

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 83 (1991)
Heft: 11-12

Artikel: Informatik-Anwendung bei der Überwachung der Talsperren des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich
Autor: Andres, Bernhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941042>

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: 10.02.2026

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

Informatik-Anwendung bei der Überwachung der Talsperren des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich

Bernhard Andres

Am Beispiel der Staumauer Solis wird gezeigt, wie im Ingenieurbüro für bauliche Anlagen (IBA), einer Dienstabteilung der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, die EDV für die Talsperrenüberwachung eingesetzt wird.

Der Bau der Staumauer Solis von 1982 bis 1986 gab dem IBA den äusseren Anlass, die EDV einzuführen. Bei der Planung der Instrumentierung wurden die wichtigsten Mess-

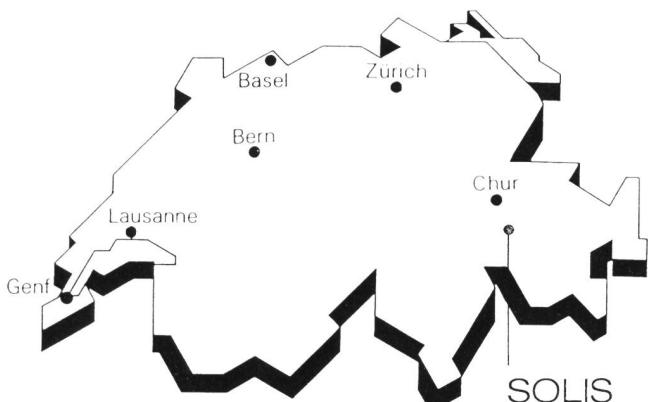


Bild 1. Die Stauanlage Solis kann dank der Messwert-Fernübertragung auch vom ca. 150 km entfernten Zürich aus überwacht werden.

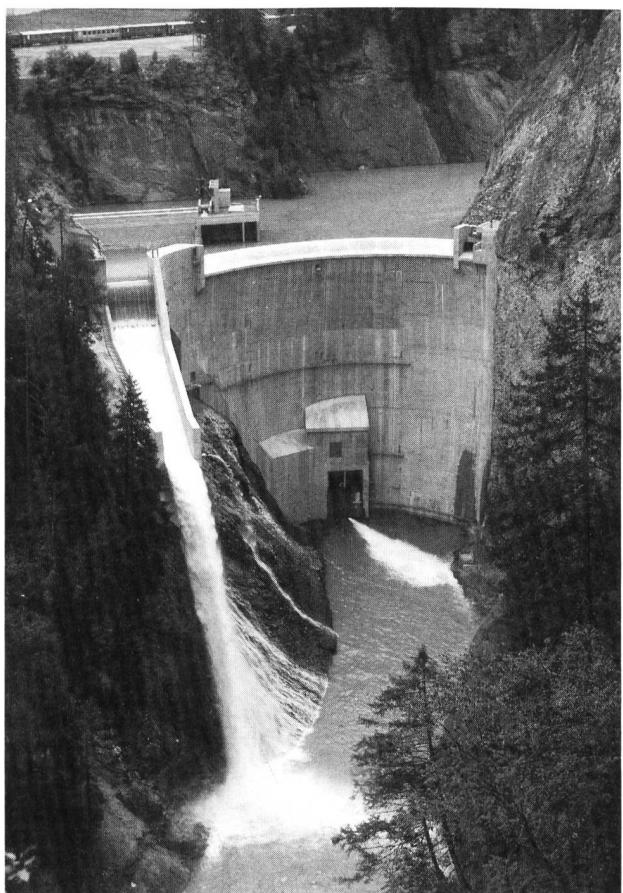


Bild 2. Gesamtübersicht der Stauanlage Solis.

stellen mit Fernübertragungsgeräten vorgesehen und beim Mauerbau integriert, so dass dieselben von Anfang an zum Einsatz bereitstanden. Das Ziel war, den 1. Aufstau im Frühjahr 1986 mittels fernübertragenen Messwerten zu überwachen.

Die Staumauer Solis liegt an der Albula zwischen Tiefencastel und Sils im Domleschg und gehört zur Kraftwerkgruppe Mittelbünden des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich. Die Messwert-Fernübertragung von Solis führt einerseits ins Betriebsgebäude bei der Staumauer Solis, andererseits ins 150 km entfernte IBA in Zürich (Bild 1).

Eine Gesamtübersicht der Stauanlage Solis zeigt Bild 2. Die doppelt gekrümmte Bogenmauer weist eine grösste Höhe von 61 m über der Fundamentsohle und eine Kronenlänge von 75 m auf. In Bildmitte sieht man den Grundablass und den festen Kronenüberfall. Am linken Bildrand ist die Schussrinne und etwas höher, von Tannen bedeckt, gerade noch knapp erkennbar das Betriebsgebäude Solis.

Die Datenerfassung vom Messgerät bis zum Betriebsgebäude Solis

In der Staumauer Solis sind gemäss Bild 3 folgende 22 Messstellen mit Fernübertragungs-Messgeräten ausgerüstet und ihre Messleitungen zum Betriebsgebäude Solis hinaufgeführt:

- 2 Wasserspiegel-Messstellen (0 bis 17,50 m, 0 bis 40 m).
- 1 Telekoordinator Typ TKW 25 für das Mauerlot 1.
- Insgesamt sind 4 Ablesestellen vorhanden. Die für die Überwachung wichtigste Messstelle am Fuss des Mauerlotes 1 wird fernübertragen.
- 3 Rocmeter sind mit Telerocmeter Typ TRM 2 ausgerüstet (total sind 13 Rocmeter vorhanden).
- 3 Auftriebsmessstellen von insgesamt 16 sind mit Telepressmeter eingerichtet,
2 Telepressmeter Typ PWF 5 bar,
1 Telepressmeter Typ PWF 10 bar.
- 13 Temperatur-Sensoren, Telethermometer, die im Hauptschnitt der Staumauer angeordnet sind, werden fernübertragen. Insgesamt sind 34 Telethermometer eingebaut.
Für die Wasserspiegelmessung sind Rittmeyer-Geräte im Einsatz. Die übrigen Sensoren sind Huggenberger-Messgeräte.

Die Messwerte vom Messgerät werden in analoger Form ins Betriebsgebäude Solis hinauftransportiert. Die grösste Distanz der Kabelleitung vom Messgerät zum Betriebs-

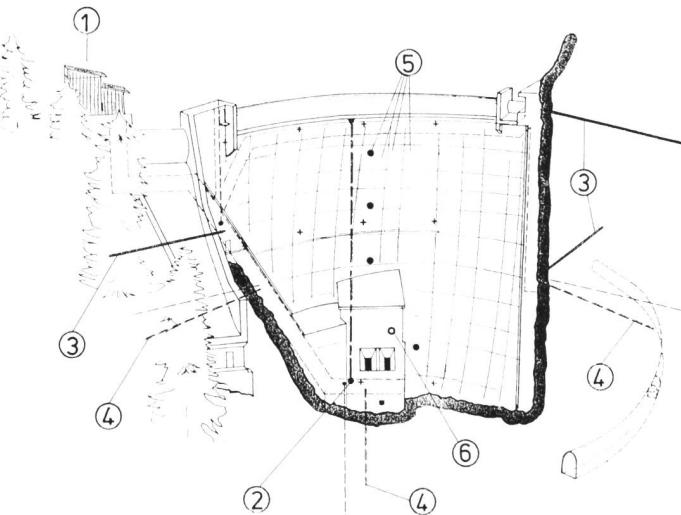


Bild 3. Fernübertragungs-Messgeräte.

- | | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| 1 Betriebsgebäude Solis | 2 Telekoordinator für das Mauerlot 1 |
| 3 3 Telerocmeter | 4 3 Telepressmeter für den Auftrieb |
| 5 13 Telethermometer | 6 2 Wasserspiegel-Messstellen. |

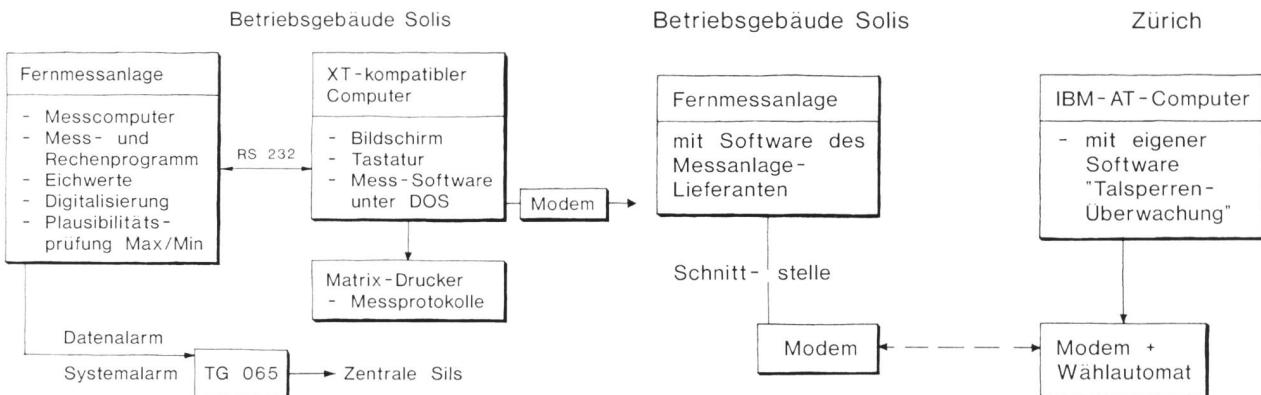


Bild 4. Der Fernmessanlageteil im Betriebsgebäude Solis.

gebäude beträgt 130 m. Dieser lange Übertragungsweg der Analogsignale hatte anfänglich grosse Schwierigkeiten bereitet, bis genügend starke Abschirmungen und Blitzschutzeinrichtungen eingebaut waren.

Der Fernmessanlageteil im Betriebsgebäude Solis

Der Fernmessanlageteil im Betriebsgebäude Solis (Bilder 4 und 5) besteht aus folgenden Komponenten: dem eigentlichen Messcomputer und einem ganz einfachen XT-kompatiblen PC mit einem Intel-8088-2-Prozessor und 20-MB-Harddisk, einem Bildschirm, der Tastatur und einem Matrix-Drucker. Am XT-Computer ist noch das Modem angeschlossen für die Verbindung nach Zürich.

Im Messcomputer läuft ein Mess- und Rechenprogramm, das den Messwert mit einem Eichwert korrigiert, das Signal digitalisiert, danach eine Plausibilitätskontrolle Max/Min durchführt und anschliessend den Messwert dem PC zuführt. Falls ein Messwert nach dreimaligem Messen immer noch ausserhalb der festgelegten Grenzwerte liegt, wird ein *Datenalarm* über das Telegyr-Fernwirkleitsystem TG-065 zur Betriebszentrale in Sils ausgelöst. Hierhin würde auch ein *Systemalarm* geleitet, wenn der Messcomputer keine regelmässigen Messungen mehr ausführen würde (Bild 4). Der Messcomputer und der XT-kompatible Computer sind über die serielle Schnittstelle RS 232 miteinander verbunden. Im XT-Computer läuft eine menugesteuerte Software, mit der man unter anderem die vorhandenen 22 Sensoren in Messklassen einteilt und die frei definierbaren Messinter-



Bild 5. Der Fernmessanlageteil im Betriebsgebäude Solis. Links im Schaltschrank der Messcomputer der Firma Huggenberger AG und darüber das PTT-Modem für die Verbindung nach Zürich. Auf dem Schreibtisch der XT-kompatible PC mit Bildschirm, Tastatur und daneben der Matrix-Drucker.

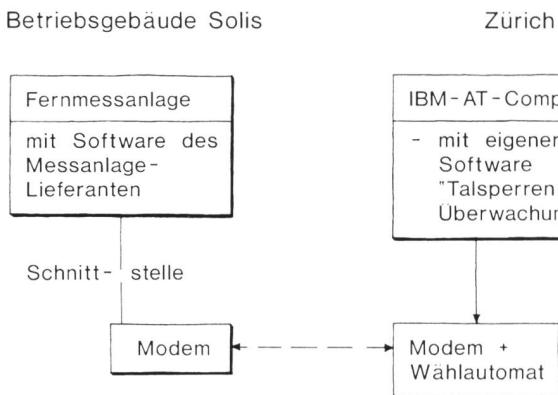


Bild 6. Die Daten-Fernübertragung von Solis nach Zürich.

vale festlegt, in denen die Messungen innerhalb von 24 Stunden gemessen werden sollen. Intervalle von Stunden bis Minuten sind möglich.

Zurzeit wird in Solis mit folgenden Intervallen gemessen und überwacht:

- der Wasserspiegel, das Lot, der Auftrieb und die Beton-temperaturen alle 6 Stunden
- die Rocmeter alle 12 Stunden

Eine Tagesmessung beginnt morgens um 6.00 Uhr. Nach 24 Messstunden wird ein Tagesprotokoll mit dem Mittelwert, dem Maximum, dem Minimum, der Varianz und dem Wert der letzten Messung errechnet.

Jede einzelne Messung und das Tagesprotokoll wird im PC im Betriebsgebäude Solis gespeichert und gleichzeitig auf den örtlichen Drucker ausgegeben. Die Datenfiles auf der Harddisk werden nach 7 Tagen wie in einem Ringspeicher mit neuen Daten überschrieben.

Als Besonderheit wurde im XT-Computer in Solis ein Festplattenschoner eingebaut, eine PC-Einsteckkarte, welche die rotierende Festplatte vor unnötigem Verschleiss schützt. Eine resident geladene Software überwacht die Plattenzugriffe. Wird während einer vom Benutzer vorgegebenen Zeit nicht auf die Festplatte zugegriffen, wird die Stromversorgung der Platte abgeschaltet.

Sobald das System erneut auf die Festplatte zugreifen will, wird die Platte wieder eingeschaltet. Der Zugriff wird so lange verzögert, normalerweise ca. 20 Sekunden, bis die Platte hochgefahren und bereit ist.

Vom Betriebsgebäude Solis aus kann auch jederzeit von einem beliebigen der 22 Sensoren eine aktuelle Messung abgefragt werden (Bild 5).

Datenübertragung von Solis nach Zürich

In Solis und in Zürich ist je ein PTT-Modem PMD 2400 installiert. Über das öffentliche Telefonnetz kann von Zürich aus die Verbindung von einem IBM-AT-Computer zur Fernmessanlage im Betriebsgebäude Solis hergestellt werden (Bild 6).

Die Verbindung kann man als «roten Draht» bezeichnen, da vom IBA Zürich aus ein direkter Zugriff auf die 22 Sensoren oder das Tagesprotokoll errichtet wird.

Die Software, die in Solis läuft, kommt vom Lieferanten der Fernmessanlage. In Zürich wird mit der eigenen Software «Talsperren-Überwachung» gearbeitet. Die Schnittstelle der beiden Softwares liegt beim Modem in Solis. Das heisst, die Regelung der Datenübernahme beim Modem in Solis, die Übertragung nach Zürich und die weitere Verarbeitung wird von der Software «Talsperren-Überwachung» gesteuert. Auf diese Software wird später noch eingegangen. Von Zürich aus wird über eine Schaltuhr der IBM-AT-Com-

Tagesprotokoll Solis

| | Mittel | Min. | Max. | Letzter Varianz | 'Roh' | MW | DB |
|---------------------------------------|--------|------|------|--------------------|-------|----|----|
| STAUMAUER SOLIS - UeBERWACHUNG | | | | | | | |
| Datum | | | | | | | |
| Zeit | | | | | | | |
| Seestand | | | | | | | |
| Mauerlot | | | | | | | |
| Rocmeter (3) | | | | | | | |
| Betontemperaturen (13) | | | | | | | |
| Auftrieb (3) | | | | | | | |
| Theoretische Deformation | | | | | | | |
| Anteil T | | | | | | | |
| Anteil W | | | | | | | |
| Δ zur gemess. Deformation | | | | | | | |

Bild 7. Das nach Zürich fernübertragene Tagesprotokoll.

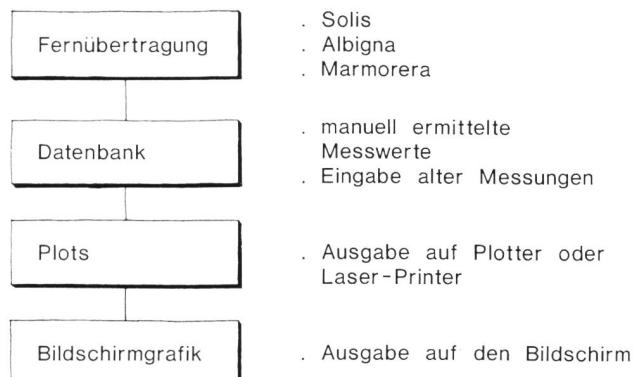


Bild 8. Die Hauptmodule der Software «Talsperren-Überwachung», die in Zürich eingesetzt wird.

puter täglich nach 6.15 Uhr automatisch gestartet. Ein Programm beginnt zu laufen. Mit Hilfe eines Wählautomaten wird die Verbindung nach Solis aufgebaut und das Tagesprotokoll der vergangenen 24 Stunden abgerufen. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit beträgt aus Rücksicht auf die Leistungsqualität nur 1200 Bit/s, dies spielt aber angesichts der kleinen Datenmenge keine Rolle. Eine Übertragung dauert ohnehin nur knapp zwei Minuten.

Die Daten werden nochmals auf ihre Plausibilität Max/Min geprüft und danach automatisch in eine Datenbank geschrieben. Gleichzeitig wird ein Tagesprotokoll ausgedruckt, das jeden Morgen im Büro Zürich vorliegt.

Das Bild 7 zeigt als Beispiel ein solches Tagesprotokoll:

- Die Messwerte werden datumbehaftet übertragen, damit bei Störungen nicht fälschlicherweise das Systemdatum des PC eingesetzt wird.
- Die Zeit gibt an, wann die letzte Messung erfolgt ist.
- Mit dem Seestand und den Betontemperaturen wird die theoretische Mauerdeformation berechnet und mit der gemessenen verglichen.
- Der gemessene Mittelwert, das Maximum, das Minimum, die Varianz und der Wert der zuletzt ermittelten Messung werden in die entsprechenden Kolonnen geschrieben.
- Einzelne «Rohwerte» werden noch automatisch auf absolute Werte umgerechnet, z.B. der Seestand und der Auftrieb auf die effektiven Koten; die Mauerlot- und die Rocmetermessung werden von der Nullmessung subtrahiert.
- Sämtliche Messwerte in der Kolonne DB werden automatisch in die Datenbank geschrieben.

Neben dem automatisch übermittelten Tagesprotokoll kann man von Zürich aus auch jederzeit aktuelle Messungen von einem oder von allen der 22 Sensoren veranlassen und übermittelt erhalten.

Die weitere Auswertung und Darstellung der Daten

Die Software «Talsperren-Überwachung», die im IBA Zürich eingesetzt wird, ist schon 1985 nach einem genauen Pflichtenheft entwickelt worden. Seither wurde sie laufend ergänzt und verbessert. Die Software wird nicht nur für Solis eingesetzt, sondern auch für weitere vom IBA betreute Stauanlagen.

Die Software besteht aus den vier Hauptmodulen: Fernübertragung, Datenbank, Erstellung von Plots und seit neuestem der Bildschirmgrafik (Bild 8).

Die grafische Darstellung der Daten ist eine der wichtigsten Anwendungen der EDV bei der Talsperrenüberwachung. Dank der neu vorhandenen Bildschirmgrafik können die Messwerte auch direkt am Bildschirm grafisch dargestellt werden, und damit wird eine papierlose und schnelle Beurteilung der Messwertentwicklung ermöglicht.

Neben den fernübertragenen Messwerten der drei Talsperren Solis, Albigna und Marmorera werden beim IBA auch die manuell ermittelten Messungen dieser Talsperren sowie die Daten weiterer vom IBA betreuter Stauanlagen in Datenbanken abgelegt und grafisch ausgewertet.

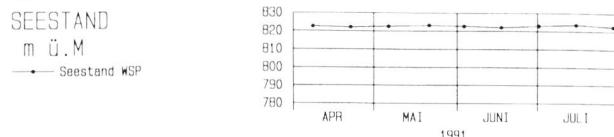
Zwei Beispiele von grafischen Auswertungen, die für A4-Formate mit dem Laser-Printer oder für grössere Formate mit dem Rollenplotter erstellt werden, zeigen die Bilder 9 und 10.

In den Jahresberichten werden die manuell ermittelten und die fernübertragenen Messwerte zusammen dargestellt. Die letzteren gelangen auf dem schnellsten Weg nach Zürich, was besonders in kritischen Lagen eine zuverlässige und rasche Beurteilung ermöglichen würde.

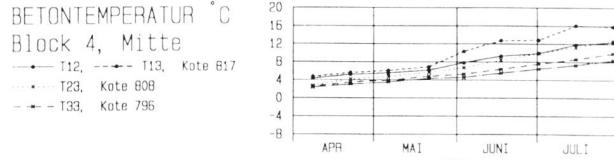
Zusammenfassung

Der Einsatz der EDV für die Talsperren-Überwachung hat im IBA, Ingenieurbüro für bauliche Anlagen, Abteilung der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, insbesondere bei der grafischen Darstellung und Auswertung namhafte Vereinfachungen gebracht, vor allem auch für die Zeichner.

a)



b)



c)

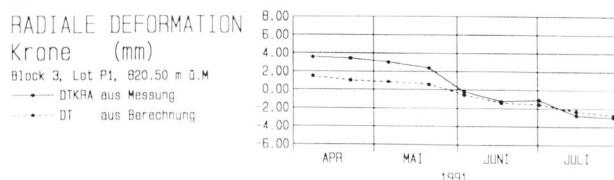
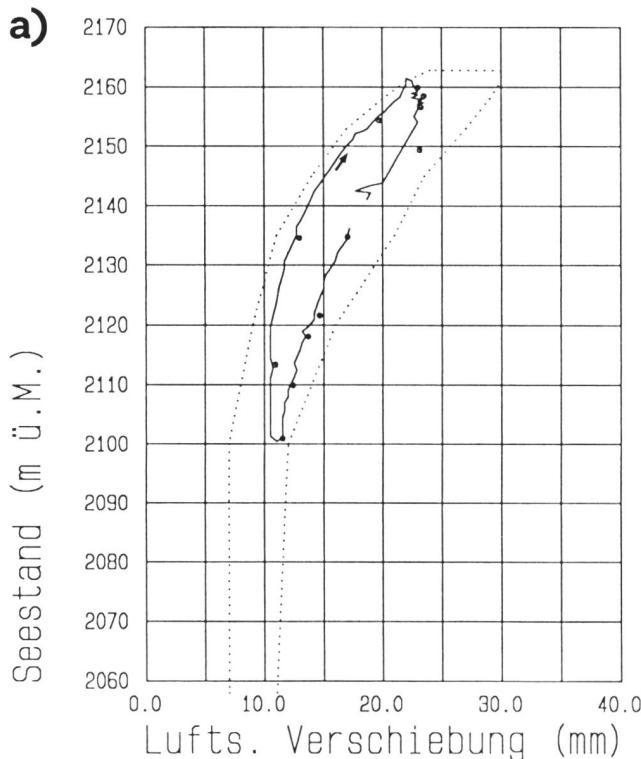


Bild 9. Die Software gestattet das Aufzeichnen von zwei beliebigen Variablen. In diesem Beispiel sind Messwerte in Funktion der Zeit dargestellt:
a) Seestand, b) Betontemperaturen, c) radiale Deformation.



b) Jahresminimum u. Maximum

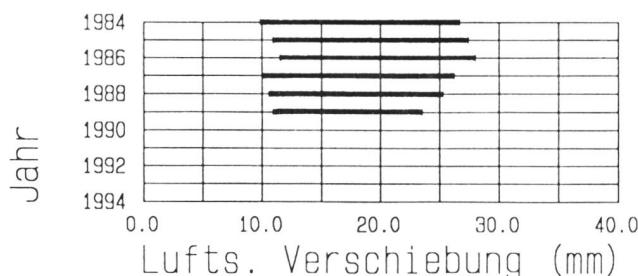


Bild 10. a) Verschiebungen in Funktion des Seestandes. Punktiert die Umhüllende als langjähriger Grenzwert Max/Min bezüglich des jeweiligen Seestands.
b) Jahresminimum und -maximum der Verschiebungen in Funktion der Zeit.

Die Sicherheit, dass Messwerte grafisch auch richtig aufgetragen werden, ist praktisch nur mit der EDV erreichbar. Mit den gespeicherten Daten können durch Vergleiche und Auswertungen interessante Zusammenhänge und Erkenntnisse gewonnen werden.

Die Fernübertragung von Messwerten der Talsperrenüberwachung nach Zürich ist zuverlässig und würde besonders in kritischen Fällen eine rasche Beurteilung ermöglichen. Die visuellen Kontrollen und Handmessungen der Talsperrenwärter haben nach wie vor erste Priorität. Die Messwert-Fernübertragung dient als Ergänzung und zur täglichen Messung.

Seit der Einführung der Informatik für die Talsperrenüberwachung im IBA im Jahre 1985 fand eine rasante Entwicklung in Hard- und Software statt. Im Vergleich zu den heutigen Möglichkeiten ist die angewendete Software schon recht alt.

Die Neuerungen in der Software können nicht so einfach dargestellt werden wie die Entwicklung in der Hardware. Den Hardware-Fortschritt, wie wir ihn erlebt haben, zeigt Bild 11 auf eindrückliche Weise.

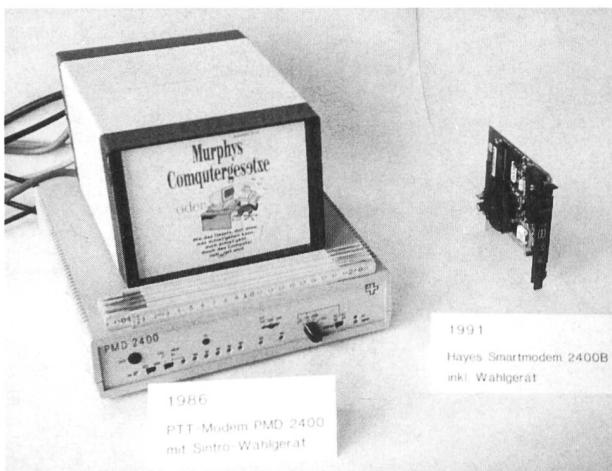


Bild 11. Rasante Hardware-Entwicklung.

Das PTT-Modem PMD 2400 mit dem Sintro-Wählgerät war 1986 das modernste und einzig erhältliche in der Schweiz. Im Frühjahr 1991, also nur 5 Jahre später, wurde für einen weiteren PC in Zürich aus Gründen der Redundanz ein neues Modem mit eingebautem Wählgerät gekauft, das als Winzling sämtliche Funktionen des alten auf einer kurzen PC-Steckkarte erfüllen kann.

Adresse des Verfassers: Bernhard Andres, dipl. Ing. HTL; IBA, Ingenieurbüro für bauliche Anlagen, Abt. der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, CH-8023 Zürich.

Überarbeitete Fassung eines Vortrags, den der Verfasser an der Tagung vom 12. und 13. September 1991 in Stans gehalten hat, die dem Thema «Informatik in der Talsperrenüberwachung» gewidmet war. Die Tagung wurde von der Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren durchgeführt.

Felsmechanische Untersuchungen anlässlich der Verstärkung der Kölnbreinsperre

Im Gründungsbereich der 1977 fertiggestellten 200 m hohen Gewölbemauer Kölnbrein erreichten beim Aufstau im Jahre 1978 die Sickerwasserverluste und der Kluftwasserdruck unerwartet hohe Werte. 10 m unter dem Stauziel führten die Drainagen im Sohlgang bis 200 l/s Wasser, und die Manometer der Piezometer zeigten noch im mittleren Drittel der Aufstandsfläche Sohlenwasserdruckwerte, die 100% der Stauhöhe entsprachen. Mit Bohrungen und zusätzlichen Messeinrichtungen wurde erkundet, dass sich im luft- und wasserseitigen Aufstandsbereich der höchsten Sperrenblöcke Risse im Beton und im Felsuntergrund bildeten. In den folgenden Jahren wurde versucht, den Rissbereich mit Injektionen, einem Gefrierschirm und schliesslich mit einem wasserseitig der Sperre angeordneten Vorbohrungen abzudichten. Da sich mit diesen Ergänzungsmassnahmen die erwartete Stabilisierung im Tragverhalten der Sperre nicht einstellte, entschlossen sich die Österreichischen Draukraftwerke im Jahre 1985, gemeinsam mit Dr. G. Lombardi, Locarno, ein Projekt zur Sanierung der Kölnbreinsperre auszuarbeiten, das eine Abstützung der Sperre gegen ein luftseitig errichtetes, rund 70 m hohes Stützgewölbe und die Stabilisierung der Risszonen durch Injektionen vorsieht (Bild 1).

Das Projekt wurde mehrere Jahre lang von den Sachverständigen der Obersten Wasserrechtsbehörde begutach-