Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 97 (2005)
Heft: 1-2

Artikel: Störfälle bei Steuerungen in Wasserkraftwerken
Autor: Büchel, Patrick
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941711

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: 04.07.2025

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

Störfälle bei Steuerungen in Wasserkraftwerken

Patrick Büchel

1. Einleitung

Aus wirtschaftlichen Gründen werden Wasserkraftwerke immer mehr automatisiert. Steuerungen übernehmen Aufgaben, die früher von Menschen ausgeführt wurden. Betriebspersonal kann eingespart und die Gestehungskosten können gesenkt werden. Dies ist für viele Betreiber eine notwendige Massnahme im veränderten Umfeld der freien Marktwirtschaft.

Diese Entwicklung hat aber zur Folge, dass die Ansprüche an Steuerungen betreffend Zuverlässigkeit und Sicherheit enorm gestiegen sind.

Nebst einer einwandfreien Steuerung der Anlage soll die Automatik gleichzeitig alle Komponenten überwachen, bei einer Störung geeignet alarmieren und die Anlage in einen sicheren Zustand bringen.

Störfälle in Wasserkraftwerken können gerade in der dicht besiedelten Schweiz verheerende Folgen haben. Daher ist bei der Realisierung eines neuen Leitsystems ein seriöses Engineering unabdingbar.

2. Analyse möglicher Störfälle

Ein seriöses Engineering beginnt mit einer Analyse und Auflistung von möglichen Störfällen im Zusammenhang mit der Steuerung. Typische Störfälle sind beispielsweise die folgenden:

- Hardwareausfälle
  Aufgrund von Alterung, Verschleiss, Überspannungen, ...
- Softwarefehler
  Schlechte Parameter, Viren, ...
- Menschliches Versagen
  Fehlmanipulationen in ungewohnten Situationen
- Höhere Gewalt
  Jahrhunderthochwasser, Erdbeben, Erdrutsche, ...

Darauf basierend wird das Schadenspotenzial von auftretenden Störungen diskutiert und beurteilt. Ein Prozess, der aufgrund seiner Erfahrung mit der Anlage in enger Zusammenarbeit mit dem Betreiber ablaufen muss:

- Welche Auswirkungen hat eine Störung auf den Weiterbetrieb der Anlage?
- Welche Gefahren entstehen für Mensch und Umwelt?
- Werden Einrichtungen übermässig belastet?
- Kann es zu Folgeschäden kommen?
- Was sind die finanziellen Folgen?

3. Massnahmen

Neben bekannten und bewährten Massnahmen zur Verminderung oder gar Vermeidung von Störungen werden immer wieder neue Methoden entwickelt, um die Sicherheit beim Betrieb von Wasserkraftwerken zu vergrössern.

Im Folgenden sind vier Beispiele aus dem Tätigkeitsgebiet der Firma Rittmeyer AG beschrieben, die zur Zeit vorangetrieben oder schon umgesetzt wurden.

3.1 Wissensbasierte Betriebsführung

Jede Baugruppe einer Steuerung wird nach dem Schema in Bild 1 beurteilt und einer von drei Kategorien zugeordnet:

Schadenbasierte Instandhaltung

Die Anlage kann bei Ausfall der Baugruppe weiter betrieben werden. Es sind keine vorkehrenden Massnahmen notwendig.

Zeitbasierte Instandhaltung

Um einen Ausfall zu vermeiden, wird die Baugruppe zyklisch gewartet oder ersetzt.

Zustandbasierte Instandhaltung

Abhängig von einer messbaren Grösse (z.B. Vibrationen, Oberschwingungen oder Temperaturen) kann der technische und betriebswirtschaftliche Zustand einer Baugruppe bestimmt werden. Dahinter stecken einerseits Kenntnisse und Erfahrungen des Kraftwerkbetreibers und andererseits physikalische und mathematische Zusammenhänge. Diese Analysen werden je nach Komplexität entweder von einem Leitsystem oder von einer autonomen Softwareapplikation (Condition Monitoring Software) durchgeführt.

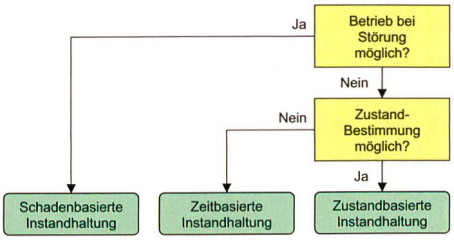

Bild 1. Beurteilungsschema für Baugruppen einer Steuerung.

3.2 Echtzeitsimulation eines Flussstauraums

Heute ist es bei Anbietern von Leitsystemen für Wasserkraftwerke üblich, dass eine neue Steuerung vor der Auslieferung einer Werkprüfung unterzogen wird. Dazu werden vorhandene Prozesse nachgebildet, bis hin zur mathematischen Simulation von komplexen Abläufen wie z.B. dem Verhalten eines Stauraums.

Damit der Pegelregler eines Flusskraftwerks bereits im Prüffeld geeignet parametriert werden kann, muss vor allem das zeitliche Verhalten des Stauraums möglichst realitätsnah abgebildet werden. Dies erreicht man mit einer numerischen Echtzeitsimulation.

Der Stauraum des Laufwasserkraftwerks wird in Flussabschnitte mit möglichst gleichem Querprofil und konstantem Gefälle zerlegt. Durch Angabe von Profildaten, Gefälle und der genauen Länge jedes Abschnittes errechnet ein Softwareprogramm ein sehr realitätsnahes Modell des gesamten Stauraums.

Mit dieser etwas aufwändigen Variante kann die Qualität jeder Werkprüfung enorm verbessert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, seltene Situationen wie z.B. ein Jahrhunderthochwasser zu simulieren und das Verhalten der Regelung zu testen. Der Zeitaufwand für die Inbetriebsetzung wird wesentlich verkürzt, und langwierige Parametriervorgänge können vermieden werden.

3.3 Trainingssystem einer Wasserhaushaltsautomatik

Als Folge der zunehmenden Automatisierung verlernt das Betriebspersonal die Handbedienung des Kraftwerks und verliert das Gefühl für den Prozess und den Stauraum. Dies kann dazu führen, dass beim Ausfall der Wasserhaushaltsautomatik, wenn das Kraftwerk von Hand bedient werden muss, falsch oder zu heftig reagiert wird. Oft wird die Situation dadurch noch verschlimmert.

Im Zusammenhang mit dem oben erwähnten Echtzeitsimulator entstand die Idee eines Trainingssystems, welches aus drei Modulen besteht:

- Lehrermodul
  Mit einer Kurve wird ein Stauraumzufluss vorgegeben. Vordefinierte Störungen sol-

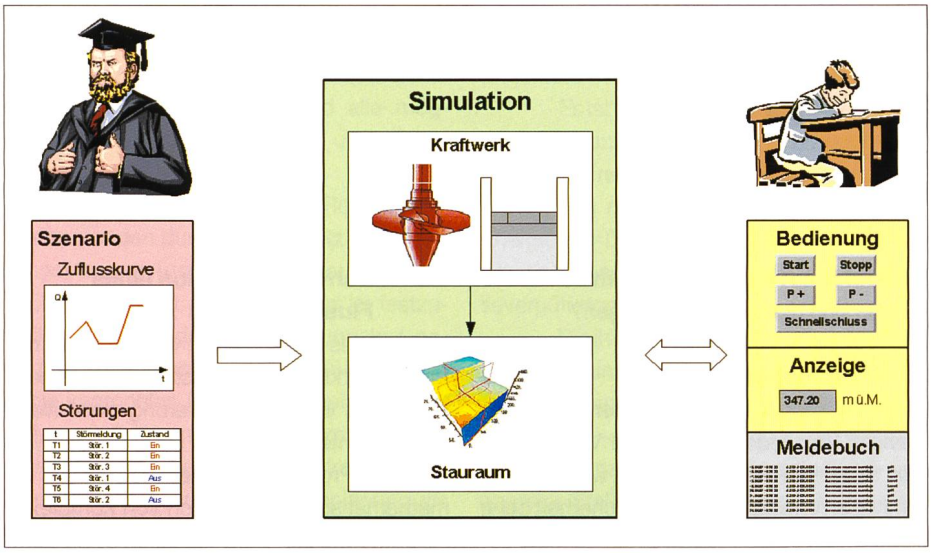

Bild 2. Module des Trainingssystems für eine Wasserhaushaltsregelung.

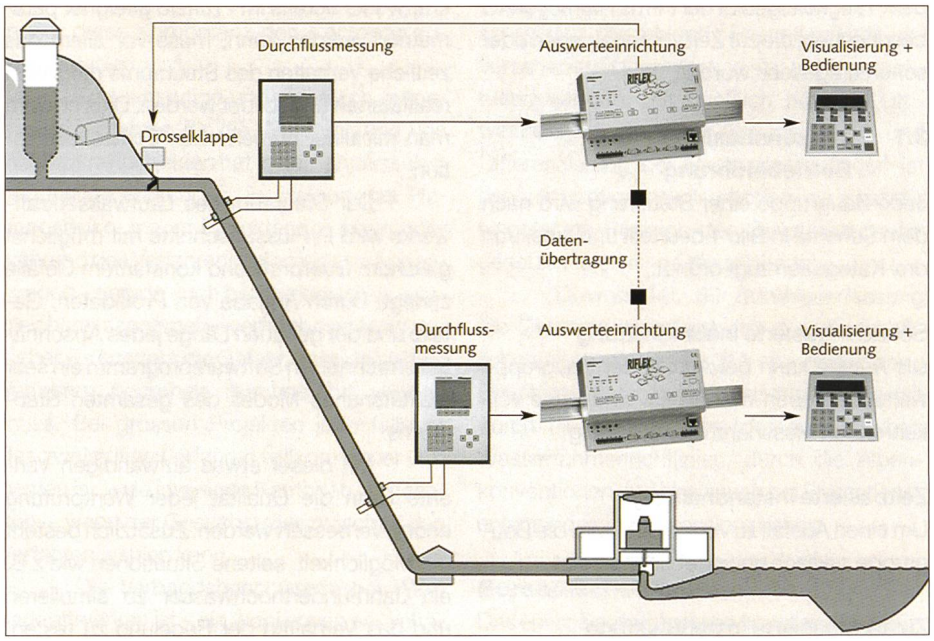

Bild 3. Anordnung der Elemente einer Druckschachtüberwachung.

len den Bediener zudem ablenken und unter Stress setzen.

- Simulationsmodul
  Das Kraftwerk mit allen Organen und der Stauraum (z.B. als Echtzeitsimulation) sind im Simulationsmodul möglichst genau abgebildet. Die Informationen vom Lehrermodul und Befehle vom Bediener werden ins Simulationsmodul eingelesen und verarbeitet.
- Schülermodul
  Der Bediener als drittes Modul sieht nur das auf der Simulation aufgesetzte, ihm bekannte Prozessbediensystem. Damit bedient er die Anlage mit denselben Bildern, auf dieselbe Art und Weise, wie er dies an der lebenden Anlage tut.

Das Trainingssystem bietet einem Betriebsleiter also die Möglichkeit, von Zeit zu Zeit seine Mitarbeiter zu schulen oder neue Mitarbeiter einzuführen und mit dem Prozess vertraut zu machen.

3.4 Druckleitungsüberwachung

Druckleitungen sind vermehrt extremen Belastungen ausgesetzt. Neben den wechselnden Betriebszuständen wirken sich auch die Materialalterung und äussere Einflüsse wie Hangbewegungen, Bautätigkeiten usw. massgeblich auf den Zustand einer Druckleitung aus. Ein hieraus resultierender Bruch der Druckleitung kann für Mensch und Umwelt verheerende Folgen haben.

Um eine solche Beschädigung frühzeitig zu erkennen, ist eine permanente Überwachung notwendig. Die Konzeption basiert auf einer präzisen Messung der Durchflüsse an beiden Enden der Druckleitung und der kontinuierlichen Beobachtung der Differenz beider Messwerte.

Abgestimmt auf das spezifische Sicherheitskonzept der entsprechenden Hochdruckanlage werden die Überwachungskriterien definiert, welche zu einer Auslösung der Drosselklappe und zur Abschaltung der Maschinen führen.

Typische Kriterien sind:

- Überschreiten eines Durchfluss-Differenzwertes
- Überschreiten eines Durchfluss-Maximalwertes (Vollbruch)
- Eigenüberwachung der Schutzeinrichtung

4. Fazit

Sicherheit hat ihren Preis! Und – mit einer Sicherheitseinrichtung lässt sich kein finanzieller Gewinn erzielen, solange eine Anlage fehlerfrei arbeitet. Wenn es aber zu einer Störung kommt, dann entstehen Schäden, und damit verbunden laufen Kosten auf.

Die Analyse möglicher Störfälle hilft zu beurteilen, ob der finanzielle Aufwand für eine Massnahme im Verhältnis steht zum Schadenspotenzial einer allfälligen Störung. Entscheiden können dies einzig der Kunde und der Betreiber des Kraftwerks.

Schriftliche Fassung eines Vortrags anlässlich der Hauptversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 9. September 2004 in Brunnen.

Anschrift des Verfassers
Patrick Büchel, Rittmeyer AG, Geschäftsbereich Wasserkraftwerke und Hydrographie, Postfach 2558, Grienbachstrasse 39, CH-6302 Zug.