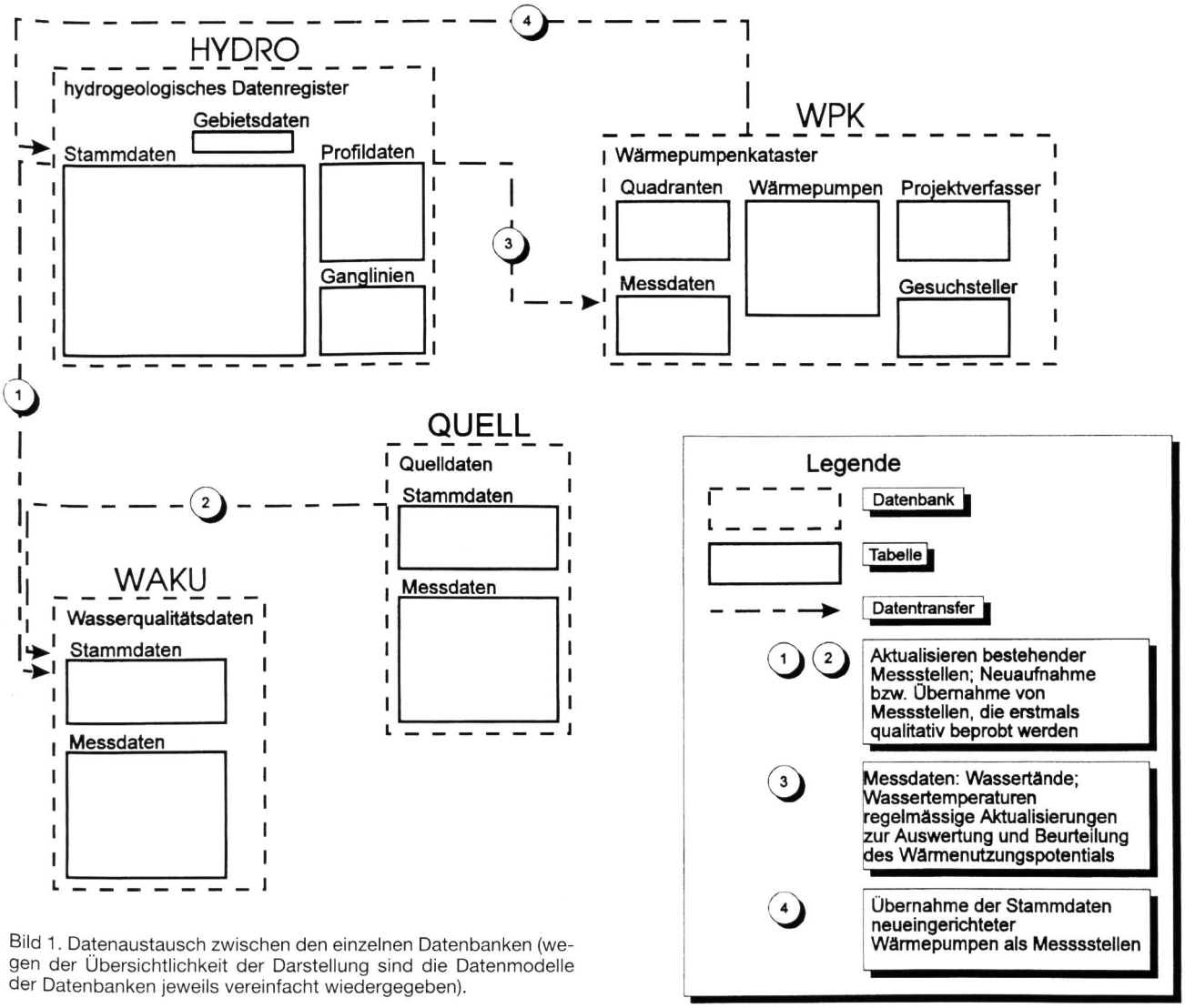


Bild 1. Datenaustausch zwischen den einzelnen Datenbanken (wegen der Übersichtlichkeit der Darstellung sind die Datenmodelle der Datenbanken jeweils vereinfacht wiedergegeben).

gen, wobei im letzteren Fall je nach Kanton mehrere Amtsstellen zuständig sind. Die örtliche Grundwasserqualitätsüberwachung liegt zu einem wesentlichen Teil bei den Wasserwerken, deren Brunnen in regelmässigen Abständen zu beproben sind. Die Analysen geschehen durch Laboratorien.

Dies bedingt zentrale Speicherung und Verwaltung. Nur mittels koordinierten Vorgehens kann aus diesen Daten der entsprechende Nutzen gezogen werden. Eine leichte Verfügbarkeit in der geeigneten Form muss gewährleistet sein. Dabei darf es hier nicht nur heissen, dass die Daten zugänglich sind, sondern darüber hinaus müssen diese insbesondere im Falle schematisierter Verwaltungsabläufe in zweckmässiger Form und Zusammenstellung ausgewertet werden können.

Es werden insgesamt vier Datenbanken vorgestellt, die Angaben im Zusammenhang mit Grund- und Oberflächenwasser mit unterschiedlichen Schwerpunkten verwalten. Nicht nur diese Ausrichtung und damit das Modell einer jeden Datenbank ist anders, sondern auch die Häufigkeit der Frequentierung und der Benutzerkreis sind unterschiedlich. Hier sind die Gründe zu suchen, warum die Gesamtaufgabe auf mehrere einzelne Datenbanken verteilt wurde.

2. Datenbankkonzept

Vier Datenbanken für jeweils unterschiedliche Datenschwerpunkte werden vorgestellt:

Das hydrogeologische Register HYDRO verwaltet für Grund- und Oberflächenwässermessstellen allgemeine Stamm- und Messdaten. Dabei handelt es sich um Wasserspiegellagen sowie um die im Tiefenprofil gemessenen physikalischen Parameter Wassertemperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffsättigung und pH-Wert. Zusatzprogramme zu HYDRO werten Jahrbuchblätter aus, die entsprechend dem Muster der Landeshydrologie und -geologie die Messwerte numerisch in Tabellenform und als graphische Darstellung wiedergeben.

Die Wasserqualitätsdatenbank WAQUADABA speichert physikalische, chemische und bakteriologische Werte. Etwa 35 verschiedene Parameter können eingegeben, überprüft sowie statistisch ausgewertet und dargestellt werden.

Die beiden Datenbanken HYDRO und WAQUADABA bauen auf bestehenden relationalen Datenbanken auf, die bereits vor einigen Jahren speziell für die Bedürfnisse der kantonalen Ämter für Umweltschutz und der Laboratorien entwickelt wurden. Mit der Neuprogrammierung der Datenbanken unter ACCESS für WINDOWS wurde eine fällige Anpassung an eine moderne Software-Umgebung eingeleitet. Die Datenorganisationen lehnen sich an die Vorgängerversionen an, die unter dBase realisiert waren, so dass die vollständige Übernahme älterer Datenbestände gewährleistet ist.

In Entwicklung und derzeit als Prototyp in einer Testphase befindet sich die Quelldatenbank QUELL, die neben den in HYDRO berücksichtigten Daten – Temperaturen, Leitfähigkeit, Sauerstoff und pH-Wert – auch Quellschüttungen speichert. Die Datenbank ist auch in der Lage, die Wassermengen mittels Schlüsselkurven aus Wasserständen zu berechnen.

In den Datenbanken HYDRO und QUELL können die über automatische Datensammler (Logger) erhobenen Werte eingelesen werden.

Einen Sonderfall stellt das WÄRMEPUMPENKATASTER dar, das alle Daten verwaltet, die mit der Wärmenutzung aus Wasser und Boden in Zusammenhang stehen, und das neu

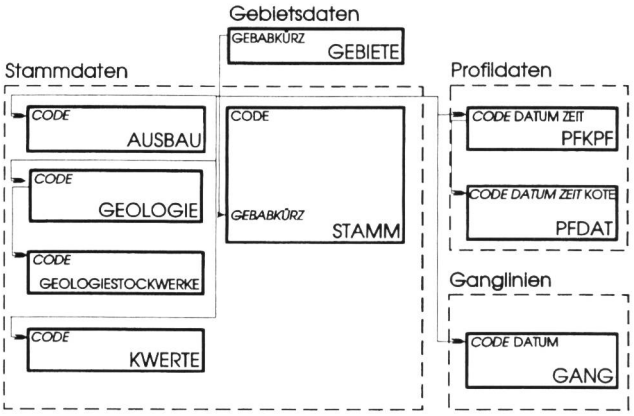


Bild 2. HYDRO: Tabellen- und Datenstruktur.

geregelte Konzessionsverfahren des Kantons Uri unterstützt. Das Programm wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Amt für Energie und dem Amt für Umweltschutz des Kantons Uri neu entwickelt. Die Datenbank ist in den Ablauf des Konzessionsverfahrens eingebunden. Sie unterstützt den Schriftverkehr durch die notwendigen Auswertungen und Datenauszüge, welche in der endgültigen Form ausgedruckt werden.

Zwischen den verschiedenen Datenbeständen sind Überschneidungen häufig. Das Bild 1 veranschaulicht die Vernetzungen zwischen den einzelnen Datenbanken. Die Datenmodelle sind jeweils vereinfacht wiedergegeben. Wesentlich ist die Trennung in Stamm- und Messdaten. Die zeitunabhängigen Stammdaten kennzeichnen die einzelnen Messstellen. Die Daten resultieren aus Messungen und Analysen der verschiedenen Parameter, die entweder periodisch oder in unregelmässigen Abständen vorgenommen werden.

Alle Messstellen im Grundwasser sind in HYDRO abgelegt. Quellwässer werden im Programm QUELL verwaltet. Die Datenmodelle sind unterschiedlich, weil – im Gegensatz zu Quellen – im Grundwasser tiefendifferenzierte Messungen durchgeführt werden.

Alle Wasserqualitätsdaten, und das betrifft sowohl Quell- wie auch Oberflächen- und Grundwässer, werden im WAQUADABA gespeichert. Das Datenmodell ist in diesem Fall jeweils das gleiche, da Qualitätsdaten gewöhnlich nicht tiefendifferenziert erhoben werden. Die im WAQUADABA aufgeführten Messstellen sind grundsätzlich zunächst im HYDRO oder QUELL zu registrieren. Bei erstmaliger Qualitätsbeprobung können die Stammdaten aus der jeweiligen Datenbank übernommen werden. Bei Änderung der Stammdaten wird das WAQUADABA entsprechend aktualisiert (Punkt 1 und 2 in Bild 1).

Im WÄRMEPUMPENKATASTER spielen Messdaten dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Es kommen hauptsächlich technische Angaben der einzelnen Wärmepumpen und Fassungsanlagen vor. Messdaten wie Wasserstände und -temperaturen werden zur Beurteilung der Einhaltung der Konzessionsbedingungen ausgewertet. Sie werden aber nicht im WÄRMEPUMPENKATASTER geführt, sondern von Zeit zu Zeit aus dem HYDRO per aktuellen Stand übernommen (Punkt 3 in Bild 1). Bei der Neuanlage von Wärmepumpen mit Entnahme- und Rückgabebrunnen, in denen Messungen möglich sind, werden diese als neue Messstelle in das HYDRO übernommen (Punkt 4 in Bild 1).

Zuständigkeiten können entsprechend den erläuterten und in Bild 1 gezeigten Hierarchien zwischen den Datenbanken organisiert werden. Ein jeweils Beauftragter pflegt und führt die Datenbestände nach. Alle anderen Benutzer

der nachgeordneten Datenbanken können auf diese Daten – je nach Autorisation – zugreifen, dürfen aber selber keine Daten eingeben oder korrigieren. In definierten Zeitabständen werden die Daten zwischen übergeordneten und nachgeordneten Datenbanken ausgetauscht.

Nicht nur von Zuständigkeiten, sondern auch von verschiedenen Orten soll hier gesprochen werden. Dies ist im Zusammenhang mit Datenaustausch deshalb erwähnenswert, da – solange keine Vernetzung besteht – die «Daten-Updates» nachgeordneter Datenbanken nur in Intervallen und mit Verzögerung erhältlich sind. Dieses Vorgehen ermöglicht die Vermeidung von Fehlerquellen durch mangelnde Absprache oder unkoordiniertes Vorgehen. Hier ist nicht nur Technik der Datenverarbeitung, sondern auch eine saubere Organisation von Arbeitsabläufen gefragt.

3. Programmaufbau

Das Grundprinzip einer relationalen Datenbank ist die Aufteilung der Daten in einzelne, zusammengehörige Datengruppen. Diese hat die Form einer Tabelle. Die Tabellenzeilen stellen Datensätze dar, die jeweils ein Objekt, zum Beispiel eine Messstelle, abbilden. Die Tabellenspalten sind Datenfelder, die eine Eigenschaft der Objekte, zum Beispiel die Standorte der Messstellen, festlegen. Die Beziehungen der Tabellen untereinander sind durch die Verknüpfung einzelner Schlüssel festgelegt.

Zur Erläuterung des Datenmodells sowie des Programmaufbaus und der Handhabung wird hier als Beispiel die Datenbank HYDRO herausgegriffen. HYDRO, wie auch die anderen Datenbanken, wurde weiterentwickelt und ist lauffähig unter MICROSOFT ACCESS (Version 2.0). In Bild 2 ist die Tabellenstruktur der relationalen Datenbank HYDRO, gegliedert in Gebietsdaten, Stammdaten, Profildaten und Ganglinien, dargestellt.

Die Messstellen innerhalb der Datenbank lassen sich nach ihrer Zugehörigkeit zu einzelnen Grundwassergebieten (Tabelle GEBIETE) unterteilen. Die Stammdaten zu jeder einzelnen Messstelle sind in mehreren Tabellen gespeichert. Gegenüber der Vorgängerversion ist eine weitere Normalisierung vorgenommen. Damit kann nicht nur Speicherplatzbedarf reduziert, sondern auch die Flexibilität bei verschiedenen Dateneingaben erhöht werden. Teilweise ist genauere Information durch bessere Zuordnung der einzelnen Daten zueinander möglich. Trotzdem werden alle alten Datenbestände ohne Verluste übernommen. Eine Überarbeitung, um die gebotenen Möglichkeiten zur Datenerfassung optimal und vollumfänglich zu nutzen, ist bei der Datenübernahme in einzelnen Fällen sinnvoll.

Die Stammdaten in Tabelle STAMM werden mit allen weiteren Tabellen über den Messstellen-CODE verknüpft, welcher jede einzelne Messstelle eindeutig kennzeichnet. Die Messdaten sind in Profildaten und Ganglinien unterteilt. Unter Gangliniendaten (Tabelle GANG) versteht man alle Messungen des Wasserspiegels oder anderer physikalischer Parameter, die kontinuierlich oder in kurzer Folge anfallen. Dies können beispielsweise die Auswertungen von Schreiberaufzeichnungen oder elektronischen Datensammlern sein.

Unter Profildaten werden alle über das Tiefenprofil gemessenen physikalischen Parameter abgelegt. Dabei wird unterschieden nach den Daten, die einmal bei einer Messung, beispielsweise einem Piezometer, anfallen (zum Beispiel der Wasserspiegel), und den Daten, die aus einer wiederholten Messung in verschiedenen Tiefenlagen (zum Beispiel Wassertemperaturen) hervorgehen. Entsprechend wird die Normalisierung in die zwei Tabellen PFKPF und PFDAT vorgenommen.

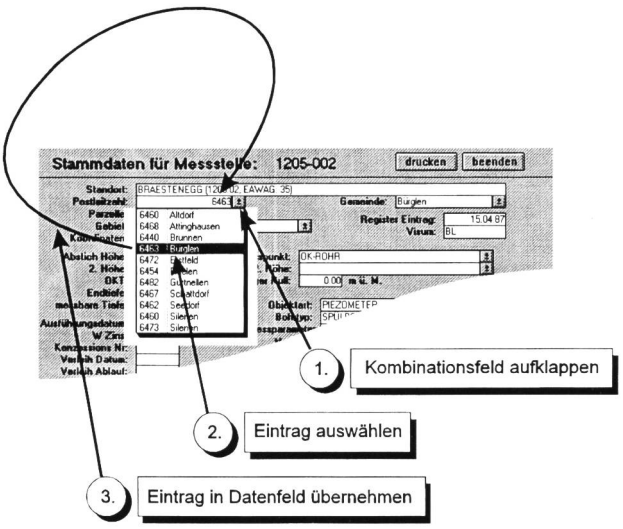


Bild 3. Beispiel für den Einsatz von Kombinationsfeldern.

Die Benutzeroberfläche umfasst als Hauptgestaltungselemente Formulare für die Dateneingabe und Menüs zur Steuerung von Arbeitsabläufen und Datenauswertungen. Darüber hinaus werden Meldungsfenster eingesetzt, die den Benutzer leiten, indem sie vor kritischen Eingaben und Auswertungen Rückfragen stellen. Auch werden Bedienungsfehler, welche vom Programm weitgehend abzufangen sind, gemeldet.

Zwei Beispiele erläutern die Gestaltung und welche Komfortelemente dem Benutzer an die Hand gegeben werden. In diesem Zusammenhang darf Bedienungskomfort nicht mit Luxus verwechselt werden. Sinnvolle Erleichterungen für den Benutzer reduzieren nicht nur Arbeitszeiten, sondern erhöhen auch die Sicherheit des Systems. Sie vermindern ebenso Fehlerquellen.

Mit dem Werkzeug Kombinationsfeld (Bild 3) lässt sich beispielsweise ein Eintrag aus einer Liste, welche beim Anwählen des Feldes aufgeklappt wird, festlegen. Dieser Eintrag braucht dann nicht über die Tastatur eingegeben zu werden. Zwei Einsatzmöglichkeiten sind zu unterscheiden:

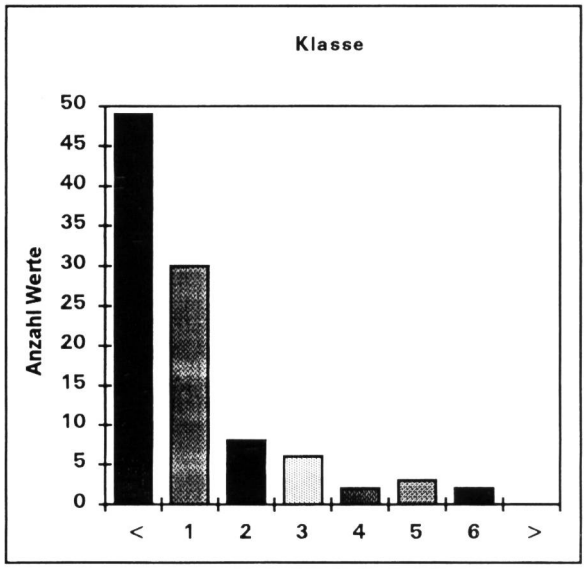
- Empfohlene Eingaben
  Zur Arbeitserleichterung kann mit Hilfe der Maus ein Eintrag aus der Liste bestimmt werden. Es ist aber auch möglich, abgewandelte oder erweiterte Einträge über die Tastatur einzugeben. Dies dient in erster Linie zur Arbeitserleichterung und zu deren Beschleunigung.
- Verbindliche Eingaben
  Es muss ein Eintrag aus der Liste ausgewählt werden. Die möglichen Einträge sind aus Gründen der Datenbankstruktur streng auf die Liste begrenzt. Beim Versuch, einen anderen Eintrag einzugeben, erscheint eine Fehlermeldung.

Derartige Elemente der Eingabe erhöhen die Datensicherheit. Als ein weiteres Beispiel, inwieweit die Steuerung der Dateneingabe und die innere Struktur der Datenbank zusammen die Datenkonsistenz sicherstellen und formelle Fehler ausschliessen, wird das Einlesen von Tiefenprofildaten ab ASCII-Datensatz erläutert.

Der Benutzer kontrolliert den Vorgang über das in Bild 5 gezeigte Menü. Bereits der Einleseprozess, der durch eine in ACCESS-Basic programmierte Prozedur gesteuert wird, nimmt erste Kontrollen der Daten vor. Enthält das Eingabefile beispielsweise Daten von Messstellen, deren Stammdaten noch nicht in die Datenbank aufgenommen wurden, werden die Daten nicht eingelesen. Eine entsprechende Meldung (Bild 5a) weist darauf hin. Auch die Daten von Messstellen, für die der erforderliche Abstichpunkt in den Stammdaten fehlt, finden keine Aufnahme (Bild 5b).

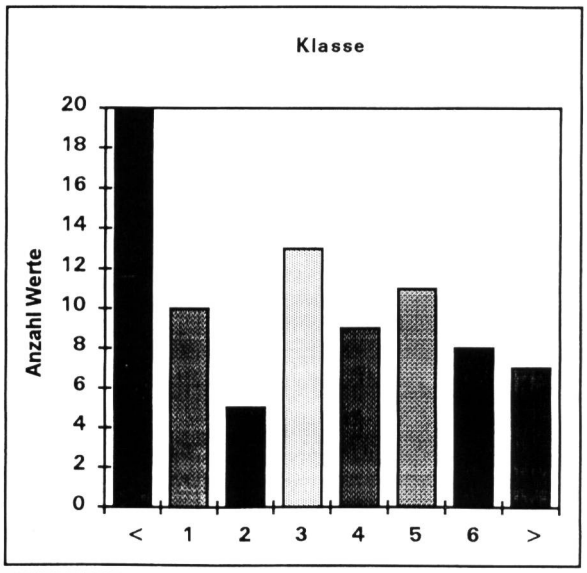
Parameter:	Nitrat		
Masseinheit:	mg NO3/l	**Mittelwert:**	7.25
Anzahl Messwerte:	100	**Standardabweichung:**	6.91
Erste Messung:	4.07.89	**Kleinster Wert:**	0.4
Letzte Messung:	15.03.90	**Grösster Wert:**	30

Klasse	Bereich	Anzahl Werte
<	< 5	49
1	5 - 10	30
2	10 - 15	8
3	15 - 20	6
4	20 - 25	2
5	25 - 30	3
6	30 - 35	2
>	> = 35	0



Parameter:	O2-Gehalt		
Masseinheit:	mg O2/l	**Mittelwert:**	3.57
Anzahl Messwerte:	83	**Standardabweichung:**	2.80
Erste Messung:	10.07.89	**Kleinster Wert:**	0.1
Letzte Messung:	7.02.90	**Grösster Wert:**	12.8

Klasse	Bereich	Anzahl Werte
<	< 1	20
1	1 - 2	10
2	2 - 3	5
3	3 - 4	13
4	4 - 5	9
5	5 - 6	11
6	6 - 7	8
>	> = 7	7



Parameter:	Wassertemp		
Masseinheit:	°C	**Mittelwert:**	10.45
Anzahl Messwerte:	51	**Standardabweichung:**	3.14
Erste Messung:	5.02.90	**Kleinster Wert:**	0.6
Letzte Messung:	15.03.90	**Grösster Wert:**	14

Klasse	Bereich	Anzahl Werte
<	< 7	7
1	7 - 8	1
2	8 - 9	0
3	9 - 10	5
4	10 - 11	8
5	11 - 12	13
6	12 - 13	11
>	> = 13	6

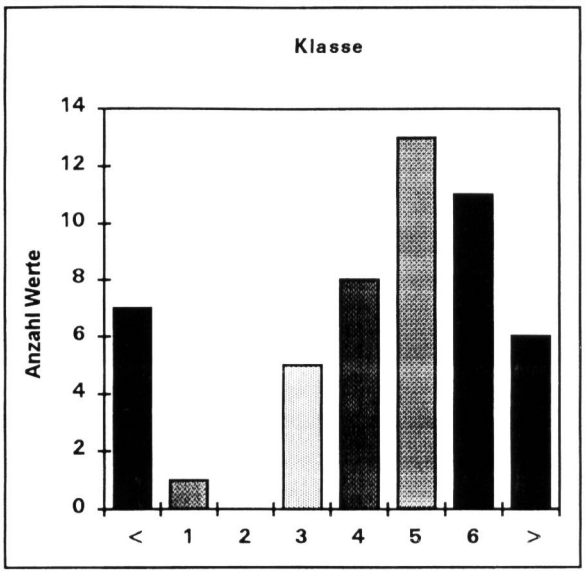


Bild 4. Auswertungen Luzerner Reuss- und Rontal.

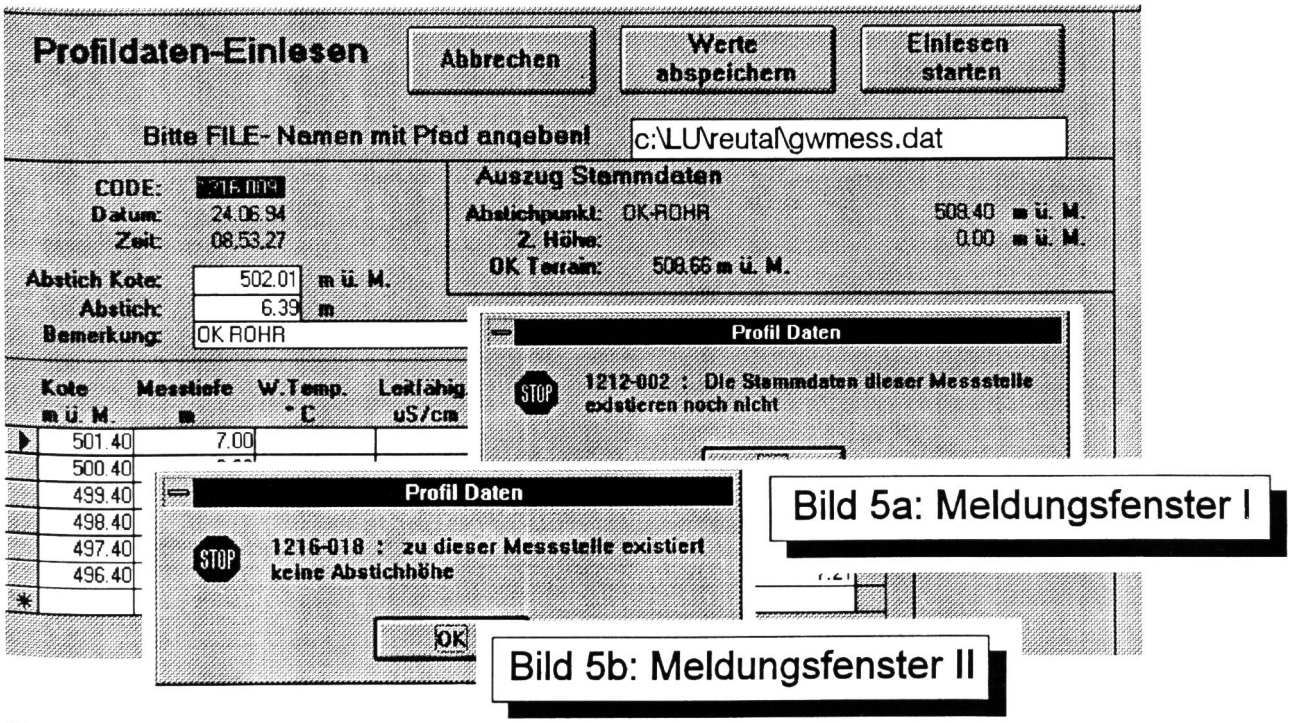


Bild 5. Eingabemenü: Einlesen von Tiefenprofildaten ab ASCII-Datensatz.

Bild 5a. Meldungsfenster «keine Stammdaten».
Bild 5b. Meldungsfenster «keine Abstichhöhe».

Nach dem Einlesen erhält der Benutzer vor dem endgültigen Abspeichern die Gelegenheit, die eingelesenen Werte in einem Formular zu überprüfen. Falls nötig, kann er vor dem Abspeichern Änderungen und Ergänzungen anbringen. Im Zweifelsfall sollte die Prozedur an dieser Stelle abgebrochen werden, ohne dass die eingelesenen Daten gespeichert werden. Die Strukturierung der Datenbank verhindert die Aufnahme von doppelten Messungen durch eine entsprechende Indizierung und das Setzen von Schlüsseln. Der Versuch würde eine Schlüsselverletzung bewirken, die als solche gemeldet wird.

Die verschiedenen Gestaltungselemente
- Steuerung der Dateneingabe
- Menügestaltung beziehungsweise Benutzerführung
- Datenmodell

wirken zusammen, um eine grösstmögliche Datenkonsistenz zu erreichen und diejenigen Fehlerquellen, die einer formalen Kontrolle zugänglich sind, zu vermeiden.

4. Illustration der Einsatzmöglichkeiten

Vier Beispiele aus den Kantonen Luzern, Solothurn, Tessin und Uri illustrieren im folgenden die Einsatzmöglichkeiten der Datenbanken. Dabei werden die Bereiche Grundlagenerhebung, Wahrnehmung der behördlichen Aufsichtspflicht, Beweissicherung, gewässerschutztechnische Begleitung und kantonale Grundwasserüberwachung berührt.

4.1 Luzerner Reuss- und Rontal: Grundwassererforschung

Im Reuss- und Rontal liegen die grössten Grundwasservorkommen des Kantons Luzern. Sie haben eine entsprechende Bedeutung für die Wasserversorgung. Das Kantonale Amt für Umweltschutz hat deshalb im Jahre 1989 eine Grundlagenerhebung und generelle Erforschung in Auftrag gegeben. Es werden die Grundvoraussetzungen zur Erstellung eines Bewirtschaftungskonzeptes geschaffen, welches beispielsweise zu Schutzarealausscheidungen und Grundwasserwärmenutzungskarten weiterführt.

Die Arbeiten umfassen, aufgeteilt in einzelne Phasen, eine hydrogeologische Grundlagenerhebung, verschiedene Messkampagnen und vielfältige Auswertungen. Auch ist eine numerische Grundwassermodellierung und Bilanzierung im Gange, um das vorhandene Datenmaterial auszuwerten, auf seine Konsistenz zu prüfen und um Prognosen und Hochrechnungen zu erstellen. In Bild 4 sind verschiedene graphische Auswertungen der vorhandenen Messdaten, die über die Datenbank WAQUADABA angefertigt wurden, zusammengestellt.

Mit dem Vorliegen der Grundlagen steht auch die langfristige quantitative Überwachung der Gewässer an. Oft werden die Ergebnisse kontinuierlicher Grundwasserüberwachung auf Kantonsebene periodisch in Jahrbuchform wiedergegeben und den interessierten dienstlichen und privaten Stellen zugänglich gemacht. Am Beispiel des Kantons Luzern wird eine typische Vorgehensweise erläutert.

In Artikel 5 des Kantonalen Wasserversorgungsgesetzes vom 20. September 1971 wird dem Kanton die Aufgabe gestellt, Grundlagen über die ober- und unterirdischen Gewässer zu erarbeiten. Seit dem Jahre 1973 lässt das Kantonale Amt für Umweltschutz die Wasserstände der Grundwasserfassungen durch die Wasserversorgungen messen. Daneben erfolgen Messungen in eigener Regie. In einem zweijährigen Turnus werden seit 1986 die Messdaten zusammengestellt und zusammen mit Niederschlags- und Abflussmessungen im «Bericht über die Niederschläge, Grundwasserstände und Abflussmessungen der Oberflächengewässer» veröffentlicht.

In Bild 6 ist die Gliederung des Arbeitsablaufes von den Ausgangsdaten bis zur fertigen Jahrbuchseite dargestellt. Nachdem die Limnigraphenaufzeichnungen digitalisiert und die elektronischen Datensammler ausgelesen sind, lassen sich die Grundwasserganglinien in die Datenbank einlesen. Die Datenbank HYDRO speichert die Grundwasserganglinien und erstellt Kontrollausdrucke. Sie regelt die Übergabe und Bereitstellung von Daten für die nachgeschalteten Module zur Vorberechnung der Statistik und der graphischen Aufbereitung des Jahrbuchblattes.

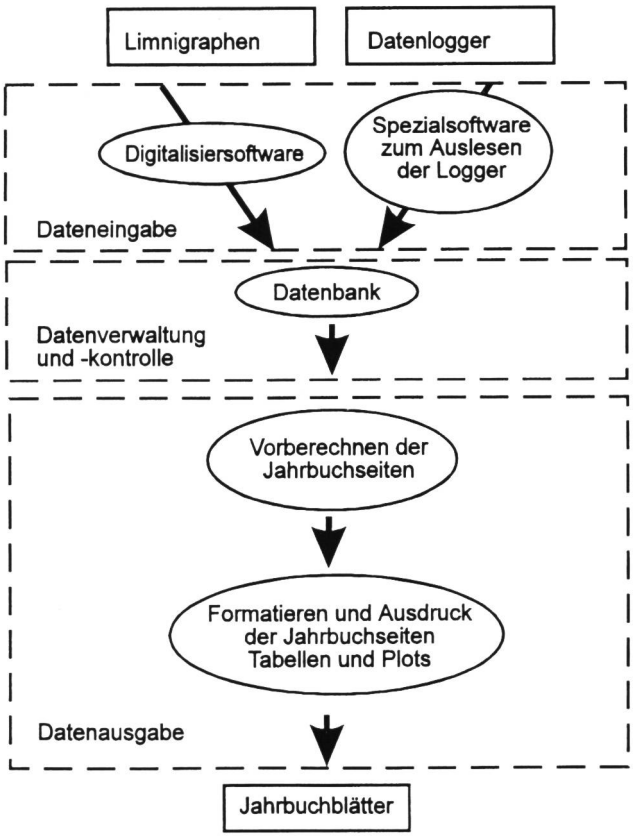


Bild 6. Grundwasserjahrbuch: Gliederung des Arbeitsablaufes von der Dateneingabe bis zur fertigen Jahrbuchseite.

4.2 Kanton Solothurn: kontinuierliche Grundwasserqualitätsüberwachung

Die Auswertung von Daten zur Überwachung der Grundwasserqualität auf Kantonsgebiet Solothurn baut auf gütemässigen Parameterwerten von 27 Grund- und Quellwasserfassungen auf, welche ein flächendeckendes, den ganzen Kanton ausfüllendes Messstellennetz bilden. Die kontinuierliche Überwachung ermöglicht ein frühzeitiges Erkennen von Schadstoffeinträgen sowie von langfristigen Veränderungen. Sie schafft damit die Möglichkeit, durch geeignete Massnahmen rechtzeitig bedenklichen Entwicklungen entgegenzutreten.

Nach Auswahl und Einrichtung des Messstellennetzes wurde vor Aufnahme der laufenden kontinuierlichen Einzelmessungen, die im Jahresrhythmus durchzuführen sind, ein Erstuntersuchungsprogramm begonnen. Dieses sah an allen Beobachtungsstellen eine zeitlich und umfänglich gleichgerichtete Erfassung von physikalischen, chemischen und bakteriologischen Parametern vor, die in einem ausführlichen Bericht zusammengestellt und ausgewertet wurden.

Alle Daten, einmal in WAQUADABA eingegeben, lassen sich statistisch auswerten und graphisch darstellen. Die manuelle Eingabe derartig grosser Datenmengen – es waren 17 500 Einzelmesswerte zu berücksichtigen – kann nur in eigens angepassten Eingabeformularen mit automatischer Bereichskontrolle erfolgen. Nur so sind Fehler weitgehend zu verhindern.

Einen wichtigen Punkt der Dateneingabe betrifft das leichte Auffinden der jeweiligen Messstelle, die bearbeitet werden soll. Hierzu stehen Auswahlmenüs und Listen der vorhandenen Messstellen als Arbeitshilfen zur Verfügung. Die Dateneingabe oder Datenkontrolle und -korrektur als solche setzen eine genaue Beschreibung der einzugebenden Parameter voraus. Sie sind im Eingabeformular in ausführlichem Klartext und keinesfalls als Abkürzung, mit einer detaillierten Vorgabe der zu verwendenden Einheiten, anzugeben.

Gegenüber den dBase-Vorgängerversionen der Datenbank WAQUADABA ist mittlerweile die Arbeit mit den in Kapitel 2 beschriebenen Kombinationsfeldern beziehungsweise Pull-Down-Menüs möglich. Einträge zur Dateneingabe lassen sich aus Listen auswählen und durch Mausklick in die Datenbank aufnehmen. Dies erspart zum einen manuelle Arbeit bei der schriftlichen Eingabe über die Tastatur, zum anderen werden die Einträge vereinheitlicht, was die spätere Auswertung erleichtert. Die ältere Version arbeitete an dieser Stelle mit im Handbuch aufgeführten Listen der zu verwendenden Abkürzungen und Bezeichnungen.

4.3 Leventina/TI: Beweissicherung an Grund- und Oberflächenwässern im Rahmen des Baus des Sondierstollens «Polmengo» für den Gotthardbasistunnel der AlpTransit

Zur Klärung der Fragestellung, ob die Achse des geplanten Gotthardbasistunnels die im Gebiet der Piora-Mulde vorkommenden zuckerkörnigen Dolomite anschneidet, wird im fraglichen Gebiet ein Sondierstollen vorgetrieben. In dessen Begleitung wird ein Beweissicherungsverfahren zur Feststellung etwaiger Einflüsse der Baumassnahme auf die Grund-, Quell- und Oberflächenwässer durchgeführt.

Die unterirdischen Verhältnisse sind in bezug auf Wasserführung, Wasserscheiden und insbesondere auf eventuelle hydraulische Verbindungen zurzeit nur unzureichend bekannt. Allerdings deuten alle bisherigen Erkenntnisse darauf hin, dass ein grosser Teil des Oberflächenwassers in den Felsuntergrund abfliesst und sich an der Basis der Piora-Mulde staut. Dementsprechend ist bei einem Anschnitt dieses Bereichs mit starken Wassereinbrüchen zu rechnen, die nicht nur bautechnische Komplikationen mit sich bringen, sondern auch die Oberflächenwässer und flachgründigen Grund- und Quellwässer am linksseitigen Talhang und in Seitentälern der Leventina beeinflussen können.

Der Aufbau einer geeigneten Datenbasis erfordert zunächst Vergleichs- oder Nullmessungen des unbeeinflussten Zustandes. Im Laufe der Bauarbeiten werden die Messungen räumlich und zeitlich entsprechend dem Baufortschritt und dem Gefährdungsgrad angepasst. Anhand des Vergleichs mit dem Ausgangszustand sind Veränderungen oder Beeinflussungen feststellbar. Dazu müssen in Quellen oder Oberflächengewässern Abflusseinbussen nachgewiesen werden, die nicht auf natürliche jahreszeitlich und witterungsbedingte Schwankungen zurückgehen.

Die Auswertung des Datenmaterials lässt sich infolge des Umfangs nicht alleine anhand des Augenscheins, Listen und graphischer Darstellungen vornehmen. Auch sind statistische Auswertungen wie beispielsweise Zeitreihenanalysen notwendig. Hierzu existiert eine ganze Palette kommerziell erhältlicher Software, wie Tabellenkalkulationsprogramme, Grafik- und Statistikprogramme. Vorbedingung und Grundlage für deren Einsatz ist die Datenbank QUELL. Mit deren Hilfe werden die Daten erfasst, gespeichert und archiviert, um jederzeit in geeigneter Form und Zusammenstellung der verwendeten nachgeschalteten Software zwecks Auswertung und Analysen zur Verfügung zu stehen.

4.4 Amsteg/UR: gewässerschutztechnische Begleitung der Arbeiten zur Erneuerung des Kraftwerks der Schweizerische Bundesbahnen

Die Sanierungsbedürftigkeit der Anlagen und die mit der Realisierung des Konzeptes Bahn 2000 erhöhten Anforderungen an die Stromversorgung bedingen einen umfassenden Neubau des im Urner Reusstal gelegenen Wasserkraftwerkes Amsteg. Die Installationsplätze liegen im Grundwassergebiet. Eventuelle unfallbedingte Verunreinigungen können über kurze Sickerstrecken direkt in den Grundwasserträger gelangen. Infolge der hohen Durchlässigkeiten und der entsprechenden Fliessgeschwindigkeiten kann sich eine Kontamination des Grundwassers schnell ausbreiten. Es bleibt kaum Zeit für Säuberungen oder Sanierungsmassnahmen. Darüber hinaus trägt die Reuss mit ihrer engen Wechselbeziehung zum Grundwasserstrom zur hohen Mobilität einer Schadstoffausbreitung bei.

Die zuständigen Behörden haben aus den geschilderten Gründen regelmässige Messungen und Analysen der physikalisch-chemischen Parameter von Grund- und Oberflächenwasser angeordnet. Sie werden seit Mitte 1993 mit insgesamt drei Zielsetzungen durchgeführt:

- Erhebung von Grundlagenmaterial
- Beweissicherungen (Istzustand)
- Kontinuierliche Überwachung zum rechtzeitigen Erkennen von Störfällen

Die Auswertung, Darstellung und Beurteilung des erhobenen Datenmaterials erfolgt routinemässig in Quartalsberichten. Ohne den Einsatz der Datenbanken HYDRO und WAQUADABA sowie QUELL können die grossen Mengen vielfältiger Daten kaum sicher abgelegt und einer sinnvollen Auswertung zugeführt werden. Als Beispiel dient die Bereitstellung von Daten für die instationäre Grundwassermodellierung.

Nach Abschluss der Baumassnahmen wird sich, infolge der veränderten Lage des Rückgabebauwerkes und des Kraftwerkbetriebes, ein verändertes Abflussregime der Reuss einstellen. Damit werden auch Einflüsse auf das Grundwassersystem auftreten, deren langfristige Auswirkungen im Rahmen einer Modelluntersuchung abzuschätzen sind. Die Ausgabemöglichkeiten von Grundwasserstandsdaten und physikalischen Parametern aus der Datenbank HYDRO ermöglichen die unkomplizierte und sichere Übernahme der Messwerte über ein Geländemodell wie zum Beispiel SURFER in das Grundwassermodell.

5. Schlussfolgerungen

Ohne den Einsatz von Datenbanken ist es undenkbar, viele verschiedenartige Daten in geeigneter Form verfügbar und verständlich zu machen. Die komplexe Gesamtaufgabe ist aufgegliedert in Einzeldatenbanken. Damit sind jeweils beherrschbare und übersichtliche Teilaufgaben entstanden. Der Aufwand sowohl zur Programmierung als auch zur Softwarepflege ist vertretbar. Es wurde plausibel gemacht, dass auch bei dezentralen Strukturen ein schneller Datenzugriff möglich ist.

Das gesamte System ist auf Personal-Computer-Plattform realisiert. Das heisst, die Anforderungen an die Hardware sind bescheiden. Sie gehen nicht über das hinaus, was in den meisten Büros an technischer Ausstattung in der Regel vorhanden ist. Die verwendete Grundsoftware ACCESS unter WINDOWS ist erschwinglich. Da es sich um WINDOWS-Programme handelt, können Datenbanken auf verschiedenen Rechnern installiert werden, ohne dass in jedem Einzelfall zusätzliche Konfigurationen erforderlich wären.

Gut geführte Datenbanken erlauben, schneller die Übersicht zu gewinnen und über die Notwendigkeit von weiteren Bohrungen und Messkampagnen zu befinden. Bekanntlich fallen die meisten Kosten bei der Datenbeschaffung im Felde an. Mit der Hilfe von integrierten Datenbanksystemen lassen sich diese Aufwendungen herabsetzen, was zu einem günstigeren Kosten-Nutzen-Verhältnis führt.

Literaturverzeichnis

Ämter für Umweltschutz und für Energie im Kanton Uri, Geologisches Büro Dr. P. Angehrn AG: Wärmepumpenkataster, Wärmenutzung aus Wasser und Boden im Kanton Uri, Altdorf, 1994.

Angehrn, P. P.; Reissner, B.; Schüppbach, J.: Auswertung von Daten zur Überwachung der Grundwasserqualität in der Schweiz, «wasser, energie, luft», Heft 3/4, Baden, 1991.

Angehrn, P. P.; Hanke, J.: Erfassung, Aufbereitung und Auswertung hydrogeologischer Messdaten, «wasser, energie, luft», Heft 3/4, Baden, 1988.

Büro für Hydrogeologie Dr. Peter P. Angehrn AG: Handbuch zum hydrogeologischen Register HYDRO, Weggis, 1994.

Büro für Hydrogeologie Dr. Peter P. Angehrn AG: Grundwasserüberwachung, auftrags Amt für Umweltschutz, Wasserwirtschaftsamt und Kantonales Laboratorium Solothurn. Bericht mit 39 Figuren, 4 Tabellen und 7 Beilagen, Weggis, 1992.

Geologisches Büro Dr. P. Angehrn AG, Ziegler Consultants: Handbuch zum Programm WAQUADABA, Altdorf/Zürich, 1994.

Geologisches Büro Dr. P. Angehrn AG: Zustandsbericht Beweissicherungsverfahren Grund- (Quell-) und Oberflächenwässer «Erweiterte Piora-Mulde: Perimeter II»; Geologische, hydrogeologische und hydrologische Feststellungen zu den Null-Mess-Serien 1993 und der Jahresmessung 1994, Altdorf, 1994/95.

Studio di Idrogeologia Dott. Peter P. Angehrn SA: Galleria di base del San Gottardo. Zona prioritaria per lo scavo della galleria di sondaggio della Piora Mulde. Sorgenti, fontane e corsi d'acqua, Rilevamento dimostrativo a titolo di prova a futura memoria per la Commissione Federale di Stima 13° Circondario. Rapporti trimestrali 1/93 (novembre 1992 – marzo 1993); II/93; III/93; IV/93; I/94; II/94; III/94 per la zona del perimetro I, Altdorf, 1993/94.

Adresse der Verfasser: *Peter P. Angehrn,* Dr. phil. nat. Hydrogeologe, und *Bernd J. Romunde,* Dr. dipl. Ing. Hydrologe, c/o Büro für Hydrogeologie Dr. Peter P. Angehrn AG, Kastanienweg 2, CH-6353 Weggis.