

Neubau Wasserkraftwerk Fermelbach mit interessanter hydraulischer Druckleitungssituation in Y-Form

Autor(en): **Manz, Patrick / Steiner, Michael**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **109 (2017)**

Heft 4

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941626>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Neubau Wasserkraftwerk Fermeltal mit interessanter hydraulischer Druckleitungssituation in Y-Form

Patrick Manz, Michael Steiner

Zusammenfassung

Das in zweijähriger Bauzeit neu erstellte Wasserkraftwerk Fermeltal besteht aus zwei Wasserfassungen und zwei Zentralen. Das Kraftwerk befindet sich im oberen Simmental in der Gemeinde St. Stephan, zwischen Zweisimmen und Lenk. Mit einer elektrischen Gesamtleistung von 2.1 MW produziert es jährlich rund 9 GWh Strom. Der vorliegende Beitrag beschreibt das Kraftwerk von der ersten Idee bis zur Inbetriebnahme. Es wird insbesondere auf das eher spezielle Druckleitungssystem in Y-Form mit einer Gesamtlänge von rund 4.5 km eingegangen.

1. Ausgangslage

Die Realisierung der Kraftwerke am Fermeltal und Albristbach im oberen Simmental, welche im Spätsommer 2016 erfolgreich in Betrieb genommen werden konnten, ist eigentlich einem Abwasserproblem im Fermeltal zu verdanken.

Da die Abwassersituation im Fermeltal, insbesondere die Reinigungsleistung der bestehenden Abwasserfäulräume, nicht mehr dem Stand der heutigen Vorschriften entsprach, beantragte der Gemeinderat im Sommer 2006 anlässlich der Gemeindeversammlung, ein Kanalisationsneubauprojekt samt neuer Tropfkörperkläranlage am Eingang des Fermeltals zu genehmigen. Zuvor wurde bereits eine Projektvariante geprüft, statt eine neue Kläranlage zu bauen, das Abwasser aus dem Fermeltal in das rund 2 km entfernte ARA-Kanalisationsnetz nach Matten bei St. Stephan zu leiten. Aus Kostengründen wurde diese Variante bereits vorgängig durch den Gemeinderat verworfen.

Anlässlich der Gemeindeversammlung beantragte ein Gemeindeglieder, das Fermeltal trotzdem an das bestehende ARA-Kanalisationsnetz im Tal anzuschliessen, in dem dafür notwendigen Graben sowohl die Abwasserleitung als auch eine Druckleitung zur Stromer-

zeugung mit Wasser aus dem Fermeltal zu verlegen. Daraufhin genehmigte die Gemeindeversammlung nur das Teilprojekt, die Verlegung der Hauptkanalisationsleitung im Fermeltal, und beauftragte den Gemeinderat, die Machbarkeit für die Produktion von erneuerbarer Energie aus dem Fermeltal abzuklären.

Die anschliessend im Jahr 2007 durch die BKW Energie AG erstellte Machbarkeitsstudie zeigte auf, dass eine Wasserkraftnutzung am Fermeltal zwar technisch anspruchsvoll ist, sich aber das vorhandene Wasserdargebot sowie das nutzbare Gefälle von rund 300 m dennoch wirtschaftlich zur nachhaltigen Stromproduktion nutzen liesse. Das damalige Projekt sah dann auch vor, das Wasser des Fermeltals im Gebiet «Stalde» bei Kote 1325 m ü.M. mittels einer Sohlenentnahme zu fassen und nach rund 2925 m Druckleitung im Weiler Matten der Gemeinde St. Stephan auf 1020 m ü.M. am Rande des Flugplatzes zu turbinieren. Als Trasse für die Druck- und Abwasserlei-

tung sollten vorzugsweise bestehende Weg- und Strassenabschnitte verwendet werden. Als unüberwindbares Hindernis entlang dem geplanten Triebwasserweg entpuppte sich jedoch die rund 200 m unter dem Fassungsstandort liegende Grundwasserschutzzone, welche bautechnisch nur sehr aufwendig hätte umfahren werden können.

2. Vorprojekts- und Bewilligungsphase

Bis zum Abschluss der Vorprojektphase im Jahr 2008 wurde das Projekt weiter optimiert: Für die Wasserfassung zeigten die weiterführenden Abklärungen, dass aus bau- und bewilligungstechnischer Sicht ein rund 40 m tiefer gelegener Standort unterhalb der Gewässerschutzzone wesentlich einfacher zu realisieren wäre. Der Zentralenstandort am Rande des Flugplatzes bewährte sich jedoch nach wie vor als Bestvariante. Jedoch führten ein zu optimistisch angenommenes verfügbares Wasserdargebot sowie die erwähnte Ver-



Bild 1. Geografische Lage der beiden Fassungen, Zentralen und der Druckleitung.

ringerung des Gefälles zu einer schlechten Rentabilitätsbetrachtung.

Abhilfe hieraus schaffte einzig die signifikante Vergrößerung des Projekterimeters durch die zusätzliche Nutzung des Albristbaches. Dieser interessante Zufluss zum Fermelbach entwässert ein Gebiet von rund 10 km² und würde dadurch das nutzbare Einzugsgebiet auf 27 km² vergrößern. Mittels einer zusätzlichen Stufe sollte so der Albristbach bei einer Kote von 1384 m ü. M. gefasst, rund 84 m tiefer turbinert und anschliessend in den Triebwasserweg vom Fermelbach integriert werden.

Im Sommer 2010 wurde das vorliegende Projekt mit zwei Fassungen und zwei Zentralen (Bild 1) als kombiniertes Konzessions- und Baubewilligungsgesuch der zuständigen kantonalen Behörde eingereicht. Jedoch gestaltete sich das anschliessende Bewilligungsverfahren sehr aufwendig und langwierig. Erst gut drei Jahre später, im November 2013, wurde die Baubewilligung erteilt. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Zusatzabklärungen betreffend Fischerei und Raumplanung, aber auch die beantragte Schutz- und Nutzungsplanung betreffend der minimalen Restwassermenge beider Bäche verlangten einen umfassenden Schriftwechsel. Zudem gingen gegen das Vorhaben seitens dem ansässigen Fischereiverein sowie nationaler Umweltschutzorganisationen Einsprachen ein, welche im Rahmen von Einigungsverhandlungen nicht bereinigt werden konnten.

3. Gesellschaftsgründung und Baubeginn

Die konstruktive Zusammenarbeit mit der Standortgemeinde St. Stephan, beginnend mit der Kooperationsanfrage 2007 über die lange Projektierungs- und Baubewilligungsphase, wurde Anfang 2014 mit der Geschäftsgründung der Kraftwerke Fermelbach AG besiegelt. Die Gesellschaft, an welcher sich die BKW Energie AG zu 80 % und die Einwohnergemeinde St. Stephan zu 20 % beteiligen, fällten im Februar 2014 den Baubeschluss für die Realisierung der Kraftwerke am Fermel- und Albristbach.

Während des Bewilligungsverfahrens wurden parallel die Bau- und Rohrlegearbeiten, der Stahlwasserbau sowie die elektromechanischen Maschinen ausgeschrieben, sodass unmittelbar nach dem Baumentscheid mit den Bauarbeiten begonnen werden konnte. Bereits ein Jahr später konnte im August 2015 das Kraftwerk Albrist in Betrieb genommen werden. Ein

weiteres Jahr später folgte im Juli 2016 die Inbetriebnahme des Kraftwerks Matten.

4. Projektbeschreibung

4.1 Anlagenkonzept

Das WKW Fermelbach fasst die beiden Gebirgsbäche Fermelbach und Albristbach, wobei die beiden Fassungen auf unterschiedlichen Höhen und Seitentälern liegen. Die Fassung Albristbach (1384 m ü. M.) liegt 97 m höher als die Fassung Fermelbach (1287 m ü. M.). Damit die beiden Zuflüsse in eine gemeinsame Druckleitung geführt werden können, wird das Wasser von der höher gelegenen Fassung Albristbach bereits ein erstes Mal

in der Zentrale Albrist (1300 m ü. M.) turbinert. Der Unterwasserkanal der Zentrale Albrist ist gleichzeitig der Beginn der Druckleitung für die gemeinsame Turbinierung der beiden Zuflüsse in der Zentrale Matten. Die Druckleitungen der Zentrale Albrist und der Fassung Fermelbach werden in Y-Form zusammengeführt und bilden so ein besonderes Druckleitungssystem (siehe Kapitel 5).

Das Bild 2 zeigt das hydraulische Schema des WKW Fermelbach mit den beiden Fassungen auf unterschiedlichen Höhen und den zwei Zentralen sowie das aufwendige Druckleitungssystem.

Die technischen Daten der Anlagenteile sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

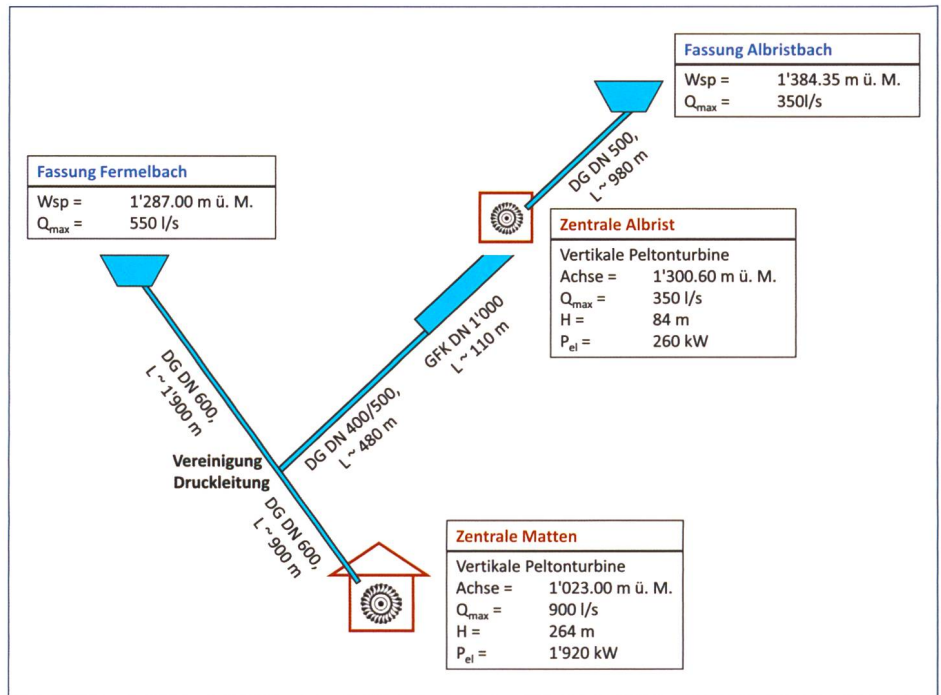


Bild 2. Hydraulisches Schema der Anlage.

	Fassung Fermelbach	Fassung Albristbach
Konzessionierte Entnahmemenge	550 l/s	350 l/s
Entnahmeart	Seitenfassung mit fester Wehrschwelle	Coanda-Rechen in fixem Wehr integriert
Sandfang und Geschwemmselrückhalt	Grobrechen, Kiesfang, Feinrechen mit Rechenreinigungsmaschine, Klassischer Sandfang mit HSR-Sandabzugsrohren	Coanda mit kleinem Sandfang, Spülleitung für Sandabzug
	Zentrale Matten	Zentrale Albrist
Ausbauwassermenge Q _{max}	900 l/s	350 l/s
Bruttofallhöhe	264 m	84 m
Nettofallhöhe bei Q _{max}	237 m	77 m
Druckleitung	DG DN 600 (Duktilguss)	DG DN 500 (Duktilguss)
Länge Druckleitung	2'800 m (ohne Ast Albrist)	980 m
Turbine	4-düsige vertikale Pelton	4-düsige vertikale Pelton
Elektrische Leistung bei Q _{max}	1'920 kW	240 kW
Energieableitung	Transformator 3'150 kVA ins 16 kV Netz	Transformator 400 V/16 kV ins 16 kV Netz
Geschätzte Produktion	7.7 GWh	1.1 GWh

Tabelle 1. Technische Daten der Fassungen und Zentralen.

4.2 Hydrologie

Im Jahr 2007 wurde in Zusammenarbeit mit dem Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern im Dorf Matten, unweit des geplanten Zentralenstandortes, eine Abflussmessstation erstellt. Die Messstation misst mittels Pegelmessung (Radar) den Abfluss des Fermelbaches. Die Einzugsgebietsgrösse bei der Messstation beträgt 31 km². Das Einzugsgebiet der bei-

den Fassungen beträgt total 27 km² (Fermelbach 17 km² und Albristbach 10 km²).

Das Abflussregime entspricht typischen Gebirgsbächen mit stark schwankenden Abflüssen und hoher Geschiebeführung (Wildbachcharakter). Die Einzugsgebiete sind nicht vergletschert.

Die maximale Entnahmemenge an den beiden Fassungen wurde aufgrund der hydrologischen Messdaten bestimmt.

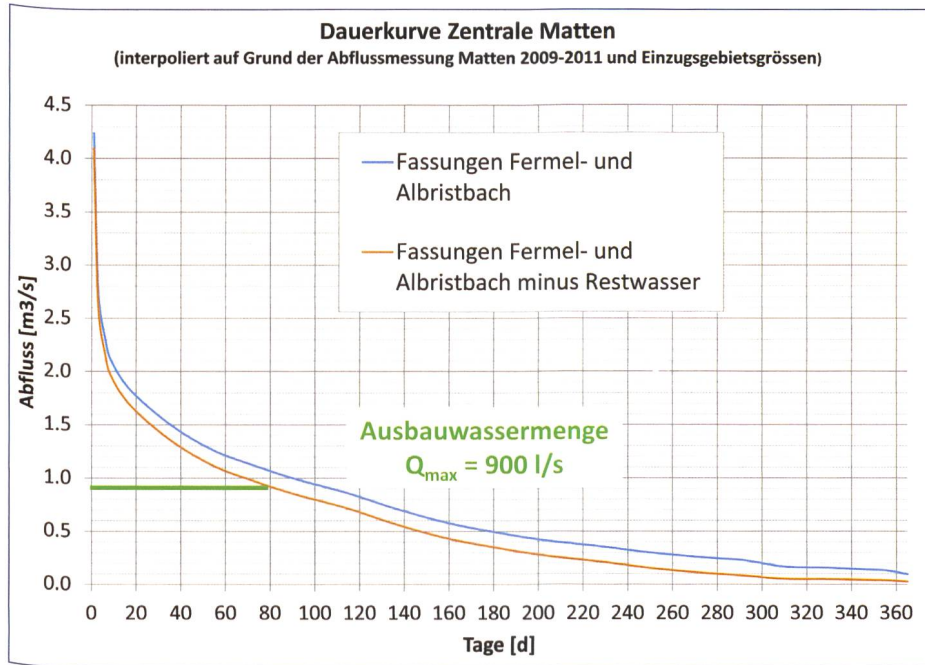


Bild 3. Dauerkurve der Zentrale Matten.

	Fassung Fermelbach	Fassung Albristbach
Restwasser	135 l/s	10 l/s
Überwachung Restwasser	Pegelmessung (Radar)	Strömungswächter
Fischgewässer	ja	nein
Fischaufstieg	Beckenpass Raugerinne	nein
Fischabstieg	Wehr, Beckenpass Raugerinne, Abstiegsrohr im Sandfang	Falls Fische vorhanden, über Coanda-Rechen

Tabelle 2. Angaben zu Restwasser und Fischgängigkeit der Fassungen.

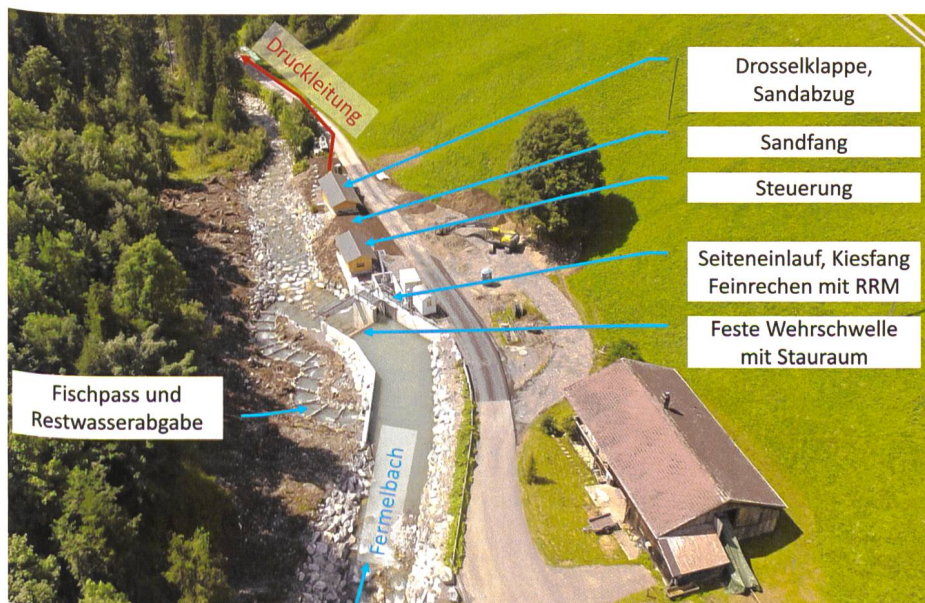


Bild 4. Luftbild der Fassung Fermelbach mit den Hauptkomponenten (Juli 2016).

Hierfür wurden die Werte der Abflussmessung am Fermelbach proportional zur Einzugsgebietsgrösse interpoliert.

Die Fassung Fermelbach entnimmt an rund 70 Tagen die maximal konzessionierte Wassermenge. Die Fassung Albristbach wurde auf eine Wassermenge ausgelegt, welche gemäss Dauerkurve an rund 90 Tagen erreicht wird. Die Zentrale Matten, welche das Wasser vom Fermel- und Albristbach verarbeitet, ist während rund 80 Tagen im Volllastbetrieb (siehe Dauerkurve in Bild 3).

4.3 Restwasser und Fischgängigkeit

Der Fermelbach ist im Bereich der Fassung ein relativ natürliches Gerinne und als Fischgewässer eingestuft. Im unteren Teil, oberhalb des Siedlungsgebiets, ist der Fermelbach mit einem Geschiebesammler und mehreren Sperren stark verbaut.

Der Albristbach stellt kein Fischgewässer dar und ist im Bereich der Fassung Albristbach bis zur Mündung in den Fermelbach ein sehr steiler Gebirgsbach. Aus diesem Grund wurden in Form einer vom Bundesrat unterzeichneten Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) gemäss Gewässerschutzgesetz die Restwassermengen gemäss den lokalen Rahmenbedingungen angepasst. So wurde die Restwassermenge im Fischgewässer Fermelbach erhöht und im Gegenzug die Restwassermenge in der Fassung Albristbach auf ein ökologisch vertretbares Minimum reduziert. Die Tabelle 2 zeigt die Restwassermengen und die Charakteristiken bezüglich Fischgängigkeit.

4.4 Anlagenbeschreibung

Fassung Fermelbach mit Umgehungsgerinne

Die Fassung Fermelbach (Bilder 4 und 5) mit einer Staukote von 1287 m ü. M. stellt eine klassische Bachwasserfassung mit folgenden Elementen dar:

- fixe Wehrschwelle (Breite 5.0 m) mit Grundablass rechtsufrig
- Seiteneinlauf mit Grobrechen (20 cm Stababstand im Licht)
- Kiesfang mit Schieber und Kiesabzugsleitung
- Feinrechen (2 cm Stababstand im Licht) mit Rechenreinigungsmaschine (RRM)
- Fischabstiegsleitung (10 l/s)
- Beruhigungsrechen
- Sandfang (L x B x H = 18.0 x 2.2 x 2.5–3.0 m)
- Sandabzug (System HSR)
- Einlaufbecken mit Einlauffrompete Druckleitung

- Drosselklappe DN600 mit Staupendel und Fallgewicht
- Technikgebäude für Leittechnik, Stromanschluss, LWL und Lagerraum
- Einlaufbauwerk Umgehungsgerinne mit Absperrmöglichkeit
- Umgehungsgerinne (Fischpass) in Form von einem Beckenpass Raugerinne (125 l/s)

Das Umgehungsgerinne (Fischpass) dient einerseits als Fischaufstieg, teilweise wohl auch als Fischabstieg und andererseits als Restwasserabgabegerinne. Der Pegel des ersten Beckens nach dem Einlaufbauwerk in den Fischpass wird permanent mit einem Radar überwacht (*Bild 6*). Verringert sich der Restwasserabfluss (Pegel) unter ein kritisches Niveau, wird das Betriebspersonal umgehend alarmiert.

Nach der Inbetriebnahme der Fassung Fermelbach wurde festgestellt, dass sich insbesondere nach starken Re-

genfällen einige Amphibien (Salamander, Kröten, Frösche) im Kies- und Sandfang befinden und keinen Ausweg mehr finden (Fließgeschwindigkeit Einlauf = 0.5 m/s). Daraufhin wurden im Kies- und Sandfang Amphibienausstiegshilfen montiert. Diese bestehen aus 50 cm breiten Bahnen aus einem Raumgitter aus Kunststoff, welche auch in der Siedlungsentwässerung als Ausstiegshilfen in Schächten Verwendung finden.

Fassung Albristbach mit Coandarechen

Die Fassung Albristbach (*Bild 7*) wurde in einem steilen, geröllübersäten Standort oberhalb der Strassenbrücke auf einer Höhe von 1384 m ü. M. erstellt. Die Fassung besteht aus folgenden Komponenten:

- fixes Wehr mit Grundablass linksufrig
- Coanda-Rechen (Breite 4.5 m, Spaltbreite 0.6 mm)
- Restwasserschacht zu Beginn der Zu-

laufleitung mit Restwasserabgabe und Strömungswächter

- Zulaufleitung GFK DN700 zwischen Coanda-Einlaufbecken und Sandfang
- Sandfang ($L \times B \times H = 12 \times 1.5 \times 2.3 - 2.8$ m)
- Einlaufbecken mit Einlauftrumpete in Druckleitung
- Drosselklappe DN500 mit Staupendel und Fallgewicht
- Unterirdischer Technikraum mit Drosselklappe und Leittechnik, Zugang via Treppenabstieg

Seit der Inbetriebnahme im August 2015 hat sich die Fassung mit dem Coanda-Rechen bewährt. Der eigentliche Coanda-Rechen aus Edelstahl ist mit einem darüber liegenden Geschiebeschutzrechen geschützt. Dieser hat sich bereits kurz vor der Inbetriebnahme bewährt, als im Juli 2015 ein gewaltiger Murgang über die sich noch nicht in Betrieb befindende Fassung rauschte. Das *Bild 8*



Bild 5. Blick auf den Fischpass (Beckenpass Raugerinne) der Fassung Fermelbach (Aug. 2016).



Bild 7. Fassung Albrist in Betrieb (Aug. 2015).



Bild 6. Blick (gegen die Fließrichtung) auf das Einlaufbauwerk des Umgehungsgerinnes mit Restwasserabgabe. Die Pegelmessung ist oben links ersichtlich, die rote Markierung in der Mitte des Bildes stellt die optische Überprüfung der Restwassermenge dar (März 2017).



Bild 8. Coanda-Rechen Fassung Albrist nach Murgang (Juli 2015).

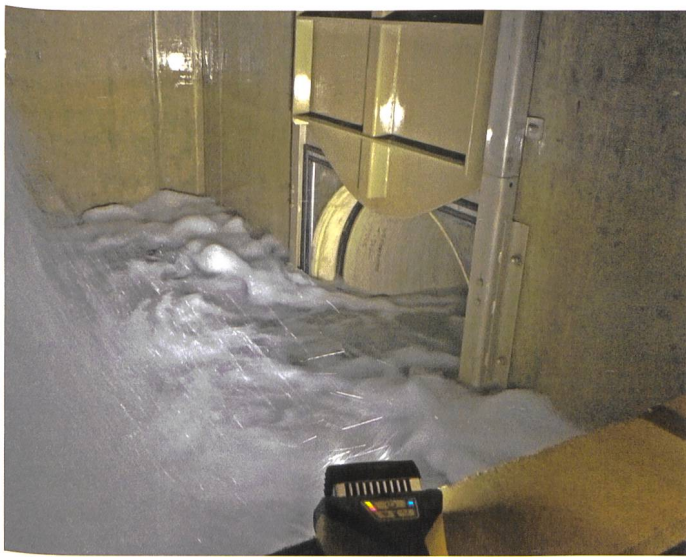


Bild 9. Blick auf die offene Schütze DN1000; der Weg führt direkt ins Triebwasser des WKW Matten. Der Standort des Fotografen befindet sich hinter der Überlaufkante, über welche das turbinierte Wasser direkt in den Albristbach geleitet werden kann (Juni 2016).

zeigt den Coanda-Rechen am Tag danach. Das Wehr und der Coanda-Rechen haben keine Schäden erlitten.

Zentrale Albrist mit zwei Unterwasserleitungen und Maschinen-Bypass

Die Zentrale Albrist ist komplett unterirdisch im natürlichen steilen Hang integriert. Sichtbar sind nur der Treppeneinstieg, die Revisionsöffnung und ein Lüftungsschacht. Die Albriststrasse verläuft über der Zentrale Albrist.

Die vertikale vierdüsigige Pelton turbine ($P_{\text{elek.}} = 240 \text{ kW}$) wurde aufgrund der engen Platzverhältnisse mit innenliegenden Düsen erstellt. Die Energieableitung erfolgt über den in der Zentrale platzierten Trockentransformator 16 kV/400 V in die nahe liegende 16 kV Freileitung.

Speziell an der Zentrale Albrist ist der Unterwasserbereich (Bild 9). Mittels einer Absperrschütze DN1000 mit Handantrieb kann das turbinierte Wasser entweder direkt in das Triebwassersystem des Wasserkraftwerks Matten oder über eine Überlaufkante in die Überlaufleitung GFK DN400 zurück in den Albristbach geleitet werden. Die obersten 100 m der Triebwasserleitung des WKW Matten auf dem Ast Albrist haben einen Durchmesser von 1.0 m (GFK-Leitung) und übernehmen die Funktion des Wasserschlosses (siehe auch Kapitel 5).

Sollte die Maschine Albrist längere Zeit stillstehen, kann das Wasser über einen gesteuerten Bypass mit integriertem «Energievernichter» trotzdem in das Triebwasser der Maschine Matten geleitet werden.



Bild 10. Blick auf die Pelton turbine in der Zentrale Matten.

Zentrale Matten mit integriertem Trinkwasserkraftwerk

In der Zentrale Matten wird das Wasser aus den beiden Fassungen Fermel- und Albristbach mit einer vertikalen vierdüsigigen Pelton turbine ($Q_{\text{max}} = 900 \text{ l/s}$, Nettofallhöhe 237 m) turbiniert und über einen rund 20 m langen Rückgabekanal in den Geschiebesammler Matten zurückgegeben. Bild 10 zeigt die Turbine Matten.

Das Zentralengebäude ist oberirdisch angeordnet und wurde aufgrund der Nähe zum Siedlungsgebiet mit einer «schwimmenden» Bodenplatte auf einem Körperschalldämmager erstellt, um die Lärmschutzvorschriften einzuhalten.

Mit der Trinkwasserversorgung der Gemeinde St. Stephan konnten ideale Synergien nicht nur beim Leitungsbau genutzt werden, sondern auch beim Zentralengebäude. So konnte im gleichen Zentralengebäude das neue Trinkwas-

serüberschusskraftwerk der Trinkwasserversorgung erstellt werden. Hier wird das überschüssige Trinkwasser turbiniert, bevor es in den Rückgabekanal des WKW Matten fliesst.

4.5 Bauprogramm und Eindrücke

Die Gestaltung des Bauprogramms stellte Bauherrschaft und Planer vor besondere Herausforderungen. Es galt, alle Randbedingungen unter einen Hut zu bringen. So wurde sogar die Primarschule des Fermeltales temporär umgesiedelt, sodass auf den Schulbus verzichtet und die Strasse gesperrt werden konnte. Bild 11 illustriert den Grobterminplan. Die Bauzeit betrug insgesamt zwei Jahre, und die Anlagen konnten im vorgesehenen Zeitraum in Betrieb genommen werden. Die Bilder 12 bis 15 zeigen die Bauwerke während des Baus.

	2014				2015				2016			
	1. Q.	2. Q.	3. Q.	4. Q.	1. Q.	2. Q.	3. Q.	4. Q.	1. Q.	2. Q.	3. Q.	4. Q.
Druckleitung Fermel												
Druckleitung Albrist												
Druckleitung Matten												
Fassung Albristbach												
Fassung Fermelbach												
Zentrale Albrist							*					
Inbetriebnahme Albrist												
Zentrale Matten												
Inbetriebnahme Matten											*	

Bild 11. Grobterminplan.

5. Besonderes Druckleitungssystem

5.1 Kurzbeschreibung

Das WKW Fermelbach besitzt ein Druckleitungssystem mit einer Gesamtlänge von rund 4.4 km. Die Druckleitungen bestehen zum allergrössten Teil aus schubgesicherten duktilen Gussrohren mit Steckmuffen der Durchmesser DN400, DN500 und DN600. Lediglich die «Wasserschlossleitung» (Länge rund 110 m) nach dem Kraftwerk Albrist mit Durchmesser DN1000 und die Überlaufleitung der Zentrale Albrist (DN400) wurden aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) erstellt.

Das Druckleitungssystem des WKW Fermelbach ist aufgrund der Lage der Fassungen in Form eines Ypsilon gestaltet (siehe *Bild 2*). Nicht nur die Y-Form ist speziell, auch die lokalen Gegebenheiten führten zu etlichen planerischen und bautechnischen Herausforderungen. Die nachfolgende Auflistung gibt einen Einblick in das besondere Druckleitungssystem und dessen Randbedingungen:

- Druckleitung Fassung Albristbach bis Zentrale Albrist: DG DN500, L=980 m
- Druckleitung Wasserschloss Albrist: GFK DN1000, L=110 m
- Druckleitung Ast Albrist bis Vereinigung: DG DN400/500, L=480 m
- Druckleitung Ast Fermelbach: DG DN600, L=2800 m
- Überlaufleitung Zentrale Albrist: GFK DN400, L=180 m
- 2 Düker mit Hoch- und Tiefpunkten unter Gewässer
- 2 Rohrbrücken über Gewässer
- 2 Gewässerunterquerungen ohne Düker
- 1 Unterquerung Montreux-Oberland-Bahn (MOB)
- 7 Inspektionsöffnungen DN300 und DN400 mit Blindflansch und Leitblech
- Spezialformstück Vereinigung in Y-Form DG DN600/600/400
- 3 Magnetisch induktive Durchflussmesser
- Druckstufen PN10 bis PN 40
- Rohrklassen C40 und C50
- zum Teil sehr schwierige Platzverhältnisse (eng, steil)

5.2 Druckleitungskonzept und Auslegung

Durchmesser

Für die Auslegung der Durchmesser waren je nach Druckleitungsabschnitt verschiedene Kriterien massgebend (*Bild 16*). Das wichtigste Kriterium war sicherlich die Wirtschaftlichkeit, das heisst, das Optimum zwischen weniger/mehr Reibungsverlusten (-> Nettofallhöhe) und den kapitalisierten Investitionskosten zu finden. In den oberen Leitungsabschnitten wurden aus wirtschaftlichen Überlegungen grössere Rohrdurchmesser (Fließgeschwindigkeiten von 1.8 bzw. 2.0 m/s) eingesetzt. Im untersten Teil des Druckleitungssystems (Vereinigung bis Zentrale Matten) wurden jedoch aufgrund der Druckverhältnisse und wirtschaftlicher Überlegungen ein üblicher Rohrdurchmesser (Fließgeschwindigkeit 3.2 m/s) eingesetzt. Für die Druckleitung zwischen der Zentrale Albrist und der Vereinigung hingegen zählten andere Kriterien, da die Reibungsverluste auf dieser Seite des Ypsilon keinen Einfluss auf die Nettofallhöhe haben, sondern auf die



Bild 12. Blick auf das Wehr der Fassung Albristbach gegen Fliessrichtung (Okt. 2014).



Bild 14. Fassung Fermelbach in Fliessrichtung, links Umleitung des Baches und rechts Sandfang (Sept. 2015).



Bild 13. Bau der unterirdischen Zentrale Albrist mit Zusammenschluss Druckleitung im Hintergrund (Juli 2014).



Bild 15. Blick auf die Zentrale Matten, links zukünftiger Fixpunkt (Bewehrung) und in der Mitte Turbinenstandort (Juni 2015).

Wasserspiegelhöhe im Wasserschloss. Die Wasserschlossleitung wurde so ausgelegt, dass der Wasserspiegel in jedem Betriebszustand in der Wasserschlossleitung verbleibt und den Lufteintrag aus der Zentrale Albrist auszugasen vermag.

Druckverhältnisse

Neben der Bestimmung der Durchmesser war die zweite Auslegungsgrösse der Innendruck bei den verschiedenen Betriebszuständen. Massgebend sind folgende Lastfälle:

- statischer und dynamischer Druck im Normalbetrieb
- normaler Betriebslastfall (öffnen und Schliessender Maschinen und Absperrorgane)
- aussgewöhnlicher Betriebslastfall (Düsenkraftbruch)

Wasserschloss

Die Turbine Matten wird ausschliesslich über den Pegel in der Fassung Fermelbach geregelt. Bei dynamischen Vorgängen (z. B. Anfahren und Abstellen der Maschinen, insbesondere der Maschine Albrist) ergeben sich im Druckleitungssystem des Ypsilon Druckschwankungen und auf der Seite Albrist grössere Wasserspiegelschwankungen. Um die Wasserspiegelschwankungen in den Griff zu bekommen und den Ausgleich zu beschleunigen, wurde am Ypsilon-Ende auf der Seite Albrist der Durchmesser der Druckleitung auf DN1000 erhöht. Dieser Leitungsabschnitt übernimmt die Funktion eines Wasserschlosses und erlaubt zudem, die einge-

tragene Luft aus der Zentrale Albrist entweichen zu lassen.

Materialwahl und Verlegung

Die berechneten Druckverhältnisse und Durchmesser sowie die örtlichen Rahmenbedingungen führten zu folgender Materialisierung der Druckleitung:

- Fassung Albristbach – Zentrale Albrist: Duktilguss, Rohrklasse C40, längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung ohne Schweissraupe (PFA 16)
- Fassung Fermelbach – Vereinigung: Duktilguss, Rohrklasse C40, längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung mit Schweissraupe (PFA 30)
- Vereinigung – Zentrale Matten: Duktilguss, Rohrklasse C50, längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung mit Schweissraupe (PFA 40)
- Wasserschlossleitung: GFK DN1000 PN10
- Überlaufleitung Albrist: GFK DN400 PN6

Die Gussleitungen wurden aufgrund ihrer Längskraftschlüssigkeit ohne Fixpunkte verlegt (ausser bei den Einführungen in die Bauwerke) und konnten mit dem Aushubmaterial wieder hinterfüllt werden. Die beiden GFK-Leitungen wurden im gleichen Graben verlegt und benötigten bei Richtungsänderungen Fixpunkte aus Beton.

Sicherheit

Das Druckleitungssystem verfügt bei beiden Wasserfassungen über eine Rohrbruchsicherung mit Staupendel und

Fallgewicht. Zusätzlich zu den Rohrbruchsicherungen verfügt das Druckleitungssystem im Y-Abschnitt über eine Differenzdurchflussmessung mit magnetisch-induktiven Durchflussmessern (MID). Das heisst, der Durchfluss der Fassung Fermelbach, der Abfluss von der Zentrale Albrist und der Zufluss zur Zentrale Matten werden permanent gemessen. Sobald der Zu- und Abfluss mehr als 50 l/s abweichen, stellen die Turbinen ab und die Rohrbruchsicherungen werden geschlossen. Dies erlaubt, auch kleinere Wasseraustritte oder Fehlfunktionen zu entdecken (mit dem Staupendel nicht möglich) und die Anlage in einen sicheren Betriebszustand zu führen.

Korrosionsschutz

Alle Gussrohre sind mit einer Zementmörtelummhüllung (5 mm) und einer Innenbeschichtung aus Tonerdezement (5 mm) versehen, um die Gussleitung vor Korrosion und äusseren Einwirkungen zu schützen. Die Druckleitung ist gegenüber den Zentralen und den Fassungen mittels Isolierflanschverbindung elektrisch getrennt, um Kriechströme zu vermeiden. Für die Unterquerung der Montreux-Oberland-Bahn wurden die Gussrohre zusätzlich auf einer Länge von 24 m mit einem PE-Schutzmantel versehen.

Gewässerquerungen

Das Druckleitungssystem quert insgesamt an sechs Orten ein Gewässer. Zweimal konnte das Gewässer normal unterquert werden. Zweimal stellte eine Rohrbrücke eine bessere Lösung dar. Bei den Rohrbrücken wurde die Druckleitung jeweils aus Frostschutzgründen mit einer Aussenisolation versehen. Zweimal musste das Gewässer mit einem Düker unterquert werden. Beide Düker verfügen je über einen Hochpunkt, ausgestattet mit Be- und Entlüftungsventilen, und je einen Tiefpunkt (einmal mit und einmal ohne Entleerungsmöglichkeit).

5.3 Bauablauf und Eindrücke

Aufgrund der Rahmenbedingungen (Zufahrten, Alpbetrieb, Koordination mit Trinkwasserprojekten) wurde das Druckleitungssystem in mehreren Etappen erstellt, welche nicht immer einfach der Fliessrichtung folgten. Dies führte dazu, dass an mehreren Stellen die Druckleitung mit Spezialformstücken zusammengeslossen werden musste.

Wann immer möglich, wurde die Druckleitung von oben nach unten, mit der Muffe in Richtung Tal erstellt. Teilweise bei

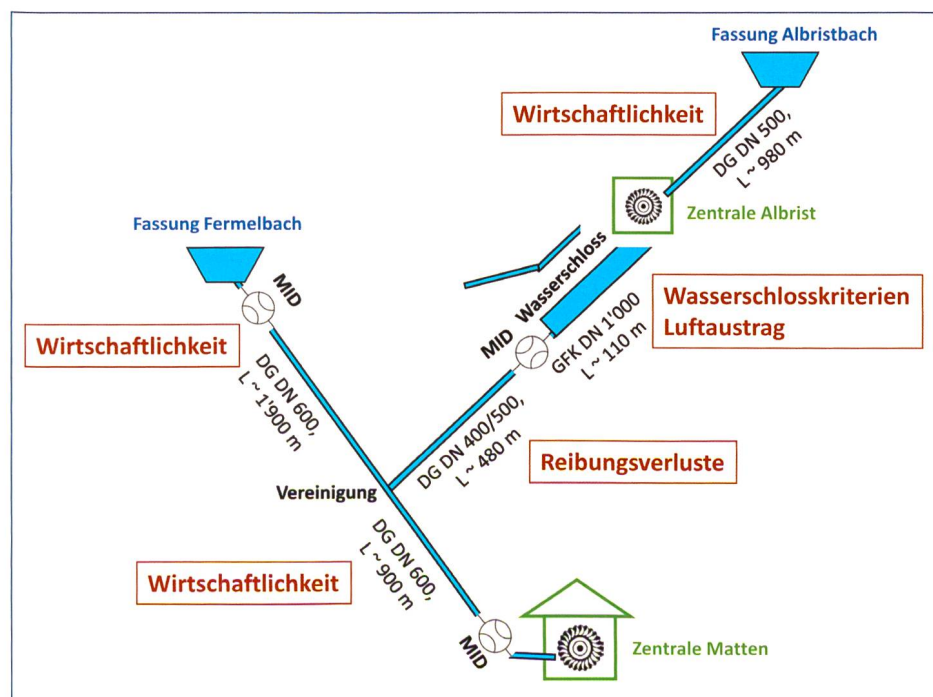


Bild 16. Massgebende Kriterien für die Bestimmung der Durchmesser der Druckleitungen.



Bild 17. Bau der Druckleitung DN600 im alten Fermelweg; der Aushub wird direkt wieder für die Hinterfüllung des vorher verlegten Rohres benutzt (Aug. 2014).



Bild 18. Verlegte Druckleitung DN400 im Steilhang Albrist (Aug. 2015).



Bild 19. Druckleitung DN600 mit Vereinigung und Inspektionsöffnung (April 2015).



Bild 20. Rohrbrücke mit isolierter Druckleitung DN 600 (Mai 2015).



Bild 21. Inspektionsöffnung mit Entlüftungsventil Hochpunkt Düker (Mai 2016).

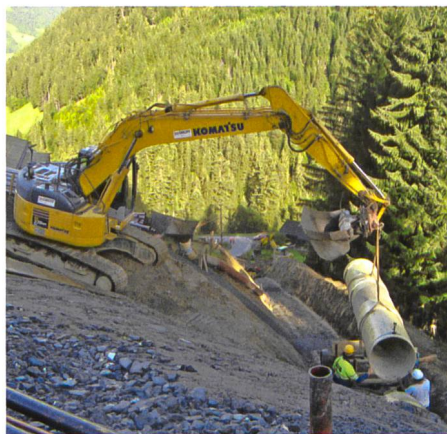


Bild 22. Verlegung Druckleitung GFK DN1000 im steilen Gelände mit eigens konstruiertem Fahrgestell (Sept. 2014).

engen Platzverhältnissen und beschränktem Zugang konnte nur über Kopf gearbeitet werden, sodass der Aushub für ein Gussrohr (Länge 6.0 m) gleich für die Hinterfüllung des vorher verlegten Gussrohres benutzt werden musste (Bild 17). Der steile Abschnitt (70 % Gefälle) der Druckleitung Albrist, unmittelbar vor der Vereinigung, wurde mit Hilfe eines gesicherten Schreitbaggers und einer Materialeisbahn für die Rohrverlegung erstellt (Bild 18).

Der Zusammenschluss der beiden Gussleitungen Albrist und Fermel erfolgte mit einem Spezialformstück (Ypsilon DN600/600/400) aus Guss mit integrierter Inspektionsöffnung (Bild 19).

Die beiden Gewässerüberquerungen wurden mit einer Rohrbrücke aus verzinktem Stahl erstellt (Bild 20). Die Druckleitung wurde isoliert und mit den weiteren Leitungen (Kabelschutzrohre, Abwasser) auf die Stahlkonstruktion gelegt.

Nach der Rohrverlegung von zusammenhängenden Etappen wurden diese jeweils einer Dichtigkeitsprüfung mit Luft unterzogen. Vor der Turbinenbetriebnahme wurde die gesamte Druckleitung mit Wasser gespült und einer Füllprobe unterzogen. Der Düker unter dem Fermelbach wurde zudem mittels Kanal-TV auf Feststoffe überprüft (Bild 21).

Die Herausforderung der Unternehmer beim Grabenbau und bei der Rohrverlegung bestand darin, die optimalen Gerätschaften vor Ort einzusetzen, das Material ideal zu bewirtschaften sowie mit der geringen Verlegeleistung im schwierigen Gelände umzugehen. Diesen Punkten begegneten die Unternehmer mit grosser Innovation bzw. in der Schaffung von speziellen Gerätschaften (Bild 22) und der Zusammenlegung / Kombination der Rohrverlege- und Grabarbeiten durch denselben Unternehmer. So entstanden keine Wartezeiten für den Rohrverleger.

5.4 Kosten

Die Baukosten für das Druckleitungssystem beliefen sich auf rund CHF 7 Mio. Der Bau der Druckleitung verschlang rund 40 % des gesamten Projektbudgets (siehe Tabelle 3). Die Laufmeterkosten betragen ca. CHF 1550.– für ein aufwendiges Druckleitungssystem. Kosteneinsparungen konnten dank geringer Verlegetiefe und Synergien mit anderen Werkleitungen (Trinkwasser, Abwasser) erreicht werden. Kostentreiber waren hingegen aufwendige Bachquerungen und enge Platzverhältnisse und entsprechend viele Formstücke.

Wasserfassung Fermelbach: - Baumeisterarbeiten - Stahlwasserbau	1.0 Mio. CHF 0.3 Mio. CHF
Wasserfassung Albrist: - Baumeisterarbeiten - Stahlwasserbau	0.7 Mio. CHF 0.2 Mio. CHF
Triebwassersystem: - Grabenarbeiten - Druckleitung (liefern und verlegen)	3.1 Mio. CHF 3.9 Mio. CHF
Zentrale Matten: - Baumeisterarbeiten - El. Mech. Ausrüstung, Leittechnik	1.3 Mio. CHF 2.2 Mio. CHF
Zentrale Albrist: - Baumeisterarbeiten - El. Mech. Ausrüstung, Leittechnik	0.6 Mio. CHF 0.8 Mio. CHF
Planungskosten, allgemeine Kosten	2.7 Mio. CHF
Gesamtkosten	16.8 Mio CHF

Tabelle 3. Übersicht Investitionskosten.

Gesamtplaner:	BKW Energie AG, Engineering Hydro & Infrastructure, Bern
Statik und örtliche Bauleitung:	Steiger Ingenieure & Planer AG, Lenk
Umweltbaubegleitung:	Sigmaplan AG, Bern
Baumeister- und Rohrlegearbeiten:	ARGE: Maurer+Raz AG, Banholzer AG, Implenia AG
Rohrlieferant:	Wild Armaturen AG, Jona
Turbine Matten:	Troyer Spa, Italien
Steuerung Turbine Matten:	BKW Energie AG
Turbine Albrist:	Geppert GmbH, Österreich
Elektroinstallationen:	BKW ISP AG, St. Stephan
Energieableitungen:	BKW Netze / Arnold AG
Stahlwasserbau:	Aquaferrum AG
Coandarechen:	Wild Metall GmbH, Südtirol
Metallbau/Stahlbau:	Comvit Industriebau AG, Thun
Metallbau/Rohrbrücken:	Von Niederhäusern AG, Erlenbach i.S.
Hallenkran Matten:	Stephan SA, Fribourg

Planer und Unternehmer der Hauptkomponenten

5.5 Betriebserfahrungen

Das Kraftwerk Albrist ist seit Sommer 2015 in Betrieb. Das Kraftwerk Matten mit seiner Y-Druckleitung ist seit September 2016 im regulären Betrieb. Die ersten Betriebserfahrungen mit dem Druckleitungssystem sind positiv. Die Gestaltung des Ypsilon mit einem Ast für die Regelung und einem Wasserschlossast hat sich bewährt. So schwankt der Pegel im Wasserschloss

wie geplant zwischen der Unter- und Obergrenze, je nach Betriebszustand. Es ist zu beobachten, dass bei grösseren Abflussänderungen aus dem Kraftwerk Albrist die Wassersäule im Ypsilon über mehrere Minuten bis zur Abflachung hin und her schwappt. Mit Hilfe der Durchflussmessungen (MID) ist dieses Phänomen gut zu verfolgen.

Die Überwachung der Druckleitung mittels Differenzdurchflussmessung anhand der drei MID funktioniert nach anfänglichen Kinderkrankheiten unterdessen ebenfalls. Die Messdifferenzen belaufen sich je nach Betriebszustand auf maximal rund 20 l/s. Die Auslösung ist auf 50 l/s eingestellt.

6. Fazit

Rund 10 Jahre nach der ersten Projektidee konnte das Wasserkraftwerk Fermelbach mit den beiden Turbinen Albrist und Matten im Spätsommer 2016 vollständig in Betrieb genommen werden. Die Zusammenarbeit zwischen der Bauherrschaft, den Planern und Behörden sowie den Unternehmern war aus Sicht der Autoren hervorragend und erlaubte einen erfolgreichen technischen und finanziellen Projektabschluss.

Die Planungsphase hat gezeigt, dass der frühzeitige Einbezug der Behörden und möglicher Einsprechenden nur von Vorteil ist. In der Realisierungsphase konnten die Baumeister- und Rohrlegearbeiten an die lokale ARGE vergeben werden. Diese zeichnete sich durch unermüdlichen Einsatz, Ortskenntnisse und kurzen Interventionszeiten aus.

Nach knapp einem Jahr Betrieb sind die Erfahrungen mit der Anlage nach den üblichen Mängeln und Kinderkrankheiten durchaus erfreulich. Mit einer getätigten Investition von knapp CHF 17 Mio. produziert die gesamte Anlage im ersten Betriebsjahr vorrausichtlich 9 GWh Strom.

Literatur

- BKW Energie AG (2009, ergänzt 2010): Konzessions- und Baugesuch.
- BKW Energie AG (2016): Anlagenkonzept und Nutzungsvereinbarung.

Anschrift der Verfasser

- Patrick Manz, Projektmanager und Bauherrenvertretung, patrick.manz@bkw.ch
- Michael Steiner, Gesamtplaner, Engineering Hydro & Infrastructure, michaelsteiner@gmx.net
- BKW Energie AG, Hydraulische Kraftwerke Viktoriaplatz 2, CH-3013 Bern

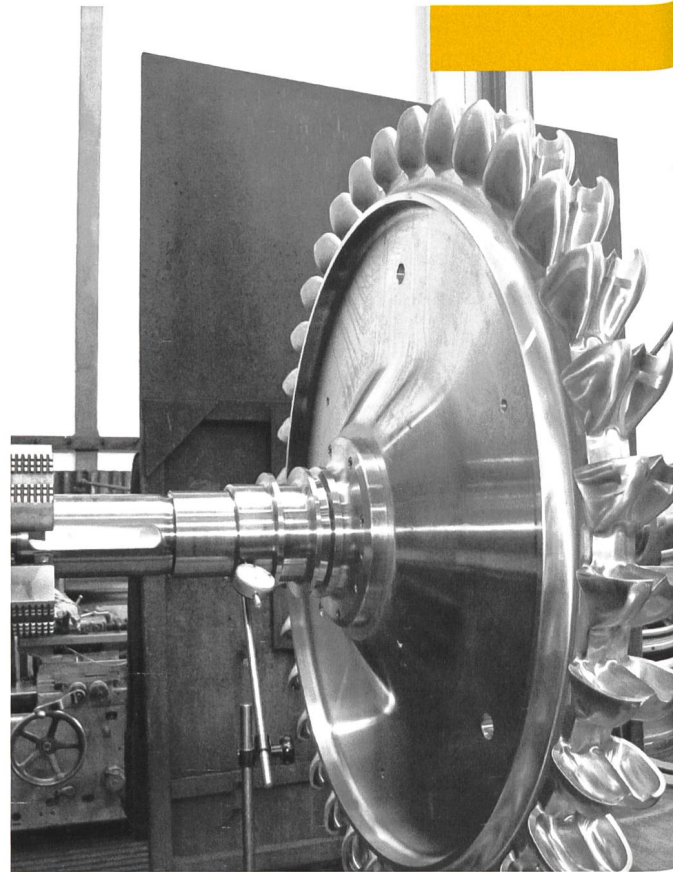
PROJEKTPLUS

- Projektmanagement
- Jahres-Inspektionen und Revisionen
- Zustandsexpertisen und Abnahmen
- Dokumentations-Management (QS)



Thomas Blau
Maschinentechniker, CAS Hydro

PROJEKTPLUS AG
Kreuzstrasse 51, CH-6010 Kriens
078 638 06 78
www.projekt-plus.ch



Wasser. Kraft!

Technologie von Künz sorgt für Energie und Sicherheit.



Künz GmbH | 6971 Hard - Austria
T +43 5574 6883 0 | sales@kuenz.com | www.kuenz.com

