

Michel Hausman, Moutier/Schweiz

Kleinwasserkraftwerk „Graiter-Tunnel“ in Moutier/Schweiz

Nutzung des Tunnelwassers zur Stromerzeugung

Der Graiter-Tunnel verbindet die Ortschaften Moutier mit Court im Berner Jura (Schweiz). Er ist Bestandteil der Autobahn A16, die auch „Transjurane“ genannt wird und es ermöglicht, von Biel aus bis nach Belfort (Frankreich) zu gelangen. Die Transjurane beginnt in Biel und durchquert die Jura-berge bis zur schweizerisch-französischen Grenze, um dort die RN19 in Richtung Belfort zu treffen. Diese Autobahn wird schon seit dem Jahr 1987 gebaut, die letzten Abschnitte sollen Ende 2016 fertiggestellt werden.

Das Bauwerk besteht aus einem Tunnel mit Gegenverkehr und einem Schutzstollen, diese sind 2,4 km lang. Der Bau hat 2007 begonnen und endete 2013. Der Schutzstollen wurde jedoch schon in den Jahren 1998–1999 erstellt und diente der geologischen Aufklärung.

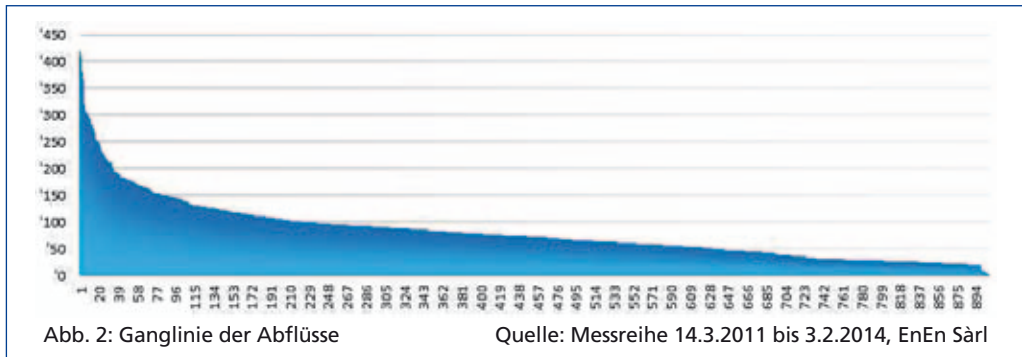
Die zahlreichen Wasservorkommen im Tunnelgestein mussten in den Schutzstollen geleitet und von dort aus kanalisiert und bis zum Nordportal des Tunnels geführt werden. Eine Kanalisationsleitung führt dann das Tunnelwasser talwärts bis zum Fluss Birs. Der Tunnel befindet sich etwa 60 m oberhalb der Birs.

Schon früh dachte man daran, dieses Tunnelwasser zu nutzen, sei es als Trinkwasser, für die Fischzucht oder/und zur Stromerzeugung.

Das Turbinieren des Wassers, um Strom zu erzeugen, hat am 5. September 2015 begonnen. Mit einer Anlagenleistung von max. 65 kW und einer Produktion von 220 000 kWh deckt diese Kleinwasserkraftanlage den Strombedarf von ca. 40 bis 50 Haushalten.



Abb. 1: Im Schacht montiertes Durchflussmessgerät, oben rechts die Einheit der Datenerfassung und Speicherung



Auslegung der Kleinwasserkraftanlage

Ausbaumenge

Um das Potenzial der Wasserkraft ermitteln zu können, muss man die Abflussmengen des Gewässers kennen. Eine Messreihe der Abflüsse des Tunnelwassers musste somit über mehrere Jahre durchgeführt werden.

Diese erfolgte mittels eines Durchflussmessgerätes, das geeignet ist, im teilgefüllten Rohr der bestehenden Kanalisation zu messen. Eine Ultraschallmessung ermittelt die Abflussgeschwindigkeit und auch die Tiefe des Wassers. Die Messstation berechnet damit die Durchschnittsgeschwindigkeit und den Abfluss aufgrund des Rohrprofils der Kanalisation und nach dem „pulse-doppler“-Verfahren.

Die Messungen wurden alle 15 Minuten durchgeführt und für die Auswertung gespeichert.

Aufgrund der Ganglinie wurde anfänglich

die Ausbaumenge für eine Turbine mit 120 l/s bestimmt. Weitere Optimierungsbemühungen, um eine wirtschaftliche Lösung umsetzen zu können, haben dann schlussendlich dazu geführt, dass die Ausbaumenge auf etwa 145 l/s erhöht wurde.

Konzept der Kleinwasserkraftanlage

Das Ermitteln des Standortes der Wasserfassung war auf Anhieb ziemlich eindeutig, obwohl die technischen Lösungen noch ausgebaut werden mussten. Die Standortbestimmung der Turbinenzentrale erwies sich jedoch als schwierig und verlangte genauere Überlegungen und das Abwägen der Vor- und Nachteile jeder möglichen Variante. Die Schlussfolgerungen führten dazu, dass der Standort der Zentrale außerhalb des Waldes und fern der Uferböschungen des Flusses bestimmt wurde. Somit konnte diese auch nahe von bestehenden Zufahrten gebaut werden. Es wurde außerdem entschieden, das Gebäude unterirdisch zu bauen, um das



Nutzgefälle bestens ausbeuten zu können und um ein diskretes Erscheinen der Anlage zu gewährleisten.

Die dadurch entstandenen Mehrkosten machten es jedoch möglich, dass die Konzessionen für die Wassernutzung und die Baubewilligung ohne Einsprüche und ohne Verzögerungen zustande gekommen sind.

Wasserfassung

Die Wasserfassung wurde um die bestehende Kanalisationsleitung gebaut. Das Volumen des Wasserspeichers beträgt 10 m³. Ein Lochblech dient dazu, dass keine Fremdkörper in die Druckleitung gelangen können. Da das Wasser sauber ist, wurde auf eine automatische Reinigungsvorrichtung verzichtet.

Eine Trennwand mit Überlauf erlaubt es, überschüssiges Wasser wieder in die bestehende Kanalisationsleitung rückzuführen. Für Wartungszwecke wurde ein Entlastungsschütz in der Trennwand montiert.

Die Turbinenregelung erlaubt es, den Wasserpegel nur wenige Zentimeter unter der Mauerkrone der Trennwand zu stabilisieren. Dazu sind zwei Pegelmesssonden im Einsatz, eine davon ist vor dem und die andere hinter dem Lochblech angeordnet.

Turbinenzentrale und Entlastung

Die Orientierung des Gebäudes der Turbinenzentrale wurde aufgrund der Entlastungsleitung und deren speziellen Herstellungsverfahrens definiert.

Da die Entlastungsleitung unter einem etwa 10 m hohen Hügel durchläuft, bevor diese in der Flussböschung endet, konnte kein herkömmliches Verlegen der Rohre erfolgen. Die Entlastungsleitung wurde daher mittels eines Rammvortriebes verwirklicht. Sie besteht aus mehreren zusammengeschweißten Stahlrohren, deren Durchmesser 800 mm beträgt, die Gesamtlänge der Entlastungsleitung erreicht 46 m.

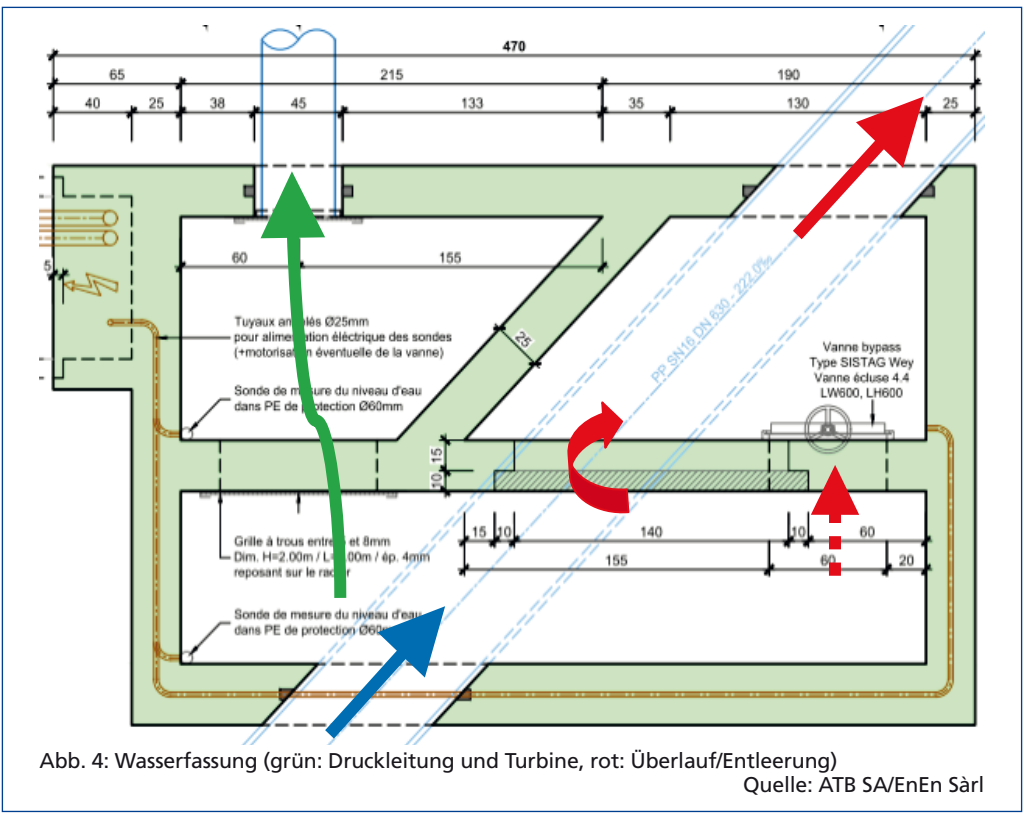




Abb. 5: Der unterirdisch und im bestehenden Hang ausgebaute Wasserspeicher



Abb. 6: Entlastungsleitung mit Rammvorstoß (pneumatisch)



Abb. 7: Baugrube (Spundwand mit Stützeinheiten)



Abb. 8: Die Entlastung in der Böschung der Birs (Stahlrohr mit Felsblöcken verkleidet)

Das Aufstellen der Turbine erfolgte so tief wie möglich, jedoch mit ausreichend Abstand zu den Hochwasserpegeln des Flusses in der Zone der Entlastung. Das Nutzgefälle beträgt somit 56,5 m. Die Grube, die unter dem Turbinenrad gebaut wurde, dient dazu, das aus der Turbine austretende Wasser zu beruhigen und zur Entlastungsleitung zu führen.

Der auserwählte Turbinentyp für dieses Projekt ist eine horizontalachsige Pelton-Turbine mit zwei Düsen (ohne Strahlableiter) inklusive eines Plattenschiebers am Einlass. Eine Besonderheit stellt das aus rostfreiem Stahl und mit einer strukturierten Oberfläche gefertigte Gehäuse der Turbine dar.

Das Turbinenrad ist gleich am Generator montiert. Die Maschine verfügt somit nur über zwei Wälzlager. Die Nenndrehzahl be-

trägt 612 min^{-1} . Es wurde ein Asynchron-generator eingesetzt (75 kW).

Eine SPS-Steuerung erledigt die Automatisierungsvorgänge der Gesamtanlage. Weiter beinhaltet der Steuerschrank auch Schutzrelais und eine Kompensationseinheit des Leistungsfaktors des Generators (Kondensatoren). Die Fernbedienung und Überwachung der Anlage erfolgt mittels SMS-Nachrichten. Ein zusätzlicher Elektroschrank verbindet den Generatorabgang mit den Leistungskabeln, die zu einem schon vorhandenen Quartiertransformator führen. Dieser ist für die 16-kV-Netzeinspeisung zuständig.

Die Turbinenzentrale verfügt über eine Lüftung, um die Wärme des Generators abzuführen. Auch wurde eine Sumpfpumpe in einem Bodenschacht installiert, um allfälliges Wasser aus dem Gebäude pumpen zu kön-

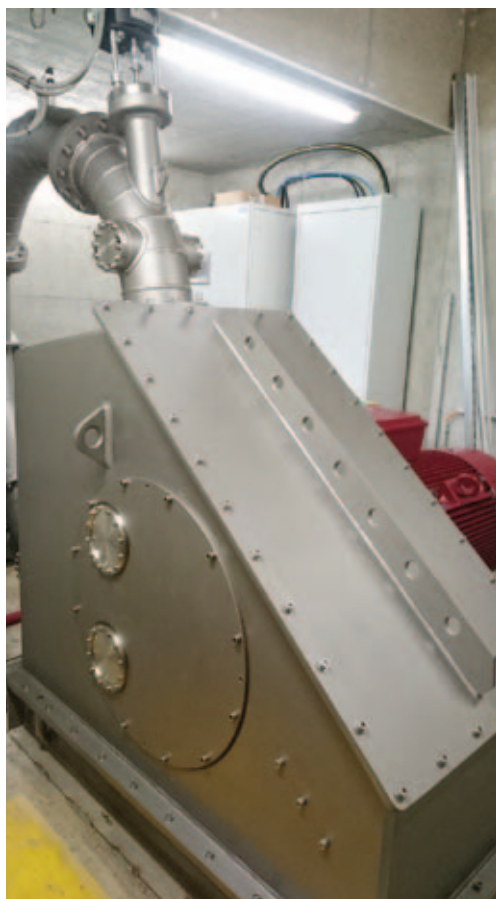


Abb. 9: Turbinengruppe: Blick auf das Gehäuse und die obere Düsenvorrichtung



Abb. 10: Hosenrohr mit zwei motorisierten Düsen

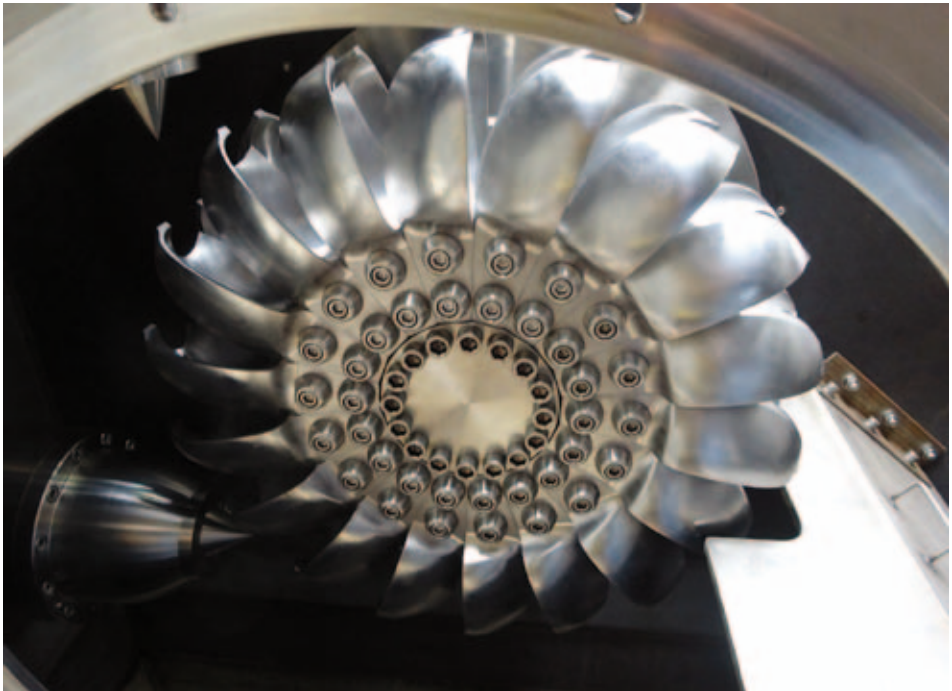


Abb. 11: Pelton-Rad und Düsen der Turbine, unten rechts das Abstrahlblech



Abb. 12: Grube unterhalb der Turbine (Einlass), die zur Entlastungsleitung führt



Abb. 13: Unterirdische Turbinenzentrale (Stand vor der Montage des Daches über der Maschinen-
gruppe und dem Gebäudezugang)

nen (nur bei einem Notfall oder auch praktisch für Reinigungsarbeiten im Gebäude).

Druckleitung

Die Druckleitung verbindet den Wasserspeicher mit dem Turbineneinlassrohr.

In der Baugrube der Druckleitung wurden auch Schutzrohre mit Kabeln vergraben. Ein dreiphasiges 400-V-Kabel speist den Schrank des Wasserspeichers, ein Glasfaserkabel dient zur Datenverbindung zwischen der SPS des Wasserspeichers und der Turbinenzentrale. Auch wurde teilweise ein Schutzrohr für ein 50-kV-Kabel und ein Steuerkabel des Netzbetreibers hinzugefügt. Die 50-kV-Leitung soll in den nächsten Jahren fertiggestellt werden und eine neue Einspeisung für die Stadt Moutier gewährleisten.

Die Druckleitung wurde aus dem Material HDPE hergestellt (Durchmesser und Druckklasse: DN 355/PN10, Länge der Einzelrohre: 12 m). Die Rohre und die wenigen Krümmer, die für die Leitungsführung notwendig waren, wurden zusammengeschweißt. Es wur-



Abb. 14: Sanfte Kurven der Druckleitung mit leicht gekrümmten Rohrelementen

den einzeln auch elektrisch schweißbare Muffen verwendet. Die Gesamtlänge der Druckleitung beträgt 293 m.

Bei etwa der halben Länge der Druckleitung wurde ein begehbare Schacht gebaut, in dem die Druckleitung mit einem Ausbaurohr versehen ist. Diese Vorkehrung erlaubt es in Zukunft, eine Reinigungsdüse in die Rohrleitung einzufügen und hydraulisch und unter hohem Druck zu reinigen (im Juragebirge kommt es häufig vor, dass Wasserleitungen stark verkalken).

Hierzu eine Bemerkung: Mit dem Verkalken der Druckleitung werden die Druckverluste auf 4,2 m (7,8%) bei einem Durchfluss von 120 l/s ansteigen. Unter diesen Umständen wird das Nettogefälle bis auf 52,4 m reduziert (Planwert).

Die Verbindung der Druckleitung mit dem Einlassrohr der Turbine wurde mit einer mechanischen Muffe gelöst.



Abb. 15: Zusammenschweißen der Rohre im Graben der Rohrleitungen

Projektabwicklung

Vorstudie:	16.7.2010
Anfang der Messkampagne der Abflüsse:	14.3.2011
Antrag für das Wasserrecht und die Baubewilligung:	4.4.2014
Erhalt des Wasserrechts und der Baubewilligung:	3.11.2014
Baubeginn:	14.4.2015
Ende des Bauvorhabens:	18.9.2015
Netzeinspeisung und Betrieb der Anlage:	5.9.2015

Planung und Bau

Bauherrschaft:	Bleue-Verte SA + Turbinor SA (Konsortium culnu), Moutier
Technischer Planer:	EnEn Sàrl, Moutier
Bauplanung:	ATB SA, Moutier
Bauunternehmer:	
– Tiefbau und Mauerarbeiten:	F. Haenzi, Moutier
– Rohr-Rammvortrieb:	Dell'Anna Enzo SA, Moutier
Netzbetreiber:	Services Industriels de Moutier (SIM)

Lieferanten

Turbinengruppe und Steuerung:	Hydrohrom s.r.o, Bystrice (CZ)
Druckleitung:	Plastitech Sàrl, Gingins
Entstehungskosten :	ca. 830000 CHF (770000 EUR)

Schlussfolgerungen

Das Projekt Kleinwasserkraftwerk „PCH Moutier Tunnel du Graiter“ konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Die Anlage läuft zuverlässig und sie ist auch sehr zufriedenstellend.

Die Planung und Entwicklung eines Projektes dieses Types ist jedoch mit sehr viel Aufwand verbunden. Sowohl auf der technischen Seite als auch bei den administrativen Prozessen sind die Anforderungen etwa die gleichen wie bei Anlagen mit viel höherer Leistung.

Dieses Kleinwasserkraftwerk erlaubt es, Strom aus einer erneuerbaren und einheimischen Quelle zu produzieren. In der Schweiz fällt diese Art von Anlagen in die Kategorie

der „Nebennutzung“ wie auch Trinkwasserkraftwerke oder Wasserkraftwerke, die beispielsweise Abwasser turbinieren. Diese Anlagen erzeugen einen reellen Mehrwert, da aus Wasserkraft wertvoller Strom gewonnen wird, und dies, ohne dass natürliche Gewässer davon betroffen sind.

Diese Art der Stromerzeugung ist nachhaltig. Wasserkraftwerke weisen eine sehr lange Lebensdauer auf und garantieren eine hervorragende Energiebilanz. Somit dienen sie zur Verringerung des globalen Treibhausgasausstoßes und tragen zu einem respektvollen Umgang mit den natürlichen Ressourcen bei.

Natürlich macht diese Kleinanlage keinen spürbaren Unterschied aus, aber – wie man weiß – kleine Bäche machen große Flüsse ...



Abb. 16: Oben die mechanische Muffe (Waga), unten das Ausbaurohr im Schacht

Abb. 1 und 5 bis 16: Hausmann