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

**Artikel:** Die Turbinenwerkstatt KWO
**Autor:** Müller, Jürg / Baumberger, Ernst
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-941708

**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:** 25.12.2025

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

# Die Turbinenwerkstatt KWO

Jürg Müller, Ernst Baumberger

## Einleitung

Die KWO, Kraftwerke Oberhasli AG, betreibt im Grimsel- und Sustengebiet im Berner Oberland eine der ganz grossen Wasserkraftwerksanlagen der Schweiz. Sie beschäftigt rund 250 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in einem breit gefächerten Spektrum verschiedenster Berufe. Das Unternehmen, welches 1925 gegründet wurde, hat im Laufe der Jahre rund 1,2 Mrd. Schweizer Franken in ihre Anlagen investiert. Diese verarbeiten in neun Kraftwerken mit 26 Turbinen rund 700 Mio. $m^3$ Wasser und produzieren damit etwa 2500 Mio. Kilowattstunden Strom im Jahr. Die Leistung von 1062 MW reicht aus, um 10 Mio. Glühbirnen zu je 100 Watt Leistung brennen zu lassen.

*Bild 1. Übersicht über die Turbinenwerkstatt KWO.*

## Wie die KWO zu ihrer Turbinenwerkstatt kam

Der Betrieb von 26 Turbinen und Generatoren mit allen zugehörigen Zuleitungen und Abschlussorganen erfordert einiges an Instandhaltung. Schon immer erfolgte diese in Zusammenarbeit zwischen der Zulieferindustrie und der Belegschaft des Kraftwerkes. Werkstätten gehören deshalb zur Standardeinrichtung eines grösseren Kraftwerksbetriebs. Was aber immer war, muss nicht ewig bleiben. Der Ausbau der Wasserkraftwerke in der Schweiz ist seit dem Ende der 70er-Jahre des 20. Jahrhunderts weitgehend abgeschlossen, grosse Erneuerungsarbeiten sind noch nicht so zahlreich vorhanden, da die meisten Kraftwerke aus den 50er- und 60er-Jahren stammen und dank ihrer Langlebigkeit noch keine umfassenden Erneuerungen brauchen. Dadurch ist auch der Markt für die schweizerische Maschinenindustrie im Kraftwerksbau stark geschrumpft, ein grosser Teil dieser Industrie ist verschwunden, ausgelagert ins Ausland oder fusioniert mit anderen Unternehmen. Mit dem Verlust an Aufgaben ging auch ein Verlust an Know-how einher.

Die Wasserkraftwerke sind aber nach wie vor da und müssen betrieben und instand gehalten werden. Deshalb drängte sich gegen Ende des letzten Jahrhunderts die Frage auf, wo das notwendige Know-how herkommen soll, wenn die Industrie keine Gelegenheit mehr hat, dieses in ausreichendem Umfang bereitzustellen. Die Kraftwerke Oberhasli entschieden sich in dieser Situation zur Selbsthilfe und bauten den Bereich ihrer Turbinenwerkstatt aus. Wie es der Name sagt, spezialisierte sich die Turbinenwerkstatt auf die Instandhaltung und Optimierung von Turbinenlaufrädern. Aber auch andere grosse Komponenten von Wasserkraftwerken können kompetent betreut werden.

Die KWO steht als Kraftwerksbetreiberin in der Schweiz mit dem Problem des schwindenden Know-how nicht allein da. Die anderen Kraftwerke sind da nicht in einer besseren Lage. Deshalb stellten diese bald Anfragen nach Dienstleistungen an die KWO, sodass sich diese überlegen musste, ihre Dienstleistungen auch Dritten anzubieten. Die Nachfrage schien derart nachhaltig zu sein, dass sich die KWO in der Folge entschloss, eine leistungsfähige Turbinenwerkstatt aufzubauen und als Anbieter von Serviceleistungen auch bei anderen Kraftwerksgesellschaften aufzutreten.

## Die Leistungen der Turbinenwerkstatt der KWO

Die Turbinenwerkstatt der KWO (Bild 1) arbeitet nun seit fünf Jahren auch für Dritte. Eine Stärke der Turbinenwerkstatt ist ihr Personal, langjährige Mitarbeiter der Kraftwerke, welche Erfahrungen in der Instandhaltung mitbringen, die Qualitätsstandards eines Kraftwerkbetreibers kennen und deren Sprache sprechen. Die wichtigste Erfolgsposition ist die Aufwertung der Laufräder von Pelton- und Francisturbinen sowie Pumpen unter Miteinbezug der spezifischen Einsatzbedingungen der jeweiligen Maschine. Ziel ist die Steigerung von Standzeit und Wirkungsgrad.

Eine weitere Spezialität ist die Revision von hydraulischen Maschinen und Abschlussorganen inklusive die Herstellung von Ersatzteilen dazu.

Die Stärken der Turbinenwerkstatt liegen in ihren Anlagen, aber auch in der Flexibilität ihres Personals, dank der sie auf individuelle Lösungen eingehen kann, sowie in den Kenntnissen der Anliegen eines Kraftwerksbetreibers.

Das Ziel ist es, durch kurze, bedürfnis- und werkstoffgerechte und daher kostengünstige Reparaturen zu längeren Standzeiten und besseren Wirkungsgraden zu gelangen.

In mehreren Etappen wurden die Hallen und die maschinellen Ausrüstungen der Werkstatt ausgebaut und damit die Prozesse weiterentwickelt und die Kapazität erhöht. Die zweite Werkhalle aus dem Jahr 2000 ist bereits zu eng geworden. Die dritte Investitionsetappe konnte im letzten Jahr abgeschlossen werden. Gleichzeitig wurde die bisherige grosse Anajak-CNC-Fahrständer-Fräsmaschine mit einer noch grösseren kombinierten CNC-Fräs- und Drehmaschine erweitert.

Damit ist der KWO-Maschinenpark bestens für die Bearbeitung komplexer Werkstücke wie Turbinen und Abschlussorgane ausgerüstet.

## Einrichtungen

### Hydraulischer Prüfstand

Die Turbinenwerkstatt entwickelte einen volldimensionalen hydraulischen Peltonprüfstand, auf dem das Laufrad in Originalgrösse mit dem wirklichkeitsgetreuen Wasserstrahl beschickt werden kann. Die Drehzahl des Rades und die Strahlgeschwindigkeit werden der tatsächlichen Betriebslaufzahl ange-

passt, sodass die Abströmungsverhältnisse der Wirklichkeit entsprechen.

Auf dem Prüfstand lassen sich neue Räder auslegen oder bestehende aufwerten. Dazu werden die Becher des Referenzrades auf dem Prüfstand modelliert und die Abströmungsverhältnisse mit Hilfe einer digitalen Hochgeschwindigkeitskamera bei den tatsächlichen Betriebsbedingungen sichtbar gemacht. So wird in ein paar Schritten die optimale Schaufelform mit den bestmöglichen Abströmverhältnissen erreicht. Über den Bremsmotor lassen sich die Wirkungsgradverbesserungen im Originalzustand des Rades quantifizieren.

### Robotertechnik/Schweissroboter

Mit einem Robotermessarm wird die optimierte Geometrie einer Becherform ausgemessen und in einem CAD-System zu Bewegungsbefehlen für den Schweissroboter programmiert. Dieser erledigt am Turbinenrad die groben Schweissarbeiten. Diese Roboter- und Schweisstechnik hat die KWO über Jahre hinweg perfektioniert und garantiert damit eine hohe Qualität und effiziente Fertigungsprozesse.

### Fräsmaschinen

Die Fräs- und Drehmaschine mit Rundtischsteuerung Anajak 3800 und die Fräsmaschine Anajak 3800 mit Positioniertisch lassen die Bearbeitung von Werkstücken bis rund 4 m Abmessung und 25 t Gewicht zu. Mit diesen Maschinen lassen sich Peltonbecher bis nah an die digital aufgenommene Sollform fräsen. Dadurch ergeben sich besonders standfeste Laufräder. Hinzu kommen eine Bettfräsmaschine Reiden und eine Fräsmaschine Retro.

### Drehmaschinen

Auch Drehbänke stehen für die verschiedensten Anwendungen zur Verfügung. Sie weisen Spindeldurchmesser von 45 bis 204 mm auf.

### Weitere Maschinen

Spiralbohrmaschinen, eine Flachschleifmaschine, Läppmaschine, Kreissäge, Bügelsäge sowie ein Sandstrahlhaus und eine Sandstrahlkabine runden die Palette der Bearbeitungsmaschinen ab. Schliesslich gehört zur Werkstatt auch ein Ofenhaus mit einem Glühofen.

## Beispiele aus den Dienstleistungen der Turbinenwerkstatt KWO

### Neues Peltonlaufrad (Tabelle 1)

Für zwei kleinere Turbinen wurden in der Turbinenwerkstatt KWO neue Laufräder und Turbinenwellen hergestellt (Bilder 2 und 3). Das in der Schweiz in 13/4-Qualität gegossene Turbinenrad wurde in der Turbinenwerkstatt hydraulisch ausgelegt. Die Sollform ist in der Regel das Ergebnis einer hydraulischen Optimierung, die sich auf die umfangreichen eigenen Betriebserfahrungen stützt und im Prüfstand verifiziert wird. Guss- und Fertigungszeichnungen wurden angefertigt, die

| Spezifikationen der Peltonturbinen | |
|---|---|
| Fallhöhe | 160 m |
| Leistung | 120 PS |
| Drehzahl | 600 $min^{-1}$ |
| Strahlkreis | 760 mm |
| Baujahr der Anlage | 1906 |
| Werkstoff | X5CrNi 13/4 |
| Durchlaufzeit | 1 Jahr |

***Tabelle 1. Spezifikationen von neuen Peltonrädern der Turbinenwerkstatt KWO.***

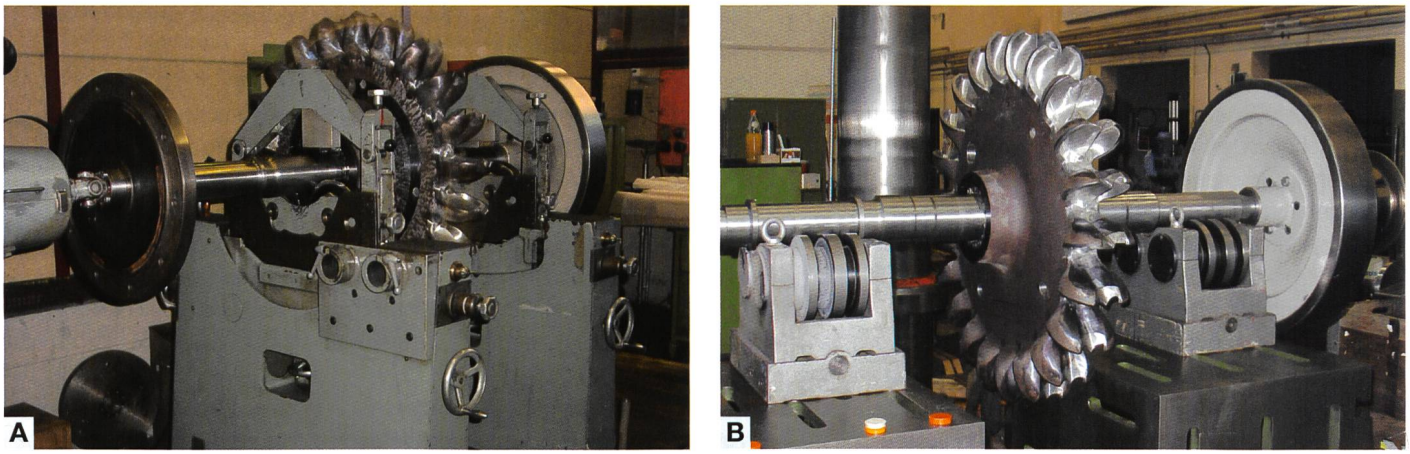


***Bild 2. Auswuchten der rotierenden Teile der neuen Peltonräder: A) dynamisches, B) statisches Auswuchten.***

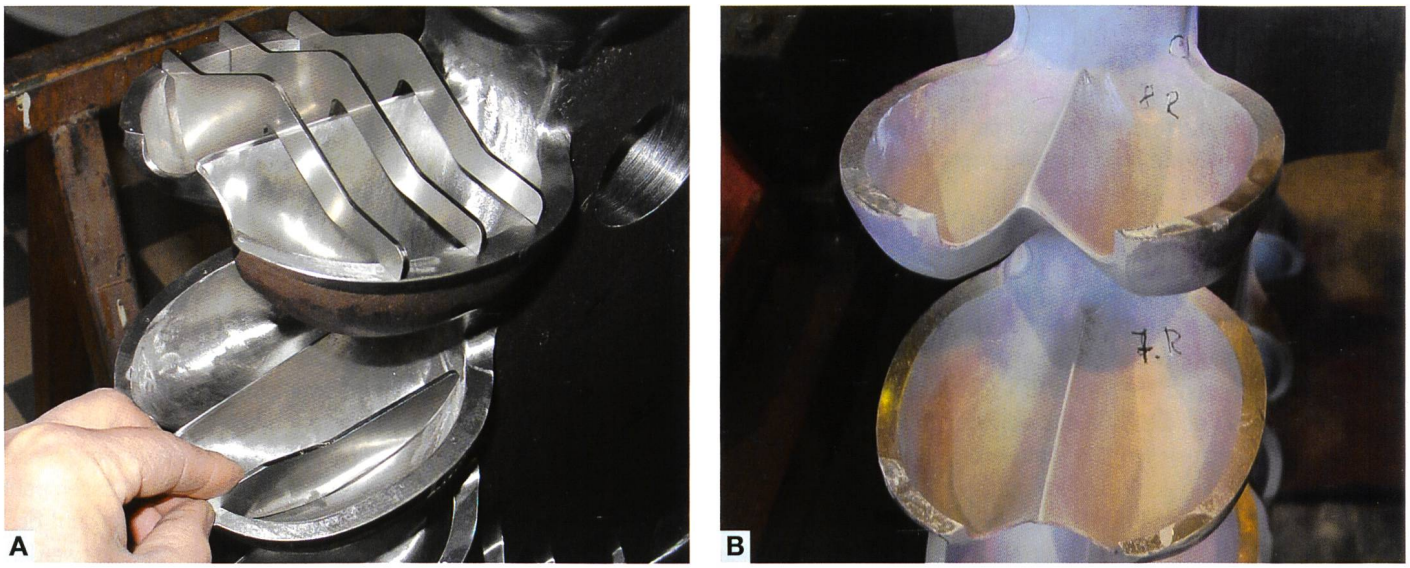


***Bild 3. PT-Prüfung der Schaufelbecher der neuen Peltonturbinen: A) Prüfung auf Lehrenhaltigkeit, B) PT-Prüfung.***

Peltonbecher zu 100% im Innen- und Aussenbereich gefräst, eine neue Turbinenwelle gedreht, beide Teile geprüft, ausgewuchtet und schliesslich montiert.

### Generalrevision Francisturbinen des Kraftwerks Tiefencastel (Tabelle 2)

Eine entsprechende Herausforderung bot die Generalrevision einer Francismaschine im bündnerischen Kraftwerk Tiefencastel. Die Anlage beinhaltet insgesamt vier Maschinengruppen, alle mit Francisturbinen. Der Auftrag bezog sich auf die Gruppe 3, und die Arbeiten beinhalteten die Demontage, Reparatur und Wiedermontage der folgenden Komponenten: Turbinenlager, Stopfbüchse, oberer Turbinendeckel, Turbinenwelle, Laufrad, Leitschaufeln, unterer Turbinendeckel und Druckregler. Bei den vor Ort abgewickelten Tätigkeiten wurden die Fachleute der KWO vom Team des Kraftwerks unterstützt. Die gesamten Revisionsarbeiten bis zur erneuten Inbetriebnahme der Maschine beanspruchten elf Wochen.

| Spezifikationen der Francisturbine | |
|---|---|
| Fallhöhe | 262 m |
| Leistung | 30 MW |
| Durchfluss | 16 $m^3/s$ |
| Werkstoff | X5CrNi 13/4 |
| Durchlaufzeit | 8 Monate |

*Tabelle 2. Spezifikationen der Francisturbinen des Kraftwerks Tiefencastel.*

Für die Generalrevision der Francisturbine des Kraftwerks Tiefencastel (Bilder 4 und 5) führte die Turbinenwerkstatt KWO folgende Arbeiten durch:

- Eingangskontrolle aller Bauteile
- Instandstellen von Laufrad und Leitschaufeln durch Reprofilierung
- Erstellung von neuen, modifizierten Schutz- und Labyrinthringen
- Wärmebehandlung der geschweissten Bauteile
- Zerstörungsfreie Prüfung sämtlicher Teile
- Beschichtung durch Tecnolab
- Dokumentation und Archivierung.

### Teilrevision Peltonrad (Tabelle 3)

Bei einem Peltonlaufrad von rund 10 MW Leistung wurden die Becherformen leicht korrigiert und damit hydraulisch optimiert. Diese Anpassungen erfolgten durch Aufschweissungen (Bilder 6 und 7) und Ausschleifen, ohne dass dabei der Gesamtwirkungsgrad negativ beeinflusst wurde. Gleichzeitig wurden auch Abnützungen, Material- und Fertigungsfehler, darunter so genannte Flockenrisse, d.h. Risse, die von innen nach aussen fortschreiten, detektiert und ausgebessert.

Die Leistungen der Turbinenwerkstatt erstreckten sich über:

- Optimierung der Becherform
- Prüfung des Rades auf Risse, werkstoffbedingte Schäden und konstruktive Fehler
- Analyse der Abnützungs- und Schadensbilder

| Spezifikationen der Peltonturbine | |
|---|---|
| Fallhöhe | 305 m |
| Durchfluss | 3,8 $m^3/s$ |
| Drehzahl | 600 $min^{-1}$ |
| Leistung | 9,5 MW |
| Aussendurchmesser | 1468 mm |
| Gewicht | 1,5 t |
| Anzahl Schaufeln | 21 |
| Werkstoff | CrNi 13/4 Stahlguss |

*Tabelle 3. Spezifikationen der Peltonturbine Kandergrund.*

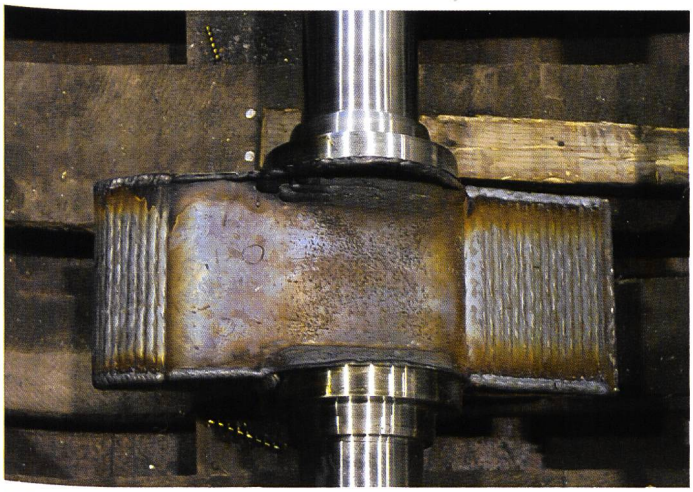

*Bild 4. Geschweisste Leitschaufel.*

*Bild 5. Bearbeitung der geschweissten Leitschaufel.*

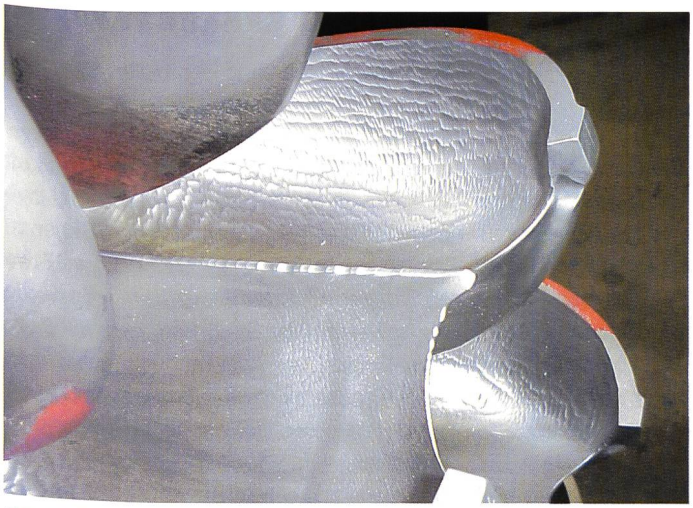

*Bild 6. Schäden im Innern der Becher der Peltonturbine des Kraftwerks Kandergrund.*

*Bild 7. Aufgeschweisste Peltonbecher.*

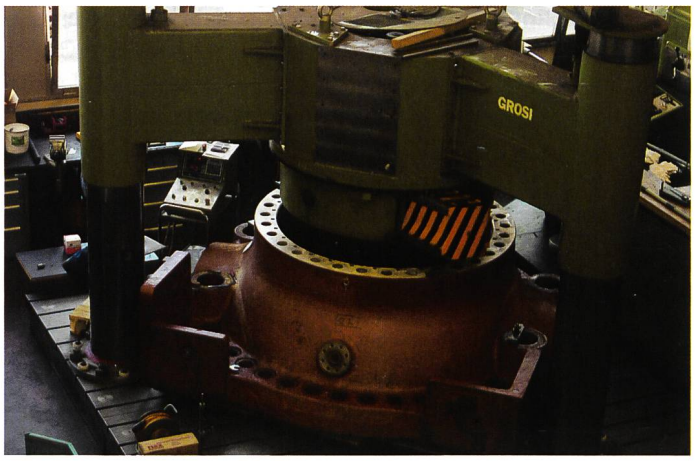


*Bild 8. Ausdrehen des Schiebergehäuses.*

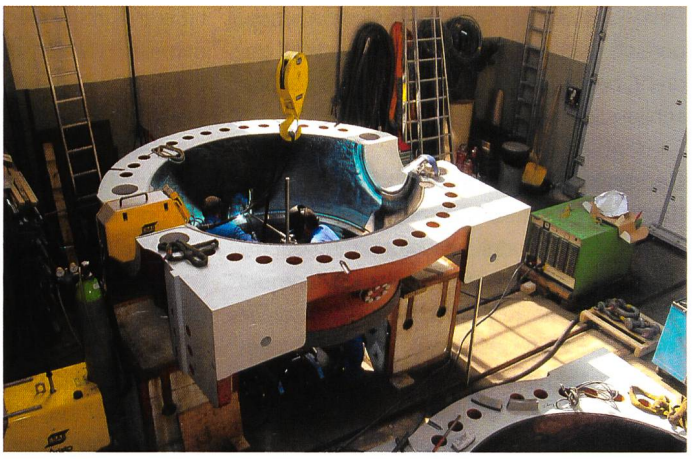

*Bild 9. Verschweissen des Ersatzringes.*

- Ausschleifen der Werkstofffehler
- Schweissen, Schleifen und Finish von Hand
- Komplette Dokumentation erstellen.

### Generalrevision Kugelschieber (Tabelle 4)

Nach einer Betriebszeit von rund 25 Jahren wurden die Kugelschieber des Umwälzwerkes Grimsel 2 der Kraftwerke Oberhasli einer Generalrevision unterzogen (Bilder 8 und 9). Neben der Erneuerung des Korrosionsschutzes und der Aufarbeitung sämtlicher Teile lag der Schwerpunkt in der Abänderung der Dichtungsanordnungen der beweglichen Dichtringe. Um die Korrosionserscheinungen der Dichtpartie gehäuseseitig zu beheben, musste ein rostfreier Ring eingesetzt werden. Aufwändig gestaltete sich auch die Reparatur an den Steuerventilen, welche zum Teil sehr stark erodiert waren. Die Arbeiten der Turbinenwerkstatt umfassten die Demontage und Zerlegung des Kugelschiebers, das Ausdrehen der Dichtungspartie am Gehäuse und das Einschrumpfen rostfreier Ringe, die Neuanfertigung der beweglichen Teile, den Korrosionsschutz, die Montage und die Funktionskontrolle.

| Spezifikationen des Kugelschiebers Grimsel 2 | |
|---|---|
| Anlage | KWO Grimsel 2 |
| Konstruktionsdruck | 540 m |
| Nennweite | 1400 mm |
| Stückgewicht | 57 t |
| Abmessungen | 3,9 × 1,4 m |
| Baujahr | 1975 |
| Durchlaufzeit | 4 Monate |

***Tabelle 4. Spezifikationen der Kugelschieber Grimsel 2.***

### Ausblick

Die KWO ist überzeugt, dass sie mit dem Aufbau ihrer Turbinenwerkstatt in eine Marktlücke eingestiegen ist, welche sich nicht zuletzt durch die rückläufige Investitionstätigkeit und die Konzentration in der Maschinenindustrie ergeben hat. Dadurch kann nicht nur Know-how aus einer Hand angeboten werden, sondern auch Know-how aufgebaut und für die Kraftwerkbetreiber in der Schweiz verfügbar gemacht werden. Dieses Know-how entwickelt die KWO gezielt weiter. Die mittlerweile hochindustrialisierte Reparaturtechnik für Pelton- und Francisräder macht es möglich, neue Laufräder von hervorragender Qualität mit einer speziellen und wirtschaftlich interessanten Methode herzustellen.

Anschrift der Verfasser
*Jürg Müller* und *Ernst Baumberger,* Kraftwerke Oberhasli AG, CH-3862 Innertkirchen.

***KWO-Turbinenworkshop 2005***

*Freitag, 28. Oktober*

*Praxisorientierter Workshop für Kraftwerksbetreiber. Weiterbildende Referate und Demonstrationen zur Neufertigung und Aufwertung von Laufrädern, Robotertechnik, Beschichtungstechnik und zum hydraulischen Peltonprüfstand.*

# Sumatra-Beben beschleunigt Erdrotation

■ *Wolfgang Weitlaner*

Das Erdbeben von Sumatra, das zu dem verheerenden Tsunami geführt hat, war nach Angaben von US-Forschern so stark, dass es die Erdrotation beschleunigt hat. Geophysiker des NASA-Jet Propulsion Center in Pasadena haben berechnet, dass die Erde sich danach um etwa drei Mikrosekunden schneller drehte, berichtet das Wissenschaftsmagazin «Nature».

Der schnelle Wechsel ist dadurch zustande gekommen, dass sich die Massen der tektonischen Platten verschoben haben. Auswirkungen auf den Planeten habe dies allerdings nicht, meinen die Forscher. Da die kürzere Umlaufzeit nur ein paar Millionstel einer Sekunde betrage, wären Korrekturen nicht notwendig, berichtet Tom O'Brian vom US-National Institute of Standards and Technology. Wie gewaltig das Erdbeben tatsächlich war, berichtet die US-Geological Society: Die Energie des Bebens kommt 475 000 Kilotonnen TNT gleich. Das entspricht einer Gewalt von 23 000 Atombomben wie sie in Hiroshima Ende des Zweiten Weltkrieges gezündet wurden. Das stärkste Beben, das je auf der Erde gemessen wurde, war es nicht, denn 1960 gab es in Chile nahe der Stadt Conception ein noch gewaltigeres, das zwischen 15 und 30 Minuten nach dem Beben zu Wellen von mehr als 50 m Höhe führte. Etwa 15 Stunden nach den Erschütterungen wurde die hawaiianische Stadt Hilo, rund 6800 km vom Epizentrum entfernt, von gewaltigen 10-m-Brechern getroffen und verwüstet.

Das zweitschwerste je gemessene Erdbeben wurde 1964 in Alaska registriert. Damals wurde ein Gebiet von 80 000 m$^2$ zerstört. Ein Tsunami erreichte an der Shoup-Bay am Valdez Inlet eine Maximalhöhe von