Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 85 (1993)
Heft: 5-6

Artikel: Neue Peltonräder für das Kraftwerk Küblis
Autor: Gujan, Hans / Hauser, Hanspeter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939974

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: 06.07.2025

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

Jedes Projekt auf allen Gebieten der Wirtschaft hat Vor- und Nachteile, die sachlich einander gegenübergestellt und gewichtet werden müssen, um danach einen fundierten Entscheid fällen zu können. Die EBL glaubt, diesen Voraussetzungen betreffend der Nutzung der Wasserkraft gerecht geworden zu sein.

Adresse des Verfassers: Dr. *Klaus-Peter Schäffer,* Direktor der Elektra Baselland, CH-4410 Liestal.

Neue Peltonräder für das Kraftwerk Küblis

Hans Gujan, Hanspeter Hauser

1. Einleitung

Das Werk Küblis gehört zu den kombinierten Kraftwerken Klosters-Schlappin-Küblis der Bündner Kraftwerke AG. Als Speicher dient der Davosersee mit einer nutzbaren Wassermenge von 11 Mio m³. Die Stufe Davos–Klosters weist ein Bruttogefälle von max. 366 m und eine mittlere Jahresproduktion von 28 GWh auf. Das Werk Schlappin erzeugt mit einem Bruttogefälle von 453 m im Mitteljahr 31 GWh. Die Stufe Klosters-Küblis mit dem Zulauf des Werkes Schlappin und einem Bruttogefälle von 356 m weist eine mittlere Produktion von 171 GWh/Jahr auf.

Von der mittleren Erzeugung elektrischer Energie von 230 GWh/Jahr entfallen rund 65% auf die Sommermonate und 35% auf das Winterhalbjahr. Die Energie wird in Form von Drehstrom (zirka 165 Mio kWh) und Einphasenwechselstrom für die Rhätische Bahn und die Schweizerische Bundesbahn (zirka 65 Mio kWh) erzeugt.

Das Werk Küblis wurde von 1919 bis 1922 erbaut. Installiert sind 3 Drehstrom- und 2 Einphasen-Maschinengruppen zu je 10 MVA sowie eine Einphasen-Maschinengruppe zu 3 MVA. Verschiedentlich wurden die Anlagen erneuert und umgebaut: Ersatz der Druckleitung, Ersatz sämtlicher Maschinen-Transformatoren, Stator-Neuwicklung der Generatoren, Ersatz der Steuer- und Schutzeinrichtungen, Ersatz der Laufräder.

Die Maschinengruppen im KW Küblis sind mit Pelton-Laufrädern bestückt. Aufgrund des Zustandes der Laufräder der Drehstrom-Maschinengruppen 1 bis 3 im KW Küb-

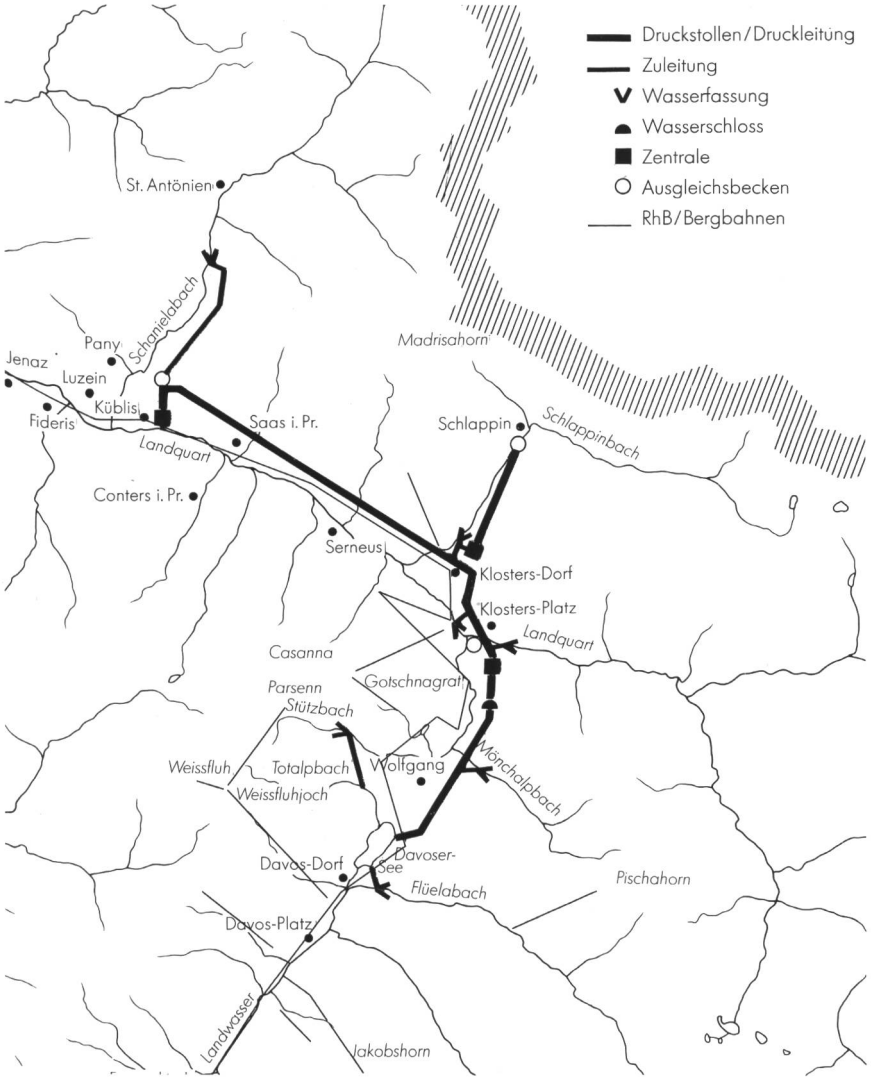

Bild 1. Kraftwerk Küblis mit Druckleitung und Unterwasser sowie Schema der Produktionsanlagen im Prättigau.

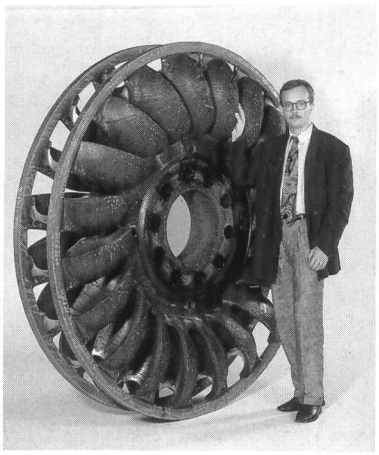

Bild 2. Altes Peltonrad mit Aussenkranz der Anlage Küblis.

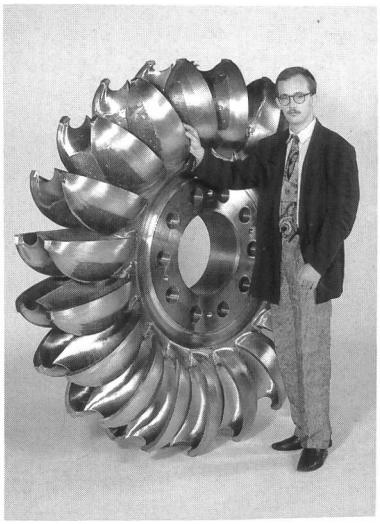

Bild 3. Neues Peltonrad der Anlage Küblis.

lis wurde 1989 beschlossen, die Räder zu ersetzen. Letztmals wurde ein neuer Radsatz Anfang der sechziger Jahre eingebaut. Dieser wies bis 1989 zirka 120 000 Betriebsstunden auf. Die Räder wurden bei den jährlichen Revisionsarbeiten überprüft und, wenn erforderlich, repariert (geschweisst, geschliffen). Grössere Schäden wurden nicht festgestellt. Sämtliche Laufräder dieser Maschinengruppen waren bis anhin mit Stützringen ausgerüstet. Durch den Einbau neuer Räder ohne Stützringe wurde aufgrund diverser Abklärungen mit den möglichen Laufradlieferanten eine Wirkungsgradverbesserung von 2,5% als Mittelwert gefordert.

Für die Abwicklung des Auftrages wurde von der Bündner Kraftwerke AG ein entsprechender Ingenieurauftrag an die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) erteilt. Die Qualifikationen des Turbinen- und Gusslieferanten waren zu begutachten. Durch erweiterte Spezifikation und Garantieleistungen sollte sichergestellt werden, dass die geforderte Qualität des Stahlgusses sowie Verbesserung des Wirkungsgrades ohne grosses Risiko für den Betreiber erreicht wird.

2. Ersatzräder mit neuem, optimiertem Schaufelprofil

In den letzten Jahren wurden auf dem Gebiet von Wasserturbinen grosse Anstrengungen zur Verbesserung des hydraulischen Wirkungsgrades unternommen. Durch gezielte und optimale Formgebung der Schaufelprofile werden heute bei Hochdruckturbinen, sprich Peltonturbinen, Wirkungsgrade zwischen 90 und 92% erreicht, je nach Anordnung und spezifischer Drehzahl. Im Vergleich zu Anlagen, die vor 25 oder mehr Jahren gebaut wurden, bedeutet dies eine Erhöhung des Wirkungsgrades in der Grössenordnung von 3%.

Aufgrund der Bedeutung, die insbesondere heute der optimalen Nutzung von vorhandenen Energiequellen zufällt, hat auch die Firma Hugal AG im Jahre 1990 verschiedene Pelton-Schaufelprofile entwickelt und in Modellversuchen im hydraulischen Labor der Universität Lausanne optimiert. Dieses Schaufelprofil wurde bereits in verschiedenen Anlagen mit Erfolg eingesetzt.

Die Firma Hugal AG, die von der Bündner Kraftwerke AG den Auftrag zur Lieferung von 3 neuen Laufrädern für die Zentrale Küblis erhalten hatte, ist ein schweizerisches Ingenieurunternehmen mit Sitz in Luzern und ist auf dem Gebiet von Peltonturbinen spezialisiert. Seit Beginn des Jahres 1992 ist die Hugal AG auch ein Glied der internationalen Impsa-Gruppe, die ihren Hauptsitz in Mendoza, Argentinien, hat und weltweit auf dem Turbinenmarkt tätig ist.

Nebst einem guten und optimalen Schaufelprofil mit hohen Wirkungsgraden ist auch die Betriebssicherheit des Peltonrades von grosser Bedeutung. Um dem Rechnung zu tragen, wurde einerseits unter Beizug eines Festigkeitsspezialisten ein neues Festigkeitsprogramm entwikkelt, das alle im Betrieb auftretenden Einflüsse berücksichtigt, andererseits wurde die Konstruktion so gewählt, dass das Spannungsniveau möglichst tief gehalten werden konnte.

Die Firma Knorr-Bremse in Volmarstein (BRD) konnte sich als geeigneter Gusslieferant qualifizieren. Um die bis anhin geforderte und erhaltene Stahlgussqualität sicherzustellen, wurden die allgemein üblichen Qualitätsvorschriften nach gegenseitiger Absprache erhöht (100% Ultraschallprüfung, höhere Kerbschlagzähigkeit, niedriger Schwefel- und Phosphoranteil sowie Eingrenzung des Restaluminiumgehaltes). Dank dem neu in Betrieb genommenen AOD-Konverter konnten die gestellten Anforderungen am rostfreien 13/4-Stahlguss erfüllt werden.

3. Vergleichsmessung altes/neues Laufrad

Zur Überprüfung der Wirkungsgradverbesserung wurde vor der Vergabe des Auftrages von der Bündner Kraftwerke AG eine Leistungsmessung am alten und neuen Rad vereinbart. Damit eine genaue Aussage möglich ist, wurden die beiden Messungen an der gleichen Maschinengruppe und unter denselben Bedingungen durchgeführt, wobei das alte Laufrad wie auch die Einlaufgarnitur in gutem Zustand waren.

Die Leistung wurde bei beiden Rädern mit gleichen Düsenöffnungen (Direktmessung an der Düsenstange) und somit bei gleichem Wasserdurchsatz gemessen. Die elektrische Leistung wurde mittels eines Präzisionsinstrumentes erfasst, über eine gewisse Zeit integriert und auf eine mittlere Fallhöhe umgerechnet. Auf diese Weise können beide Messungen direkt miteinander verglichen werden.

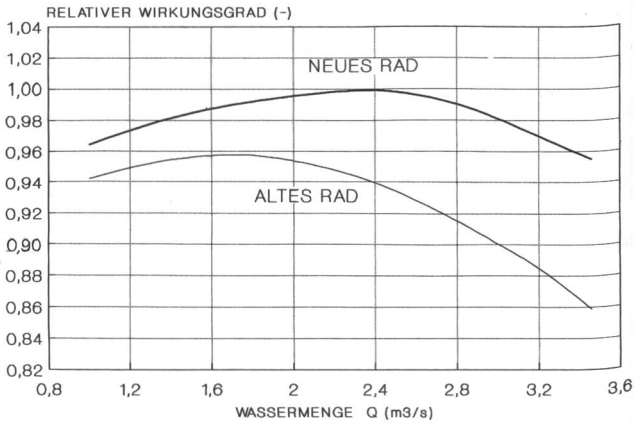

Bild 4. Vergleichsmessung altes/neues Laufrad der Anlage Küblis bei einer Nettofallhöhe von 365 m.

Das Ergebnis dieser Vergleichsmessung ist auf Bild 4 zu sehen und ist als relativer Wirkungsgrad über der Wassermenge aufgetragen. Insbesondere im Vollastbereich wurde eine bedeutende Wirkungsgradverbesserung erzielt. Dieser Erfolg ist im wesentlichen auf drei Änderungen am Laufrad zurückzuführen:

- Wegfall des Aussenkranzes (Bilder 2 und 3),
- neue Schaufelgeometrie, vor allem im Bereich des Strahleintrittes,
- Verschiebung des Bestpunktes in Richtung Vollast.

Eine Eigenheit der Turbinen in der Anlage Küblis besteht darin, dass der Winkel zwischen der oberen und unteren Düse nur 45 Grad beträgt. (Neuere Konstruktionen weisen einen Winkel von mindestens 75 Grad auf.) Dies hat zur Folge, dass der Becher, der von der ersten Düse beaufschlagt wird, bis zur Beaufschlagung durch die zweite Düse sich nicht vollständig entleeren kann. Dadurch wird der Strahl der zweiten Düse durch das austretende Restwasser gestört, was den Wirkungsgrad vermindert.

Der Wirkungsgrad konnte nun durch eine verbesserte Formgebung insbesondere im Bereich des Strahleintrittes erhöht werden. Im weiteren ist mit dem neuen Schaufelprofil auch eine bessere Laufruhe und ein geringerer Lärmpegel vor allem im Vollastbereich festzustellen.

4. Wirtschaftliche Aspekte

Im Betriebsjahr 1992 wurde mit dem neu eingesetzten Laufrad der Drehstrom-Maschinengruppe 3 eine Jahresproduktion von 38 GWh elektrische Energie produziert. Aufgrund der Wirkungsgradverbesserungen sowie durch Verschiebung des Bestpunktes Richtung Vollast konnte eine Jahresmehrproduktion von zirka 1,4 GWh erreicht werden. Daraus errechnet sich eine Amortisationszeit des neuen Laufrades inklusive Umbauarbeiten von 7 Jahren.

5. Zusammenfassung

Viele Wasserkraftanlagen sind schon seit Jahrzehnten in Betrieb und befinden sich auch heute noch in gutem Zustand. In der Zwischenzeit ist die Technik jedoch nicht stillgestanden. So konnten grosse Fortschritte in der Verbesserung des Wirkungsgrades von Laufrädern erreicht werden. Mit dem Ersatz alter Laufräder durch neue Laufräder mit optimierter Formgebung kann der Turbinenwirkungsgrad erhöht werden. Die Mehrproduktion an elektrischer Energie lässt den Ersatz zur sinnvollen Investition werden.

Adressen der Verfasser: *Hans Gujan,* Ing. HTL, Bündner Kraftwerke AG, CH-7250 Klosters, und *Hanspeter Hauser,* Ing. HTL, Hugal AG, Tribschenstrasse 7, CH-6005 Luzern.

Fachtechnische Beratung: *George Neubacher,* Ing. HTL, Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK), Parkstrasse 27, Postfach, CH-5401 Baden.

Eine englische Fassung des Artikels wird im «International Water Power and Dam Construction» veröffentlicht.

Das Murkraftwerk Fisching der Steweag

Hintergründe der Verzögerung bei der Baudurchführung

Zusammenfassung eines Vortrages von Dr. Oskar Beer

Österreich hat 1991 erstmals mehr elektrischen Strom eingeführt als exportiert; die Elektrizität ist mit rund 20% am Energieverbrauch beteiligt und zeigt steigende Tendenz. Die Stromversorgung zeigt einen hohen Anteil an Wasserkraft, je nach Wasserdargebot um 70% schwankend [1]. Die Elektrizitätswirtschaft kann noch auf ein beachtliches ausbauwürdiges Wasserkraftpotential zurückgreifen, alles im Spannungsfeld zwischen Bedarf, Versorgungssicherheit und Akzeptanz, denn nirgends ist der Ausgleich zwischen Ökonomie und Ökologie so deutlich wie im Wasserkraftausbau.

Das Kraftwerk Fisching [2] ist ein Stau- und Ausleitungskraftwerk an der Mur (km 304,30) zwischen Judenburg und Zeltweg. An einer geologisch und vom Gelände her günstigen Stelle wird am Beginn der ersten Farracher Murschlinge (Bild 1, links) ein dreifeldriges Wehr mit hydraulisch betriebenen, 10 m breiten und 7 m hohen Segmentverschlüssen für die Hochwasserabfuhr errichtet (Bild 1, rechts). Das Wasser wird 11 m aufgestaut und über ein 1 km langes Triebwassergerinne dem überschütteten Krafthaus (Bild 2, rechts) mit 22 m Fallhöhe zugeführt. Bei 86 m^3/s Ausbaudurchfluss hat die Kaplanturbine im Krafthaus ausserhalb des Flusses 17 500 kW Engpassleistung. Die Murschleife erhält die notwendige Wassermenge über eine Restwasserturbine mit 16 m^3/s Schluckvermögen, 1500 kW Leistung und bis zu 7 Mio kWh jährlichem Arbeitsvermögen. Das Regelarbeitsvermögen des Laufkraftwerks insgesamt beträgt jährlich 73 Mio kWh. Der Strom wird in die 110-kV-Leitung am gegenüberliegenden Ufer eingespeist.

Die den örtlichen Gegebenheiten angepasste, naturnahe Planung zeigt sich besonders im 4,9 km langen Stau-

Bild 1. Farracher Murschlinge heute (links) und künftig nach dem Bau des Wehrs für das Kraftwerk Fisching (rechts) mit Triebwassergerinne und aufgestauter Mur (Fotomontage).