

Bericht Juni 2003

Vorstudie Kleinstwasserkraftwerk Lochmühle, Welschenrohr

Revitalisierung der historischen Mühle



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	2
2	Grundlagen	3
2.1	Aus der Geschichte	3
2.2	Lage der Lochmühle	3
2.3	Bestehende Anlage	4
2.4	Wasserdargebot, Hydrologie	5
2.5	Rechtliche Situation	6
3	Untersuchte Sanierungs-Variante	7
3.1	Ausbauwassermenge, Gefälle	7
3.2	Mittlere jährliche Energieproduktionserwartung	7
3.3	Anpassung der Anlageteile	8
4	Umweltaspekte	9
4.1	Kontinuität des Fliessgewässers	9
4.2	Schutzanliegen	9
5	Aufwand/Ertrag und Wirtschaftlichkeit	10
5.1	Zugrundegelegte wirtschaftliche Parameter	10
5.2	Kostenschätzung, Gewinn-/Verlustrechnung	10
6	Empfehlungen für das weitere Vorgehen	11

Diese Arbeit ist mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

1 Zusammenfassung

Einst und Heute

Am östlichen Dorfeingang von Welschenrohr, wo die Dünnern über den ersten Wasserfall stürzt, steht seit fast 300 Jahren die Lochmühle. Lange Zeit trieb das Mühlerad drei Mahlgänge an. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde der Mahlbetrieb eingestellt. Das Wasserrad zerfiel und der Kanal verlandete. In den neunziger Jahren wurden Mühlerad und Kanal saniert und stehen heute zur Besichtigung bereit. Das Mühlerad dreht sich wieder, jedoch bleibt die meiste Kraft des Wassers ungenutzt. Mit dieser Vorstudie, wird untersucht, wie weit sich die bestehende Anlage für die ökologische Stromproduktion eignet.

Anlage

Oberhalb eines sieben Meter hohen natürlichen Absturzes zweigt der gut 65 Meter lange Oberwasserkanal seitlich ab. Mit einem handbedienten Schützen kann der Wasserzufluss reguliert werden. Die letzten Meter bis zum oberflächigen Mühlerad legt das Wasser in einem Holzkanal zurück. Das stolze Mühlerad mit einem Durchmesser von 5.6 Meter und einer Breite von 0.9 Meter vermag maximal 200 Liter Wasser pro Sekunde umzusetzen. Nach dem Mühlerad durchläuft das Wasser einen unterirdischen Stollen, bis es wieder mit dem Wasser der Dünnern zusammen trifft. Im inneren der Mühle befindet sich das imposante Räderwerk zum Antrieb der drei Mahlgänge.



Abb. 1
Räderwerk in der Mühle

Nutzungsmöglichkeit

Damit die Mühle erneuerbaren Strom produzieren kann, soll die Anlage ergänzt werden. Dem Anbau von Getriebe und Generator am aussenliegenden Wellenende vom Mühlenrad steht die Denkmalpflege positiv gegenüber. Das Räderwerk im inneren der Mühle soll dabei in seiner Art erhalten bleiben.

Kostenzusammenstellung für Aufrüstung zur Stromproduktion

Investitionsaufwand total	44'000.-	Fr.
Beiträge aus öffentlicher Hand	-6'000.-	Fr.
Nettoaufwand	38'000.-	Fr.
Stromproduktion	27'000.-	kWh/a
Gestehungskosten	18.50	Rp/kWh

Empfehlung

Die Aufrüstung der Mühle für die Stromproduktion würde helfen, die Wassernutzung der historisch wertvollen Mühle zu erhalten, und umweltfreundlichen Wasserstrom zu produzieren.

2 Grundlagen

2.1 Aus der Geschichte

Wie lange diese Mühle besteht und betrieben wird, ist nicht bekannt, möglicherweise bereits seit dem 16. Jahrhundert. Die erste Erwähnung stammt aus dem Jahre 1709, als Hans Fluri, die untere Mühle die «Lochmühle» zu Lehen erhielt. Der Besitzer wechselte dann in den folgenden Jahren mehrmals. 1848 brannte die Mühle ab, wurde aber am selben Standort wieder aufgebaut und bis zum 2. Weltkrieg, also fast 100 Jahre lang betrieben. Leo Weber, der letzte Müller, verkaufte die Mühle. Wegen der mangelnden Nachfrage wurde der Mahlbetrieb stillgelegt und nur noch der Landwirtschaftsbetrieb weitergeführt.

Im März 1951 kam die Liegenschaft in den Besitz von Hans Weissmüller-Wampfler, der bis 1979 den Landwirtschaftsbetrieb weiterführte. Ulrich Weissmüller, Besitzer seit 1988 begann mit einer umfassenden Renovation des Gebäudes. Das Dach, die Fassade, der Kanal und die Mühle wurden mit Unterstützung der kantonalen Denkmalpflege und der Einwohnergemeinde Welschenrohr renoviert. Der Mühleraum mit seinem imposanten Räderwerk kann heute für Anlässe gemietet werden.

2.2 Lage der Lochmühle



Abb 2.2-1

Abb. 2.2-1
Welschenrohr Kt.SO in der Region nördlich
von Solothurn

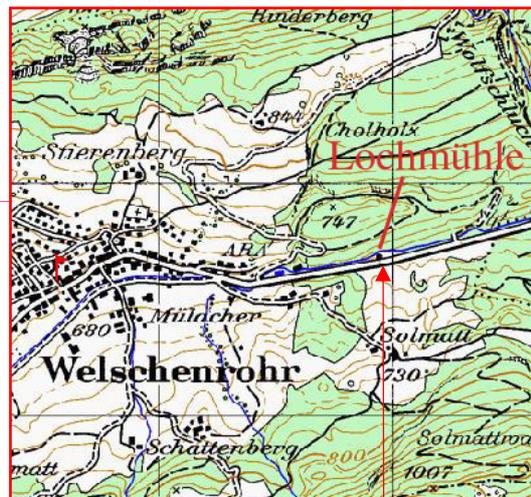


Abb 2.2-2

Abb. 2.2-2
Lage der Lochmühle in Welschenrohr
Kartenausschnitt 1:25'000
(0.75-fach verkleinert).

Abb. 2.2-3
Ansicht Oberwasserkanal und Lochmühle von
Welschenrohr, Fahrtrichtung Balsthal.



Abb. 2.2-3

2.3 Bestehende Anlage

Der Oberwasserkanal

Der rund 65 m lange Oberwasserkanal zweigt bei der Staustufe oberhalb eines natürlichen, 7 Meter hohen Absturzes von der Dünnern seitlich ab. Im Jahre 2002 wurde der Kanal, aufgrund aufgetretener Leckverluste, umfassend saniert.

Der Wasserzufluss in den Kanal kann mit einem handbedienten Schützen reguliert werden. Nach dem Schützen führen zwei Rohre mit einer Länge von 10 m und einem Durchmesser von 25 cm in den betonierten, oberen Kanalabschnitt. In diesen Kanalabschnitt wurde ein Schieber in eine bestehende Leitung eingebaut, über den der gesamte Kanal entleert werden kann.

Eine Dichtungsmatte im mittleren Kanalabschnitt verhindert zukünftig Leckverluste.

Die letzten Meter bis zum Mühlerad legt das Wasser in einem Holzkanal zurück.

Eine Klappe im Boden vom Holzkanal ermöglicht die Regulierung der Wassermenge.

Der gesamte Kanal wurde für einen max. Volumenstrom von 200 Liter pro Sekunde ausgelegt. Die Ufer im Unterwasserbereich wurden mit Baumstämmen befestigt und die Böschung mit einer Steigung von 45° angelegt.



Das Wasserrad

Das Wasserrad wurde 1991 nachgebaut und befindet sich in einem guten, funktionstauglichen Zustand. Zusammen mit dem Wasserrad wurde auch das Räderwerk im innern der Mühle restauriert. Über ein Schieberzahnrad können die Antriebe für die drei Mahlgänge zugeschaltet werden.



Abb. 2.3-1
Staustufe mit Absturz



Abb. 2.3-2
Oberwasserkanal teilweise betoniert

Abb. 2.3-3
Holzkanal mit Abflussklappe

Technische Daten:

Baujahr:	1988
Aussendurchmesser:	5.6 m
Breite:	0.9 m
Anzahl Taschen:	54 Stk.
Volumen pro Tasche:	50 l
Nenndurchfluss:	0.12 m ³ /s
Nennleistung:	4.5 kWel.
Nennzahl:	7 U/min
Lagerung:	Gleitlager mit Fettschmierung.
Material Laufrad:	Holz
Typ:	Oberschlächtiges Wasserrad
Hersteller:	Zimmerei Roth Mümliswil
Reguliereinrichtungen:	Eine handbetätigte Regulierklappe im Holzkanal oberhalb vom Wasserrad ermöglicht die Leistungsregulierung.



Der Unterwasserkanal

Nach dem Mühlerad fließt das Wasser durch einen unterirdischen Stollen in die Dünnern zurück. Der Stollen ist ungefähr 20 m lang und besteht aus einer betonierten Sohle und Seitenwänden, welche von einem Betongewölbe überdeckt sind.

2.4 Wasserdargebot, Hydrologie

Abflussmengen

Die hydrologischen Daten für das Einzugsgebiet der Lochmühle sind nicht erfasst. Die nachfolgend aufgeführten hydrologischen Werte wurden aufgrund von Überschlagsrechnungen und Schätzungen erstellt.

Rechtecküberfall Staustufe <Lochmühle> Welschenrohr:

Überfallhöhe	Überfallmenge	Anzahl Tage pro Jahr	Jahresmenge	Nutzbare Überfallmenge	Energiepotential Wasserrad
cm	l/s	Tage	m ³ /a	50 bis 200 l/s	m ³ /a
1	10	3	2592	0	0
2	30	30	77760	0	0
3	50	45	194400	0	0
4	70	50	302400	20	86400
5	100	55	475200	50	237600
6	130	50	561600	80	345600
7	160	38	525312	110	361152
8	200	25	432000	150	324000
9	240	20	414720	190	328320
10	280	13	314496	200	224640
11	320	12	331776	200	207360
12	360	10	311040	200	172800
13	410	8	283392	200	138240
14	460	6	238464	200	103680
Total		365	4465152		2529792

Abb. 2.4-1
Abflussdaten

Abflussmengen [m³/s]

Abflussdauerlinie

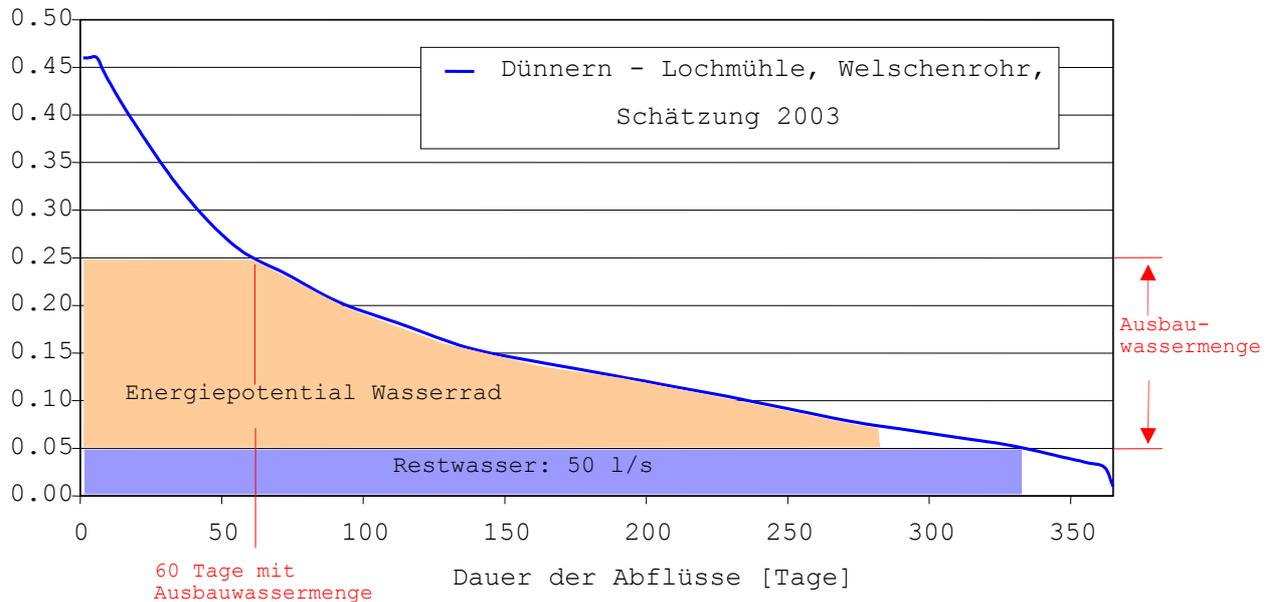


Abb. 2.4-2 Abflussdauerlinie der Dünnern bei der Lochmühle in Welschenrohr.

Restwassermenge

Die vom Kanton Solothurn vorgeschlagene minimale Restwassermenge beträgt 50 l/s (Q_{347} ungefähr 40 l/s).

2.5 Rechtliche Situation

Grundbesitz

Das Grundstück Nr.334 mit der Lochmühle Geb.Nr.69 in Welschenrohr ist Eigentum von Herrn Ulrich Weissmüller, Welschenrohr.

Wasserrecht

Das ehehafte Wasserrecht Nr.78 wurde 1962 gelöscht.

Ein Antrag für eine Neukonzession zur Nutzung der Lochmühle als Kraftwerk hat gemäss Angaben der kantonalen Behörden gute Aussichten auf Erfolg. Verhandlungen diesbezüglich werden geführt. Neue Wasserrechte werden zeitlich begrenzt (50 Jahre) und sind mit diversen Auflagen verbunden.

Trägerschaft

Eine Trägerschaft für den Kraftwerkanbau ist noch nicht vorhanden. Möglicherweise würde die *stiftung revita* zusammen mit weiteren Interessenten die Trägerschaft übernehmen. Gespräche diesbezüglich werden geführt.

3 Untersuchte Sanierungs-Variante

3.1 Ausbauwassermenge, Gefälle

Ausbauwassermenge

Im Netzparallelbetrieb soll versucht werden möglichst viel Energie zu produzieren. Eine Einstellung des Betriebes während Perioden mit extremen Niedrigwasser wird bewusst in Kauf genommen. Sinnvolle nutzbare Ausbauwassermengen liegen gemäss Abb. 2.4-2 bei ca. 60-90 Tagen Überschreitungsdauer pro Jahr.

Dies bedeutet gemäss der Abflussdauerlinie (Abb. 2.4-2) eine Ausbauwassermenge von ungefähr 200 l/s.

Diese Ausbauwassermenge wird gleichzeitig durch die baulichen Gegebenheiten beim Kanaleinlauf im Oberwasserkanal begrenzt.

Ausbauwassermenge: 200 l/s

Die Konzession soll für diese Wassermenge beantragt werden.

Gefälle

Das nutzbare Gefälle entspricht in diesem Fall dem Wasserraddurchmesser und einer dynamischen Komponente im Zufluss.

Nutzbares Gefälle (Wasserraddurchmesser) **H = 5.6 m**

Die dynamische Komponente im Zufluss hat nur einen geringen Einfluss auf das nutzbare Gefälle. Auf die Berechnung kann verzichtet werden.

3.2 Mittlere jährliche Energieproduktionserwartung

Aus den Rahmenbedingungen in Bezug auf das geschätzte Wasserdargebot, die Ausbauwassermenge, die nutzbare Wassermenge gemäss Tabelle 2.4-1 und dem nutzbaren Gefälle kann die mittlere jährliche Energieproduktionserwartung berechnet werden.

Wasserrad mit neuer Konzession

Nutzbares Gefälle		5.6 m
Nutzbare Wassermenge		2'529'792 m ³ /a
Ausbauwassermenge	Q_{\max}	200 l/s
minimale Wassermenge	$Q_{\min} \quad 1/8 \quad Q_{\max}$	25 l/s
Ausfallzeit		3 %
Gesamtwirkungsgrad	η	0.7
Maximale elektrische Leistung	P_{el}	8 kW
Mittlere jährliche Energieproduktionserwartung		27'000 kWh/a

3.3 Anpassung der Anlageteile

Die vorhandenen Anlagen wurden bereits im Abschnitt 2.3 beschrieben. Für die Stromproduktion soll die bestehende Anlage mit den nachfolgend beschriebenen Einrichtungen ergänzt werden.

Das Getriebe mit dem Generator könnte am aussenliegenden Wellenende am Wasserrad angebaut werden. Ein kleines Gebäude soll die Anlage schützen.

Übersetzung

Die Drehzahl vom Wasserrad (7 U/min.) muss auf die Generatordrehzahl (1050 U/min.) übersetzt werden.

Gesamtübersetzung

$$i = 7 : 1050 = (1 : 150)$$

Für diese Übersetzung sind zwei Stufen vorgesehen

1. STUFE Zahnradgetriebe $i = 7 : 840$ (1:120)
2. STUFE Flachriementrieb $i = 840 : 1050$ (1:1.25)

Generator

Aus den in Abschnitt 2.4 beschriebenen Abflussmengen ergibt sich eine Generatorgrösse gemäss dem folgenden Vorschlag.

$$\text{Leistung} = \dot{m} \cdot g \cdot H_n \cdot \eta = 200 \text{ l/s} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 5.6 \text{ m} \cdot 0.8 = 8'790 \text{ W}$$

Vorschlag

Asynchron - Generator	Leistung	10	kVA
	Drehzahl	1050	U/min.

Netzeinspeisung

Eine Netzparallel-Schaltanlage NPA soll das sichere Zu- und Wegschalten vom Netz übernehmen.

Schutzeinrichtungen

Maschinengruppe

Die Schutzeinrichtung soll Schäden an Mensch und Maschine verhindern. Vorgesehen ist ein kleines Gebäude um die Maschinengruppe. Der Zutritt soll nur dem Betriebspersonal ermöglicht werden. Eine Glasscheibe soll den Besuchern die Besichtigung der Maschinengruppe ermöglichen.

Störfall

Im Störfall (Stromausfall) soll eine Schutzvorrichtung die Ableitklappe im Oberwasserkanal öffnen und die Anlage stillsetzen.

Die Ableitklappe ist vorhanden, eine Vorrichtung zum öffnen müsste eingebaut werden.

Abb. 3.3-1 rechts
Abflussklappe im Oberwasserkanal



Abb. 3.3-1

4 Umweltaspekte

4.1 Kontinuität des Fließgewässers

Restwasserstrecke

Die Restwasserstrecke bei der Lochmühle ist ~ 70 m lang und reicht von der Staustufe über den Wasserfall bis hin zum Einlauf vom Unterwasserkanal in die Dünnern.

Geschwemmsel

Der Kanaleinlauf ist so ausgelegt, dass bei Hochwasser der grösste Teil vom Geschwemmsel über den ursprünglichen Bachlauf weggespült wird. Das restliche Geschwemmsel verursacht im Oberwasserkanal eine langsame Verlandung. Der Kanal muss periodisch gereinigt werden.

Fischwanderung

Der rund 7 m hohe, natürliche Absturze unterhalb vom Oberwasserkanal bildet seit jeher eine natürliche Barriere für die Fischwanderung. Demzufolge wird mit der Wiederinbetriebnahme der Mühle für die Fische keine wesentlich neue Situation geschaffen.

4.2 Schutzanliegen

Hochwassersicherheit

Für den Hochwasserschutz wurde anlässlich der Kanalsanierung zusätzlich vor dem Einlauf in den Oberwasserkanal ein Damm aufgeschüttet Abb. 4.2-1

Weitere Schutzmassnahmen sind im Moment nicht vorgesehen.



Abb. 4.2-1

Denkmalschutz

Die gesamte Lochmühle steht unter Denkmalschutz. Einem möglichen Kraftwerkanbau steht die Denkmalpflege positiv gegenüber. Die Anlage soll jedoch am aussenliegenden Wellenende vom Wasserrad angebaut werden.

Altlasten

Altlasten im Bereich der Lochmühle sind bis anhin nicht bekannt.

Schall- und Schwingungsemissionen

Bei der Staustufe und entlang des Oberwasserkanales treten keine Schall- und Schwingungsemissionen mit schädlichen oder lästigen Auswirkungen auf.

Beim Bau eines Maschinenhauses mit den notwendigen Einrichtungen ist auf eine schalldämmende Ausführung zu achten.

5 Aufwand/Ertrag und Wirtschaftlichkeit

5.1 Zugrundegelegte wirtschaftliche Parameter

Die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes Lochmühle basiert auf der Annuitätsmethode. Dabei wird für die Amortisierung des Kostenaufwandes der Revitalisierung ein Zinssatz von 4.0% sowie eine technische Nutzungsdauer der Anlagenteile gemäss Vorschlag des VSE verwendet.

5.2 Kostenschätzung, Gewinn-/Verlustrechnung

allgemeiner gültiger Zins: 4%

	Annuitätsfaktor Anlage Anlagenteile in Jahren	Annuität = Jahreskosten [CHF/a]	totale Kosten [CHF]	
ERSTELLUNGSKOSTEN in CHF				
Steuerung	15	0.0899	450	5'000
Abdeckung beim Wasserrad	30	0.0578	405	7'000
Generator	25	0.0640	128	2'000
Mechanische Teile, Getriebekompl, Ablaufklappe	25	0.0640	1'024	16'000
Erd- und Baumeisterarbeiten (Graben für Stromkabel)	30	0.0578	231	4'000
Total Baukosten				34'000
durchschnittlicher Annuitätsfaktor	0.0658			
Konzessionsverfahren, Baugesuch			99	1'500
Projektmanagement und Ingenieurkosten			336	5'100 15%
Risiko und Unvorhergesehenes			224	3'400 10%
Bruttoaufwand für Revitalisierung				44'000
Beiträge aus öffentlicher und privater Hand (Kanton)			395	6'000
Nettoaufwand				38'000
Amortisationszahlungen der immobilien Kraftwerksteile	100	0.0008	0	0
Unterhalt Personal			2'000	
Unterhalt Material			500	
Total Jahreskosten				5'001
Stromproduktion				27'000kWh/a
Stromgestehungskosten				0.185CHF/kWh

6 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Die Mühle steht heute unter Denkmalschutz, und soll erhalten bleiben. Die Aufrüstung der Mühle für die Produktion von Strom, hilft die Mühle zu erhalten und leistet einen kleinen Beitrag an die Produktion von erneuerbarer Energie.

Damit die Anlage aus wirtschaftlicher Sicht rentabel ist, müssen noch weitere unabhängige Gelder gefunden werden.

Weitere Schritte die noch abgeklärt werden müssen sind eingeleitet und sollten der erfolgreichen Umsetzung nicht im Wege stehen.