Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 96 (2004)
Heft: 5-6

Artikel: Wasserkraftwerke : moderne Betriebsführung - wissenbasiert
Autor: Kistler, Daniel / Ballini, David / Meier, Jürg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939571

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: 16.07.2025

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

Wasserkraftwerke: Moderne Betriebsführung – wissenbasiert

Daniel Kistler, David Ballini, Jürg Meier

Unterhalt und Wartung stellen eine wesentliche Voraussetzung für ein zuverlässiges und gefahrloses Funktionieren von Wasserkraftwerksanlagen dar. Die Zuverlässigkeit und die Verfügbarkeit von möglichst wirtschaftlicher Produktion elektrischer Energie bilden die Hauptaufgabe eines Kraftwerks.

Eine Vernachlässigung von Unterhalts- und Revisionsarbeiten kann in gewissen Fällen schwerwiegende Folgen haben.

Der technische Fortschritt fordert eine fortlaufende, vertiefte Weiterbildung des Personals. Die heutige Überwachung von Kraftwerken wird grösstenteils durch hoch entwickelte Systeme übernommen, welche bei Durchführung von vorausgesetzten Wartungen eine maximale Betriebssicherheit garantieren. Unbeabsichtigte Stillstandzeiten einer Anlage haben in der heutigen Zeit gravierende Auswirkungen.

Eine hohe Verfügbarkeit der Anlage und eine damit verbundene wirtschaftliche Energieerzeugung ist durch folgende Massnahmen gewährleistet:

- Sorgfältiger Unterhalt der Anlage
- Planung von Revisionszeiträumen
- Angemessenes Ersatzteillager
- Richtig gewartetes Spezialwerkzeug
- Rechtzeitige Instandsetzung und Erneuerung der Anlage.

Immer weniger Personal wird in Zukunft Anlagen betreiben und instand halten. Die Kenntnisse über den technischen und betriebswirtschaftlichen Zustand der Anlagen und der Komponenten für Betriebsführung und Instandhaltung werden immer wertvoller und erhalten eine immer höhere Priorität.

Wissenbasierte Betriebsführung ist ein modernes Konzept einer kostenoptimierten Betriebsführung.

Die Einführung von Betriebsmanagementsystemen dient hierfür als Basis. Die Wartung von verschiedenen Anlagen ist dabei ein wichtiger Bestandteil. Bei der Wartung und Instandhaltung werden Wasserkraftwerke zunehmend damit konfrontiert. Die Leittechnik hat dazu die nötigen Daten zu liefern.

Wissenbasierte Instandhaltung

Da die meisten Kraftwerke sehr verschieden sind, erfordern diese eine individuelle Wartungsstrategie.

Angesichts der grossen Anzahl an Parametern im Bereich der Wartung von Maschinen ist die Wahl einer einzelnen Methode nicht direkt möglich. Eine zukünftige Gesamtstrategie muss offensichtlich alle Elemente der einzelnen Strategien verfolgen. Es wird dabei eine sehr hohe Effektivität erreicht.

Die zutreffenden Wartungskonzepte müssen hierbei individuell abgeklärt werden.

Als Gesamtheit der Instandhaltung einer Anlage kann von einer wissenbasierten Instandhaltung gesprochen werden (Bild 1).

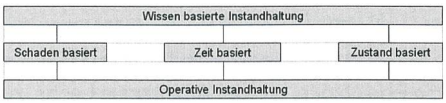


Bild 1. Instandhaltungsstrategien.

Die Anlagen von Wasserkraftwerken haben allgemein eine relative lange Lebensdauer. Um eine wissenbasierte Instandhaltung zu gewährleisten, ist es erforderlich, möglichst viele Informationen über die Funktion und den Betrieb der Anlagen zu sammeln. Dadurch werden praktisch alle Risiken ausgeschlossen.

Die Kenntnisse und Erfahrungen des Betreibers dienen als Grundlage für die Wahl der Wartungskriterien.

Das heisst:

> Das Wissen über den technischen und betriebswirtschaftlichen Zustand der einzelnen Komponenten und der Anlage wird zu einer der grundsätzlichsten Fragen und somit zum Schlüssel für eine effiziente Betriebsführung und Instandhaltung!

Wissenbasierte Auswahl von Instandhaltungsstrategien

Ein wichtiger Schritt zur Bestimmung optimaler Instandhaltungsstrategien ist die Zuordnung von Teilstrategien zu allen Baugruppen. Die Entscheidung über die zu wählende Instandhaltungsstrategie wird durch unterschiedliche Kriterien beeinflusst.

Auswahlkriterien für Instandhaltungsstrategien sind:

- Erforderliche Zuverlässigkeit
- Bedeutung der Komponente im System
- Erträgliches Risiko
- Diagnosemöglichkeit
- Instandsetzungsart
- Minimale Kosten.

Für Strategieentscheidungen sind immer mehrere Auswahlkriterien zu berücksichtigen.

> Die Auswahl einer Instandhaltungsstrategie ist eine mehrkriterielle Entscheidung.

In vielen Anwendungsfällen werden die zu erwartenden Kosten über die zu praktizierende Instandhaltung entscheiden. Immer mehr wird das Wissen über den technischen Zustand der Anlagen und deren Wirkung auf die Instandhaltungskosten Voraussetzung für eine effektive Instandhaltung sein. Die Objektivität dieser Entscheidungen kann durch Entscheidungshilfen unterstützt werden. Allgemeine Regeln für die Zuordnung von Strategien können nicht vorgegeben werden, da Instandhaltungsstrategien immer auf ein Bauteil bezogen erarbeitet werden müssen.

> Instandhaltungsstrategien müssen immer auf ein Bauteil bezogen erarbeitet werden.

Eine einfache Baumstruktur kann Entscheidungen betreffend Möglichkeiten zur Zustandsbestimmung oder Instandsetzungsarten in Abhängigkeit von Anlagen- und Kostenpriorität unterstützen. Die Entscheidungen an den Zweigstellen müssen jeweils wissenbasiert erfolgen.

> Nach jeder Instandhaltung sind die Erkenntnisse der Instandhalter über den Zustand der Anlage in die bisherige Strategie einzubeziehen. Bei erkennbaren Veränderungen ist die Strategieentscheidung zu überprüfen.

Bild 2 zeigt eine einfache Baumstruktur zur Unterstützung der Auswahl der Strategie.

Gegenwart/Zukunft

Heutiger Zustand

In den meisten Wasserkraftwerken sind zum jetzigen Zeitpunkt folgende Hauptelemente für eine gut strukturierte, organisierte und wirtschaftliche Instandhaltung vorhanden:

- Instandhaltungsprogramme
- Organigramme für den Ablauf der Arbeiten/Personaleinsatz
- Checklisten für Revisionsarbeiten

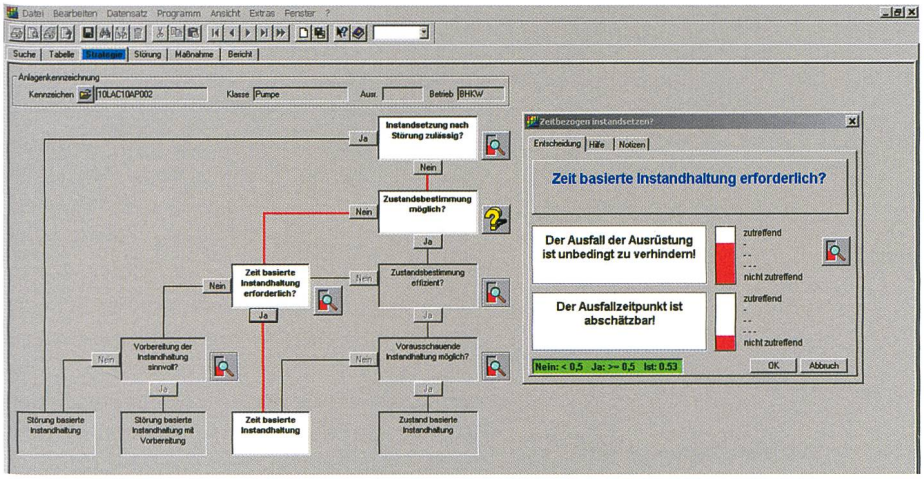


Bild 2. Baumstruktur zur Auswahl der Instandhaltungsstrategie.

- Wartungsstrategien werden angewandt
- Unabhängige Leittechnik
- Alarmauslösung bei Störungen (Unterteilung in Stufen)
- Archivierung der Daten.

Zukunft

Für die Zukunft sollten im Hinblick auf eine wissenbasierte Instandhaltung noch einige Verbesserungen und Erneuerungen erbracht werden. Diese sollten umfassen:

- Alle Daten sollten für jedermann zugänglich sein
- Geschichte der einzelnen Komponenten sollte klar dokumentiert sein
- Statische Daten jederzeit abrufbar
- Dynamische Daten erfassbar: Einbindung der Daten in Betriebsdaten-Managementsysteme
- Rückmeldungen und daraus Auswertung für Optimierungen
- Einfliessen der Erkenntnisse in Instandhaltungsprozess: Strategie überprüfen
- Erfassen aller wichtigen Daten in einheitlichen Datenbanken
- Kostenoptimierung durch Verfolgung der Prozesse.

Neue Überlegungen führen also dazu, dass Wartungsaufträge automatisiert durch IT-Systeme veranlasst werden sollen.

Informationsquellen für die Festlegung von Instandhaltungsaufträgen können sein:

- Konstante Kalenderintervalle
- Betriebsdauerzählung
- Schaltspiele
- Zyklische Diagnosemessungen
- Online-Messungen
- Mängel- und Störungsmeldungen.

Für eine automatisierte Auftragsauslösung werden vor allem Prozessparameter benötigt. Prozessparameter, ihre Abweichungen sowie zu bildende Diagnosekennwerte werden zukünftig den Anstoss für Instandhaltungsaktivitäten geben.

Anforderungen an eine wissenbasierte Instandhaltung

Daten und Informationen für Instandhaltung

Für eine optimale Betriebsführung und Instandhaltung sind gewisse Daten erforderlich.

Es werden folgende Daten benötigt:

- Dokumentation des Herstellers
- Daten der Inbetriebsetzung
- Messdaten der Prozessleittechnik
- Subjektive Beobachtungen und Aufschreibungen des Betriebspersonals
- Diagnosedaten
- Befunde der Instandhaltung
- Zuverlässigkeitsdaten
- Organisationsdaten des Betriebs und Instandhaltungsprozesses
- Kostenmanagementsdaten.

Wichtige Informationen aus Produktion und Instandhaltung sind:

- Prozessdaten
- Störmeldungen
- Fortschrittsmeldungen
- Schädigungsmeldungen
- Anlagen- und Instandhaltungsberichte.

Alle Informationen und Daten müssen strukturiert erfasst und gespeichert werden!

Eine wissenbasierte Instandhaltung lebt von Diagnosedaten!

Dateneigenschaften

Grundsätzlich kann man unterscheiden zwischen dynamischen und statischen Daten. Die dynamischen Daten dienen der Prozessführung und werden Prozessdaten genannt. Prozessdaten sind auf Zeit und Ereignisse orientierte Online-Daten.

Statische Daten werden in der Praxis als Anlagedaten bezeichnet. Sie umfassen Informationen und Kennzeichnung von Objektadressen, Informationen über den technischen Zustand usw.

Für die Gestaltung betrieblicher Prozesse und ihrer Überwachung sowie für den Umgang mit diesen Daten in IT-Systemen haben diese beiden Datengruppen eine dominierende Bedeutung.

Für eine wissenbasierte Instandhaltung ist es notwendig, alle Daten in der Prozessführung und der Instandhaltung in geeigneten, einheitlichen Datenbanken zu erfasssen.

Der Instandhaltungsprozess ist unmittelbar mit dem Produktionsprozess verbunden. Die klare Formulierung der Aufgaben und der Schnittstellen zu anderen Bereichen ist deshalb eine erste Voraussetzung für eine gute Instandhaltungsorganisation.

Zustandsüberwachung
- Ausfallstatistik
- Inspektion
- Diagnose

Anlage
- Prozessdaten
- Kennzahlen
- Lebensdauerzählung

Ereignis
- Mängel
- Störungen
- Schaden

Anlagedaten
- Einbaubezogene Daten
- Ausrüstungsbezogene Daten
- Verwendungsnachweis

Massnahmen

Grossinstandhaltung	Laufende Instandhaltung
• Auftrag Wartung Inspektion Diagnose Instandsetzung Erneuerung	• Durchführung Eigenleistung Fremdleistung Termine Qualität
• Vorbereitung Arbeitsprogramme Kapazitäten Eigenes Personal Fremdes Personal Kosten	• Auswertung Instandhaltungsbericht Schadensanalyse Modifikation

Arbeitskräfte
- Gewerke
- Kapazitäten
- Arbeitseinsatz
- Überwachung

Dokumentation
- Zeichnungen
- Schriftgut

Material
- Ersatzteile
- Verbrauchsmaterial
- Werkzeuge

Freischaltung
- Arbeitserlaubnisverfahren
- Organisation
- Standardprogramme

Freischaltungen
- Ausschreibung
- Betreuung
- Bestellung
- Überwachung

Kostencontrolling

Bild 3. Erforderliche Ressourcen, Verbindungen und die Massnahmen für den Instandhaltungsprozess.

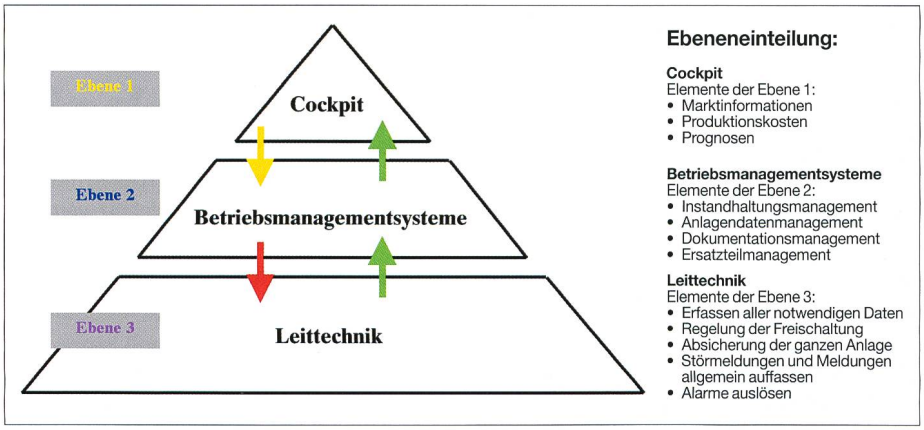


Bild 4. Management, Betriebsführung und Leittechnik in einer wissenbasierten Betriebsführung.

Bild 3 vermittelt die erforderlichen Ressourcen, die notwendigen Verbindungen und die Massnahmen für den Instandhaltungsprozess.

Wissenbasierte Betriebsführung

Vorteile, die eine wissenbasierte Betriebsführung mit sich bringt:

- Absolute Reduzierung der Kosten für Betriebsführung und Instandhaltung
- Verringerung der Streubreite der erreichbaren Kosten
- Verfolgung der Kosten
- Daten sind für alle zugänglich, alle können vom Wissen Gebrauch machen
- Erhöhung der Verfügbarkeit
- Höhere Qualität.

Leittechnik

Die Leittechnik stellt, regelt und überwacht die Prozesse und garantiert die Sicherheit.

Systemabgrenzung

Die Pyramide in Bild 4 stellt symbolisch die drei Ebenen des Managements, der Betriebsführung und der Leittechnik dar. Die drei Ebenen sind voneinander klar abgegrenzt. Die Pfeile stellen durch Farbe den möglichen Datenfluss dar.

Zusammenfassung

Die rechtzeitige Erkennung von sich abzeichnenden Mängeln oder Störungen ist beim Unterhalt von Wasserkraftanlagen von grosser Bedeutung. Einer flexiblen, an den Anforderungen des Marktes adaptiven Betriebsführung kommt daher immer grössere Bedeutung zu.

Es ist darauf zu achten, dass die Revisionsarbeiten so anzusetzen sind, dass möglichst geringe Energieverluste entstehen. Eine umfassende, koordinierte Überwachung und wissenbasierte Strategieentscheidungen bilden eine wesentliche Voraussetzung. So können unerwartete Betriebsstörungen weitgehend vermieden werden.

In der Zukunft die Informationen, Diagnosen und die Daten anhand einer wissenbasierter Betriebsführung direkt in ein System einfliessen zu lassen, ist der Schlüssel zum Erfolg.

Betriebsmanagementsysteme bieten hierbei eine optimale Lösung für eine wissenbasierte Betriebsführung und Instandhaltung von Wasserkraftwerken.

Anschrift der Verfasser
Daniel Kistler, Masch.-Ing. FH, *David Ballini,* Masch.-Ing. FH, Prof. *Jürg Meier,* Masch.-Ing. ETH, HSR, Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Anlagen- und Sicherheitstechnik, Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil.

terra vermessungen

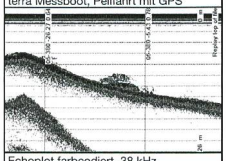
Ihr Partner für:

- Hydrographie
- Strömungsmessung
- Durchflussmessung
- Ingenieurvermessung
- autom. Messsysteme
- GPS / Navigation

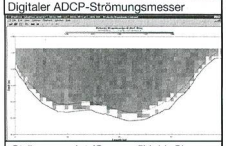
Mit modernsten Geräten:

- digitale Echolote mit 38, 120, 200 und 710 kHz
- digitaler Sidescan mit 120 kHz
- ADCP Strömungsmesser Rio Grande mit 600 kHz
- Trimble RTK-GPS (Genauigkeit ± 2–3 cm in Lage und Höhe)
- Navigations- und Positionierungssysteme

terra Messboot, Peilfahrt mit GPS


Echoplot farbcodiert, 38 kHz

Digitaler ADCP-Strömungsmesser


Strömungsplot (Querprofil inkl. Q)

Navigationscomputer

http://www.terra.ch
e-mail: terra@terra.ch

Obstgartenstrasse 7, 8006 Zürich, Tel. 043 255 20 30
In der Briese 19, D-79865 Grafenhausen, Tel. 07748 1235

Willy Stäubli Ing. AG
Wasserbau Stahlbau
Zürich, Hergiswil NW, Horgen
Telefon 043 960 82 22
Fax 043 960 82 23

Projektierung, Neubau und Sanierung von:

Bootsstegen, Hafenanlagen, Seeleitungen, Düker, Schiffsstegen und Badeanlagen

Taucharbeiten bis 300 m Tiefe

Rammarbeiten und Unterwasserbeton

Schlosser- und Stahlbauarbeiten

RESA Marina Stegsysteme

RESA Marina Systems