Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 7-8

Artikel: Instrumentierung einer Talsperre
Autor: Hauenstein, Walter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940573

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: 23.08.2025

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

Instrumentierung einer Talsperre

Informatikgerechte Erneuerung

Dr. Walter Hauenstein

1. Einleitung

Die folgenden Ausführungen sollen Erfahrungen und Überlegungen zum Gegenstand haben, welche bei der Erneuerung der Messanlagen bestehender Stauanlagen berücksichtigt werden sollten, wenn gleichzeitig mit dieser Erneuerung der Schritt zur *computerunterstützten Bearbeitung der Messwerte* durchgeführt werden soll. Diese Überlegungen werden aus der Sicht des Baufachmannes gemacht. Es geht also primär um die mit der Überwachung verbundenen Probleme und weniger um technische Realisierungen. Unter dem Begriff Instrumentierung wird die Kette von den Messgeräten über die Fernübertragungseinrichtungen bis zur EDV-Anlage verstanden.

Es wird davon ausgegangen, dass bereits im Ausgangszustand gewisse Messgrössen automatisch erfasst, fernübertragen, fernangezeigt und auf mehr oder weniger einfache Art und Weise auf Grenzwertüberschreitung überprüft werden. Der hier besprochene zusätzliche Schritt besteht darin, dass neu sämtliche Messwerte auf einer EDV-Anlage gespeichert sind und zu Verarbeitungen mit Quervergleichen und umfangreichen Berechnungen kurzfristig zur Verfügung stehen. Die Abgrenzung zu den Themen der vorangegangenen Tagung über Automatisierung in der Talsperrenüberwachung vom 14./15. Oktober 1982 (vgl. «wasser, energie, luft» 11/12 1982) soll also darin bestehen, dass nicht die Automatisierung der Messwerterfassung und -übertragung, sondern die Bearbeitung der Messwerte im Vordergrund steht. Gewisse Überschneidungen sind dabei nicht auszuschliessen. Da aber eine Dauer von 9 Jahren zwischen den beiden Tagungen liegt, möge uns dies verziehen werden.

Es ist uns bewusst, dass in der Schweiz bereits einige solcher Anlagen realisiert wurden und sich daher verschiedene Talsperrenverantwortliche selbst schon mit dieser Thematik konfrontiert sahen. Auch diesen Fachleuten werden wir nicht nur Neues zu berichten haben.

2. Konzeptionelles

Während also das bestehende System aus einer oder mehreren Talsperren mit verschiedenen Messstellen, davon auch automatischen, Fernübertragungseinrichtungen und Fernanzeigen besteht (Bild 1), soll die erneuerte Instrumentierung zusätzlich an einen Rechner angeschlossen werden, welcher sämtliche Daten *archivieren* und *zu Analysen bereitstellen* kann (Bild 2).

Am Anfang einer Erneuerung von Teilen einer Anlage steht eine ganze Reihe konzeptioneller Fragen:

Eine Frage ist die räumliche Abgrenzung. Diese ist durch die Personen, die sich mit der Anlage beschäftigen, und den Arbeitsort dieser Personen gegeben (Bild 3).

In der Regel beschäftigen sich ein oder mehrere *Talsperrenwärter,* ein *erfahrener Ingenieur,* ein oder zwei *anerkannte Fachleute des Talsperrenbaus* (Experten) sowie das Bundesamt für Wasserwirtschaft mit der Talsperrensicherheit. Der Talsperrenwärter hat seinen Arbeitsplatz bei der Stauanlage und in der Kraftwerkszentrale, der erfahrene Ingenieur bei der Kraftwerkszentrale oder der Zentralverwaltung einer übergeordneten Gesellschaft sowie gelegentlich ebenfalls bei der Stauanlage, der Experte entweder am gleichen Ort wie der Ingenieur oder aber in einem separaten Beratungsbüro. Das Bundesamt für Wasserwirtschaft ist in jedem Fall örtlich getrennt von den Betreibern der Anlagen. Es fragt sich nun, ob alle diese Personen *direkten Zugriff* zu den Daten brauchen. Unserer Ansicht nach ist dies nicht nötig. Das betrachtete System kann sich vielmehr auf die Talsperre, die Kraftwerkszentrale und den Arbeitsort des erfahrenen Ingenieurs be-

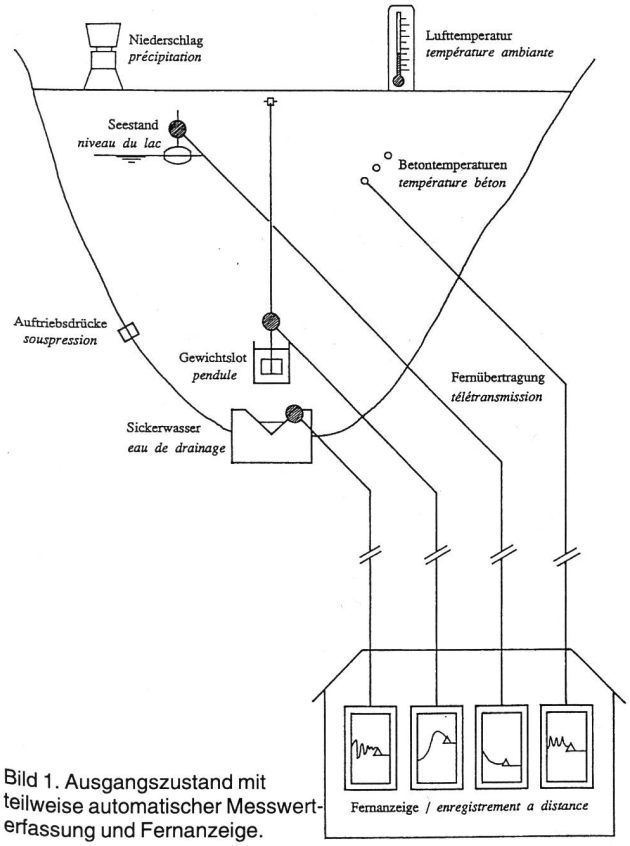

Bild 1. Ausgangszustand mit teilweise automatischer Messwerterfassung und Fernanzeige.

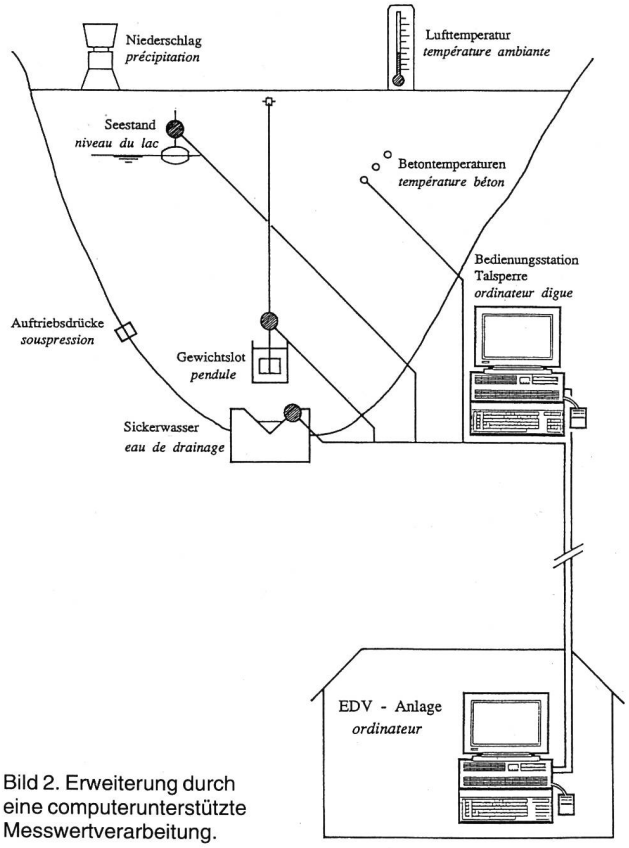

Bild 2. Erweiterung durch eine computerunterstützte Messwertverarbeitung.

schränken. Experten und Bundesamt sollten (mindestens vorderhand) mit aufgearbeiteten Datenbeständen, wie sie die übliche Berichterstattung darstellt, arbeiten können.

Je nachdem, ob Talsperrenwärter und erfahrener Ingenieur bei der gleichen Gesellschaft tätig sind, oder, allgemeiner ausgedrückt, auf welche bereits vorhandene Infrastruktur Rücksicht genommen werden muss, kann die Erneuerung alle Teile umfassen oder muss sie *wohldefinierte Schnittstellen* zum Einbezug bereits bestehender Systeme offenlassen. Ist der erfahrene Ingenieur z.B. nicht direkt bei der Eigentümerin der Talsperren angestellt, arbeitet er allenfalls auf einem anderen Computersystem als dasjenige der Kraftwerksgesellschaft, woraus sich die Notwendigkeit einer Schnittstelle zu dem zu erneuernden System ergibt.

In der Regel werden heute die Mehrzahl der Messstellen manuell erfasst (Bilder 4 bis 6), das heisst, dass der Talsperrenwärter vor Ort am Messgerät den aktuellen Messwert abliest und auf ein Messblatt überträgt. Der Unterschied mit Blick auf die computerunterstützte Verarbeitung zwischen manuell und automatisch erfassten Messwerten liegt nicht allein in der Art der Erfassung, sondern auch darin, dass die automatisch erfassten Werte in der Regel praktisch permanent, die manuellen dagegen nur periodisch (wöchentlich, monatlich) erfasst werden.

Daran ändert sich beim Übergang zur EDV-mässigen Bearbeitung im Prinzip nichts, wobei allerdings in der Aufteilung zwischen periodischen und permanenten Messwerten eine Umgewichtung vorkommen kann und sich die Frage stellt, wie die periodisch erfassten Messwerte ins Rechnersystem gelangen sollen.

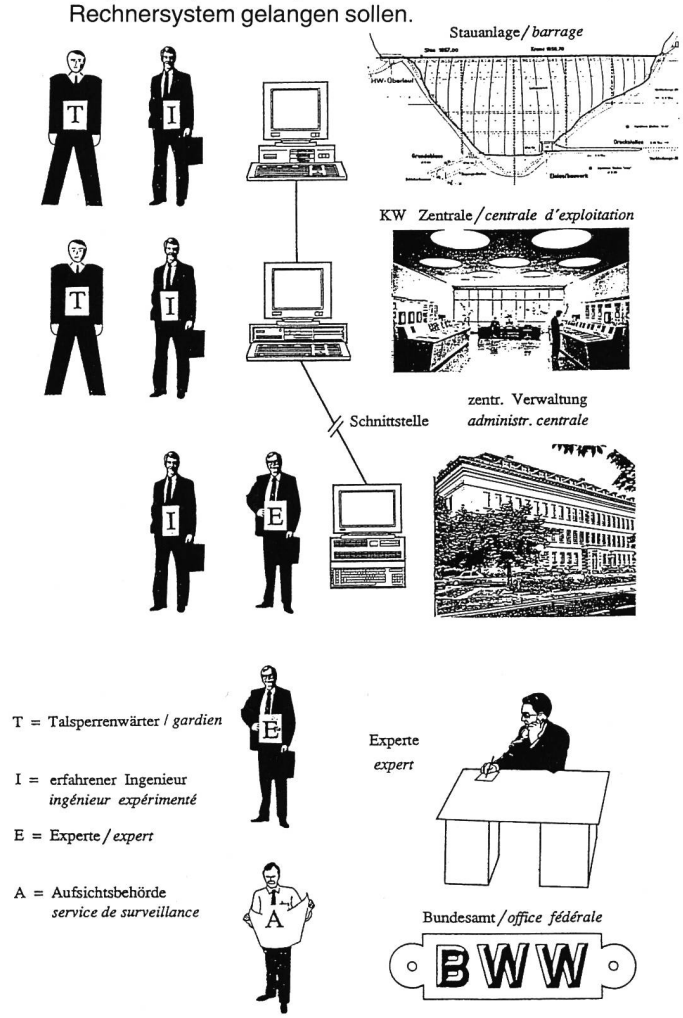

Bild 3. Zur räumlichen Abgrenzung des Erneuerungssystems.

Für die Auswahl der permanent erfassten Messwerte ist wie schon bei der Fernanzeige wichtig, dass die ausgewählten Messstellen eine *schnelle Beurteilung des Verhaltens der Stauanlage, auch bei Ausfall eines dieser Messwerte* gestatten. Bei der computerunterstützten Bearbeitung kommt zusätzlich die Forderung dazu, dass alle Messwerte, welche für eine bestimmte Analyse gebraucht werden, zur gleichen Zeit zur Verfügung stehen müssen. Wenn also für eine Analyse der Verformung mit Hilfe einer Modellrechnung rasch ein aktueller Sollwert errechnet werden muss, müssen auch der aktuelle Seestand und die relevanten Temperaturwerte, welche normalerweise nicht fernangezeigt würden, zur Verfügung stehen. Als weiteres Beispiel liesse sich eine Fernkontrolle eines Hochwasserereignisses vorstellen, bei welchem sich mit Hilfe des Seestandes und der verarbeiteten Wassermenge sowie des Niederschlags der Ablauf erfassen und analysieren liesse. Dies würde wiederum die parallele und kurzfristige Zurverfügungstellung der entsprechenden Messwerte bedingen. Als zusätzliches Beispiel käme eine rasche Analyse der Sickerwassermengen durch Korrelation mit z.B. Seestand und Niederschlag in Frage. Die Liste der möglichen Analysen ist damit sicher nicht abgeschlossen. Es wird sich erst im Laufe der Jahre zeigen, welche neuen Messwertanalysen zur kurzfristigen Beurteilung des Verhaltens der Anlagen sich einbürgern werden. Die Zahl der permanent erfassten Messstellen wird sich aber durch den EDV-Einsatz eher erhöhen.

Aus diesen Abgrenzungen der Problematik ergeben sich Anforderungen an die Messinstrumente, den Betrieb und an das Computersystem, insbesondere dessen Software, auf welche im folgenden eingegangen werden soll.

3. Anforderungen an die Messinstrumente

3.1 Permanent erfasste Messwerte

Die Wahl der *Messfrequenz* ergibt sich aus ähnlichen Überlegungen wie schon bei der Automatisierung der Erfassung und Fernanzeige, wobei zu unterscheiden ist zwischen Ablesefrequenz am Messinstrument, Übertragungsfrequenz und Archivierungsfrequenz, d.h. der Häufigkeit mit welcher am Messinstrument eine Ablesung vorgenommen wird, der Häufigkeit, mit welcher ein Messwert zum Computer übertragen wird und der Häufigkeit, mit welcher der Computer einen Messwert zur Archivierung abspeichert. Das Normalverhalten einer Stauanlage verläuft in der Regel langsam, so dass zu dessen Erfassung keine sehr hohe Auflösung erforderlich ist. Messwerte, welche zur besonderen Kontrolle Anlass geben, treten aber oft nicht als Folge des Normalverhaltens, sondern als Folge von Störungen auf. Der klassische Fall sind hier z.B. Hochwasser oder Schwingungen der Pendel infolge von Fernbeben. Solche Ereignisse laufen schnell ab. Um sie als Störungen identifizieren zu können, sind deshalb höhere Messfrequenzen erforderlich. Es ist sicher wünschenswert, solche Störungen, welche mit der Sicherheit der Stauanlage nicht in direktem Zusammenhang stehen, rasch als solche zu erkennen. Es fragt sich dabei, zu welchem Preis dies möglich ist. Häufig haben die Messgeräte für eine automatische Erfassung eine interne Ablesefrequenz, welche hoch ist (Bruchteile von Sekunden, bis Sekunden), d.h. der aktuelle Messwert wird ohnehin laufend erfasst, ob er nun zur Weiterverarbeitung verwendet wird oder nicht. Auch bei der Fernübertragung ist, sofern sie mit eigenen technischen Hilfsmitteln erfolgt, eine hohe Messwertrate kein grosses Problem. Von den Geräten her

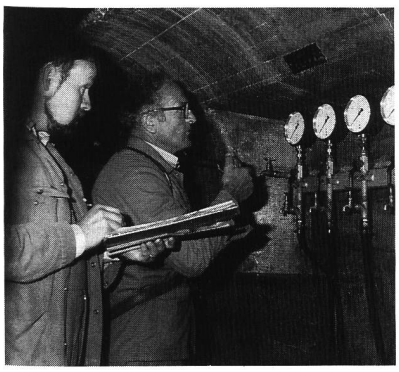

Bild 4. Ablesungen an Manometern.

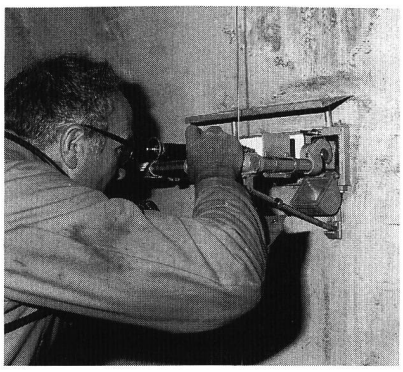

Bild 5. Ablesung einer Lotdrahtposition.

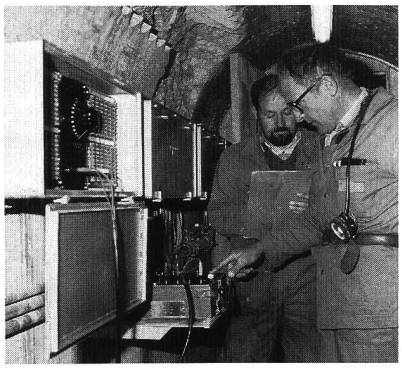

Bild 6. Ablesung von Temperaturwerten.

betrachtet erscheinen uns deshalb Messfrequenzen im Bereich von einigen Sekunden bis Minuten technisch ohne wesentlichen Mehraufwand machbar. Was bedeuten solche Messraten aber bezüglich Datenanfall? Es ist sicher nicht zweckmässig, jede Minute einen Messwert aufzunehmen und diesen auch zu archivieren. Werden jedoch solche hochfrequenten Daten in rollende Speicher abgelegt, deren Inhalt periodisch wieder gelöscht und durch einen Mittel-, Minimal-, Maximal- und einen realen Wert ersetzt wird, entstehen kaum grössere Datenmengen als bei einer langsameren Erfassung. Dafür stehen aber beim Auftreten eines aussergewöhnlichen Ereignisses die schnell erfassten Daten zur Verfügung, wenn sie durch eine Ereigniserfassung vorübergehend gespeichert werden. Anfang und Ende des Ereignisses können nach festgesetzten Kriterien automatisch bestimmt werden.

Die höchste Frequenz ist für die Erkennung von Lotdrahtschwingungen erforderlich. Typische Eigenfrequenzen dieser Schwingungen liegen bei 10 bis 20 Sekunden. Für alle andern Messwerte ist auch für die Ereigniserfassung eine Messfrequenz von 5 Minuten oder mehr ausreichend. An Stelle einer Messwertabfrage in einem festen zeitlichen Intervall käme auch eine Abspeicherung in Frage, wenn sich der Messwert jeweils um einen festen Betrag gegenüber dem Vorwert verändert hat, was automatisch einer Ereigniserfassung entspricht. In der von uns betrachteten Anlage wurden die in Tabelle 1 angegebenen Zielanforderungen betreffend Messfrequenz gestellt.

Voraussetzung für die Einhaltung dieser Ziele ist, dass sie ohne besonderen technischen Aufwand realisierbar sind. Zudem sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Frequenz der Abspeicherung in der EDV-Anlage wesentlich geringer sein kann.

Bezüglich *Genauigkeit* ändern sich die Anforderungen durch den Einsatz der Informatik nicht. Generell ist unserer Meinung nach anzustreben, dass die Messwerte möglichst frühzeitig, idealerweise schon beim Messgerät, in digitaler Form erfasst werden, um so Veränderungen der Signale bei der Übertragung zu vermeiden. Ferner muss sichergestellt sein, dass der Messwertaufnehmer ungefähr eine Dezimalstelle genauer ist als der verwendete Messwert, so dass sämtliche relevanten Stellen als richtig betrachtet werden können. Die massgebende Genauigkeit hängt ab von der Aussagekraft des Messwertes für das Verhalten der Stauanlage. In der Regel dürften drei signifikante Stellen, also bei einem Wertebereich zwischen 0 und 99 eine Stelle nach dem Komma, genügen. Die erwarteten Zielanforderungen sind ebenfalls aus Tabelle 1 ersichtlich.

Die Wahl des *Messbereichs* ist nicht abhängig von der Art der Messwertauswertung. Analog wie bei der automatischen Erfassung zur Fernanzeige muss sichergestellt werden, dass der Messbereich alle vorkommenden Messwerte sicher enthält (Tabelle 1).

Oft fallen die Messwerte nicht in der uns interessierenden Form an, sondern müssen mit Eichkurven umgerechnet werden. Als Beispiele können die Sickerwassermengen (für welche ein Pegelstand in einen Abfluss umgerechnet wird), die Temperaturen (welche durch einen elektrischen Widerstand gemessen sind) oder die Verformungen (welche durch Lotauslenkungen repräsentiert sind) angeführt werden. Die EDV bietet ein sehr effizientes Mittel, die entsprechenden Eichkurven individuell zu gestalten und bei Vorliegen neuer Eichmessungen oder Änderung der Bezugspunkte diese einfach zu ändern. Solche Änderungen der Eichkurven können bei entsprechender Programmierung von den Talsperrenwärtern vorgenommen werden.

Bezüglich der *Verfügbarkeit* (Blitzschutz, Robustheit, Gerätestörungen usw.) gelten die gleichen Anforderungen wie bisher für die automatisch erfassten Messwerte. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fernanzeigen erlauben Computerauswertungen eine feinere Bestimmung von Sollwerten und damit eine bessere Plausibilitätskontrolle der Messwerte.

3.2 Periodisch (manuell) erfasste Messwerte

Die Beurteilung der periodisch erfassten Messwerte ist ebenso wichtig wie die Beurteilung der ausgewählten,

Tabelle 1. Zielanforderungen an die Messwerterfassung.

	Messfrequenz	Messgenauigkeit	Messbereich
Lotmessungen	1 Wert pro Sekunde	Zehntelmillimeter	See – Tal und links – rechts 60 (100) mm
Seestand	1 Wert pro Sekunde	Zentimeter	OK-Krone + 2 m bis Druckwaage
Betontemperaturen	1 Wert pro 5 min	± 0,2 Grad	–10 bis +30 Grad
Sickerwasser	1 Wert pro 5 min	± 1 mm Überfallblech	100 mm
Niederschlag	1 Wert pro 5 min	je nach Gerätetyp	bis 200 mm/h
Lufttemperatur	1 Wert pro 5 min	± 1 Grad	–30 bis +30 Grad

permanent zur Verfügung stehenden Beobachtungen. Im Prinzip sollten für die periodischen Messwerte die gleichen Auswertealgorithmen zur Verfügung stehen, wie für die permanenten Messwerte. Bisher erfolgte die periodische Erfassung in der Regel von Hand durch Notieren des Ablesewertes auf einem Messprotokoll. Für die Weiterbearbeitung in der EDV-Anlage sind folgende Möglichkeiten denkbar:

- Die Erfassung erfolgt weiterhin manuell, die Werte werden anschliessend vom Messblatt in den Rechner eingetippt, entweder in der Talsperre selbst oder in der Werkszentrale. Ein Nachteil dieses Vorgehens ist, dass jeder Wert zweimal aufgeschrieben wird und somit die Fehlerquellen gross sind. Diesem Nachteil kann aber durch eine strenge Plausibilitätskontrolle mindestens teilweise begegnet werden.
- Die Messwerte werden von Hand in ein tragbares Messwerterfassungsgerät eingetippt, wobei die Identifikation der Messstelle entweder durch Eingabe eines Codes oder durch Ablesen eines an der Messstelle angebrachten Strichcodes erfolgen kann. Nach Beendigung des Messrundgangs werden die Daten automatisch vom Messwerterfassungsgerät auf den Rechner übertragen. Diese Methode reduziert die Tippfehlermöglichkeiten. Auch lassen solche Handerfassungsgeräte eine automatische Grenzwertkontrolle zu.
- Eine komplette automatische Erfassung und Fernübertragung wie für die permanenten Messwerte kommt unseres Erachtens nicht in Betracht, da zum Teil geeignete Messgeräte fehlen und der Aufwand zum Anschluss aller Messstellen unzumutbar gross würde.

4. Auswirkungen auf den Betrieb

Durch die Einführung der computerunterstützten Auswertung entstehen keine prinzipiell neuen Aufgaben in der Überwachung. Die bestehenden Aufgaben werden mit einem neuen Werkzeug bearbeitet, welches gleichzeitig eine Ausweitung der Bearbeitungsmöglichkeiten erlaubt.

Die Bedienung des EDV-Systems soll so benutzerfreundlich gestaltet sein, dass sowohl Talsperrenwärter als auch erfahrener Ingenieur sich einfach einarbeiten können. Für die Bedienung des Systems soll kein neues, speziell ausgebildetes Personal erforderlich sein.

Hingegen erfolgt im Bereich Unterhalt eine Umgewichtung, welche aber auch auf den andern Gebieten des Kraftwerkbetriebs abläuft, indem mehr und mehr elektronische Geräte zum Einsatz gelangen, welche an den Unterhalt andere Anforderungen stellen als die älteren, zum Teil noch mechanischen Geräte.

5. Anforderungen an das Computersystem

5.1 Hardware

Die Hardware muss sehr zuverlässig im Dauerbetrieb funktionieren, was auch für die übrigen Computeranlagen des Kraftwerksbetriebes gilt. Die Auslegung muss entsprechend der verwendeten Software erfolgen.

5.2 Software

Bei der Planung der Erneuerung der Instrumentierung mit Blick auf eine EDV-mässige Datenbearbeitung gilt es, den Spezifikationen für die Software besondere Beachtung zu schenken. Es sind dabei folgende Schritte vorzunehmen:

- Festlegen der *Zielsetzung:* Diese besteht darin, die Reaktionszeiten für die Beurteilung des Verhaltens der Anlage zu verkürzen, die kurzfristig möglichen Analysen zu erweitern und ohne personellen Mehraufwand eine grössere Menge Daten zu beherrschen.
- Ferner ist eine sorgfältige *Situationsanalyse* der bestehenden Arbeitsabläufe und Datenflüsse vorzunehmen.
- Daraus folgt eine *Systemgliederung* mit einem Katalog der *Datenelemente* (Datenanalyse), deren Struktur, Mengen und Wachstumsraten, eine Liste der *Funktionen* (Funktionsanalyse) mit Beschreibung der Eingabegrössen, der Bearbeitungsregeln und der Ausgabe sowie eine Liste der *beteiligten Personen* sowie deren Aufgaben und Kompetenzen.
- Aus diesen Angaben ergibt sich das *Pflichtenheft* für die Software, aufgrund dessen die Programmierung vorgenommen werden kann.

Die *Datenanalyse* besteht darin, alle nötigen Datensätze und deren Attribute sowie die Beziehungen, welche dazwischen bestehen, festzulegen. Wichtig ist dabei, dass sämtliche Datensätze erfasst werden und die Beziehungen zueinander genau festgelegt werden. Dazu gehören die eigentlichen Messwerte mit ihren Attributen wie Erfassungszeit, Dimension, Nummer, Artbezeichnung usw., aber auch die Messgeräte, die Anwender, die Messorte usw. samt deren genaueren Umschreibungen.

Das zweite Element sind die *Funktionen* oder die Anwendungen, welche mit dem System durchgeführt werden sollen. Es sind dies z.B. die Datenerfassung, die Datenkontrolle, die Datenarchivierung, die Änderung von Daten, die verschiedensten grafischen und tabellarischen Darstellungen und Analysen.

Der dritte Aspekt der Systemgliederung ist die Festlegung des *Personenkreises* mit den entsprechenden Aufgaben und Zugriffsmöglichkeiten. Es sind dies bei einer grösseren Anwendung ein Datenbankbetreuer, ein Datenbankbearbeiter und Datenbankbenutzer.

Als weiterer Schritt sind die Zuordnungen unter diesen Elementen, d.h. wer benutzt welche Funktionen, welche Funktionen benötigen welche Daten usw., festzulegen.

Schliesslich muss auch überlegt werden, wer die Software realisieren und betreuen soll. Prinzipiell bestehen die Möglichkeiten, die Programmierung und damit die Betreuung der Software bei vorliegender Kapazität mit Hilfe von Datenbankhilfsmitteln selbst vorzunehmen oder von einem externen Softwarehaus ein entsprechendes Produkt zu beziehen. Sofern die Möglichkeiten dazu vorhanden sind, hat die eigene Betreuung die Vorteile, dass das Know-how nicht von einer Drittfirma abhängt, dass Anpassungen und Erweiterungen bei veränderten Bedürfnissen einfach vorgenommen werden können und dass die eigenen Bedürfnisse individuell abgedeckt werden können. Für kleinere Anwendungen ist eine Eigenentwicklung sicher nicht sinnvoll.

6. Zusammenfasssung

Eine Erneuerung der Instrumentierung kann mit Einführung der EDV in der Messwertverarbeitung mit dem bereits vorhandenen Personal nach kurzer Einarbeit bewerkstelligt werden. Für die Auslegung der Messgeräte sind einige gegenüber der automatischen Messwerterfassung und -übertragung zusätzliche Punkte zu beachten, und besonderes Augenmerk ist einer sorgfältigen Daten- und Funktionenanalyse zur Erstellung eines Software-Pflichtenheftes zu geben.

Adresse des Verfassers: Dr. *Walter Hauenstein,* Nordostschweizerische Kraftwerke AG, NOK, Postfach, CH-5401 Baden.

Überarbeitete Fassung eines Vortrags, den der Verfasser an der Fachtagung Informatik in der Talsperrenüberwachung vom 12. und 13. September 1991 in Stans gehalten hat. Die Tagung wurde von der Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung des schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren durchgeführt.