

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Band:** 97 (2005)  
**Heft:** 7-8

**Artikel:** Erneuerungsprojekt Kraftwerk Erlenbach  
**Autor:** Hässig, Peter / Herzog, Markus  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941762>

### **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:** 19.11.2024

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

# Erneuerungsprojekt Kraftwerk Erlenbach

■ Peter Hässig, Markus Herzog

Die BKW FMB Energie AG verfolgt für ihre eigenen Wasserkraftwerke sowie die mit Betriebsführungsvertrag betriebenen Partnerkraftwerke seit den 80er Jahren ein systematisches Instandhaltungs- und Erneuerungsprogramm. Die alten Anlagen mit Inbetriebnahme vor dem Zweiten Weltkrieg werden nach und nach durch Neubauten ersetzt. So sind im WKW Mühleberg zurzeit die Arbeiten für die Erneuerung von Wehr und Wehrbrücke im Gange (vergl. Wasser-Energie-Luft 11/12-2004). Und für das WKW Hagneck läuft das Verfahren zur Erteilung einer Konzessionserneuerung. Die jüngeren Kraftwerke werden umfassende Erneuerungen und (wenn möglich) einer Leistungserhöhung unterzogen. So wurden bisher folgende Kraftwerke fit getrimmt: 1990–1992 WKW Niederried-Radelfingen, 1992–1994 WKW Aarberg, 1995–1997 WKW Innergsteig, 1997–1999 WKW Bannwil (vergl. Wasser-Energie-Luft 1/2-2003), 1999–2001 WKW Simmenfluh und 2000–2002 WKW Bözingen. Mit den im vorliegenden Bericht beschriebenen Arbeiten zur Gesamterneuerung des WKW Erlenbach konnte dieses Erneuerungsprogramm jetzt erfolgreich abgeschlossen werden. Bei all diesen Vorhaben lagen die Projektierung und die Gesamtprojektleitung beim Ingenieurdienstleister «Engineering Kraftwerke» der BKW. Die bei diesen Erneuerungsprojekten gewonnenen Erfahrungen und ein fundiertes Fachwissen sichern eine kompetente Projektabwicklung auch bei künftigen Aufträgen.

## 1. Allgemeines

### 1.1 Übersicht

Das WKW Erlenbach gehört der Simmentaler Kraftwerke AG (SKW) und wird mit einem Betriebsführungsvertrag durch die BKW FMB Energie AG (BKW) betrieben. Es wurde in den Jahren 1956–1958 erstellt. Nach gut 40 Jahren Dauerbetrieb drängte sich eine Gesamterneuerung auf. Gleichzeitig sollte das Kraftwerk für die Fernsteuerung ab der Zentralen Leitstelle der BKW in Mühleberg nachgerüstet werden.

Für den Betrieb des WKW Erlenbach werden im Diemtigtal die zwei Bäche Chirel und Filderich gefasst. Von diesen Wasserfas-

sungen führen Stollen und Hangleitungen über mehrere Kilometer in das Ausgleichsbecken Aegelsee am rechten Talhang des Simmentals. Die anschliessende Druckleitung befördert das Wasser über eine Höhendifferenz von 306 m zu den beiden horizontalachsigen Francisturbinen in der Zentrale Erlenbach.

### 1.2 Teilprojekte und Zeitplan

Das Erneuerungsprojekt umfasst die gesamte Anlage. Im Bestreben, die Erneuerung mit möglichst wenig Produktionsausfall durchzuführen, gestaltete sich die Planung äusserst komplex. Durch die Gliederung des Gesamtprojektes in fachbezogene Teilprojekte wurde die Verantwortung aufgeteilt und die fachliche Kompetenz im Projekt gesichert.

Damit die verbesserte Infrastruktur während der Revisionszeit genutzt werden konnte, wurde zuerst das Maschinenhaus erneuert.

Für die Seebaggerung wurde das Schmelzwasser im Frühling 2003 genutzt. Anschliessend folgte die Inspektion der Druckleitung und der Turbinen, damit der genaue Zustand für die Detailprojektierung aufgenommen werden konnte. Für Instandstellungsarbeiten an den Stollen und Hangleitungen erfolgte im Herbst 2003 während 10 Tagen eine Gesamtabstellung. Gleichzeitig wurde mit der Revision der Maschine Nr. 1 und der 16-kV-Anlage begonnen. Die Maschine

Nr. 2 war während der Revision in Betrieb. Allerdings erhielt sie eine Lärmschutzverkleidung, damit die Lärmbelastung für das Arbeiten in der Halle auf ein erträgliches Niveau reduziert werden konnte. Anfangs April 2004, zur Zeit der Schneeschmelze, war die Maschine Nr. 1 wieder am Netz. Mit der Revision von Maschine Nr. 2 wurde im November 2004 begonnen, am 24. März 2005 wurde sie termingerecht wieder an den Betrieb übergeben.

Beim zeitlichen Ablauf der Arbeiten wurde insbesondere auf die Vermeidung von unnötigen Gesamtabstellungen geachtet, um möglichst wenig projektbedingte Produktionsausfälle zu verursachen. Solche waren nur für die Reparaturarbeiten in den Stollen (10 Tage) und jeweils beim Aus- und Wiedereinbau der Kugelschieber (4 mal 2 Tage) erforderlich. Weitere Abschaltungen waren nur von kurzer Dauer und konnten jeweils ohne Wasserverlust mit dem Aegelsee aufgefangen werden.

## 2. Ausführung

### 2.1 Bau

Im Fachgebiet Bau wurden drei Teilprojekte definiert:

1. Die Wasserzuleitungen: An den Wasserzuleitungen wurden während 10 Tagen nur die nötigsten Arbeiten ausgeführt, da im Jahr 2007 eine längere Abstellung zur Instandsetzung des Korrosionsschutzes der Druckleitung vorgesehen ist.

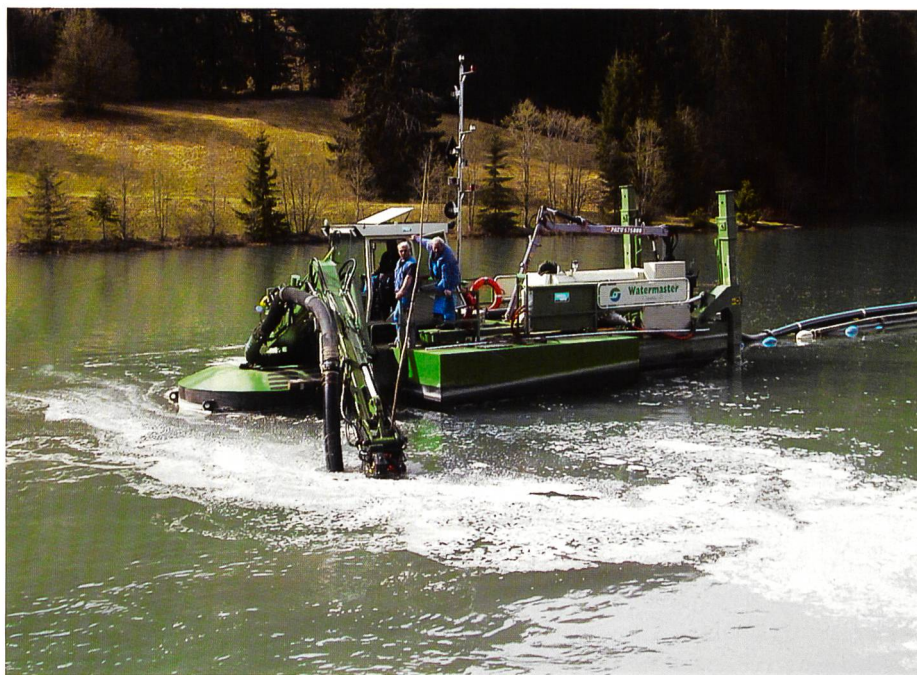
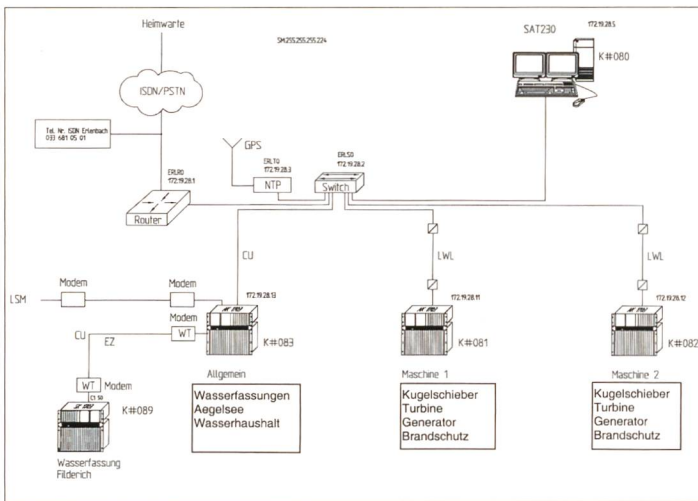
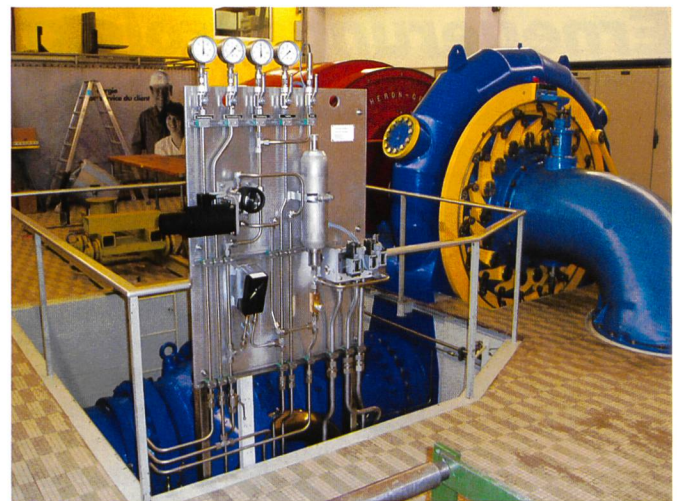


Bild 1. Saugbagger im Einsatz auf dem Aegelsee.





**Bild 2. Struktur der eingesetzten BKW-Leittechnik.**



**Bild 3. Neue hydraulische Kugelschieber-Steuerung, Eigenfertigung BKW.**

2. Die Seebaggerung: Im Rahmen der Seebaggerung wurden durch die Druckleitung und über die Turbinen ca. 15000 m<sup>3</sup> Sand abgeschwemmt (vergl. Wasser-Energie-Luft 3/4-2005) (Bild 1).

3. Das Maschinenhaus: In diesem Gebäude wurde die gesamte Elektroinstallation erneuert: Eigenbedarfsversorgung, Licht, Heizung, die Sanitären Anlagen sowie der Kran in der Maschinenhalle. Die Krananlage wurde revidiert und mit frequenzgesteuerten Antrieben ausgerüstet. So stand eine geeignete Infrastruktur für die übrigen Erneuerungsarbeiten bereit.

## 2.2 Druckleitung

Im Teilprojekt Druckleitung musste eine wesentliche Projektänderung vorgenommen werden. Bei der Inspektion der Druckleitung wurde eine unerwartet hohe Beschädigung des Korrosionsschutzanstriches festgestellt.

An der Sohle der Leitung mussten blanke Stellen festgestellt werden, verursacht durch Sandabrieb. Rostpusteln, wel-

che über die gesamte Sohlenlänge vorhanden sind, zeigen, dass die Leitungssohle schon längere Zeit beschädigt war und die Schäden nicht allein durch die Seebaggerung verursacht wurden. Es wurde daher auf die Ausführung der ursprünglich geplanten, lokalen Ausbesserungen verzichtet und stattdessen für 2007 eine Gesamterneuerung des Korrosionsschutzanstriches eingeplant.

## 2.3 Leittechnik

Mit dem Ersatz der Leittechnik wurden zwei Projektziele verfolgt (Bild 2):

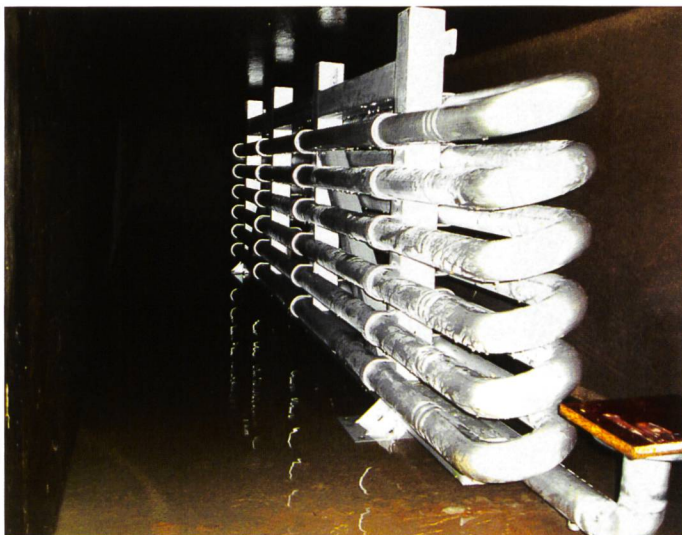
1. Sicherheit und Verfügbarkeit werden auf den heutigen Stand der Technik gebracht. Die alten Komponenten konnten wegen fehlender Ersatzteile und fehlenden Wissens teilweise nicht mehr gewartet werden.

2. Eine Automatisierung und Fernsteuerung der Anlage wird realisiert. Die Betriebsführung erfolgt nun seit Oktober 2004 von der Zentralen Leitstelle der BKW in Mühleberg aus. Das Personal vor Ort ist weiter für

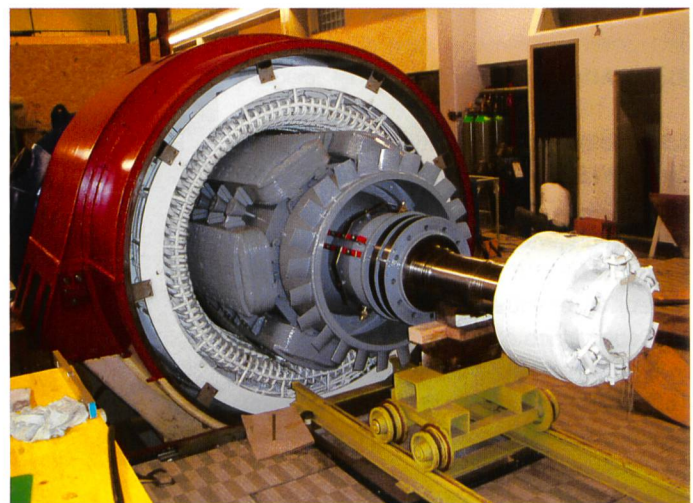
Instandhaltung und Pikett zuständig. Die von BKW konzipierte Leittechnik integriert bewährte Komponenten aus der Industrie und verbindet diese zu einer übersichtlichen Kraftwerksleittechnik. Im WKW Erlenbach basiert die BKW-Leittechnik auf SAT230-Komponenten.

In der Maschinensteuerung sind alle Anlagenteile integriert, welche für den Betrieb des Kraftwerks benötigt werden. Die Leittechnikstruktur enthält je eine unabhängige Steuerungseinheit für Maschine Nr. 1 und für Maschine Nr. 2. In einer dritten Einheit wird der allgemeine Teil zusammengefasst. Die Wasserfassungen und der Aegelsee wurden hier integriert. In diesem allgemeinen Teil der Steuerung wird ausserdem eine Wasserhaushaltsautomatik realisiert.

Die Wasserhaushaltsautomatik wählt entsprechend dem Wasserzufluss den günstigsten Produktionsplan. Den Maschinen wird automatisch die Leistung vorgegeben. Berücksichtigt werden dabei die Energiewertigkeit, die über den Tag variiert, und die Ab-



**Bild 4. Neuer Wasser-/Wasserkühler, Eigenfertigung BKW.**



**Bild 5. Generatorrotor mit neuem Erregerrotor mit rotierenden Dioden.**



flusswassermenge zu den untenliegenden Kraftwerken. So sollen die kleinen Zuflüsse im Winter optimal verwertet werden.

Die Leittechnik regelt auch die Klimatisierung der Maschinenhalle. Um die Handbedienung der Lüftungsklappen der Generatorkühlung zu automatisieren, wurden sie nach Plänen der BKW umgebaut und mit elektrischen Antrieben versehen.

## 2.4 Kugelschieber

Die Kugelschieber wurden mit einer neuen hydraulischen Steuerung der BKW ausgerüstet. Diese Kugelschieber-Steuerungen werden in der Werkstätte der BKW in Wimmis gebaut und getestet. Das Konzept basiert darauf, dass mit Öldruck geöffnet und mit Wasserdruck aus der Druckleitung geschlossen wird.

Die Demontage und Instandsetzung sowie die Korrosionsschutzarbeiten wurden ebenfalls in BKW-eigenen Werkstätten durchgeführt. Für die mechanische Bearbeitung von Grossteilen wurden spezialisierte, lokale Firmen zugezogen.

Eine Nachprüfung der Kugelschieberauslegung ergab zu tiefe Sicherheitswerte in Bezug auf die heute für die Dimensionierung massgebliche Rohrbruchwassermenge. Es war daher erforderlich, eine Verstärkung der Lagerung an den Kugelschieberzapfen einzubauen.

Rundum erneuert und verstärkt gingen die Kugelschieber so wieder in einen sicheren Betrieb (Bild 3).

## 2.5 Turbinen

### 2.5.1 Umweltsicherheit

Die Turbinen konnten in Bezug auf ihre Umweltsicherheit verbessert werden. Im Bereich des Triebwassers wurde konsequent auf fettfreie Lagerungen umgebaut.

Die Kühlung von Lager- und Regleröl geschah bisher mit Grundwasser, welches anschliessend in die Simme gepumpt wurde. Diese Kühlung erfolgt nun über einen geschlossenen Wasserkreislauf und die Wärme wird über einen Wasser-/Wasserkühler ins Unterwasser abgegeben. Sowohl die Kühler als auch die gesamte Kühlwassererrohrung konnten in der BKW-eigenen Werkstatt in Wimmis gefertigt werden.

Dank dieser beiden Massnahmen wird das Umweltrisiko «Ölverlust» massiv reduziert (Bild 4).

### 2.5.2 Vibrationen

Während der bisherigen Betriebszeit wurden beide Turbinen mit einem asymmetrisch verstellten Leitapparat gefahren. Nur so konnte das instabile Schwingungsverhalten der Turbinen unter Kontrolle gebracht werden. Ohne

die asymmetrische Leitapparatöffnung traten bei 4 MW Leistung Schwingungen von bis zu 800 Mikrometer auf.

Die Gesamterneuerung bot Gelegenheit, diesen Mangel durch konstruktive Änderungen an den Labyrinthdichtungen zu beseitigen. Neu wird durch eine eindeutige Wirkrichtung der Achsialkraft die Schwingungsanfachung vermieden. Damit wird die Betriebssicherheit der künftig ferngesteuerten Anlage eindeutig erhöht.

Die Lösung des Problems erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Spezialisten des Turbinenlieferanten.

### 2.5.3 Ersatz der mechanischen Turbinenregler

Die mechanische Turbinenregler wurden durch elektronische Regler TC 1703 von VA TECH Hydro AG ersetzt. Dies erforderte einen Umbau der Reglerhydraulik. Das Hauptsteuerventil und der Servomotor blieben bestehen. Im übrigen wurde der ganze hydraulische Teil auf den bestehenden Tanks von BKW-Mitarbeitern nach den Plänen der VA TECH Hydro AG neu aufgebaut.

### 2.5.4 Ersatz von Verschleissteilen

Geplant war, verschiedene Verschleissteile mit abrasionsbeständigen Materialien zu beschichten und damit die Masshaltigkeit des Originalzustandes wieder zu erreichen. Die Inspektion nach der Sandbaggerung im Ae-gelsee zeigte allerdings erhöhten Verschleiss, so dass einige zusätzliche Teile ersetzt werden mussten. Dank genügend Vorlauf der Seebaggerung zur Maschinenrevision und einer guten Zusammenarbeit mit VA TECH Hydro AG konnten diese Ersatzteile rechtzeitig beschafft werden.

## 2.6 Generatoren

Die Generatoren wurden mit bürstenlosen Erregern ausgerüstet. Damit wird die ständige Verschmutzung durch Kohlestaub beseitigt und der Wartungsaufwand verkleinert. Für die Ausführung dieser Arbeiten wurde der Rotor ins Werk von Alstom (Schweiz) AG transportiert. Dort wurden ein neuer Erregerrotor mit rotierenden Dioden an die bestehende Welle angebaut. Der Erregerstator wurde komplett ersetzt und an die Stelle des alten montiert (Bild 5).

Der Generatorstator wurde in der Zwischenzeit einer gründlichen Reinigung mit CO<sub>2</sub>-Strahlung unterzogen. Die Reinigung wurde von einer Spezialfirma in einem einzigen Tag durchgeführt. An Isolation und Wicklung waren nur kleine Reparaturen erforderlich. Die Überwachungssensorik wurde komplett erneuert. Danach war der Stator wieder bereit zum Einbau.

Die bestehende CO<sub>2</sub>-Brandlöschanlage für die Generatoren wurde durch eine moderne Inergen-Brandlöschanlage ersetzt. Dieses neue Löschgas ist im Auslösefall weniger giftig für das Personal und bewirkt somit eine Verbesserung der Arbeitssicherheit.

## 2.7 16-kV-Anlage

Die Unterstation war bisher eine offene, luftisolierte Anlage, die sich über zwei Stockwerke erstreckte. Die neue gekapselte Anlage von Siemens nimmt nur noch einen Bruchteil des bisher beanspruchten Raumes ein und ist in punkto Sicherheit auf dem neuesten Stand der Technik.

## 3. Zusammenfassung

In den beiden Wintern 2003/04 und 2004/05 wurde das WKW Erlenbach einer Gesamterneuerung unterzogen. Diese konnte im März 2005 mit der Inbetriebsetzung der zweiten Maschinengruppe erfolgreich abgeschlossen werden.

Die Wasserfassungen, die Zuleitungsstollen, die maschinellen und elektrischen Anlagenteile, die Leittechnik sowie die Gebäude wurden einer systematischen Zustandsbeurteilung unterzogen und daraus die erforderlichen Erneuerungsarbeiten zustandsorientiert abgeleitet. Die getätigten Arbeiten sind im vorliegenden Bericht auszugsweise beschrieben. Die Erfahrungen der BKW aus vorangegangenen, vergleichbaren Tätigkeiten ermöglichten einen straffen Projektablauf unter Einhaltung der terminlichen und finanziellen Vorgaben.

## 4. Eckdaten

### 4.1 Erneuerungsprojekt

Projektdauer (inkl. Projektierung) 4 Jahre  
Geplante Arbeitsstunden BKW 32 000 h  
Gesamte Investition SKW 8,7 Mio. Fr.  
(ohne 16-kV-Anlage der BKW)

### 4.2 Anlagen

Francisturbinen	2x8,5 MW
Nutzbare Gefälle	306 m
Ausgenützte Wassermenge	2x3,3 m <sup>3</sup> /s
Mittlere Energieproduktion:	
Sommer	43 Mio kWh
Winter	17 Mio kWh

Anschrift der Verfasser

Peter Hässig, Produktmanager Wasserkraftwerke, BKW FMB Energie AG, Engineering Kraftwerke, Viktoriaplatz 2, CH-3000 Bern 25, peter.haessig@bkw-fmb.ch

Markus Herzog, Projektleiter, BKW FMB Energie AG, Engineering Kraftwerke, Viktoriaplatz 2, CH-3000 Bern 25, Telefon 031 330 58 98, markus.herzog@bkw-fmb.ch