

Schlussbericht

Demonstrationsprojekt Kleinwasserkraftwerk Wannenfluh Rüderswil

Innovatives Konzept eines Niederdruck-Wasserkraftwerkes
am voralpinen Wildwasserfluss Emme bei Ramsei

ausgearbeitet durch

Arnold P. Engel
Hydrelec Ingenieure
Alte Villigerstrasse 184
5318 Mandach

Sitz der Gesellschaft
Hydrelec AG für Energietechnik, Burgdorf

April 2001



Kleinwasserkraftwerk Wannenfluh Rüderswil, Kanton Bern

Inhalt

1. Zusammenfassung
2. Wer steht hinter dem Kraftwerk Wannenfluh, was sind die Ziele?
 - Vorgeschichte
 - Finanzierung
 - Neue Energieanlagen im Licht der Liberalisierung des Strommarktes
3. Anlagenbeschreibung
 - Nutzungspotential
 - Wehranlagen
 - Wasserfassung
 - Sandabscheider
 - Kraftwerk
 - Fisch- Umgehungsgewässer
 - Umweltaspekte
 - Realisierung
 - Energiewirtschaft
4. Innovation im Wasserkraftwerkbau, Betriebserfahrungen
 - Geschiebefracht in Wildbächen
 - Schwemmgut
 - Schlauchwehranlage
 - Betriebserfahrungen
5. Anhang:
 - Längsschnitt Kraftwerk 1:200
 - Bilddokumentation
 - Unternehmerliste Kraftwerk Wannenfluh

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichtes verantwortlich.

1. Zusammenfassung

Die Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz verzeichneten seit Jahrzehnten einen steten Rückgang in Anzahl und Energieproduktion durch Überalterung und Stilllegung von Anlagen. Von ursprünglich 6'000 Kleinwasserkraftwerken bestanden anfangs der neunziger Jahre in der Schweiz noch ca. 600 Anlagen. Der Energienutzungsbeschluss des Bundes im Rahmen des Förderprogrammes Energie 2000 und das Energiegesetz ermöglichten den Kraftwerksbetreibern dank höherer Rücklieferatarife die noch bestehenden Kleinwasserkraftwerke zu erhalten, besser zu unterhalten und zu erneuern. Vereinzelt gelang es auch an ungenutzten Gewässern neue Anlagen zu erstellen. Der vorliegende Bericht beschreibt die erfolgreiche Realisierung eines neuen Kleinwasserkraftwerkes.

Zwei baufällige Schwellen in der Emme bei Wannenfluh, ca. 800 m östlich der Bahnstation Ramsei waren Anlass, die Schwellensanierung mit einem Neubau eines Kleinwasserkraftwerkes zu verbinden. Die Ziele der Projektverfasser trafen sich mit ähnlichen Interessen lokaler Behörden, Genossenschaften und Schwellenkorporationen. Ende 1993 fanden sich die interessierten Kreise zu einer Vorbesprechung beim Kreisoberingenieur für Wasserbau in Burgdorf, wo die Projektidee gut aufgenommen wurde.

Anfangs 1994 wurde der Verein Kraftwerk Wannenfluh gegründet, der in der Folge die Bauverkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern um Erteilung einer neuen Konzession zur Nutzung der Wasserkraft an der Emme ersuchte. Nach Erledigung von Einsprachen und Beschwerden wurde die Konzession anfangs 1997 rechtskräftig erteilt. Ende 1997 wurde als Rechtsnachfolgerin des Vereins die Kraftwerk Wannenfluh AG mit Sitz in Rüderswil gegründet.

Der Bau des Kraftwerkes und die Sanierung der Schwelle begann Mitte Februar 1998. Das Kraftwerk konnte gegen Ende Dezember 1998 den Probetrieb aufnehmen. Das Kraftwerk lieferte 1999 1'327'536 kWh und im Jahr 2000 1'730'160 kWh in das Mittelspannungsnetz der BKW. Zwei Betriebsunterbrüche, verursacht durch fehlerhaft vulkanisierte Gummimembranen am Schlauchwehr und durch einen Ermüdungsbruch an der Generatorwelle, verursachten 1999 einen Energieausfall von 477'000 kWh.

Das neue Kleinwasserkraftwerk erfüllt die Erwartungen der Initianten sehr gut. Die Baukosten betragen bis Ende 1999 (Ende des ersten Betriebsjahres) Fr. 2'970'592.40 einschliesslich Betriebsaufwand 1999 für das eigene Betriebspersonal und die Bauzinsen für 1998. Die Energieerträge betragen 1999 Fr. 203'368.50 und Fr. 280'504.10 im Jahre 2000.

Der Kostenvoranschlag ging von Gesamtkosten von Fr. 3'100'000 aus, was dank kostenbewusstem Bauen deutlich unterschritten wurde. Die Fremdmittel der Banken und die Darlehen der Aktionäre wurden ab dem ersten Betriebsjahr zu den Bedingungen der Banken verzinst und amortisiert. Die ganze Energieproduktion wird in das 16 kV Mittelspannungsnetz der BKW Energie AG eingespeist und lokal verteilt.

Jede Wasserkraftanlage erfordert Anpassungen an das Gewässer, an lokale Bedingungen, an Vorschriften von Behörden und an vieles mehr. Innovative Problemlösungen sind gefragt:

- Schutz der Anlagen vor Hochwasser, Geschiebetrieb und Schwemmgut
- Gewährleistung der Durchgängigkeit für Fische und Kleinlebewesen
- Minimierung der Verluste und Optimierung der Nutzung
- Kosteneffiziente Planung und Realisierung der Gesamtanlage und aller Details
- Schaffung von guten Voraussetzungen für eine rationelle Betriebsführung

Die Projektverfasser haben diese Aufgaben intensiv bearbeitet und neue Lösungsansätze erarbeitet. Das Kapitel 4 berichtet Näheres über realisierte Innovationen im Kleinwasserkraftwerksbau.

2. Wer steht hinter dem Kraftwerk Wannenfluh, was sind die Ziele?

Vorgeschichte:

Der Verein Kraftwerk Wannenfluh ersuchte 1994 die Bau- Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern um Erteilung einer neuen Konzession zur Nutzung der Wasserkraft an der Emme bei Wannenfluh in den Gemeinden Rüderswil und Lützelflüh. Nach Erledigung von Einsprachen und Beschwerden wurde die Konzession am 22. Januar 1997 rechtskräftig erteilt. Am 9. Dezember 1997 wurde als Rechtsnachfolgerin des Vereins die Kraftwerk Wannenfluh AG, c/o Gemeindeverwaltung, 3437 Rüderswil, gegründet und im Handelsregisteramt Emmental-Oberaargau eingetragen. Ziel der Kraftwerksanlage ist die Produktion von einheimischer und sauberer Energie und deren Verteilung in der näheren Umgebung.

Finanzierung:

Die Finanzierung erfolgt durch die Bank in Langnau (neu Valiant Bank), Spar- & Leihkasse Sumiswald und zwei privaten Darlehensgebern wie folgt:

Bank in Langnau, 3550 Langnau	Fr.	650'000.--	
Spar- & Leihkasse Sumiswald, 3454 Sumiswald	Fr.	650'000.--	
Zwei private Darlehensgeber, Herr Erwin Weber, Biel	Fr.	800'000.--	
Herr Arnold Engel, Mandach	Fr.	200'000.--	Total Fr. 2'300'000.--

Investitionskredit IHG von Fr. 800'000.-- zur Ablösung von Darlehen und Hypotheken

Als Eigenmittel dienen das Aktienkapital von Fr. 301'000 und Darlehen der Aktionäre.

	Aktienkapital	Darlehen
Einwohnergemeinde Rüderswil	Fr. 50'000.--	Fr. 50'000.--
Schwellenkorporation Rüderswil	50'000.--	50'000.--
Dorf- und Schwellenkorporation Ranflüh	50'000.--	50'000.--
Herr Arnold Engel, Mandach	100'000.--	100'000.--
Wüthrich Ingenieur AG, Langnau	16'000.--	17'000.--
Elektra Schwanden	17'000.--	17'000.--
Genossenschaft für Licht und Kraftabgabe Rüderswil	17'000.--	17'000.--
Herr Peter Pfister, Zollbrück	1'000.--	
	<hr/>	
	301'000.--	301'000.--

Gesamtfinanzierung Fr. 2'902'000.--

Neue Energieanlagen im Licht der Liberalisierung des Strommarktes:

Die Diskussion um die Liberalisierung des Strommarktes wirft die Frage auf, ob Wasserkraftwerke in Zukunft amortisiert werden können. Das Bundesamt für Energie bestätigt, dass der Energienutzungsbeschluss 1991, der den Kleinwasserkraftwerken einen Rücklieferarif von durchschnittlich 16 Rp./kWh garantierte, ohne Abstriche in das Energiegesetz übernommen wurde. Bei der Liberalisierung der Energiemärkte wird die Energieproduktion aus Wasserkraft nicht gefährdet. Beim Energiemarktgesetz werden Kleinwasserkraftwerke durch Gebührenbefreiung und durch eine Energie- Abnahmepflicht der Netzbetreiber bevorzugt behandelt. Das Investitionsklima für Kleinwasserkraftwerke ist gut.

Bei neueren Energie- Rücklieferverträgen wird angesichts tieferer Energiepreise am nationalen und internationalen Strommarkt der Abnahmepreis auf 15 Rp./kWh gekürzt. Die Kraftwerk Wannenfluh AG hat für die Dauer von 5 Jahren den Rücklieferarif mit 16 Rp./kWh zugesichert erhalten. Das Kleinwasserkraftwerk Wannenfluh darf als gute und sichere Investition bezeichnet werden.

3. Anlagenbeschreibung

Nutzungspotential

Das Kleinwasserkraftwerk Wannenfluh ist in der Lage, 12 m³/s Wasser und ein Gefälle von 3,5 m von zwei zusammengefassten Schwellen in der Emme bei Wannenfluh zu nutzen. Die verfügbare Wassermenge erlaubt während 150 Tagen im Jahr einen Vollastbetrieb. Übersteigt das Wasserangebot die Schluckfähigkeit des Kraftwerkes so läuft das Wasser über die Wehrkrone ab. Ist die verfügbare Wassermenge der Emme geringer, so wird die Turbinenschluckfähigkeit zurückgeregelt. Die Energieproduktion beträgt 1,8 Mio. kWh in einem Jahr mittlerer Wasserführung.

Wehranlagen

Die örtlichen Verhältnisse, Bahn und Strasse am rechten Ufer der Emme, bedingen die Erstellung der Kraftwerksanlagen am linken Ufer, ausgangs der Flussbiegung bei km 28.250. Das Stauziel der Wehranlagen beträgt 603.20 müM. Bei grösserer Wasserführung steigt der Wasserspiegel im Stauraum bei gleichzeitiger Absenkung der Wehrkrone an. Die Schwellenkronen wurden zur Aufnahme von zwei Schlauchwehren mit einer Abflussaufteilung von ca. 1/3 zu 2/3 ausgebildet. Die beiden Schlauchwehre sind mittels Sauberwasser individuell ansteuerbar und lassen sich bei grossen Hochwasserereignissen in kurzer Zeit flach auf die Schwellenkronen ablegen. Die beiden Schlauchwehröffnungen wurden derart bemessen, dass bei einsetzendem Geschiebetrieb der ungehinderte Durchlass von Geschiebe gewährleistet ist. Die Wehranlage ist in der Lage das Bemessungshochwasser von 540 m³/s sicher abzuleiten. Bei derart grossen Wassermengen, die statistisch einmal in hundert Jahren vorkommen, wird sich der Wasserspiegel um 2,3 m über den Normalstau auf maximal 605.50 müM anheben. Die Ufermauern des Kraftwerkes und die Hochwasserdämme der Emme genügen den Anforderungen sehr grosser Hochwasserereignisse.

Unmittelbar vor dem Wassereintritt in das Kraftwerk besteht eine Kiesspülrinne an deren unterem Ende sich ein Grundablass-Schieber befindet, um Geschiebe ungehindert ins Unterwasser abzuleiten. Eine Klappe erlaubt es, schwimmendes Rechengut übers Wehr abzulassen.

Wasserfassung

Die Emme ist ein ausgeprägter Wildbach mit rasch anspringenden Hochwassern und grosser Geschiebeführung mit viel Schwemmgut. Die Wasserfassung zum Kraftwerk wurde als Seiteneinlass mit einer Hochschwelle ausgebildet, die das direkte Eindringen von Geschiebe in den Sandabscheider verhindert. Die entlang der Uferlinie liegende Wasserfassung belässt den Fluss in voller Breite. Die Einlassöffnung ist mit einem Lochblech- Längsrechen versehen. Eine automatische Rechenreinigungsmaschine mit aufgebautem Greiferkran dient der Sauberhaltung des Rechens durch horizontales Abschieben des Geschwemmsels in Richtung Spülklappe. Nicht verrottbares Geschwemmsel wird dem Fluss entnommen und der Kehrichtentsorgung zugeführt. Treibholz wird zu Brennholz aufgearbeitet. Das organische Kleingeschwemmsel bleibt der Flussfauna als Futterbasis erhalten, indem dieses durch periodisches Öffnen der Spülklappe abgeschwemmt wird.

Sandabscheider

Mit dem Geschiebe führt die Emme auch grössere Sandmengen. Das Konzept sah vor, Sand und Kiesel zum Schutz der Turbine zu minimieren. Eine gedeckte Kammer hinter dem Rechen dient als Sandabscheider bevor das Triebwasser zur Nutzung durch die Turbine abfließt. Bei geringer Strömungsgeschwindigkeit fallen Kiesel und grössere Sandkörner auf die Sohle ab. Auf der steil abfallenden Sohle bewegen sich ausgefällte Kiesel und Sand zu den Spülöffnungen links und rechts unter der Turbine. Bei einsetzender Wassertrübung in der Emme werden die beiden Spülschieber geöffnet. Sand wird dauernd ins Unterwasser abgespült.

Kraftwerk

Eine horizontalachsige Kaplan- Rohrturbine mit 4 Laufschaufeln und 16 Leitschaufeln, ist in der Lage Nutzwassermengen von 1,4 bis 12 m³/s bei Gefällen von 3,8 m bis 2,8 m zu verarbeiten. Die

treibt über einen Flachriemen einen 450 kVA Synchrongenerator an. Die Spannung des Generators wird mittels eines Transformators von 400 V auf 16'000 V hochtransformiert und über ein Kabel in das öffentliche Netz der BKW eingespeist. Die Generator- und Transformatorabwärme dient im Winter der Raumheizung des Kraftwerkes. Die Steuerung der Turbinen/Generatorgruppe und aller Hilfsbetriebe erfolgt automatisch mittels eines Profibus Steuersystems mit einem Prozessrechner und einer interaktiven Fernüberwachung über Modem und Telefon an das Betriebspersonal und an die Betriebsleitung. Der Prozessrechner registriert Störungen und Daten im 10 s Takt und speichert diese für die Dauer von zwei Jahren. An einem Drucker lassen sich die Betriebsdaten graphisch darstellen.

Fisch- Umgehungsgewässer

Die Kraftwerkstufe von max. 3,8 m Höhe ist für Fische und Kleinlebewesen nicht durchgängig. Ein Umgehungsgewässer dient dazu das Hindernis zu beseitigen. Die intensive Strömung am Turbinenauslauf zeigt den Fischen die Richtung an, die alsdann an dieser Stelle die Lockströmung verspüren und den Einstieg in das Rauhgerinne finden. Die Fische und Kleinlebewesen steigen in Stufen von 10 bis 20 cm vom Unterwasser bis zum Oberwasser hoch. Am oberen Austritt wird die Strömung verlangsamt damit der aufsteigende Fisch den Ausgang zum Fluss ohne Stufe überwinden kann. Bei Hochwasser ab einem Überstau von 20 cm wird der obere Ausgang mit einem Schieber abgesperrt, um Erosion im Rauhgerinne zu vermeiden. Das Fischgerinne ist am oberen Eintritt durch einen Grobrechen vor Verkläusung geschützt. Damit die Fischtreppe nicht trocken fällt, wird Dotierwasser aus der Sandabscheidungskammer zugeleitet. Das Umgehungsgewässer wurde vom lokalen Fischereiaufseher gestaltet.

Umweltaspekte

Das Projekt wurde im Bemühen um die Erhaltung einer möglichst naturnahen Umgebung geplant. Alle wesentlichen Anlagenteile sind unterirdisch angeordnet. Die Ufer der Emme sind den örtlichen Verhältnissen angepasst und standortgerecht bepflanzt worden. Der Auenwald im Oberwasser des Kraftwerkes wird auf natürliche Weise durch periodische Überflutung aufgewertet. Die Hochwasserschutzdämme bleiben funktionstüchtig. Um die Auswirkung des Rückstaus in der Emme zu begrenzen wurde eine Blockrampe ca. 200 m oberhalb des Kraftwerkes eingebaut, die den Fischen geeignete Laichplätze in kräftig durchströmten Kiesbänken ermöglicht.

Eine Fischzählung bestätigt, dass sowohl das Fliessgewässer und der Stauraum im Oberwasser sowie der Kolk im Unterwasser Habitat für viel Lebewesen sind. Anlässlich einer Kontrollabfischung vom 23. September 2000 wurden im Stauraum 303 Fische diverser Arten und Alterklassen eingefangen, markiert und im Unterwasserkolk wieder freigelassen. Im September 2001 soll die Fischzählung wiederholt werden, um festzustellen, ob die Fischtreppe den Aufstieg der im Kolk ausgesetzten Forellen begünstigt.

Realisierung

Die Kraftwerk Wannenfluh AG, Rüderswil, erstellte das Kraftwerk in Zusammenarbeit mit dem Schwellenverband Emme II Sektion, Burgdorf. Baubeginn für die Arbeiten des Schwellenverbandes war der 15. Februar 1998. Die Sanierungsarbeiten an der Schwelle wurden bis Mitte Juni 1998 abgeschlossen. Nach der Umleitung der Emme über das neu erstellte Schwellenbauwerk im Juni 1998 wurde am linken Flussufer das Kraftwerk erstellt. Die Installations- und Montagearbeiten fanden von September bis Dezember 1998 statt. Die Inbetriebnahme erfolgte am 22. Dezember 1998. Die Arbeiten wurden durch das Ausbleiben grosser Hochwasserereignisse begünstigt.

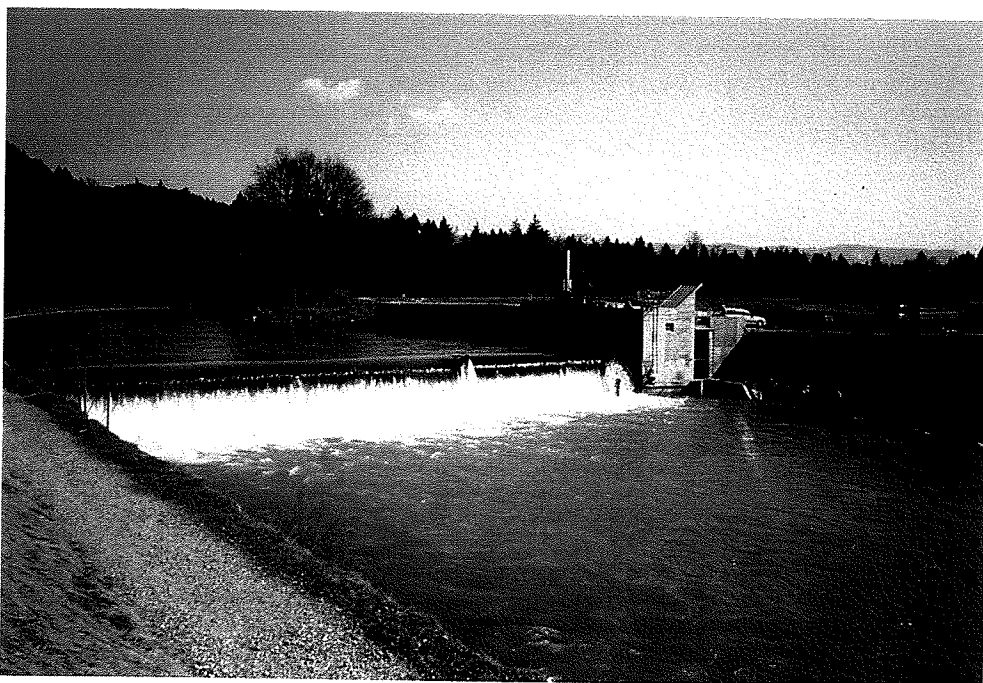
Energiewirtschaft

Das Kraftwerk erzeugt in einem Durchschnittsjahr 1,8 Mio. kWh elektrische Energie ohne Schadstoffe. Das erste Betriebsjahr war durch zwei Betriebsunterbrüche beeinträchtigt, verursacht durch fehlerhaft vulkanisierte Gummimembranen am Schlauchwehr und durch einen Ermüdungsbruch an der Generatorwelle. Beide Ausfälle verursachten 1999 einen Energieausfall von 477'000 kWh.

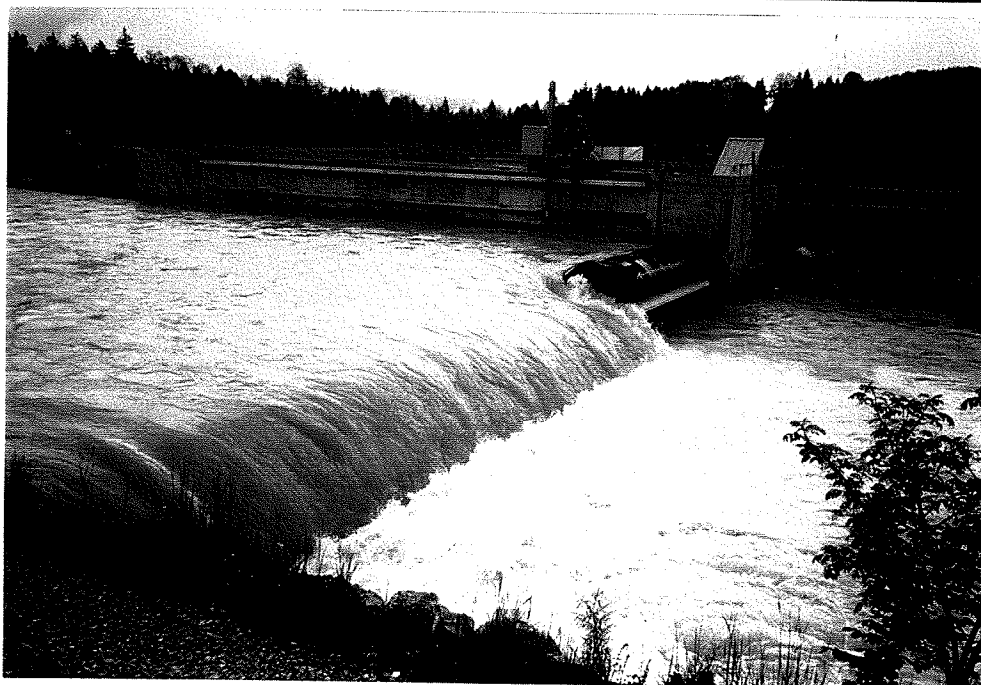
Im ersten Betriebsjahr 1999 lieferte das Kraftwerk 1'327'536 kWh und im Jahr 2000 1'730'160 kWh in das Mittelspannungsnetz der BKW. Im ersten vollen Betriebsjahr fallen 53,8% der Energieerzeugung in den Wintermonaten Januar bis März und Oktober bis Dezember 2000 an. Die restlichen 46,2% wurden in den Sommermonaten April bis September 2000 erzeugt. Die hohe Winterenergieerzeugung wurde durch das nasse und milde Winterklima im 1. Quartal 2000 beeinflusst. Die Energieerzeugung im Sommer 2000 war geprägt durch häufige Gewitter mit Hochwasserspitzen deren Wasserfracht nur teilweise genutzt werden konnte. Nach Hochwasserspitzen sank die Nutzwassermenge jeweils rasch auf 30 bis 50% der Auslegungswassermenge zurück. Das 2. Quartal 2000 zeichnet sich durch eine lang andauernde Schneeschmelze aus. Das 3. und 4. Quartal 2000 waren durch Trockenheit gekennzeichnet.

Die erzeugte Energiemenge entspricht dem mittleren Energieverbrauch von 300 Haushalten. Die Energie wird weitestgehend in der näheren Umgebung von Zollbrück, Rüderswil und Ranflüh verbraucht.

Kraftwerk Wannenfluh
Ansicht vom rechten
Ufer, Schlauchwehr



Das Kraftwerk bei
Hochwasser.
Bei Extremhoch-
wasser beträgt der
Überstau 2,3 m,
d.h. der Wasser-
spiegel erreicht die
obere Fahrschiene



Bilder:
Arnold Engel
HYDRELEC Ingenieure

4. Innovation im Wasserkraftwerksbau, Betriebserfahrungen

Geschiebefracht in Wildbächen

Die Emme führt bei Hochwasser erhebliche Geschiebemengen. Beim Kraftwerk Wannenfluh werden diese an der Kurveninnenseite im Stauraum, also bei der Wasserfassung des Kraftwerkes abgelagert. Die Projektverfasser haben dies frühzeitig erkannt und eine reichlich dimensionierte Kiesgasse mit einem Grundablass vor der Wasserfassung eingebaut. Die Hochschwelle der Wasserfassung verhindert weitestgehend den Zustrom von Geschiebe zum Kraftwerk. Die dem Rechen nachgeschaltete Sand- und Kieselabscheidekammer mit zwei Spüleleitungen unter der Turbine, vermeidet wirkungsvoll die Beaufschlagung der Turbine mit Geschiebe, Kiesel und Grobsand. Mit eintretender Wassertrübung werden Kiesel und Sand permanent abgespült.

Die Grundablassöffnung wird bei abklingendem Hochwasser geöffnet, um Geschiebe ins Unterwasser abzuspülen. Die Spülung ist bis 50 m ins Unterwasser deutlich wirksam. Sie erweist sich als sehr gute Massnahme zum Freihalten des Turbinenauslaufes und zum Vermeiden von Geschiebedeponien im Kolkbereich der Wehranlage.

Schwemmgut

Beim Laubfall im Herbst und bei jeder Hochwasserspitze führt die Emme grosse Mengen von Schwemmgut. Abgerutschte Waldpartien aus dem Oberlauf der Emme kommen beim Kraftwerk in konzentrierter Form an und müssen ins Unterwasser weitergeleitet werden. Fichten bis zu 30 m Länge, zum Teil mit voller Krone, sind keine Seltenheit. Unzählige Wurzelstöcke und Bruchholz überströmen die Wehranlagen und üben gewaltige, stossartige Kräfte auf die Anlagen aus.

Die Erfahrung zeigt, dass die höchste Konzentration an Schwemmgut beim Anschluss einer grossen Hochwasserspitze auftritt. Es ist zweckmässig diesen Anschluss über das Wehr abzulassen und den Grundablass erst bei abklingender Hochwasserspitze zu öffnen. Damit wird vermieden, dass grobes Schwemmgut sich in der Grundablassöffnung (2,5 m Breite x 1,8 m Höhe) verkleust. Die Befreiung der Grundablassöffnung von Schwemmgut ist selbst mit dem vorhandenen Kran mit Baumzange ein schwieriges und gefährliches Unterfangen.

Laubfall im Herbst bietet dank dem Lochblechrechen wenig Probleme. Das Laub baut sich auf den Lochblechen auf und wird von der Rechenreinigungsmaschine fast vollständig in horizontaler Richtung abgeschoben. Das Schwemmgut wird dem Wasser nicht entnommen sondern ins Unterwasser abgespült. Feines Geschwemmsel ist die Nahrungsgrundlage für Wasserlebewesen und soll gemäss Auffassung von Gewässerbiologen im Wasser verbleiben.

Das gefürchtete Aufbauen eines Laubpanzers an den Eintrittskanten der Turbinenleit- und Laufschaufeln tritt beim Lochblechrechen nicht auf. Die Spülfunktion der Turbine wird nicht benötigt. Dies erlaubt den ununterbrochenen Betrieb der Turbine und erspart bis zu 15% Spülverluste bei der Energieproduktion. Wenn bei höheren Abflussmengen grössere Laubkonzentrationen anfallen, ist die Reinigungskraft der Rechenreinigungsmaschine gefordert (manchmal überfordert). Ein geringfügiges Drosseln der Turbinenleistung vermindert den Geschwemmselaufbau am Rechen pro Zeiteinheit und erlaubt der Rechenreinigungsmaschine mit gleichbleibender Zykluszeit eine bessere Reinigung.

Schlauchwehranlage

Schlauchwehranlagen sind seit 50 Jahren bekannt, wurden aber in der Schweiz nur wenig eingesetzt. Bei Kleinwasserkraftanlagen ist das kostengünstige Schlauchwehr ein Mittel zur Kosteneinsparung und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Die reissfesten Gummimembranen sind unempfindlich gegen sperriges Schwemmgut. Geschiebe kann dem Schlauchwehr keinen Schaden zufügen.

Beim Kraftwerk Wannenfluh werden zwei wasserregulierte Schlauchwehre eingesetzt. Die Wasserregulierung zeichnet sich durch ein feines Regulierverhalten des Schlauches aus, mit der

und sind als Streichwehr nicht geeignet). Eine selbsttätige niveauabhängige Schlauch- Schnellentleerung erlaubt das Ableiten eines Hochwasseranschlusses innert weniger Minuten. Sobald das Auslöseniveau der Schnellentleerung unterschritten wird, wird die normale Schlauchregulierung über Standrohre und durch Einschalten der Speisepumpen automatisch weitergeführt. Alle Hochwasser-schutzfunktionen werden mit rein hydrostatischen Mitteln und ohne elektrische Steuerelemente gewährleistet. Schlauchwehre bieten daher eine grosse passive Betriebssicherheit, ohne dass die (n-1) Bedingung von mechanischen Wehranlagen notwendig wird.

Betriebserfahrungen

Das gewählte Konzept des Wasserkraftwerkes hat sich insgesamt gut bewährt. Die vom Hersteller garantierte Leistung der Turbine wird mit reichlicher Sicherheit erbracht. Das ökologisch abbaubare Hydrauliköl zersetzte die Dichtungen am Hauptzylinder des Laufrades.

Der Synchrongenerator, ursprünglich dreifach gelagert, erlitt einen Wellenbruch durch Materialermüdung. Durch Ersatzlieferung einer neu konstruierten zweifach gelagerten Welle wurde der Schaden in sehr kurzer Zeit behoben.

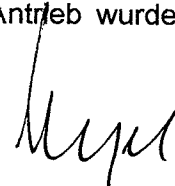
Die beiden Schlauchwehre funktionieren einwandfrei und zeigen ein gutes Verhalten als Streichwehr. Durch eine fehlerhaft vulkanisierte Gummimembrane öffneten sich im Betrieb Verbindungsstösse. Die grosse Membrane wird vom Herstellerwerk ersetzt.

Das Steuerungskonzept umfasst eine unabhängige Handsteuerung aller Funktionen und eine übergelagerte Automatik mit interaktiver Fernüberwachung via Modem und Telefon. Die Handsteuerung und die Steuerungsautomatik mittels Profibus und Prozessrechner erwiesen sich als sinnvoll. Bei Störungen an der Steuerautomatik wird die Handsteuerung ohne Betriebsunterbruch aktiv. Die für die Sicherheit wichtigen Abschaltkriterien bleiben bestehen. Das Betriebspersonal regelt die Turbine von Hand bis zur Behebung der Störung und ersparte dem Kraftwerk Betriebsausfälle.

Die als Prototyp erstmals gebaute Rechenreinigungsmaschine wies eine zu geringe Leistungsfähigkeit im Reinigungsbetrieb auf. Durch kleinere Umbauten am Antrieb wurde die Rechenreinigungsmaschine betriebstüchtig gemacht.

Mandach, 26.4.2001

Der Berichterstatter



Niveauabhängige Schlauch-Schnellentleerung mit selbsttätiger Rückstellung

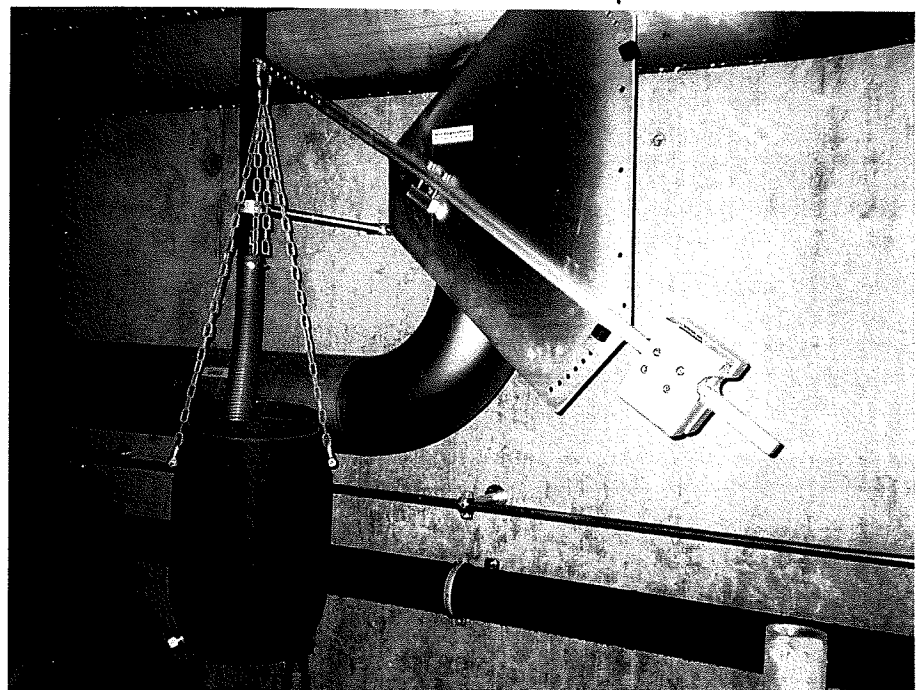
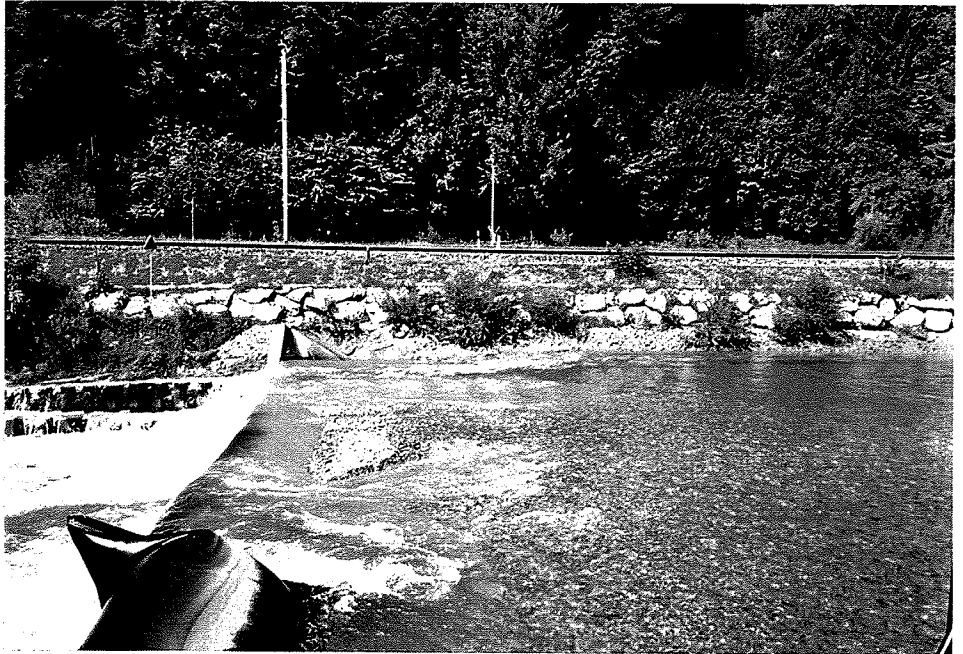


Bild:
Arnold Engel
HYDRELEC Ingenieure

Kraftwerk Wannenfluh
Ansicht vom linken Ufer



Geschiebespülung
am grossen
Schlauchwehr



Lochblechrechen auf
der Hochschwelle bei
abgesenktem Wasser-
spiegel in der Kies-
gasse.
Links Grobrechen des
oberen Fischausstiegs,
Im Hintergrund
Spülklappe und Grund-
Ablass



Bilder:
Arnold Engel
HYDRELEC Ingenieure

Unternehmerliste Kraftwerk Wannenfluh

Ingenieure:

Konzept, Koordination, Oberbauleitung
 Fachingenieur Elektromechanik:
 Kraftwerksbau:
 Wasserbau, Schwelle:

Arnold Engel, Hydrelec Ingenieure, Mandach
 Hydrelec AG für Energietechnik, Burgdorf
 Wüthrich Planungs AG, Langnau
 Eugen Kramer Ing. Büro, Sumiswald

Bauarbeiten:

Baumeister, Umgebung:

ARGE Wannenfluh
 Fuhrer & Dubach AG, Lützelflüh
 Hans Schmid AG, Rüderswil
 Franz Murer AG, Beckenried
 Mibatech AG, Lützelflüh

Spundwände:

Abdichtungen:

Elektromechanik:

Turbine, Spülleitung:

Gesamtsteuerung:

Generator:

Mittelspannungsanlage:

Niederspannungsanlage:

Elektroinstallationen,

Licht- und Kraft:

Kabelrohre:

Telefoninstallation:

Grundablass, Spülklappe,

Dambalken, Schieber:

Rechenreinigungsmaschine

Rechen, Kran, Armaturen

Schlauchwehrmembrane:

Schlauchwehrmontage:

Metallbau aussen:

Metallbau innen:

Bedachung:

Schlosserarbeiten:

Hebezeuge:

Sanitäre Anlagen:

Regulierleitungen:

Lüftung:

Pumpen Schlauchwehr:

Pumpen Drainage:

Holzbau Grundablass:

Schmierstoffe:

Armaturen:

Schliessgewicht:

Krandienstleistungen:

Baustrom:

Mavel AS, Benesov, Tschechien
 Münstermühle Langenau, Deutschland
 Otto Bartholdi AG, Koblenz
 BKW Energie AG, Langnau
 Hans Kobel, Elektroapparatebau, Affoltern

BKW ISP AG, Lützelflüh
 Zemp Leitungsbau GmbH, Wiggen
 Swisscom

K. Lutz & Co, Stahlwasserbau, Schwerzenbach

Fäh Maschinenbau AG, Glarus
 Gummi Schwarz AG, Dällikon, Contitech Deutschland
 Konrad Friedli AG, Langnau
 Burkhalter Biembach AG, Biembach
 Aeschlimann AG, Metallbau, Grünenmatt
 Stettler Bedachungen, Eggwil
 Anton Siegenthaler, Schmiede, Schwanden
 L. Meili & Co. AG, Zürich
 Hans Ryser AG, Sanitär, Rüderswil
 Brand Anlagenbau AG, Lützelflüh
 Hans Herrmann, Anlagenbau, Zollbrück
 Gloor Pumpenbau AG Rubigen
 Häny & Cie. AG, Pumpenbau, Meilen
 Jürg Sommer Zimmerei, Zollbrück
 Blaser Swisclub AG, Hasle Rüegsau
 InterApp AG, Rotkreuz
 Swiss Steel AG, Gerlafingen, Aebi & Co. Burgdorf
 Lehmann Bau+Kran AG, Langnau, Kehrl+Oeler, Bern
 BKW Energie AG, Langnau

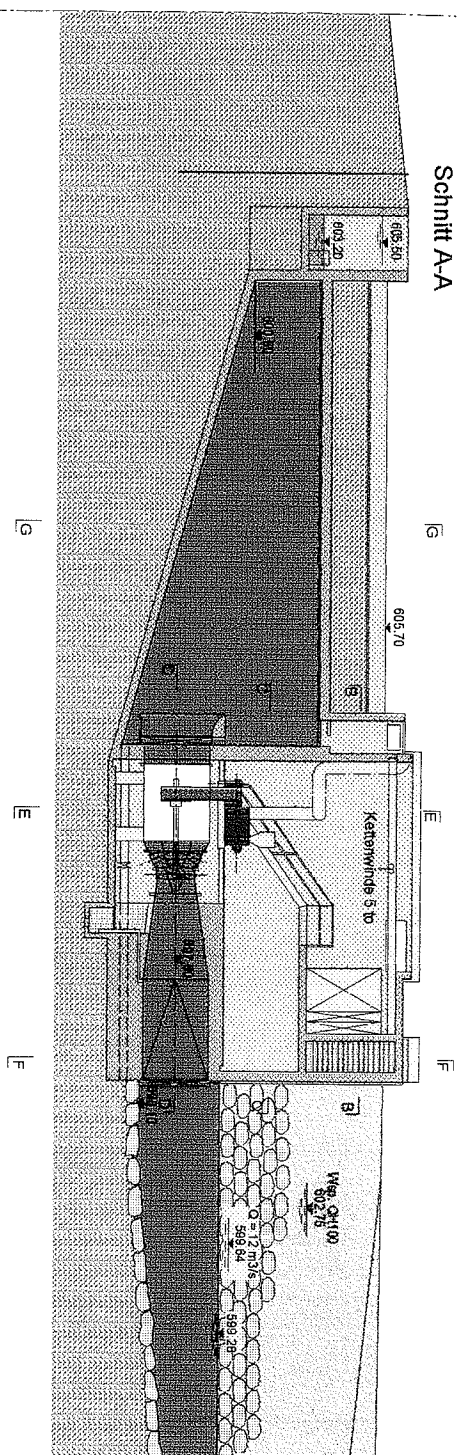
Versicherungen:

Bauversicherungen:

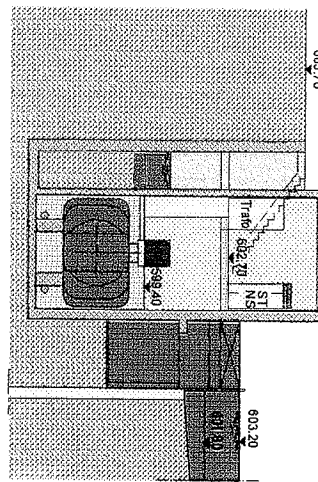
Betriebsversicherungen:

Schweizerische Mobiliar
 National Versicherungen

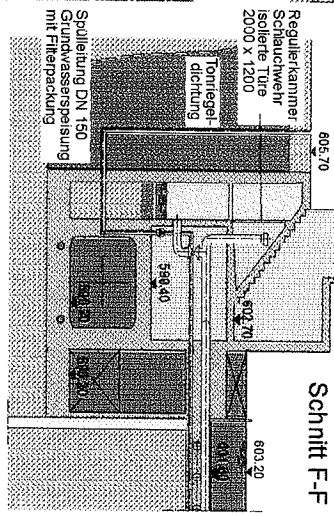
Schnitt A-A



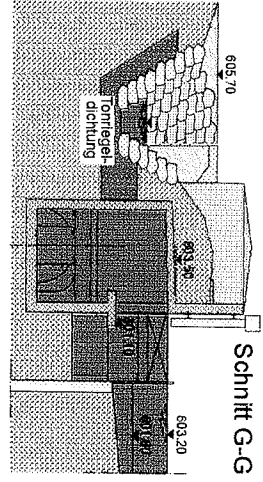
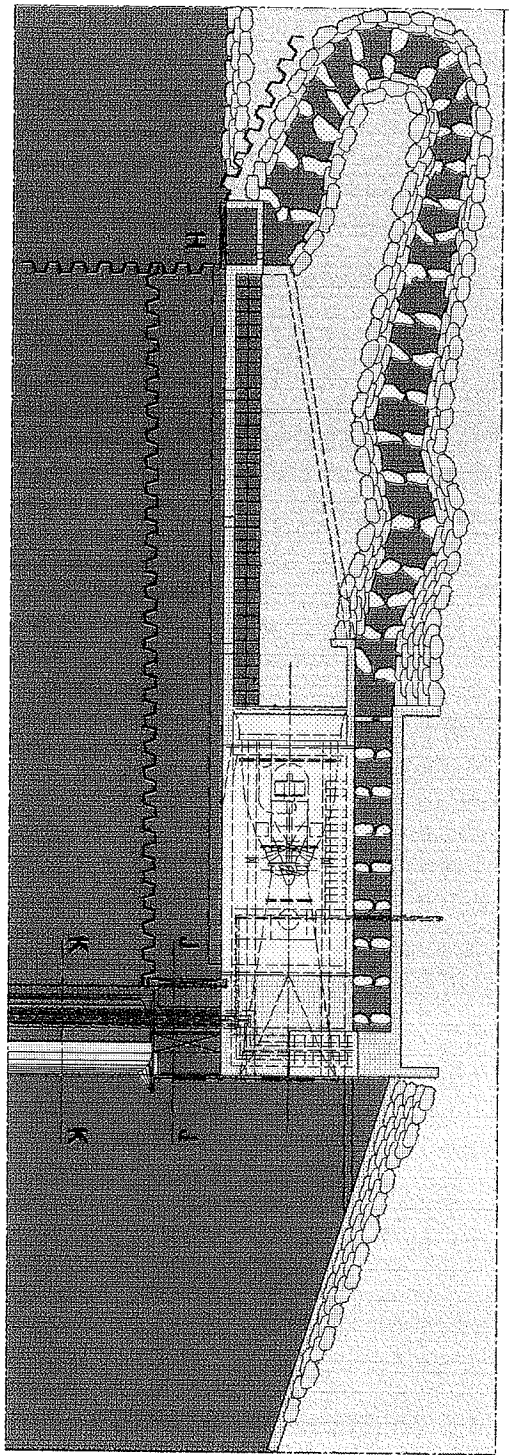
Schnitt E-E



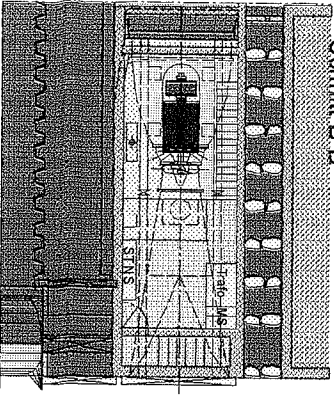
Schnitt F-F



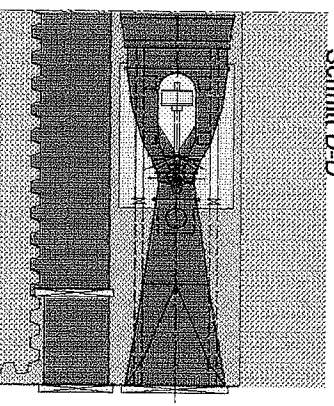
Schnitt G-G



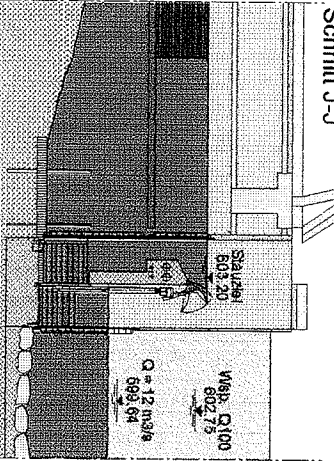
Schnitt B-B



Schnitt D-D



Schnitt J-J



Wasserkraftwerk Wannenfuh
Übersichtsplan M 1:200

Oberwasserspiegel:	603.20	mUM
Max. Oberwasserspiegel:	605.50	mUM
Min. Unterwasserspiegel:	599.28	mUM
Unterwasserspiegel nom.:	599.94	mUM
Max. Unterwasserspiegel:	602.75	mUM
Bruttolänge nom.:	3.56	m
Ausbauwassermenge:	12	m³/s
Installierte Leistung:	370	kW

HYDRELEC Ingenieure
HYDRELEC AG für Energietechnik

Die Ingenieurbüro HYDRELEC AG
R1 28181887 R2 10031988
R3 08121887 R4 10031988