

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 90 (1998)  
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Moderne Leittechnik  
**Autor:** Hepp, Philip  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939408>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

# Moderne Leittechnik in der Talsperrenüberwachung

Philip Hepp

## Zusammenfassung

Mit dem Einsatz moderner Leittechnik in der Talsperrenüberwachung stehen neue und leistungsfähige Werkzeuge zur Verfügung. Die Beurteilung des Talsperrenverhaltens kann verbessert werden. Die Betriebsführung lässt sich vereinfachen und der Überwachungsaufwand reduzieren.

Das Automatisierungskonzept für eine Talsperrenüberwachung ist immer anlage- und betreiberspezifisch zu erarbeiten. Als Grundlage dazu wird nachfolgend ein prinzipielles Leittechnikkonzept vorgeschlagen. Anhand geeigneter Funktionen der Leittechnik sowie mit einem Anwendungsbeispiel werden die Möglichkeiten und der Nutzen einer Automatisierung aufgezeigt.

**Résumé: Technique de gestion moderne pour la surveillance de barrages**

Grâce à l'utilisation d'une technique de gestion moderne dans la surveillance de barrages, nous disposons à ce jour d'un outil nouveau et puissant. L'analyse du comportement d'un barrage peut en être améliorée. La conduite d'exploitation de barrage devient plus simple et les coûts dus à sa surveillance s'en trouvent réduits.

Le concept d'automatisation pour une surveillance de barrage est toujours réalisé spécifiquement en fonction de l'installation et de ses conditions d'exploitation. Nous vous présentons ci-après un tel concept de base, réalisé à partir d'un système moderne de gestion. En annexe, vous trouverez également les fonctions particulières de cette technique de conduite ainsi qu'un exemple d'application vous montrant les possibilités et l'utilité d'une automatisation.

## 1. Leittechnikkonzept

### 1.1 Anforderungen

Das Leittechnikkonzept einer Talsperrenüberwachung muss in den Rahmen des gesamten Sicherheitskonzeptes der Stauanlage integriert und auf die individuellen Anforderungen des Betreibers abgestimmt werden. Insbesondere ist ein auf Kosten und Nutzen optimierter Automatisierungsgrad festzulegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass neben einer automatisierten Verhaltensüberwachung immer auch periodische Talsperrenbegehungen zur Zustandskontrolle und für Funktionsüberprüfungen stattfinden müssen.

Wesentliche Grundlagen zur Erarbeitung eines anlage-spezifischen Leittechnikkonzeptes sind:

- das Überwachungskonzept des Betreibers und die gesetzlichen Bestimmungen;
- die Festlegung der automatisiert zu erfassenden Messdaten;
- die anzuwendenden Methoden zur Datenauswertung;
- die Örtlichkeiten der Datenerfassungen und der Datenauswertungen;
- die Schnittstellen der Leittechnik zu bestehenden oder allfälligen zukünftigen Einrichtungen;
- die möglichen Kommunikationswege in der Talsperre und zu den übergeordneten Überwachungsstellen;
- die Festlegung redundanter Funktionen;
- das Verhalten bei Systemstörungen;
- die herrschenden Umweltbedingungen.

### 1.2 Lösungsvorschlag

Der Vorschlag eines prinzipiellen Leittechnikkonzeptes (Bild 1) kann als Ausgangslage für eine massgeschneiderte, anlagenspezifische Lösung dienen.

Dem örtlich verteilten Prozess der Talsperrenüberwachung wird mit einem modularen Systemaufbau Rechnung getragen, der im wesentlichen die folgenden Systemkomponenten beinhaltet:

- Prozessstationen und Handheld-Computer zur automatisierten und dezentralisierten Messdatenerfassung in der Talsperre;
- Überwachungs-Leitstellen zur zentralen Datenauswertung, Alarmierung, Visualisierung, Protokollierung und Archivierung in der Talsperre und in einer besetzten Zentrale;
- redundante Kommunikationseinrichtungen in der Talsperre und zur Zentrale;
- Kommunikationsschnittstelle zur Datenausgabe an ein allfälliges Kraftwerkleitsystem;

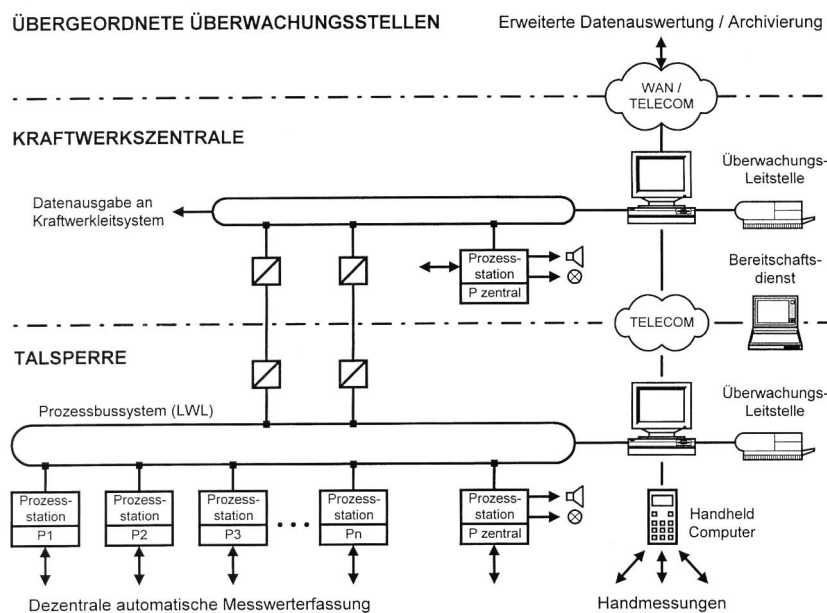


Bild 1. Prinzipielles Leittechnikkonzept für die Talsperrenüberwachung.

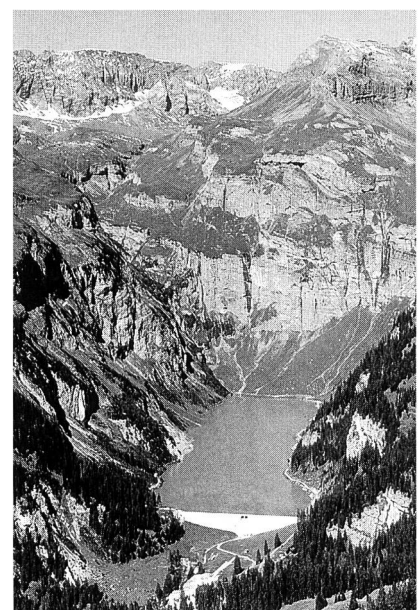


Bild 2. Staumauer Panix GR.

– Kommunikationsschnittstelle zu übergeordneten Überwachungsstellen für erweiterte Datenanalysen und zur langfristigen Datenarchivierung.

## 2. Funktionen der Leittechnik

Mit einem modernen Prozessleitsystem können für die Talsperrenüberwachung leistungsfähige Funktionen realisiert werden. Durch einen frei wählbaren Redundanzgrad für einzelne Funktionseinheiten wird deren Verfügbarkeit gezielt erhöht. Die verteilte Systemarchitektur ermöglicht die Funktionen dort zu erfüllen, wo sie aus Sicht des Prozesses erfüllt werden müssen. Zum Beispiel können abgelegene Messwerte in einer dezentralen Prozessstation erfasst und vorverarbeitet werden, während die weitere Auswertung gemeinsam und übersichtlich mit anderen Daten in einer zentralen Überwachungsstation erfolgt. Die Durchgängigkeit des Leitsystems bildet die Grundlage für eine hohe Verfügbarkeit und gewährleistet eine einfache Betriebsführung. Überall im System bleiben die Prozessdaten von der Erfassung bis zur Auswertung unverändert, und Signaldefinitionen sind nur einmalig nötig.

### 2.1 Automatische Messwernerfassung

Die automatische Messwernerfassung erfolgt mittels Prozessstationen (Bild 3), die zentral oder dezentral vernetzt in der Talsperre angeordnet werden können.

Die Messwerte werden beim Stationseintritt mit einem Zeitstempel versehen, um die zeitbezogene Gleichwertigkeit im ganzen Leitsystem sicherzustellen. Abhängig vom jeweilig installierten Messsystem werden die Messwerte galvanisch, das heisst als analoges oder digital codiertes Signal, oder über eine serielle Schnittstelle kontinuierlich in die Prozessstation eingelesen. Eine serielle Verbindung erlaubt den vollständig transparenten digitalen Datenaustausch zwischen Messsystem und Prozessstation mit höchster Auflösung und detailliertesten Systemüberwachungsmöglichkeiten (Bild 4, Beispiel Seestandsmessung).

Alle erfassten Messwerte werden prozessnah und laufend auf Ausfall und Plausibilität, beispielsweise durch Überschreiten von Grenzwerten, Gradienten oder Abweichungen von anderen Messwerten, überwacht. Eine Funktionsstörung wird sofort alarmiert.

### 2.2 Kommunikation in der Talsperre und zur Zentrale

Die Kommunikation zwischen den dezentral in der Talsperre angeordneten Prozessstationen und den zentralen Überwachungs-Leitstellen in der Talsperre sowie zur Zentrale hat mit hoher Betriebssicherheit, angepasstem Datendurchsatz und einfach realisierbaren Übertragungswegen zu erfolgen. Insbesondere muss beim Ausfall einer Station der Weiterbetrieb des Leitsystemes sichergestellt sein. Häufig ist auch eine zeitlich etappierte Realisierung oder spätere Erweiterung der Talsperrenautomatisierung vorzusehen.

Diese Anforderungen können durch die Vernetzung mit einem Prozessbussystem LAN (Local Area Network) erfüllt werden. Die Netztopologie ist praktisch frei wählbar und auf die geographischen Verhältnisse abstimmbare. Die in Bild 1 vorgeschlagene Ringstruktur gewährleistet eine hohe Datenübertragungssicherheit. Durch den Einsatz von Lichtwellenleitern können zudem die Störfestigkeit und der Datendurchsatz der Kommunikation erhöht werden.

Für den Fernbereich können ergänzend Fernwirkverbindungen WAN (Wide Area Network) ins Leitsystem integriert werden, insbesondere um bestehende Signalkabel oder Telekommunikationsverbindungen (Stand- oder Wählleitungen, ISDN, Infranet, Funk usw.) auszunutzen.

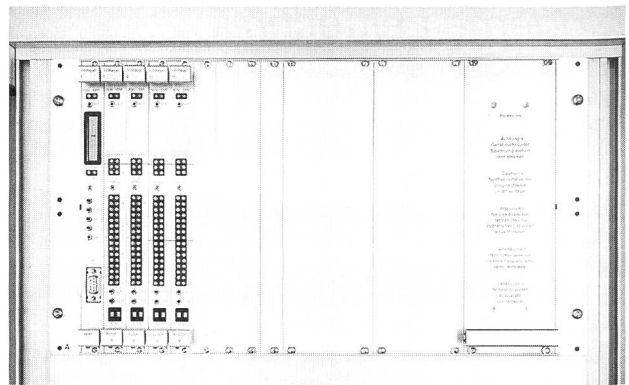


Bild 3. Prozessstation zur automatischen Messwernerfassung und prozessnahen Überwachung.

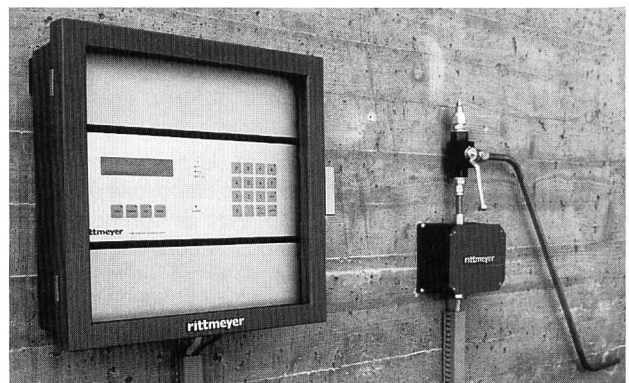


Bild 4. Hydrostatische Seestandsmessung mit seriellen Datenanschluss an die Prozessstation.



Bild 5. Handheld-Computer zur automatisierten Erfassung von Handmessungen und zur Identifikation der Messstellen mit integriertem Strichcodeleser.

### 2.3 Automatisierte Handmessungen

Zusätzlich zu den automatisch erfassten Messwerten sind während der regelmässigen Kontrollgänge in der Talsperre üblicherweise noch weitere Messwerte zu erfassen. Zur Automatisierung dieser periodischen Handmessungen empfiehlt sich der Einsatz eines mobilen und ins Leitsystem integrierten Handheld-Computers (Bild 5).

Vor einem Kontrollgang werden die aufgrund des aktuellen Talsperrenzustandes für die einzelnen Messungen berechneten Grenzwerte von der Überwachungs-Leitstelle über eine serielle Schnittstelle in den Handheld-Computer geladen. An der jeweiligen Messstelle identifiziert der Talsperrenwärter diese mit dem im Gerät integrierten Strichcodeleser und tippt den abgelesenen Messwert ein. Die Eingabe wird sofort auf Plausibilität und Grenzwertüberschreitung geprüft. Damit können Eingabefehler oder

defekte Messeinrichtungen frühzeitig vor Ort erkannt werden. Nach Abschluss des Kontrollganges werden die erfassten Messwerte über die serielle Schnittstelle an die Überwachungs-Leitstelle zur weiteren Verarbeitung übertragen.

Im Vergleich zu einer konventionellen Handmessung mittels handschriftlichem Messblatt können so die Betriebsführung vereinfacht, die Fehlerwahrscheinlichkeit gesenkt und zusätzliche Kontrollgänge eingespart werden.

## 2.4 Messwertaufbereitung

Mit der Überwachung der Verhaltensindikatoren Verformung, Durchsickerung und äussere Belastung (Seestand, Temperaturen, Niederschlag, Erd drücke) kommen Dutzende von verschiedenen Messmethoden zur Anwendung. Die durch das Leitsystem erfassten Messdaten stehen vorerst häufig nur als Rohwerte zur Verfügung, die durch eine Messwertaufbereitung für die weitere Auswertung umgerechnet werden müssen, beispielsweise für die Berechnung von

- Verformungswerten aus verschiedenen geometrischen Messgrössen;
- Abflussmengen aus Überfallmessungen;
- Abflussmengen aus Volumen- und Zeitmessungen (volumetrische Messmethode);
- Niederschlagsmenge aus Messimpulsen;
- Stausee-Füllungsgrad und -Energieinhalt aus Wasserstandsmessung.

Diese Messwertaufbereitung erfolgt üblicherweise möglichst prozessnah. So kann zum Beispiel im Handheld-Computer die Sickerwassermenge aus einer Stechpegelmessung oder mittels volumetrischer Behältermessung direkt an der Messstelle ermittelt werden. Umfangreichere sowie von Messgrössen verschiedener Örtlichkeiten abhängige Berechnungen, wie beispielsweise diejenigen für die Verformungswerte, werden in der zentralen Überwachungs-Leitstelle durchgeführt.

## 2.5 Automatische Belastungs- und Verhaltensüberwachung

Für die im Rahmen des Automatisierungskonzeptes definierten Belastungs- und Verhaltensgrössen kann im Leitsystem eine leistungsfähige automatische Überwachung realisiert werden. Entsprechend aufbereitete Messwerte werden dazu laufend und verzugslos mit zulässigen Referenz- oder Grenzwerten verglichen. Bei unzulässigen Abweichungen wird sofort ein Alarm ausgelöst. Dies ermöglicht zusammen mit der Funktionsüberwachung der Messeinrichtung frühzeitige und gezielte Interventionen.

Anwendungsabhängig werden verschiedene Methoden zur Festlegung der Grenzwerte im Leitsystem eingesetzt. Die einfachste ist die Eingabe eines festen Grenzwertes, der aus einer deterministischen Modellrechnung oder aus früheren Messungen mittels statistischen Modells ermittelt wurde. In anderen Fällen ist es notwendig, den Grenzwert laufend aufgrund des aktuell gemessenen Belastungszustandes der Mauer (z.B. Seestand, Temperaturen) neu zu berechnen. Dazu können mathematische Formeln ins Leitsystem integriert werden, die ebenfalls auf Modellrechnungen beruhen (Bild 6). Da in einer solchen Grenzwertberechnung üblicherweise Messwerte verschiedener Örtlichkeiten involviert sind, wird diese sowie die zugehörige Überwachung in einer zentralen Station durchgeführt.

## 2.6 Zentrale Visualisierung und Datenverarbeitung

Zur Beobachtung des Talsperrenverhaltens wie auch zur Beurteilung der Überwachungseinrichtungen selbst sind die Daten dem Überwachungspersonal zentral und über-

$$s(t) = q(t) \cdot x_1 + q^2(t) \cdot x_2 + q^3(t) \cdot x_3 + q^4(t) \cdot x_4 + T_1(t) \cdot x_5 + T_2(t) \cdot x_6 + T_3(t) \cdot x_7 + T_4(t) \cdot x_8 + T_5(t) \cdot x_9 + T_6(t) \cdot x_{10} + T_7(t) \cdot x_{11} + T_8(t) \cdot x_{12} + T_9(t) \cdot x_{13} + T_{10}(t) \cdot x_{14} + x_{15} + d(t) \cdot x_{16} + \log d(t) \cdot x_{17} + \cos(\text{Ad}[t]) \cdot x_{18} + \sin(\text{Ad}[t]) \cdot x_{19} + \sin^2(\text{Ad}[t]) \cdot x_{20} + \sin(\text{Ad}[t]) \cdot \cos(\text{Ad}[t]) \cdot x_{21}$$

oberer Grenzwert =  $s(t) + \Delta s$   
 unterer Grenzwert =  $s(t) - \Delta s$

Bild 6. Beispiel einer in die Prozessstation integrierten Formel zur belastungszustandsabhängigen Grenzwertberechnung für die automatische Verhaltensüberwachung.

sichtlich zur Interpretation bereitzustellen. Die Auswertungen müssen bedienerfreundlich erfolgen und die Datensicherheit muss immer gewährleistet werden. Dazu dienen leistungsfähige Überwachungs-Leitstellen, die mit einem oder mehreren Bildschirmen und Druckern ausgerüstet werden können. Ihr Einsatz erfolgt üblicherweise in der Talsperre sowie in einer besetzten Kraftwerkszentrale. Die Tiefe der hier vorgenommenen Datenverarbeitung im Vergleich zu derjenigen in den übergeordneten Überwachungsstellen ist im betreiberspezifischen Überwachungskonzept festzulegen. In den zentralen Überwachungs-Leitstellen sind insbesondere die folgenden Funktionen vorgesehen:

- Die Visualisierung des aktuellen Prozesszustandes erfolgt mit laufend auf dem Bildschirm nachgeführten, vollgrafischen Prozessbildern. Diese werden objektorientiert oder funktionsbezogen aufgebaut und dienen auch als Einstieg für die weiteren Auswertungen. Die menügesteuerte Bildschirmbedienung ermöglicht zudem eine einfache Dateneingabe, beispielsweise zur Korrektur von fehlerhaften Messungen, zur Änderung von Parametern für Rechenmodelle oder als alternative Eingabemethode für Handmessungen.
- Die Verdichtung der höherfrequent erfassten oder berechneten Momentanwerte bezüglich Zeit (z.B. Minuten-, Stunden-, Tages-, Monatswerte usw.) und bezüglich Wert (z.B. Mittel-, Minimum-, Maximumwerte usw.) bildet die Grundlage für die weiteren Auswertungen. Eine bedienergerecht angepasste Datenverdichtung ermöglicht übersichtliche Analysen, schnelle Datenabrufbarkeit und die Reduktion der zu archivierenden Datenmenge.
- Die Kurvengrafiken und Tabellen sind leistungsfähige Mittel zur Beobachtung des Kurzzeit- und Langzeit-Verhaltens von Messwerten und berechneten Grössen. Die Echtzeitstempelung aller Daten ermöglicht vergleichbare Resultate für den jeweilig gewählten Beobachtungszeit-

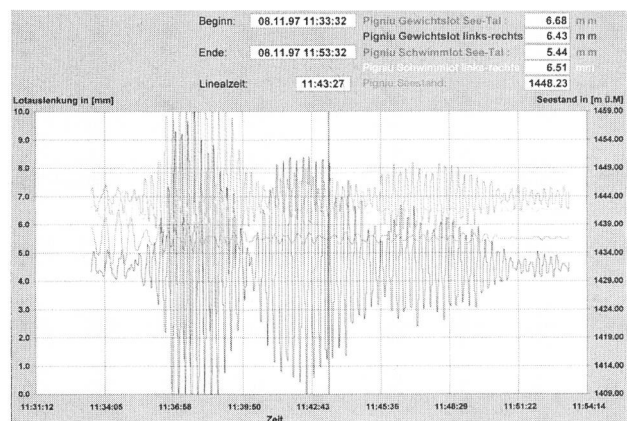


Bild 7. Ereignisgesteuerte Aufzeichnung der Lotauslenkungen und des Seestandes während eines Erdbebens.

raum. Messwerte können auch in Funktion von Einflussparametern (z. B. Belastungszustand) und zusammen mit den Resultaten früherer Messungen dargestellt werden (z. B. Hüllkurve für Fünfjahresperiode).

- Die Auswertungen lassen sich wahlweise auf Bildschirm oder Drucker ausgeben. Sie können standardisiert aus vordefinierten Formularen und Grafiken ausgewählt oder individuell zusammengestellt werden. Der Ausdruck kann als automatisch erstellter Bericht zu frei wählbaren Zeitpunkten oder spontan ausgelöst erfolgen.
- Die Archivierung der Daten erfolgt auf Festplatte, die Datensicherung auf unabhängigen externen Speichermedien.

### 2.7 Ereignisgesteuerte Aufzeichnungen

Plötzlich eintretende Ereignisse wie Erdbeben oder Lawenniedergänge können die Talsperre sehr stark belasten. Um diese Belastungen beurteilen zu können, werden dafür repräsentative Messgrößen zeitlich dichter aufgezeichnet (z. B. ein Messwert pro Sekunde).

Die Detektion des Ereignisses erfolgt dabei über den Gradienten des Messwertes und wird alarmiert. Mit der kontinuierlichen Speicherung der Messwerte in einem Rundpuffer der Prozessstation ist eine Datenerfassung vor, während und nach dem Ereignis gewährleistet, während sich die Datenmenge auf die Dauer des Aufzeichnungsintervalles (z. B. 20 Minuten) beschränkt.

Die Daten werden in der zentralen Überwachungs-Leitstelle ausgewertet. Zur Visualisierung steht die Kurvengrafik zur Verfügung (Bild 7).

### 2.8 Alarmierung

Zur Alarmierung wird ein in die Überwachungs-Leitstelle integriertes Alarmsystem eingesetzt, das alle vom Prozess eingelesenen Störmeldungen sowie die vom Überwachungssystem selbst erzeugten Alarmmeldungen verarbeitet.

Die Alarmausgabe kann in frei wählbarer Reihenfolge an verschiedene Stellen und auf unterschiedlichste Medien, wie beispielsweise Bildschirm, Protokolldrucker, Pager, Sprachprozessor, Kraftwerkleitsystem, Lampen oder Horn, erfolgen. Das Überwachungspersonal kann so aktuell und am richtigen Ort über die eintreffenden Alarme sowie deren Priorität informiert werden. Dies lässt sich statisch oder dynamisch in Abhängigkeit des Prozesszustandes festlegen. Am Bildschirm können mittels Fenstertechnik Alarme einfach quittiert, das dem Alarm zugeordnete Prozessbild

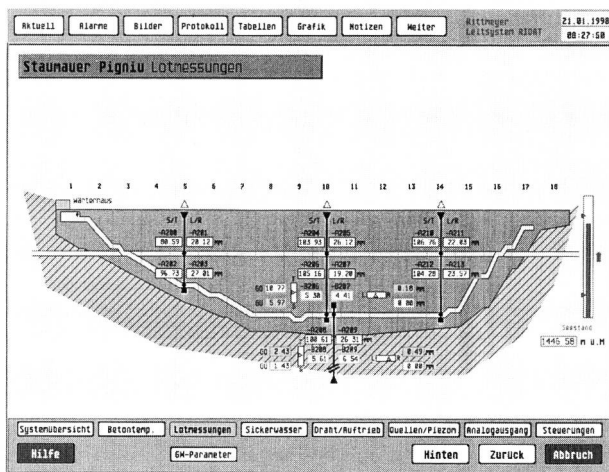


Bild 8. Prozessbild der Überwachungs-Leitstelle zur Online-Visualisierung der Lotmessungen und ihrer Grenzwerte.

aufgeschaltet und ein dem Alarm zugehöriger Interventionshinweis abgerufen werden.

Zur Unterstützung des Überwachungspersonals lässt sich zudem, von jedem mit einem Telefonanschluss ausgestatteten Ort, ein Bereitschaftssystem (Bild 1) betreiben. Die Funktionalität eines solchen abgesetzten Arbeitsplatzes kann bis zu derjenigen einer Überwachungs-Leitstelle ausgebaut werden.

### 2.9 Datenaustausch mit übergeordneten Überwachungsstellen

Im Überwachungssystem werden die Daten bedürfnisgerecht für die vertiefte Datenanalyse und die langfristige Archivierung in den übergeordneten Überwachungsstellen aufbereitet. Der resultierende Datenaustausch kann automatisiert über Telefonwählnetz, WAN oder andere Netzwerke erfolgen.

## 3. Anwendungsbeispiel Staumauer Panix

Der Stausee Panix liegt in einem Seitental des Vorderrheins auf einer Höhe von 1450 m ü. M. im Kanton Graubünden. Die als Gewichtsmauer ausgeführte Staumauer ist 53 m hoch und hat eine Kronenlänge von 240 m (Bild 2). Das Wasser aus dem Stausee wird im Kraftwerk Ilanz verarbeitet. Dieses wird mit allen seinen Einrichtungen von der Zentrale Tavanasa aus ferngesteuert und überwacht.

Die Kraftwerke Ilanz AG haben sich nach sorgfältiger Evaluation für eine Talsperrenüberwachung mit dem Prozessleitsystem Ridat der Rittmeyer AG entschieden. Die Planung erfolgte gemeinsam mit der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK). Die Anlage wurde 1997 in Betrieb gesetzt.

Das Leittechnikkonzept für diese Talsperrenüberwachung entspricht grundsätzlich dem in Bild 1 dargestellten Konzept, wobei die automatische Datenerfassung in der Talsperre zentral durch zwei Prozessstationen erfolgt, die zudem als redundante Kommunikationseinrichtungen zur Zentrale (Fernwirkverbindungen) dienen.

Im Leitsystem wurden im wesentlichen die in Kapitel 2 beschriebenen Überwachungsfunktionen realisiert. Zusätzlich sind auch Betriebsfunktionen, wie beispielsweise die Steuerung und Regulierung für Wasserfassungen und Hochwasserentlastung, implementiert.

Die Software ist modular und funktionsbezogen aufgebaut und greift auf eine für die Talsperrenüberwachungsaufgaben standardisierte und erprobte Funktionsbibliothek zu.

Die Überwachungs-Leitstellen zur zentralen Datenauswertung, Alarmierung, Visualisierung, Protokollierung und Archivierung in der Staumauer Panix und in der Zentrale Tavanasa sind weitgehend identisch. Damit wird sichergestellt, dass die beiden Teilsysteme bei Störungen so weit wie möglich autonom weiterfunktionieren.

Zur übersichtlichen Visualisierung des aktuellen Zustandes werden etwa ein Dutzend funktionsbezogene Prozessbilder (Bild 8, Beispiel Lotmessungen) eingesetzt.

Das Überwachungssystem besitzt eine Kommunikationsschnittstelle zum NOK-Datennetz. Der Datenaustausch erfolgt mittels File-Transfer über eine WAN-Verbindung. Einerseits werden die vom Überwachungssystem täglich aufbereiteten Daten an die übergeordnete Überwachungsstelle der NOK in Baden zur vertieften Analyse und Langzeitarchivierung übertragen, andererseits werden dort berechnete Grenzwerte ans Überwachungssystem zurückgeschickt.

## 4. Nutzen der Leittechnik

### 4.1 Verbesserte Verhaltensbeurteilung

Die Beurteilung des Talsperrenverhaltens kann durch den Einsatz eines Leitsystemes wesentlich verbessert werden. Der diesbezügliche Nutzen lässt sich unter anderem wie folgt aufzeigen:

- Durch die Ausweitung der Datenverarbeitungsmöglichkeiten kann ein anomales Verhalten der Talsperre differenzierter und rascher erkannt werden. Leistungsfähige Berechnungen und Auswertungen sowie die Echtzeitstempelung aller Daten ermöglichen aussagekräftige Vergleiche in frei wählbaren Beobachtungszeiträumen. Messwerte können auch in Funktion von Einflussparametern oder zusammen mit den Resultaten früherer Messungen analysiert werden.
- Die Einflüsse von ausserordentlichen Ereignissen wie Erdbeben oder Lawinnenniedergängen können detaillierter betrachtet werden.
- Die automatische Belastungs- und Verhaltensüberwachung sowie diejenige der Überwachungseinrichtungen selbst ermöglichen rasche und gezielte Interventionen. Wiederholungen von Messungen können rechtzeitig ausgeführt werden.
- Mit dem Einbezug von automatischen Messungen lassen sich Überwachungen laufend durchführen und Zeitspannen der Unzugänglichkeit einer Talsperre (z. B. im Winter) überbrücken.

### 4.2 Reduzierter Überwachungsaufwand

Durch eine Automatisierung können die Betriebsführung vereinfacht und der Überwachungsaufwand reduziert werden. Die Vorteile lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Die zentrale und übersichtliche Darstellung der Daten sowie die bedienerfreundlichen Auswertungen ermöglichen eine effiziente Interpretation.

- Die Auswertungen und Berichte können rechnergestützt und automatisiert erstellt werden.
- Die Daten sind jeweils nur ein einziges Mal zu erfassen und aufzubereiten und stehen danach allen Überwachungsstellen zur Verfügung.
- Die Datenmenge kann durch eine automatische Datenverdichtung bedürfnisgerecht verkleinert werden.
- Die Papiermenge wird dank elektronischer Datenarchivierung markant reduziert.
- Die periodischen Kontrollgänge in der Talsperre werden durch den Einsatz eines Handheld-Computers wirkungsvoller genutzt, und die Handmessungen sind fehlersicherer.
- Durch die prozessnahe und automatisierte Überwachung der Messeinrichtungen können zusätzlich nötige Begehungen vermindert werden.
- Die Alarmierung erfolgt automatisch und verzugslos an die verantwortliche Stelle, der Einsatz moderner Fernalarmierungssysteme erlaubt eine erhöhte Bewegungsfreiheit des Bereitschaftsdienstes.

### 4.3 Schlussfolgerung

Die Verwendung moderner Leittechnik bringt dem verantwortungsbewussten Betreiber von Talsperren spürbare Gewinne im Bereich der Verhaltensbeurteilung und des Überwachungsaufwandes. Dank modularem Aufbau kann auch eine zeitlich etappierte Modernisierung wirtschaftlich sichergestellt werden. Die Festlegung des auf Kosten und Nutzen optimierten Automatisierungsgrades muss immer anlage- und betreiberspezifisch erfolgen. Im Rahmen der fast unbegrenzten Möglichkeiten der heutigen Technik ist die massgeschneiderte und auf Standards aufgebaute, den wirklichen Bedürfnissen entsprechende Lösung der Schlüssel zum Erfolg.

Adresse des Verfassers: *Philip Hepp*, dipl. Ing. ETH, Abteilungsleiter Kraftwerke, Rittmeyer AG, Postfach 2143, CH-6302 Zug.

## Neuer Anlauf für Gezeitenkraftwerke an Küsten und in Meeresstrassen?

*Daniel Vischer*

Die immer wieder vorausgesagte Proliferation von Gezeitenkraftwerken ist bis jetzt ausgeblieben. Dasselbe gilt auch in bezug auf die Wellenkraftwerke. Kann man also die Kraft der Meere tatsächlich nicht wirtschaftlich und umweltverträglich nutzen? – Interessant ist immerhin, dass heute diesbezüglich ein neuer Anlauf genommen wird. Es geht darum, allein die Meeresströmungen zu nutzen. Diese Idee ist an sich zwar nicht neu, aber vielleicht lässt sie sich dank neuer Technologien nun preiswert verwirklichen. Dabei wird vor allem an die von den Gezeiten herrührenden Meeresströmungen gedacht, doch wird beispielsweise so nebenbei auch der Golfstrom in Erwägung gezogen. Im Vordergrund der Entwicklung stehen zwei Methoden.

Die erste Methode besteht darin, dass man an einer strömungsintensiven, aber nur etwa 30 m tiefen «Ecke» des Ozeans einen Park von horizontalachsigen Propellern auf am Meeresboden verankerte Masten stellt. Die Landschaft unter Wasser erhält damit den Aspekt einer Windfarm über Wasser. Daher wurde für diese Art Kraftwerk das Schlagwort «Tidal Farm», das heisst Gezeitenfarm, geprägt. Die Technologie der tief im Meeresboden eingebundenen

Masten soll den Stützen für die Bohrplattformen der Erdölindustrie abgeschaut werden. Die Generatoren sitzen auf der gleichen Achse wie die Propeller, liegen also unter Wasser. Der Strom wird über Kabel auf dem Meeresboden bis zur nahen Küste geführt und dort via Transformatoren ins Netz gespeist. Es wird geschätzt, dass man bei Strömungsgeschwindigkeiten von idealerweise 2 bis 3 m/s und Propellern von 20 m Durchmesser rund 1 MW Leistung gewinnen könne. Pro km<sup>2</sup> Meeresfläche sollen sich auf diese Weise 10 MW «ernten» lassen.

Die zweite Methode gleicht einem Gezeitenkraftwerk im Stil von St-Malo an der französischen Rance schon etwas

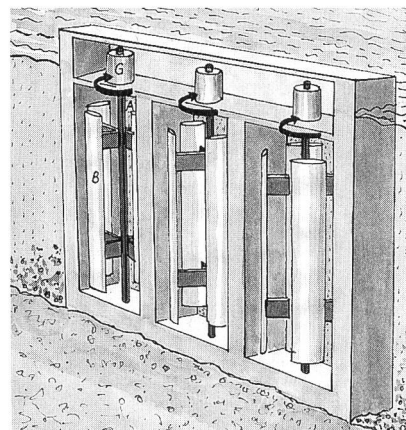


Bild 1. «Tidal Fence» zur Raffung und Nutzung einer Meeresströmung. Drei vertikalachsige Turbinen treiben drei über dem Wasser liegende Generatoren an.  
A. Achse, B. Rotorblatt, G. Generator.