

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 101 (2009)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Erfahrungen bei Bau, Inbetriebsetzung und Probetrieb einer 10 MW-Hochdruckanlage der TIWAG  
**Autor:** Boes, R. / Senn, G. / Rudig, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941913>

### **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:** 16.03.2025

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

tative Ausbeute der Schleuse noch hinter den Erwartungen zurück, konnte doch bisher nur eine relativ geringe Anzahl Fische im Aufstieg gezählt werden (oft weniger als ein Dutzend pro Monat).

Die Gründe: Im Unterwasser der Stauanlage ausserhalb des Projektperimeters bestehen in der Glatt noch immer hohe Abstürze von mehreren Metern, die nicht fischgängig sind. Im Gewässerbereich dazwischen gibt es wenig Fischhabitate und damit auch kaum Fische, die über die Staumauer aufsteigen könnten. Auch konnten an der Glatt in den letzten zwei Jahren nur wenige Hochwasserereignisse registriert werden, die die Fische zu Ortsveränderungen und einem Aufstieg durch die Schleuse stimulieren würden.

Hydrologische Unregelmässigkeiten im Einzugsgebiet der Glatt haben auch dazu geführt, dass die Energieproduktion der Kleinwasserkraftanlage noch nicht den Erwartungen entspricht. Obwohl die Verfügbarkeit der Anlage sehr hoch war,

wurde in den Jahren 2007 und 2008 nur ca. 80% der erwarteten mittleren Jahresenergieproduktion erreicht, da die Zuflüsse aus dem Wissenbach seit dem sehr trockenen Jahr 2003 auf weniger als 50% des langjährigen Mittels zurückgegangen sind. Die Oberliegerkraftwerke am Wissenbach sind noch weit stärker von diesem Abflussdefizit betroffen, welches von den kantonalen Behörden mit den nach wie vor tiefen Grundwasserspiegeln im Gebiet Tal/Degersheim erklärt wird.

## 7. Ausblick

Die Aktionäre der Glattstrom Buchholz AG sind zuversichtlich, dass sich das Unternehmen neben dem technischen Erfolg auch finanziell auszahlen wird, obwohl die Erträge aus der Stromproduktion noch unterdurchschnittlich sind: ab Januar 2009 kann die Stauanlage Buchholz von höheren Vergütungen für die in das Netz der SAK gelieferte elektrische Energie profitieren, da sie in das Regime der kosten-

deckenden Einspeisevergütung (kEV) der Swissgrid aufgenommen worden ist.

Das vorliegende Beispiel Buchholz zeigt, dass sich die Sanierung kleiner Stauanlagen sowohl für die Umwelt (Erhalt Biotop, Vernetzung des Fliessgewässers) wie auch für die Energiewirtschaft (Produktion von erneuerbarer Energie) lohnen kann, wenn innovative Konzepte sowohl in der Technik wie auch in der Finanzierung eingesetzt werden. Trotz engem Budgetrahmen müssen bei umsichtiger Planung einer Sanierung auch keine Abstriche in der Sicherheit, der Überwachung und des Unterhalts von kleinen Stauanlagen gemacht werden.

Anschrift der Verfasser

Peter Eichenberger und Ivo Scherrer

Entegra Wasserkraft AG

St. Leonhardstrasse 59, CH-9000 St. Gallen

Tel. +41 71 228 10 20, [www.entegra.ch](http://www.entegra.ch)

[peter.eichenberger@entegra.ch](mailto:peter.eichenberger@entegra.ch)

[ivo.scherrer@entegra.ch](mailto:ivo.scherrer@entegra.ch)

# Erfahrungen bei Bau, Inbetriebsetzung und Probetrieb einer 10 MW-Hochdruckanlage der TIWAG

■ R. Boes, G. Senn, W. Rudig

## 1. Einleitung

Im Rahmen der österreichischen Förderung von so genannten Ökostromanlagen errichtete der Tiroler Landesenergieversorger TIWAG von Frühjahr 2005 bis Herbst 2006 ein Hochdruck-Laufwasserkraftwerk am Dorferbach in der Gemeinde Prägraten am Grossvenediger in Osttirol. Bei einem Ausbaubfluss von 1.8 m<sup>3</sup>/s und einer Bruttofallhöhe von 686 m beträgt die maximale Leistung 10.4 MW. Die Druckrohrleitung (DRL) wurde in mitunter extrem alpinen Geländebedingungen mit Neigungen bis zu 48° (111%) verlegt, was eine besondere Herausforderung für Planer und Ausführende darstellte. Das Kraftwerk speist im Regeljahr rund 40 Mio. kWh in das TIWAG-Netz ein. Die Investitionskosten betragen rund 15 Mio. Euro.

## 2. Anlagenkonfiguration

### 2.1 Allgemeines

Der Dorferbach entwässert die Südseite des Grossvenedigermassivs und weist an der auf 2007 m ü.M. gelegenen Wehranlage ein Einzugsgebiet von 27.2 km<sup>2</sup> auf, welches zu etwa 50% vergletschert ist. Über eine rund 4430 m lange DRL gelangt das Triebwasser zum Krafthaus Hinterbichl im Virgental. Die Wasserrückgabe erfolgt in den Talfluss Isel ca. 120 m unterhalb der Mündung des Dorferbaches. Der erzeugte Strom wird über ein 21 km langes Erdkabel, in das auch andere Wasserkraftwerke im Virgental einspeisen, zu einem neu errichteten 110-kV-Umspannwerk in Matriei i.O. transportiert und dort in das Landesnetz der TIWAG eingespeist.

### 2.2 Wasserfassung und Entsander

Die Fassung des Triebwassers erfolgt mit einem Tiroler Wehr, das auch als Fallrechenfassung bezeichnet wird und eine Sohlentnahme im Bach darstellt. Das zu fassende Wasser wird durch einen Grundrechen gefasst und über einen Querkanal in den sich anschliessenden Entsander abgeleitet (Bild 1). Dieser Typ ist wegen seiner robusten und wartungsarmen Ausführung für Wildbäche im Gebirge besonders geeignet (Drobir 1981, Scheuerlein 1984).

Das Fassungsbauwerk am Dorferbach besteht aus einer knapp 15 m langen Betonschwelle mit Hochwassersektion, Dotationsgerinne und dem eigentlichen 4.0 m breiten Tiroler Wehr. Über die Dotierwasserschwelle wird jahresdurchgängig Pflichtwasser abgegeben, bei hoher Was-



**Bild 1. Bau der Wasserfassung (Vordergrund) und Entsanderanlage (Hintergrund) auf 2000 m ü.M.: Erkennbar sind Rohre für die Bachumleitung während der Errichtung des Tiroler Wehres.**



**Bild 2. Sprengabtrag in einem Steilhang auf über 1900 m ü.M.**

serführung im Sommerhalbjahr kommt es zudem zu beträchtlichem Überwasser. Im Winter wird zusätzlich ein Teil eines nahe gelegenen Seitenbaches ebenfalls mit einem kleinen Tiroler Wehr gefasst und in die Entsanderanlage beigeleitet, um in der Niederwasserperiode die Energieerzeugung zu erhöhen. Nach Einzug durch den Grobrechen (lichter Stababstand 138 mm) wird das Wasser-Feststoff-Gemisch in zwei 26 m langen Entsanderkammern bis zu einem Grenzkorndurchmesser von 0.3 mm entkiest und entsandet. Jede Kammer ist mit einem Entlastungsüberfall, einem Einlauf- und Spülschütz und drei Sohlmembranen versehen. Letztere registrieren die Geschiebeablagerung und lösen bei Erreichen eines voreingestellten Wertes den Spülvorgang aus. Das Wasser-Feststoff-Gemisch wird über einen knapp 50 m langen Spülkanal in den Dorferbach zurückgeleitet, die typische Spüldauer beträgt ca. 15 Min. Durch einen horizontalen Feinrechen gelangt das Triebwasser in eine Entnahmekammer und von dieser in die DRL.

Wegen der durch die grosse Höhenlage bedingten extremen Witterungsverhältnisse (u.a. Lawinen) konnte die Wehr- und Entsanderanlage nur von Ende Mai bis Anfang November 2005 errichtet werden. Die hohe Wasserführung infolge der Schnee- und Gletscherschmelze erlaubte den Bau der eigentlichen Wasserfassung im Bachprofil sogar erst ab Mitte September 2005.

### 2.3 Druckrohrleitung

Beim vorliegenden Projekt handelte es sich um eine Gebirgsbaustelle mit den folgenden Herausforderungen und Randbedingungen des Bauloses DRL:

- Gelände mit über weite Strecken grossem Längsgefälle, abschnittsweise bis 48° (111%) (Bild 2), sowie teilweise grossem Quergefälle bis zu 35° (70%);
- Verlegung grossteils in Hartgestein, dadurch Sprengabtrag notwendig (Bild 2);
- abschnittsweise schwierige geologische Verhältnisse (Kriechhang, klüftiger Fels), dadurch aus Gründen der Arbeits- und Bauwerkssicherheit regelmässige geodätische Überwachungen auf allfällige Setzungen und Bewegungen erforderlich;
- bei zwei Steilabschnitten Baustellenerschliessung nur mit Materialeisilbahnen möglich;
- zweimaliges Queren des Dorferbaches mittels Rohrbrücken;
- Überlagerungshöhen geländebedingt bis zu 7 m, was in Lockermaterial einen Vorabtrag des Geländes zum Aushub des Rohrgrabens erforderte;
- teilweise enge Platzverhältnisse mit fehlenden Möglichkeiten für seitliche Materiallagerungen;
- lawinenbedingt kurze Bauzeit zwischen Schneeschmelze (Mai–Juni) und Wintereinbruch (Oktober–November);
- teilweise extreme Witterungsverhältnisse und Naturgefahren während des Baus, z.B. ca. 30-jährliches Hochwasser im Dorferbach sowie Murabgang in Rohrleitungsnähe am 28. Juli 2006;
- im unteren Trassenbereich wegen Nähe zur Besiedlung keine Sprengarbeiten in der touristischen Hauptsaison von Juli bis Mitte September;
- tägliches Schliessen der Rohrgräben im Almweg, um Zugänglichkeit für eine Alpenvereinshütte und einen Steinbruch sicherzustellen;

- Einrichten eines Shuttledienstes oberhalb der den Almweg unterbrechenden Tagesbaustelle durch die Baufirma zur permanenten Sicherstellung der Zugänglichkeit des Dorfertales für Touristen mit Hüttentaxis (Touristen passierten Baustelle zu Fuss).

Die DRL besteht mit Ausnahme von Sonderbauwerken (Rohrbrücken, Hydrantenanschlüsse, Turbinenzuleitung am Krafthaus) und Stahl-Formstücken hoher Druckstufe aus duktilen Sphärogussrohren DN 800 der Druckklassen K8 bis K18 mit TYTON-Langmuffenverbindungen und einer Mindest-Regelüberdeckung von 0.80 m. Die duktilen Gussrohre sind mit Zementmörtel ausgekleidet und mit Faserzementmörtel umhüllt. Da die Muffenverbindungen einem aufgelösten Rohrleitungssystem entsprechen, mussten an den insgesamt 24 Knickpunkten zur Aufnahme der Umlenkkräfte Betonfestpunkte angeordnet werden, die mit 20 m langen Litzen-Dauerankern mit einer Vorspannkraft von 750 kN rückverankert wurden. An zwei Stellen wird der Dorferbach mittels Rohrbrücken aus Stahl gequert, einmal als freitragende Konstruktion (Bild 3), das andere Mal im Brückenquerschnitt einer bestehenden, rund 40 m langen Strassenbrücke. Mit dem Ziel einer einfacheren Verlegung wurde die DRL möglichst in bestehenden Wegen im Dorfertal trassiert. Dadurch folgt die Leitung im Aufriss in etwa dem Bachgefälle und weist keinen eindeutigen Druckabstieg auf kurzer Länge auf, wie es bei alpinen Triebwasserwegen mit flach geneigtem Stollen oder Hangrohrleitung, Wasserschloss und Kraftabstieg meist üblich ist (Boes & Senn 2007). Durch die Trassierung entlang des Bachlaufes konnte auf aufwändige Bauwerke wie

Hangkanal oder Wasserschloss verzichtet werden. Dem steht jedoch ein grosser Reflexionsweg wegen der langen wirksamen Druckstoss-Leitungslänge gegenüber, der besondere Vorkehrungen bezüglich Turbinen-Stellzeiten erforderlich machte. Für die bei vergleichbaren TIWAG-Laufkraftwerken übliche Stellzeit von 40 Sek. ergab sich im vorliegenden Fall am Krafthaus ein Druckstosszuschlag auf die statische Druckhöhe von knapp 14%.

Die so genannte «Auf-Zu-Verlegungsmethode» (Boes & Senn 2007) erleichterte zum einen den Einbau im steilen und geologisch schwierigen Gelände und ermöglichte zum anderen kurze Sperrzeiten bei der Verlegung im Almweg, was bei einer geschweissten Stahlleitung unmöglich gewesen wäre.

Besondere Anforderungen an die Bauausführung stellten zwei Steilstrecken, die mit Materialseilbahnen erschlossen wurden. Zur Aufnahme der zusätzlichen Hangtriebskräfte sowie zum Rückhalt des Verfüllmaterials während des Baus wurden Querriegel errichtet, die z.T. als Betonscheiben, z.T. als Sandsackbarrieren ausgeführt wurden.

Die DRL ist an insgesamt fünf Stellen für betriebliche Zwecke zugänglich, nämlich von drei Druckprobeschächten sowie von einem Zugangsschacht bergseitig des oberen Steilhanges und von der Entnahmekammer der Entsanderanlage.

Die Leitung wurde in vier Abschnitten mit dem behördlich vorgeschriebenen Prüfdruck (1.2-facher maximaler Betriebsdruck) über 24 h auf Dichtheit geprüft, was auf Anhieb erfolgreich verlief. Mit einem Prüfdruck von 91.8 bar am Krafthaus ist ein für Sphärogussrohre DN 800 bisher einmaliger Druckbereich erreicht worden. Ein Druckprobenlängsschnitt mit den entsprechenden Prüfdrücken ist Moser & Boes (2008) zu entnehmen.

## 2.4 Krafthaus

Das Krafthaus wurde in Hangbauweise errichtet und besteht aus einer Maschinenhalle mit einem vertikalachsigen, vierdünsigen Pelton-Maschinensatz mit Synchron-Generator und einem Nebengebäude mit Maschinen- und Eigenbedarfstransformatoren, einer 25-kV-Schaltanlage sowie verschiedenen Nebenräumen. Das abgearbeitete Triebwasser gelangt über einen 35 m langen Unterwasserkanal in den Vorfluter. Zur Fassadengestaltung wurde aus optischen Gründen ein im Dorfertal kommerziell abgebauter grünlicher Chloritschiefer-Naturstein verwendet. An der Südfassade der Maschinenhalle wurden farblich abgestimmte grünliche Photovoltaikmodule auf einer Fläche von rund 28 m<sup>2</sup> angebracht (Bild 4). Das Ökostromkraftwerk Dorferbach ist das erste österreichische Wasserkraftwerk mit einer in die Krafthausfassade integrierten Photovoltaikanlage (Leistung 2.8 kWp) und wandelt daher gleich auf zweifache Weise die Energie der Sonne in 100% CO<sub>2</sub>-freie elektrische Energie um.

## 3. Inbetriebsetzung und Probetrieb

### 3.1 Allgemeines

Die vierwöchige Inbetriebsetzung (IBS) der Kraftwerksanlage erfolgte ab Ende Oktober 2006 und war Voraussetzung für die Aufnahme des Probetriebes am 29.11.2006. Wegen mangelnden Wasserdargebotes im Herbst 2006 konnten in der IBS nicht mehr sämtliche Betriebszustände erprobt werden. Insbesondere konnte die Ausbaumengenmenge bei diesem reinen Laufwasserkraftwerk ohne Kopfspeicher nur über kurze Zeitabschnitte durch Abfahren der Entsander- und Entnahmekammervolumina eingestellt werden, so dass keine Generatorenwärmungsläufe mehr stattfanden und

auf den Sommer 2007 verschoben werden mussten. Wegen fehlenden Geschiebetriebes mussten auch die Erprobungen und Optimierungen der Grenzwerteinstellungen der Sohlmembranen in den Entsanderkammern auf 2007 verschoben werden. In der Entwurfsphase waren Überlegungen zur Anordnung eines Kurzzeit-Ausgleichsspeichers im Hauptschluss des Dorferbaches oberhalb der Wasserfassung angestellt worden. Das österreichische Ökostromgesetz setzte für die Gewährung der Einspeisevergütungssätze das Vorliegen aller für die Errichtung einer Anlage erforderlichen Genehmigungen bis zum 31.12.2004 voraus. In Anbetracht des knappen Genehmigungszeitraums zur Erlangung der Ökostromtarife wurde daher in der Einreichphase 2004 die Planung eines Ausgleichsspeichers nicht weiter verfolgt, da für dessen Errichtung umfangreiche ökologische Untersuchungen zu verschiedenen Jahreszeiten und entsprechende Nachweise für das naturschutzrechtliche Verfahren notwendig gewesen wären. Sehr wohl ist auf den später möglichen Zubau eines solchen Speichers bereits bei der Auslegung der DRL und anderer Anlagenteile geachtet worden.

### 3.2 Laufradabrasion und Entsandung

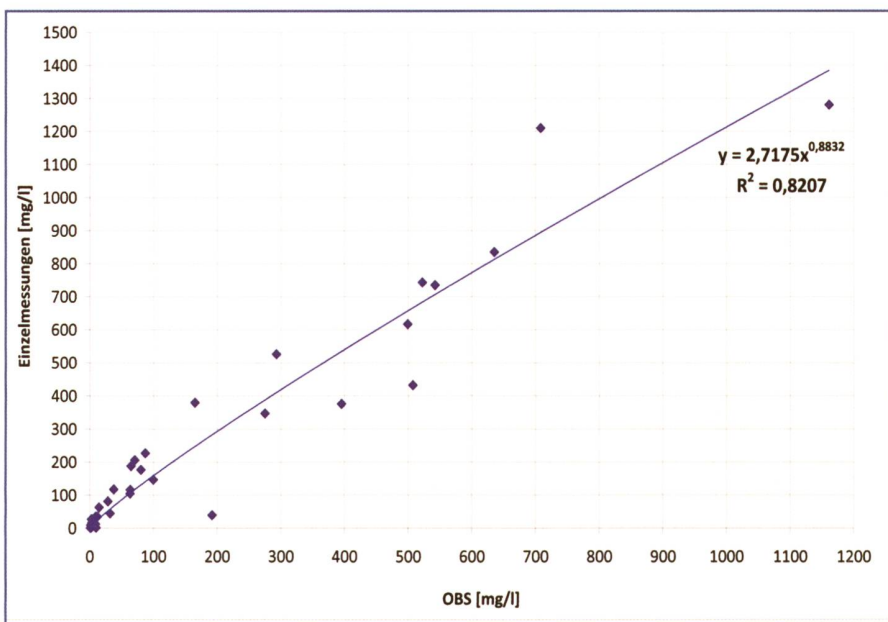
Im Juli 2007 zeigten sich bei einer planmässigen Kontrolle der Turbine überdurchschnittlich grosse Verschleisserscheinungen infolge Hydroabrasion an den 22 Laufradbechern. Eine Analyse der aufgezeichneten Geschiebeablagerungen in den Entsanderkammern zeigte, dass es bei einem Hochwasserereignis im Juni des Jahres zu grösseren Feststoffeinträgen in das Triebwassersystem gekommen sein musste. Dies war darauf zurückzuführen, dass während der Spülung einer der beiden Entsanderkammern die Spülautomatik der jeweils anderen Kammer blockiert



Bild 3. Montage einer 23 m langen Stahlrohrbrücke.



Bild 4. Krafthaus Dorferbach mit Photovoltaikanlage über dem Eingangstor.



**Bild 5. Zusammenhang  $SSC_{\text{Einzelmessungen}} = f(SSC_{\text{OBS}})$  in der Entnahmekammer und Korrelation als Potenzfunktion über die gesamte Schwebstoffsaigon 2008.**

war und somit bei extremem Geschiebeanfall eine Überlastung dieser Kammer eintrat. Die grossen Auflandungen von bis zu 1.46 m verringerten den wirksamen Absetzraum derart, dass die Absetzwirkung für das Grenzkorn nicht mehr eingehalten wurde. Die grosse Fallhöhe von 635 m netto bei Ausbauabfluss führt ihrerseits zu Geschwindigkeiten des aus den Peltondüsen austretenden Wasserstrahles von rund 110 m/s bzw. 400 km/h, was in Verbindung mit Feststoffen im Triebwasser einen grossen Hydroabrasivverschleiss an den Laufradbechern bewirkt. Studien zum Abrasionsverhalten von Turbinenlaufrädern legen nahe, dass die Strahlgeschwindigkeit  $v$  einen überproportional starken Einfluss auf den Verschleiss  $W$  hat:  $W \sim v^p$ , mit einem Exponenten  $p$  zwischen 1.5 und 3.4 für herkömmlichen Turbinenstahl X5 CrNi 13/4 (Ortmanns 2006). Der Verschleiss wird üblicherweise in Abtrag von Turbinenmaterial pro Zeiteinheit ausgedrückt.

Als Massnahme zur Minderung der Abrasion wurde zunächst das Ersatzlaufrad mit einer 300  $\mu\text{m}$  starken Wolframcarbid-Beschichtung versehen. Die von Beginn an mit demselben Material beschichteten Düsenmundstücke und -nadeln zeigen bisher keine ungewöhnlichen Verschleisserscheinungen. An der Wasserfassung wurde ein zweiter Grenzwert bzgl. der Auflandungshöhen im Entsander implementiert, bei dessen Erreichen die Spülung automatisch ausgelöst wird, auch wenn die andere Kammer gerade ebenfalls gespült wird. In diesem Fall hat die Vermeidung eines zu grossen Schwebstoffeintrages in die DRL Vorrang vor energiewirtschaftlichen Belangen, d.h.,

das Kraftwerk muss ausser Betrieb gehen. Weiterhin wurden verschiedene Messungen zur Analyse der Feststoffcharakteristika durchgeführt, nämlich Bestimmung von Kornverteilung, Schwebstoffkonzentration, Mineralbestand, Härte nach Mohs und Rundungsgrad. Am Dorferbach liegen demnach alle bezüglich Hydroabrasivverschleiss ungünstigen Merkmale vor, nämlich hoher Quarzanteil der Feststoffe von im Mittel etwa 40 bis 50%, damit hohe durchschnittliche Härten nach Mohs von über 4 bis 6, noch eckige bzw. nur leicht angerundete Kanten der einzelnen Minerale sowie infolge des Gletscherschliffes hohe Schwebstoffkonzentrationen ( $SSC = \text{suspended sediment}$

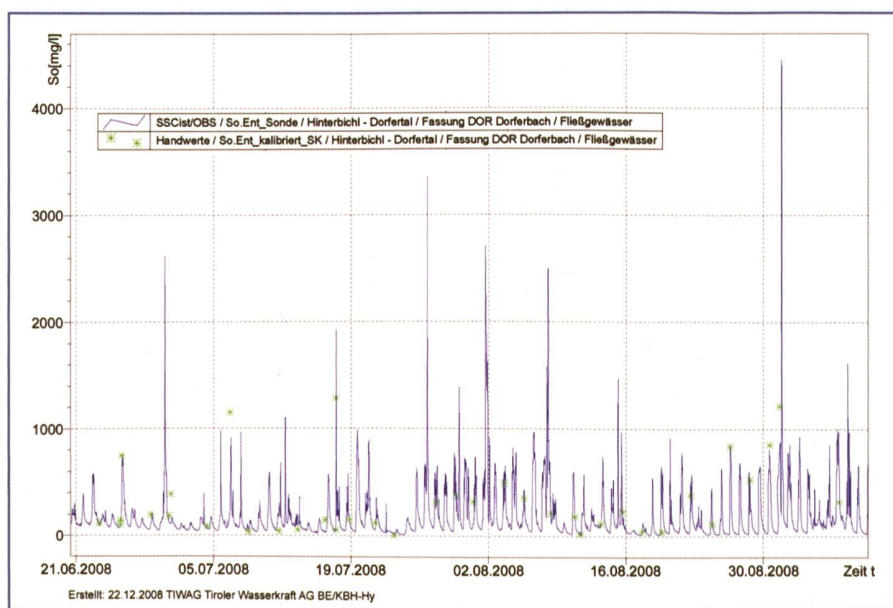
*concentration*). Es sei aber darauf hingewiesen, dass sich die auf ein Grenzkorn von 0.3 mm bemessene Absetzwirkung der Entsanderanlage planmässig verhält.

### 3.3 Feststofffracht

Im Zeitraum von Mai bis Oktober 2008 wurden zur Abschätzung des Schwebstoffeintrags in den Triebwasserweg Schwebstoffkonzentrationen mittels Trübungssonden nach dem optischen Streulichtverfahren (optical backscatter/OBS) sowohl im Dorferbach am Wehr als auch in der Entnahmekammer gemessen. Diese kontinuierlichen Messungen in 15-Minuten-Auflösung wurden zudem durch ein zeitlich dichtes Intervall an Einzelmessungen mit SSC-Laborauswertung (zwei bis drei Messungen/Woche) ergänzt, um die Daueraufzeichnungen daran zu korrelieren und zu korrigieren. Zwischen den OBS-Rohdaten der Trübungssonden und den Laborwerten der Einzelmessungen ergibt sich der folgende Zusammenhang für die Messstelle Entnahmekammer (Bild 5):

$$SSC \text{ [mg/l]} = 2.72 * (\text{OBS [mg/l]})^{0.88} \quad (1)$$

Anhand der mit der Gleichung (1) hergeleiteten SSC für den Zeitraum der wesentlichen Feststoffführung von Ende Juni bis Anfang Oktober 2008 (Bild 6) wurden die über die DRL abgeführten Schwebstofffrachten durch Multiplikation der SSC mit den Triebwasserdurchflüssen QTW berechnet. Es ergab sich eine kumulierte Schwebstofffracht über den Triebwasserweg von gut 2000 t, während die Fracht im Dorferbach im betrachteten Zeitraum bei



**Bild 6. Verlauf der SSC in der Entnahmekammer im Zeitraum vom 20. Juni 2008 bis Mitte September 2008 auf Grundlage der korrelierten OBS-Messdaten (blaue Linie) sowie SSC-Werte der Einzelmessungen (grüne Punkte).**

rund 7400 t lag. Ein Vergleich mit Messwerten an der TIWAG-Wasserfassung am Pitzbach mit ähnlicher Charakteristik des Einzugsgebietes lässt diesen Wert plausibel erscheinen. Zudem wurde das Massenverhältnis Schwebstoff/Geschiebe am Dorferbach zu 2.4 bis 3.0 bestimmt, was ebenfalls mit den Ergebnissen am Pitzbach korreliert (Hofer 1987). Die mittleren SSC des Triebwassers betragen je nach Betrachtungszeitraum in der Schwebstoffsaison 2008 zwischen rund 100 und 200 mg/l, was mit den Vergleichsdaten von Schweizerischen Laufkraftwerken im Wallis (Ortmanns 2006) korrespondiert. Auch die in Bild 6 erkennbaren Konzentrationsspitzen von bis zu 4500 mg/l erscheinen aufgrund dieser Vergleichsdaten plausibel.

#### 4. Zusammenfassung

Die Verwendung von duktilen Gussrohren hat sich bei der Bauausführung des Wasserkraftwerks Dorferbach bewährt, da nur dadurch die Randbedingungen einer weitgehenden Aufrechterhaltung des Fahrverkehrs und witterungsbedingt kurzer Bauzeit trotz schwieriger Topographie und Geologie eingehalten werden konnten. Mit den während der Druckprobe herrschenden Prüfdrücken von bis zu 92 bar wurde Neuland beim Einsatz von duktilen Gussrohren der Nennweite DN 800

beschritten. Zudem stellt das Ökostromkraftwerk Dorferbach als Wasserkraftwerk mit Photovoltaikanlage eine bisher in Österreich einmalige Symbiose der Sonnenenergienutzung dar.

Hochdruck-Laufwasserkraftwerke ohne Kopfspeicher an stark vergletscherten Gewässern sind zwangsläufig einer relativ grossen Schwebstoffführung im Triebwasser ausgesetzt, da sich der hohe Anteil an feinen Korngrößen (Feinsand und Schluff) mit herkömmlichen Langfangentsandern wirtschaftlich nicht signifikant herabsetzen lässt. In dieser Hinsicht kann ein Ausgleichsspeicher die Schwebstofffracht deutlicher herabsetzen, jedoch ist die dann unvermeidbare rasche Speicherverlandung mit einem geeigneten Speicherbewirtschaftungskonzept («Entlandungsmanagement») in den Griff zu bekommen. Andernfalls würde die Verminderung der Hydroabrasion mit einem Verlandungsproblem erkauft. In Bezug auf die an Gletscherbächen im Jahresverlauf extrem stark schwankende Wasserführung ist ein Ausgleichsspeicher betrieblich stets von Vorteil, besonders bei Niedrigwasserverhältnissen im Winter.

#### Literatur

Boes, R. & Senn, G. (2006): Duktile Gussrohre in Triebwasserleitungen für Wasserkraftwerke,

Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau, FH Oldenburg, Band 31, 195–206.

Drobir, H. (1981): Entwurf von Wasserfassungen im Hochgebirge, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 33(11/12), 243–253.

Hofer, B. (1987). Der Feststofftransport von Hochgebirgsbächen am Beispiel des Pitzbaches. Österreichische Wasserwirtschaft, 39(1/2), 30–38.

Moser, A. & Boes, R. (2008): Einsatz duktiler Gussrohre für alpine Triebwasserleitungen – Wasserkraftwerk Dorferbach der TIWAG -Tiroler Wasserkraft AG, Gussrohr-Technik FGR, 42, 78–82.

Ortmanns, Ch. (2006): Entsander von Wasserkraftanlagen, Mitteilung Nr. 193, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.

Scheuerlein, H. (1984): Die Wasserentnahme aus geschiebeführenden Flüssen, Ernst & Sohn.

#### Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Robert Boes, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW)

ETH Zürich, CH- 8092 Zürich

boes@vaw.baug.ethz.ch

Ing. Gebhard Senn, Ing. Werner Rudig, TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG

Eduard-Wallnöfer-Platz 2, A-6020 Innsbruck

gebhard.senn@tiwag.at, werner.rudig@tiwag.at

## Revitalisierung Salzachkraftwerk Gamp/Hallein

■ A. Hammer, G. Heigerth, C. Peterstorfer

### 1. Einleitung

Das seit 1928 bestehende Salzach-Kraftwerk Gamp wurde ökologieverträglich revitalisiert und seine Leistungsfähigkeit verdoppelt. Es handelte sich dabei um die Neuerrichtung eines Krafthauses am linken Salzachufer sowie die Generalsanierung der bestehenden Wehranlage. Durch die begleitenden Massnahmen, welche mit der Errichtung des neuen Kraftwerkes verbunden sind, entstanden wesentliche Änderungen in der Flussmorphologie. Zusätzlich änderte sich durch den Umbau der Wehranlage deren hydraulische Leistungsfähigkeit. Diese Änderungen und das neu zu errichtende Kraftwerk sollten im

hydraulischen Modellversuch an der TU-Graz untersucht werden (Hochwassersicherheit, Turbinenanstromung usw.).

### 2. Geschichtliche Entwicklung

#### 2.1 Ursprüngliche Kraftwerksanlage

Im Jahr 1928 wurde die ursprüngliche Wasserkraftanlage am Fabrikgelände der damaligen Papierfabrik der «The Kellner Partington Paper Pulp Co Limited, Manchester» – Oberstrom der Stadt Hallein – fertig gestellt. Die Anlage besass drei Hauptwehrfelder (Dachwehrverschlüsse) mit einer Breite von je 23 m. Links befand

sich zusätzlich eine Flossgasse mit einer Breite von 5 m und rechts ein Wehrfeld mit einer Breite von 10 m. Das Krafthaus befand sich am rechten Ufer und verfügte über vier Kaplan-turbinen mit einer Ausbauleistung von insgesamt 84 m<sup>3</sup>/s. Die Ausbauleistung betrug 3700 kW, das Regelarbeitsvermögen 25 Mio kWh.

Im September 2004 erwarb die «Salzburg AG für Energie und Telekommunikation» die Wehranlage vom derzeitigen Eigentümer der «Papier und Zellstofffabrik M-real Hallein AG», um eine Revitalisierung der Kraftwerksanlage inklusive eines Neubaus des Krafthauses am linken Ufer durchzuführen. Die einzelnen Anlagenteile

