



KLEINWASSERKRAFTWERK MÜHLE LENGNAU (AG), NR. 861 AN DER SURB AUFLAGE- UND KONZESSIONSPROJEKT

Technischer Bericht

Ausgearbeitet durch

Jean-Marc Chapallaz, JMC Engineering
rue des Jaquettes, 1446 Baulmes, und

Peter Eichenberger, Colenco Power Engineering AG
Täferstrasse 26, 5405 Baden-Dättwil, www.colenco.ch



Impressum

Datum: 30. Oktober 2007

Unterstützt vom Bundesamt für Energie

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Bereichsleiter: bruno.guggisberg@bfe.admin.ch

Projektnummer: 102153

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
1. Grundlagen	5
1.1 Ausgangslage und Auftrag.....	5
1.2 Bestehende Anlagekomponenten Mühle Lengnau.....	5
1.3 Rechtliche Situation	8
1.4 Wasserdargebot und Restwasserabgabe	9
1.5 Heutiger Betrieb und Produktionsdaten	9
2. Konzessionsprojekt.....	10
2.1 Restwassersanierung	10
2.2 Hochwasserschutz.....	12
2.3 Kraftwerksbetrieb und bauliche Anpassungen	14
2.3 Umweltaspekte	14
Fischwanderung, Vernetzung	14
Dotierwassermenge	14
Lärmimmissionen	15
Natur- und Landschaftsschutz	15
Kulturobjekt.....	15
2.4 Technische Daten und Energieproduktion der ausgebauten Anlage	15
2.5 Bauausführung	16
3. Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsberechnung	16
Investitionskosten.....	16
Betriebs- und Unterhaltskosten.....	16
Gestehungskosten	16
4. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	17

Planbeilagen:

76.1062.01.301	Übersichtsplan 1 : 5000
76.1062.01.302	Situation 1 : 500
76.1062.01.303	Hydraulisches Längenprofil 1 : 500 / 50
76.1062.01.304	Grundriss und Schnitte Wehranlage 1 : 50
76.1062.01.305	Grundriss und Schnitte Kraftwerk 1 : 50



Zusammenfassung

Die 80-jährige Konzession der Kleinwasserkraftanlage Nr. 861 der Mühlen Lengnau AG an der Surb läuft im November 2007 aus. Gleichzeitig zeigt die Gefahrenkartierung zur Hochwassersicherheit des Surbtales bei der Wehranlage des Kraftwerks eine ungenügende Abflusskapazität auf. Die kantonalen Behörden fordern ebenso die Erhöhung der Restwassermenge von ca. 50 l/s auf 130 l/s gemäss GSchG.

Mit dem vorliegenden Konzessionsprojekt wird die Wehranlage durch Absenken der Wehrschwelle und dem Einbau einer neuen automatischen Klappe soweit ertüchtigt, dass die Hochwassergefahr im Stauraum des Kraftwerks gebannt werden kann. Gleichzeitig wird die Restwasserstrecke durch Kurzschliessen des Unterwasserkanals in den Wehrkolk praktisch eliminiert. Damit erübrigt sich die Erhöhung der Restwassermenge. Die Verminderung der Fallhöhe an der Turbine (wegen dieser neuen Wasserrückgabe) kann durch einen Höherstau von 10cm am Wehr nahezu kompensiert werden.

Die technischen Daten des Kraftwerks werden mit den beschriebenen Sanierungsarbeiten gegenüber dem heutigen Zustand nicht verändert:

- Ausbauwassermenge 0.725 m³/s
- Bruttofallhöhe 2.36m
- Elektrische Leistung max. 12kW
- Jahresproduktion 47'500kWh
- Gestehungskosten Rp. 32 / kWh

Die Gestehungskosten sind wegen der hohen Investitionen am Wehr aus heutiger Sicht wenig attraktiv. Kann die Anlage jedoch von den neuen kostendeckenden Einspeisetarifen (kEV) profitieren, die ab Oktober 2008 zur Anwendung kommen sollen, so ist durchaus ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Gemäss EnV-Vernehmlassungsentwurf vom Sommer 2007 kann für eine äquivalente Anlage mit Einspeisetarifen von über Rp. 35 / kWh gerechnet werden.

Deshalb ist die Anlage nicht rückzubauen, sondern soweit zu ertüchtigen, dass die Behörden einer Konzessionserneuerung zustimmen können.



1. Grundlagen

1.1 AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG

Das bestehende Wasserrecht Nr. 861 an der Surb in Lengnau (AG) läuft im November 2007 aus. Die Mühlen Lengnau AG erteilten deshalb dem Ingenieurbüro J.-M. Chapallaz, Baulmes im März 2007 den Auftrag, ein Konzessionsgesuch mit allen erforderlichen Unterlagen für eine Konzessionserneuerung unter Wahrung der bestehenden Rechte auszuarbeiten.

Eine Gefahrenkartierung über die Hochwassersicherheit des Surbtales ist zur Zeit in Bearbeitung. Entsprechende Untersuchungen zeigen vorhandene Schutzdefizite an der Surb auf. Zur Gewährleistung der Sicherheit sind als Massnahme zwei Hochwasserrückhaltebecken *HWRB* vorgesehen.

Gemäss Besprechungen mit den kantonalen Behörden vom 30. Januar und 27. Juni 2007 ist die vorhandene Wehranlage auf ihre Hochwassersicherheit hin zu überprüfen und wenn nötig zu verbessern. Erforderliche Baumassnahmen sind als Teil des Konzessionsgesuches mit den entsprechenden Unterlagen einzureichen. Für die Bearbeitung dieser wasserbaulichen Aspekte wurde die Colenco Power Engineering AG, Baden, im Unterauftrag von JMC Engineering engagiert.

1.2 BESTEHENDE ANLAGEKOMPONENTEN MÜHLE LENGNAU

Die Mühle Lengnau befindet sich im südlich gelegenen Teil der Einwohnergemeinde Lengnau an der Surb. Mitte des 17. Jahrhunderts wird sie erstmals schriftlich erwähnt. Das Haus ist mit drei alten Läufersteinen geschmückt, die vom ursprünglichen Mühlebetrieb her zeugen. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Anlage mit zwei mittelschlächtigen und einem ober Schlächtigen Wasserrad angetrieben. Die Kraftübertragung erfolgte mittels Riemenbändern. Bereits damals verfügte die Wehranlage über sechs Wehrfelder, welche im heutigen Stauraum angeordnet waren.

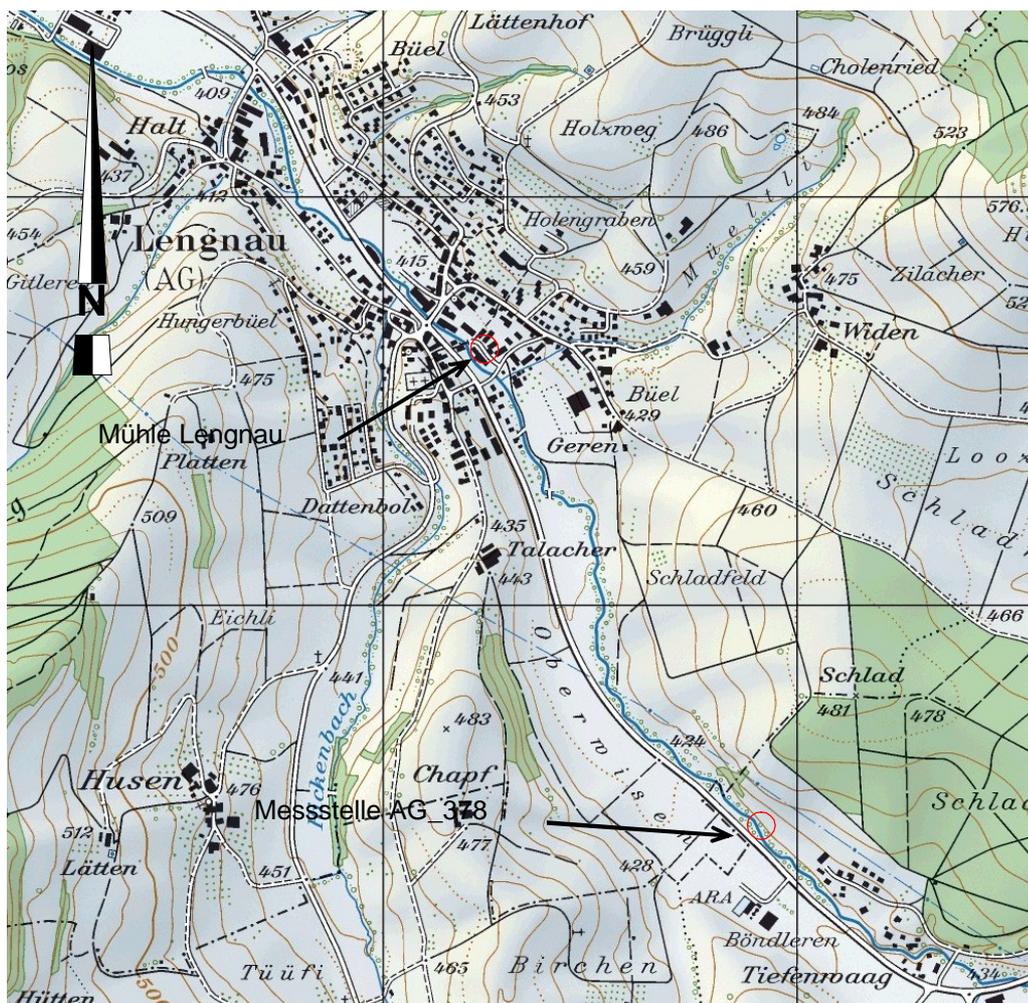


Abbildung 1:: Landeskarte 1 : 25'000 mit Ausschnitt Lengnau und Markierungen der Mühle und der Messstation.



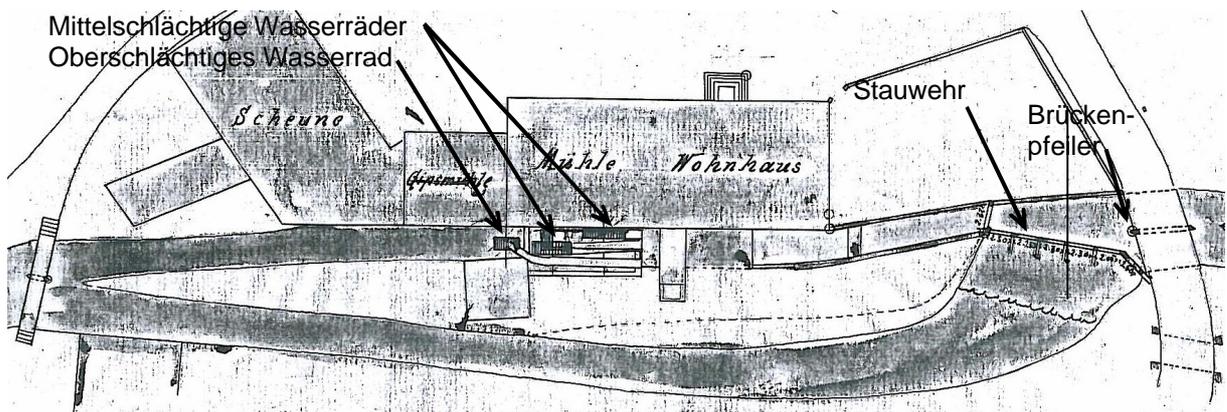


Abbildung 2:: Planausschnitt vom 06. Februar 1897 der „Getreide und Gipsmühle“ in Ober-Lengnau mit drei Wasserrädern und mehreren Wehrfeldern.

Vom 06. Oktober 1927 besteht ein vom Wasserwerkbesitzer unterschriebener Plan mit eingetragenem Projekt einer Francis-Turbine an Stelle der drei Wasserräder.

Der Familienbetrieb hat sich weiter der Zeit angepasst. Der Mühlenantrieb erfolgt über Elektromotoren. Da die hauseigene Stromproduktion für den Betrieb zu gering geworden ist, muss sie durch eingekaufte Energie unterstützt werden. Bei Betriebsunterbruch wird der erzeugte Strom ins öffentliche Versorgungsnetz eingespielen.

Die Anlage weist folgende Komponenten auf:

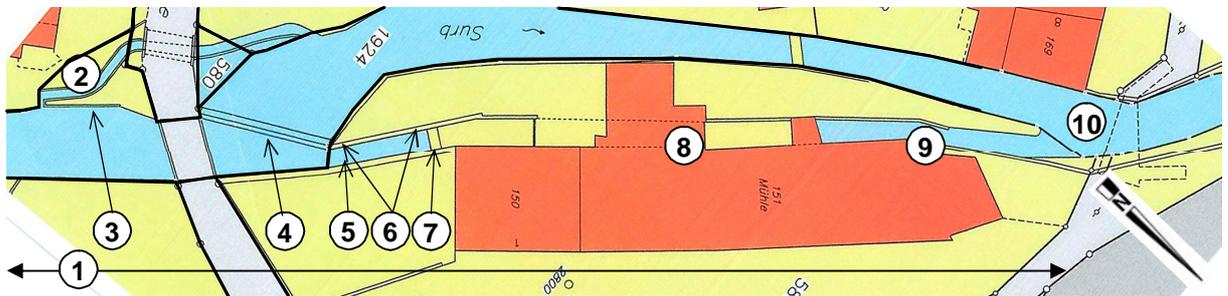


Abbildung 3:: Bezeichnung der Kraftwerksbestandteile

- ① Konzessionsstrecke
- ② Fischpass, Abfluss ca. 50 l/s
- ③ Streichwehr als zusätzliche Hochwasserentlastung durch Fischpass
- ④ Stauwehr mit 6 Wehrfeldern, Länge total ca.14 m.
- ⑤ Oberwasserkanal
- ⑥ Notentlastungen Oberwasserkanal
- ⑦ Rundstabrechen
- ⑧ Maschinenhaus und Francis-Turbine
- ⑨ Unterwasserkanal
- ⑩ Wasserrückgabestelle in die Surb



Die vorhandene Wehranlage besteht aus sechs handbetriebenen Tafelschützen aus Holz in sechs unabhängigen Wehrfeldern. Sie leiten ungenutztes Wasser ähnlich einem Streichwehr auf eine Länge von 14 m über eine ans Wehr anschließende Blocksteinrampe ab (siehe Bild 4).

Im Hochwasserfall müssen die 0.75m hohen und 2.2m bis 2.5m breiten Tafelschützen von einem niedrigen Bediensteg aus von Hand gezogen werden. Dies bedingt eine dauernde Präsenz von Personal der Mühle. Am Ende des schräg angeströmten Wehres befindet sich die Wasserfassung mit einer Einlaufschütze (Holztafel) mit einer Breite von 2.30m und 1.25m Höhe und manuellem Hubwerk.

Die Triebwasserwege von der Wehranlage und Wasserfassung bis zur Wasserrückgabestelle sind rund 85m lang. Über einen rund 30m langen Oberwasserkanal wird das Wasser in das Maschinenhaus geleitet. Der gemauerte Kanal ist auf den ersten 20m offen. Nach dem Rechen aus Rundstäben (20 mm lichte Weite, 15 mm Stabdurchmesser) ist der Kanal überdeckt und verschwindet im Mühlengebäude.

Der Unterwasserkanal ist rund 45m lang und endet in der vor kurzem ausgebauten Gewässerstrecke durch das Dorf.



Abbildung 4.: Ansicht der Wehranlage mit 6 Wehrfeldern und Bediensteg

Die Francis-Turbine ist nicht mehr direkt mechanisch mit den Mühlenwerken verbunden wie früher. Über einen Riemen treibt sie einen Asynchrongenerator an, welcher am öffentlichen Versorgungsnetz hängt. Die installierte elektro-mechanische Ausrüstung weist folgende Charakteristik auf:

- Ausbauwassermenge $0.725 \text{ m}^3/\text{s}$
- Nettogefälle 2.70 m
- Leistung Asynchrongenerator 12.5 kW bei $\cos\phi 0.8$
- Drehzahl Generator 1035 min^{-1}
- Spannung und Phasenstrom $380 \text{ V}, 19.5 \text{ A}$
- Frequenz 50 Hz



Eine Nachmessung vom April 2007 durch den Projektverfasser hat ergeben, dass das Bruttogefälle der Anlage nicht mit dem alten Projektplan der Turbine von 1927 übereinstimmen kann. Die folgenden Höhenlagen wurden festgestellt:

- Stauziel 415.60m ü.M.
- Unterwasserspiegel bei Wasserrückgabe 413.15m ü.M. bei $Q_{\text{Surb}} = \text{ca. } 250 \text{ l/s}$
- Bruttogefälle bei $Q_{\text{Surb}} = \text{ca. } 250 \text{ l/s}$ 2.45m
- Bruttogefälle bei $Q_A = 725 \text{ l/s}$ ca. 2.36m

Wenn mit zusätzlichen Verlusten im Oberwasserkanal (Rechen) und am Auslauf von ca. 5cm gerechnet wird, so stellt sich an der Turbine ein Nettogefälle von ca. 2.30m ein. Dies ist eine Reduktion der Fallhöhe von (i) ca. 15% gegenüber der ursprünglichen Auslegung der Turbine und von (ii) ca. 5% gegenüber dem Bruttogefälle von 2.46m gemäss Konzession vom 24. November 1927. Es ist nicht klar, ob diese Verluste durch die veränderte Sohle im Unterwasser seit den Hochwasserschutzmassnahmen in der Surb von 2002/3 bestehen oder ob die Anlage resp. die Höhenverhältnisse der Surb schon früher modifiziert worden sind.

1.3 RECHTLICHE SITUATION

Die erste Konzession für das Wasserrecht Nr. 861 wurde 1841 für den Betrieb einer Gipsmühle erteilt. Es folgten mehrere Konzessionserneuerungen (1861, 1897, 1902). Die heute gültige Konzession wurde am 24. November 1927 anlässlich des Einbaus einer ersten Turbine ausgestellt. Sie besteht aus einem ehehaften und einen konzedierten Teil von je 8.00 PS bzw. je 5.9 kW (dies sind effektive Leistungen im Unterschied zu den heutigen Angaben, die von Bruttoleistungen – hier ca. je 9.6kW – ausgehen). Der konzedierte Teil ist auf 80 Jahre befristet und läuft somit am 24. November 2007 aus. Mit Verfügung vom 18. August 2004 wurde anlässlich der Konzessionsübertragung an die Mühlen Lengnau AG auch der ehehafte Teil der Konzession auf 2007 befristet.

Gemäss Konzessionsurkunde von 1927 ist der Anlagenbesitzer für den Unterhalt von Ufer und Flussbett im Bereich des Aufstaus bis zur Stauwurzel und bis 30 m unterhalb der Stauanlage zuständig.

Die Eigentumsverhältnisse der Landparzellen am Kraftwerk sind wie folgt geregelt:

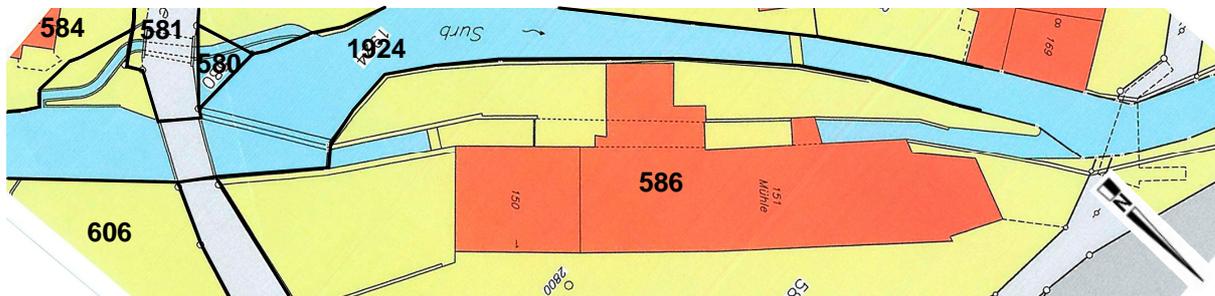


Abbildung 5.: Geometerkataster mit Grenzlinien und Parzellenummerierung

Parz. Nr.	Eigentümer	Wohnort
580	Einwohnergemeinde Lengnau	5426 Lengnau
581	Einwohnergemeinde Lengnau	5426 Lengnau
584	Walter Bram	5426 Lengnau
586	Mühle Lengnau AG	5426 Lengnau
606	Erbengemeinschaft Albert Suter	5426 Lengnau
1924	Staat Aargau (Gewässerparzelle)	5001 Aarau

Die Mühle und das Wehr sind bei der Gemeinde Lengnau als Kulturobjekt klassiert (Nr. 4.18).



1.4 WASSERDARGEBOT UND RESTWASSERABGABE

Das Wasserdargebot wurde aufgrund der Messwerte der Kantonalen Abflussmessstellen AG 378 (Surb – Unterehrendingen, $E=27.6\text{km}^2$) und AG 358 (Surb Döttingen, $E=67.2\text{km}^2$) ermittelt. Die Mühle Lengnau liegt zwischen diesen beiden Messstellen. Die Abflussdauerkurve für den Mühlenstandort wurde durch lineare Interpolation der gemessenen Abflüsse der beiden Messstationen in Relation zur Einzugsgebietsfläche der Mühle ($E = 31 \text{ km}^2$) bestimmt.

- $Q_{36} = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ (durchschnittlich an 36 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten)
- $Q_{55} = 0.79 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{91} = 0.61 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{160} = 0.44 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{347} = 0.19 \text{ m}^3/\text{s}$

Mit Verfügung des Baudepartements vom 18. August 2004 wurde die Restwasserdotierung am Wehr festgelegt, nachdem die Konzessionsurkunde aus dem Jahre 1927 nur qualitative Angaben zum Restwasser machte. Durch den im Jahre 2002 erstellten Fischpass fließen bei Niederwasser ca. 45 l/s bis 55 l/s; diese Wassermenge wurde gleichzeitig als Restwasserdotierung festgesetzt. Die Produktionseinbusse am Kraftwerk wurde mit 7% gegenüber der früheren geschätzten mittleren Jahresproduktion mit nur ca. 20l/s Dotierwasserabgabe beziffert.

1.5 HEUTIGER BETRIEB UND PRODUKTIONSDATEN

Die im Jahre 1927 eingebaute Francis-Turbine ist auf eine Wassermenge von $Q_A=0.725 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Nettogefälle von 2.7 m ausgelegt. Damit kann die Anlage an ca. 55 Tagen im Jahr mit Volllast gefahren werden (siehe Bild 6). Die maximale Leistung beträgt rund $12\text{kW}_{\text{elektrisch}}$. Die Jahresenergie lässt sich theoretisch zu **ca. 47'500kWh** bestimmen. Die Francisturbine kann bei Niederwasserabflüssen unter ca. 250 l/s nicht mehr effizient betrieben werden und wird daher während bis zu 3 Monaten pro Jahr abgestellt. Zusätzlich sind 1 Woche Betriebsausfall pro Jahr für Reparaturen und Unterhalt der Anlage (inkl. Stilllegung der Anlage bei Hochwasser) eingerechnet.

Da die produzierte Energie zum grössten Teil direkt für den Mühlenbetrieb verwendet und nicht an den Generatorklemmen gemessen wird, kann die tatsächliche Produktion der Kleinwasserkraftanlage nicht genauer bestimmt werden.

best. Zustand ($Q_{\text{dot}} = 50 \text{ l/s}$)

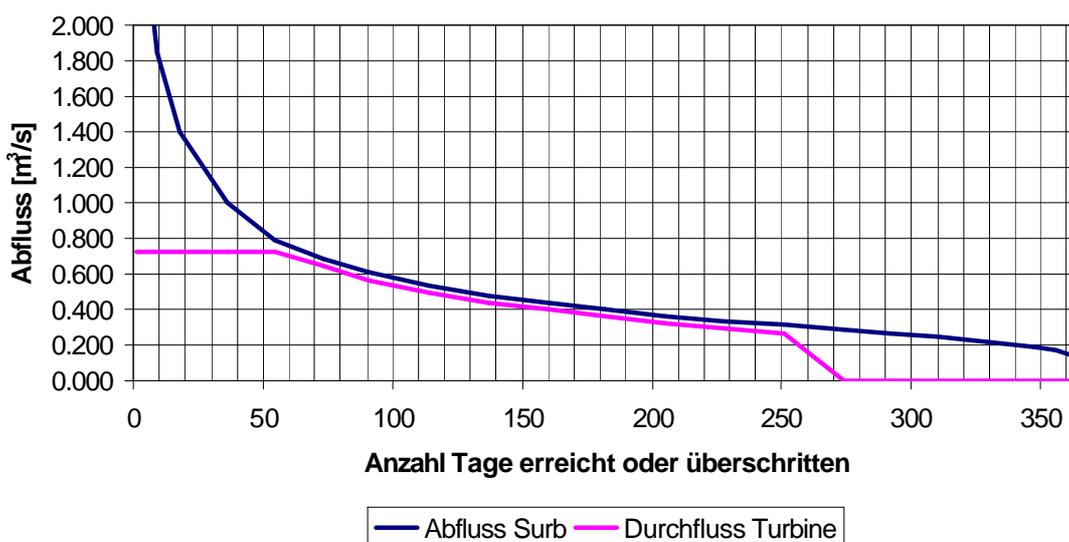


Abbildung 6:: Dauerabflusskurve der Surb und Turbinendurchfluss gemäss heutigem Betrieb



2. Konzessionsprojekt

Mit der Neukonzessionierung sollen gemäss Sitzungsprotokoll BVU vom 30. Januar 2007 die Restwassersanierung und die Hochwassersicherheit bei gleichzeitiger Beachtung der Wirtschaftlichkeit der Kraftwerksanlage hergestellt werden.

2.1 RESTWASSERSANIERUNG

Die erforderliche Dotierung der Restwasserstrecke wurde vom Kanton anlässlich der Sitzung vom 30. Januar 2007 mit $0.130 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgegeben. Davon fliessen ca. 50 l/s durch die Fischaufstiegshilfe ab. Die restlichen 80 l/s müssten am Wehr dotiert und in die rund 85m lange Restwasserstrecke geleitet werden.

Mit dieser Restwasserabgabe beträgt die Jahresproduktion der Anlage nur noch rund $36'000\text{kWh}$. Das ist eine Einbusse von 24% gegenüber dem heutigen Zustand. Die reduzierte Wasserverfügbarkeit macht sich nicht nur in den Anzahl Tagen Volllast (noch rund 36 Tage) bemerkbar sondern auch im Teillastbereich, wo die Francis-Maschine bei ca. 35% des Nenndurchflusses, also bei ca. 250 l/s , abgestellt werden muss. Damit steht die Anlage an 5 Monaten im Jahr still (siehe Bild 7).

nach Restwassersanierung ($Q_{\text{dot}} = 130 \text{ l/s}$)

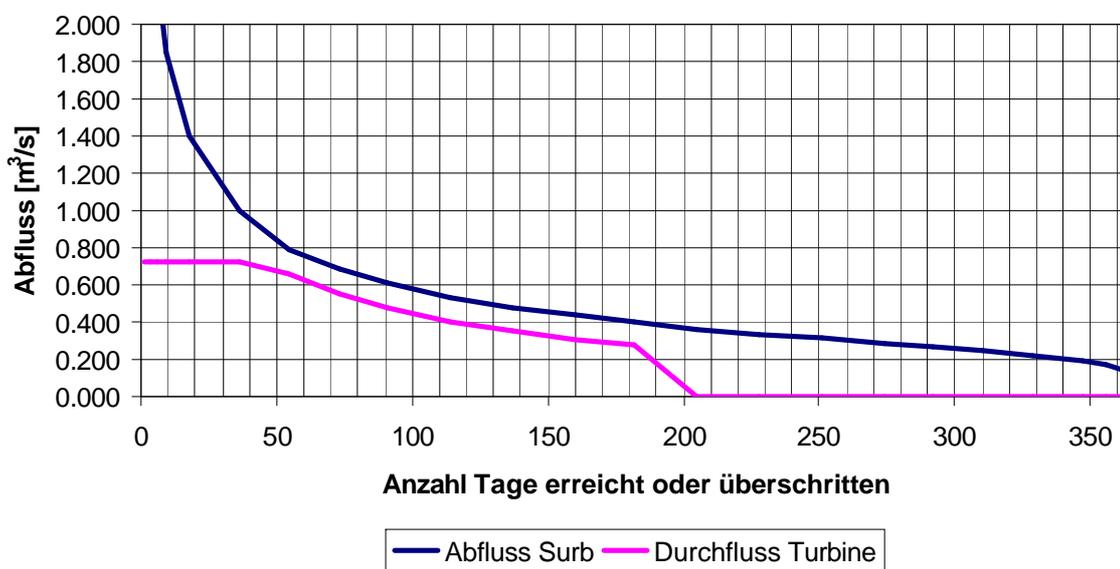


Abbildung 7.: Dauerabflusskurve der Surb und Turbinendurchfluss nach Restwassersanierung (Restwasserdotierung total 130 l/s).

Diese Energieeinbusse und vor allem der totale Betriebsausfall während mehr als 5 Monaten machen den Weiterbetrieb der Anlage unwirtschaftlich. Die Restwassersanierung kann deshalb nicht ohne zusätzliche Massnahmen umgesetzt werden.

Die folgenden Massnahmen wurden untersucht:

1. Erhöhung der Ausbauwassermenge
2. Erhöhung des Stauziels
3. Reduktion der Restwassermenge

Erhöhung der Ausbauwassermenge: Die Ausbauwassermenge ist mit 725 l/s schon heute relativ hoch angesetzt, da die Anlage nur während ca. 55 Tagen auf Volllast betrieben werden kann; nach der Restwassersanierung sind es nur ca. 36 Tage. Der zusätzliche Gewinn an Energie mit einem Höherausbau ist damit gering und rechtfertigt die Neuanschaffung einer grösseren Turbinen-Generatoren-Einheit in keiner Weise. **Die Ausbauwassermenge wird auf den heutigen 725 l/s belassen.**



Erhöhung des Stauziels: Die Erhöhung des Stauziels ist eine attraktive Möglichkeit, die Energieeinbuße wegen der Restwassersanierung etwas zu reduzieren. Wegen der bestehenden Einbauten und vor allem wegen der Höhenlage des Fischpassausstiegs sind die Möglichkeiten jedoch beschränkt. Eine Stauzielerhöhung von 10cm scheint zulässig. Die Jahresenergie nimmt dabei nur um 4% bis 5% zu, so dass nach wie vor eine unverhältnismässige Einbuße des Ertrags von ca. 20% bestehen bleibt. Die Stauzielerhöhung von 10cm lässt sich in Zusammenhang mit einer Wehrrerneuerung (siehe folgendes Kapitel) relativ effizient umsetzen.

Reduktion der Restwassermenge: Die Restwassermenge von 130 l/s muss nicht vollständig dotiert werden, wenn die Restwasserstrecke sehr kurz wird, d.h. wenn der Turbinenauslauf mit dem Wehrtocken kommuniziert. Heute besteht ein 45m langer Unterwasserkanal, der kaum zusätzliche Fallhöhe generiert (ca. 10cm, siehe Bild 8). Dies ist womöglich erst seit den Hochwasserschutzmassnahmen an der Surb durch Lengnau so, denn der lange Unterwasserkanal würde mit dem heutigen Längsprofil der Surb keinen Sinn machen. Wenn der Turbinenauslauf direkt vom Maschinenhaus in die Surb gelenkt wird, besteht nur noch eine kurze Restwasserstrecke von ca. 35m. Durch eine leichte Ausbaggerung von bis zu 50cm in der Surb auf eine Länge von 35m kann sichergestellt werden, dass sich eine direkte Verbindung zwischen der Wasserrückgabe in die Surb und dem Wehrtocken einstellt und eine genügende Wassertiefe herrscht. Diese Niederwasserrinne von ca. 1.5m Breite ist mit lose verlegten Natursteinblöcken (Störsteinen) im Gerinne gegen Verlandung zu sichern.

Mit diesem Kurzschliessen der Wasserrückgabe direkt beim Turbinenauslauf muss keine zusätzliche Restwasserdotierung am Wehr und die entsprechende Energieeinbuße in Kauf genommen werden. Bei dieser Massnahme genügt demnach der Abfluss im Fischpass von 50 l/s.

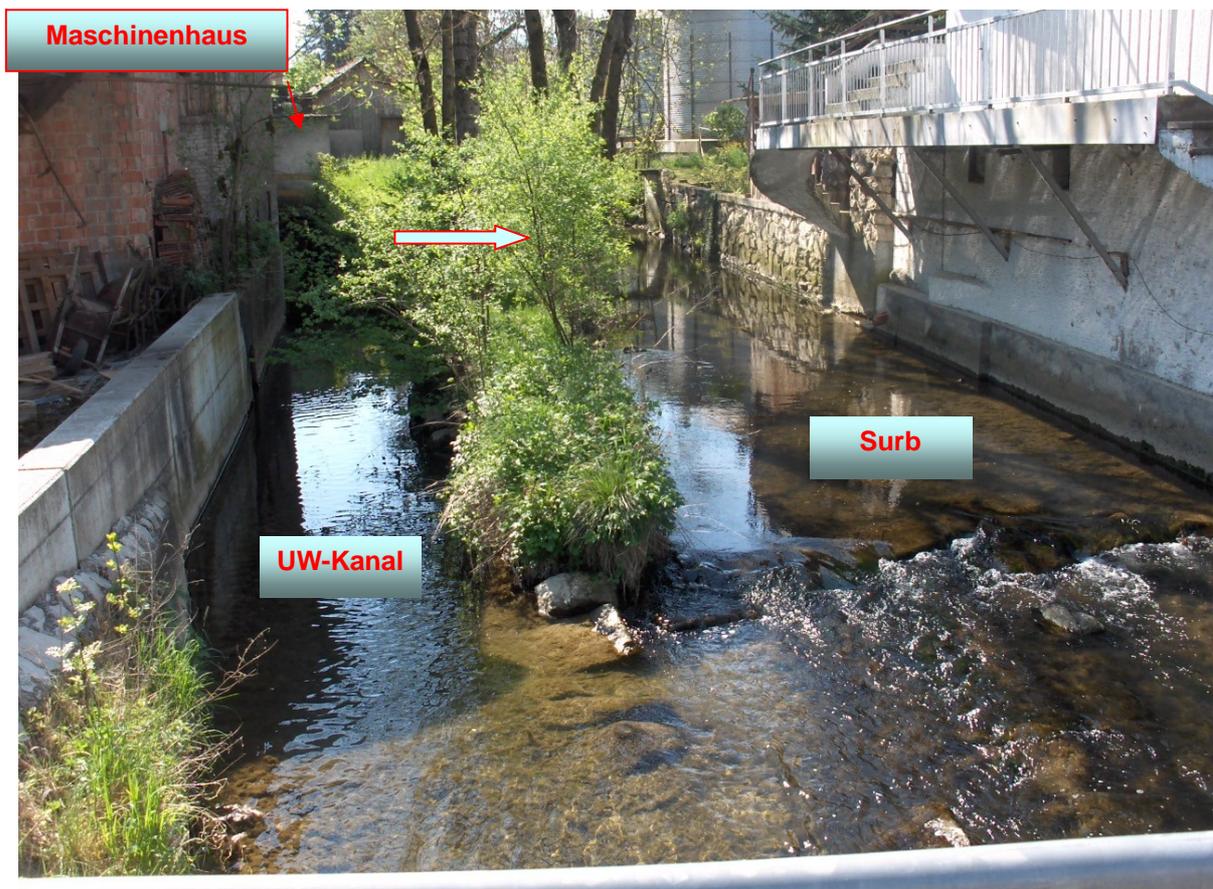


Abbildung 8: Wasserrückgabe vom Unterwasserkanal an die Surb. Die Surb weist über die unteren 40m vor dem Zusammenfluss kaum Gefälle auf. Ein Kurzschliessen des Turbinenauslaufs bewirkt deshalb kaum einen Fallhöhenverlust.



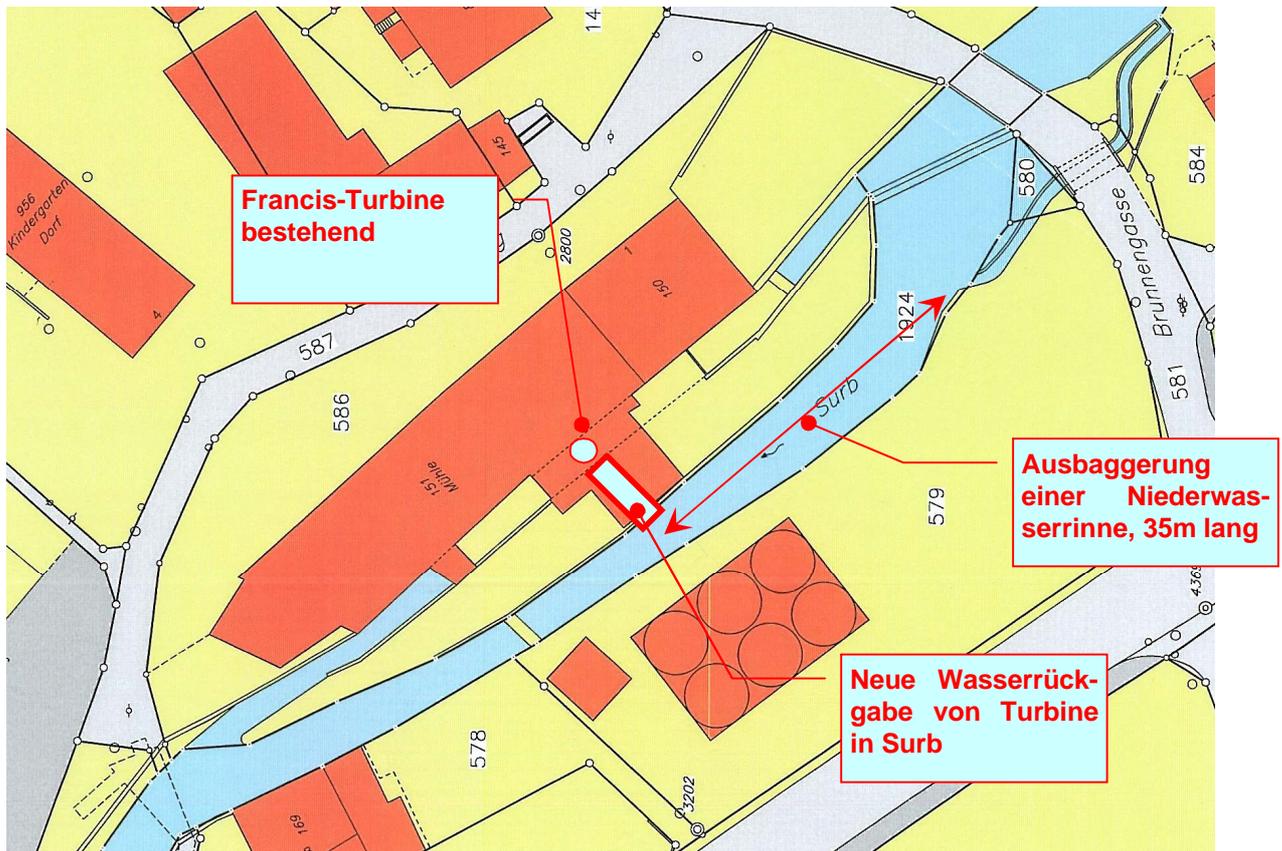


Abbildung 9.: Kurzschliessen des Turbinenauslaufs durch alten Hühnerstall.

2.2 HOCHWASSERSCHUTZ

Für die Berechnung der Durchflusskapazität des bestehenden Wehres wurden die folgenden Parameter und Kriterien verwendet:

- Schwelle auf Kote 414.87m ü.M.
- Sechs Wehrfelder mit Tafelschützen, im Schnitt je 2.13m breit, total 12.78m
- Freibord unter den Brückenträgern der Brunnengasse unmittelbar oberhalb des Wehres von 0.50m. Damit ergibt sich eine maximal zulässige Oberwasserspiegellage von 415.78m ü.M.
- Einschnürung des Abflusses bei den 6 Wehrfeldern von ca. 8% auf der Wehrfeldbreite
- Abminderung der Durchflusskapazität durch Schräganströmung: -5%
- Abfluss über die seitliche Entlastung beim Fischpass, Schwelle auf Kote 415.67m ü.M.

Mit diesen Annahmen beträgt die **bestehende Wehrkapazität rund 18.5m³/s**. Dabei fließen nur rund 0.5m³/s über die seitliche Entlastung beim Fischpass. Diese erst 2002 erstellte Entlastung wird damit nicht besonders gut genutzt.

Mit Anwendung der (n-1)-Regel (ein Wehrfeld ist total verklaust oder sonst nicht funktionstüchtig) reduziert sich die Wehrkapazität inkl. Entlastung beim Fischpass auf rund 15.5m³/s.

Im Oberwasser des bestehenden Wehres kommt es bereits bei Abflüssen weit unterhalb der bestehenden Wehrkapazität zu Ausuferungen, insbesondere bei den bestehenden Bachübergängen / Grundstückszufahrten und den tiefen Böschungen bis zur Stauwurzel ca. 160m oberhalb des Stauwehres.

Anlässlich der Besprechung mit den Behörden vom 27. Juni 2007 wurde von der Sektion Wasserbau ein direkter Zusammenhang zwischen dieser ungenügenden Gerinnekapazität und dem Wehraufbau aus dem 19. Jahrhundert resp. den entstandenen Auflandungen unterstellt. Der Hochwasserschutz oberhalb des Wehres sei deshalb durch den Konzessionär zu planen und zu erstellen.



Gemäss Vorprojekt Hochwasserschutz Surbtal, welches zur Zeit beim Kanton in Bearbeitung steht, soll ein Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) in Ehrendingen erstellt werden, welches das 100-jährliche Hochwasser HQ_{100} im Bereich der Mühle Lengnau von $36.5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $25 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert. Dies entspricht in etwa der bereits ausgebauten Gerinnekapazität der Surb im Dorfbereich. Als Dimensionierungshochwasser für die Wehranlage soll deshalb gemäss Besprechung BVU vom 30. Januar 2007 ein Hochwasserabfluss von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen werden.

Um das Dimensionierungshochwasser von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ über die Schwelle abzuführen, die Verklauungsgefahr an den bestehenden Hubschützen zu eliminieren und den Wasserspiegel im Oberwasser abzusinken, wird die Wehrschwelle um 0.60m abgetragen. Eine neue Wehrklappe von 9.45m Breite wird eingebaut. Diese kann auch bei Stromausfall rein durch ihr Eigengewicht und die Wasserauflast im Hochwasserfall noch umgelegt werden. Mit dieser Lösung eines einzigen Wehrverschlusses entfällt auch die Forderung, die (n-1)-Regel zu berücksichtigen.

Das Wehr wird zum Zweck des Hochwasserschutzes wie folgt umgebaut:

- Absenken der Wehrschwelle im linken Bereich auf Kote 414.30m ü.M.
- Stauziel neu auf 415.70m ü.M.
- Einbau einer neuen Wehrklappe mit automatischem Antrieb; Breite 9.45m, Höhe 1.40m plus Freibord von 5cm (gegen Wellenschlag)
- Belassen von einer der bestehenden Hubschützen am rechten Ufer vor der Wasserfassung zum Spülen des Stauraumes bei Geschiebetrieb während Hochwasser.

Mit diesen Massnahmen am Wehr wurde die Hochwassersituation der Surb im Oberwasser des Kraftwerks neu berechnet. Es zeigen sich folgende Verbesserungen gegenüber der heutigen Situation (siehe nachfolgende Grafik und Längenprofil Nr. 76.1062.01.303):

- Beim Dimensionierungshochwasser von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt der Wasserspiegel am Wehr neu auf Kote 415.42m ü.M.; damit ergibt sich ein Freibord gegenüber der Brückenunterkante Brunnen-gasse von 86cm (>50cm).
- Das Hochwasser kann auch durch die eingeeengten Querschnitte der Brücken bei km 10.485 und km 10.575 im Oberlauf des Wehres ohne wesentliche Ausuferungen abgeführt werden.
- Hingegen ist die Gerinnekapazität bei der Brücke bei km 10.749 nach wie vor ungenügend. Es zeigt sich, dass auch eine weitere Absenkung der Wehrschwelle diesen Zustand nicht eliminieren kann, da diese Brücke bereits oberhalb der Stauwurzel (km 10.640) und damit nicht mehr unter dem direkten Einfluss des Wehres liegt. Die Ausuferungen und das fehlende Freibord der Brücke können nur durch einen Gerinneausbau vor Ort beseitigt werden, welcher nicht Teil des vorliegenden Konzessionsprojektes ist.



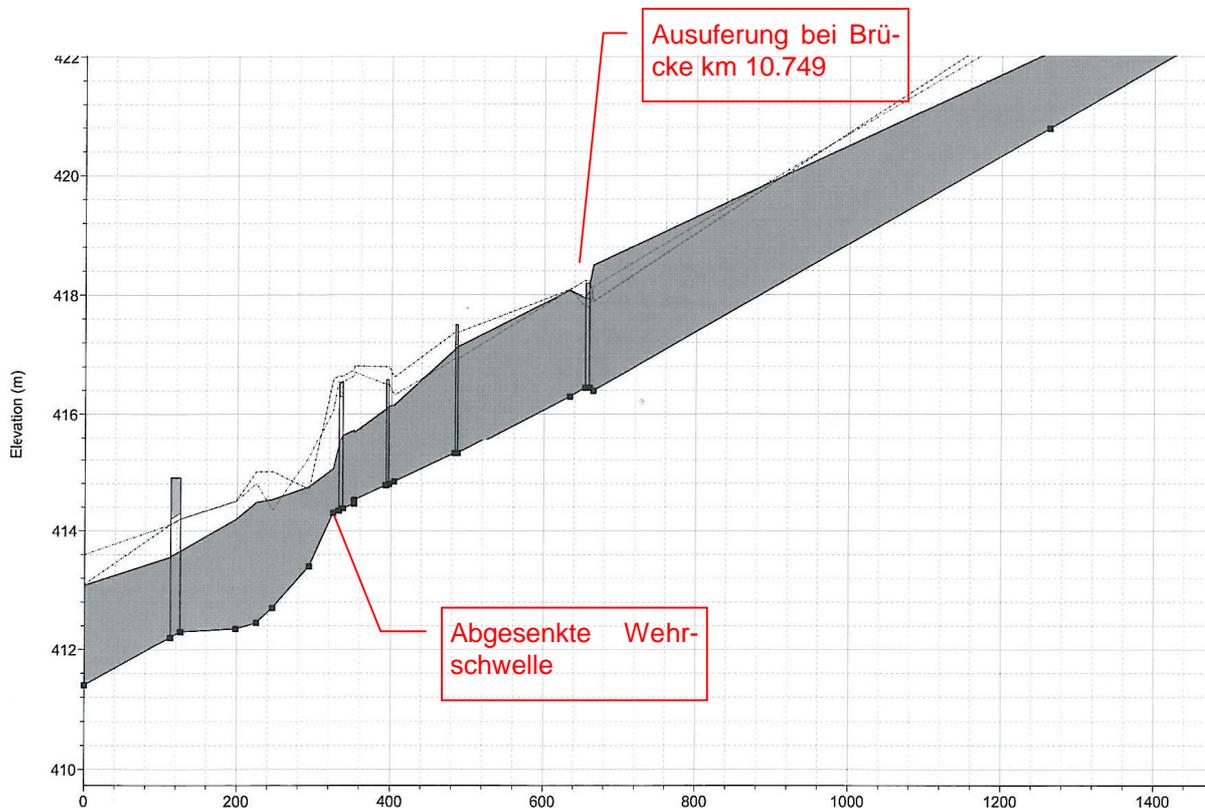


Abbildung 10.: Längsprofil der Surb mit Wasserspiegellage bei $Q=25\text{m}^3/\text{s}$.

2.3 KRAFTWERKSBERIEB UND BAULICHE ANPASSUNGEN

Die Gefällsverluste aus der Restwassersanierung (-0.10m wegen neuer Wasserrückgabestelle) sollen mittels Höherstau wieder ausgeglichen werden. Das Stauziel wird um 0.10 m auf 415.70m ü.M. angehoben, damit die Bruttofallhöhe auf dem bestehenden Wert von 2.36m bleibt.

Durch diese Anpassung wird die Stromproduktion gegenüber heute nicht reduziert.

Es werden die folgenden baulichen Anpassungen ausgeführt, um das neue Stauziel von 415.70m ü.M. zu fahren:

- Neueinstellung des Turbinenreglers auf die neue Staukote
- Erhöhen der Tafelschützen im Wehr durch Aufsetzen von 10cm hohen Brettern
- Höhenmässige Anpassen der Entlastungen im bestehenden Oberwasserkanal
- Anpassen des Fischpasses

2.3 UMWELTASPEKTE

Fischwanderung, Vernetzung

Die Fischdurchgängigkeit ist durch den vorhandenen linksufrigen Beckenpass bereits gewährleistet. Die Fischaufstiegshilfe wird wie bisher mit einer Abflussmenge von ca. $0.050\text{ m}^3/\text{s}$ beaufschlagt. Durch die Stauzielerhöhung von 0.10m muss die Höhenlage des Fischpasses beim Fischausstieg angepasst werden.

Dotierwassermenge

Gemäss Vorgabe des Kantons soll die Restwassermenge $0.130\text{ m}^3/\text{s}$ betragen. Das Konzessionsprojekt sieht vor, die Restwasserstrecke aufzuheben, indem die Sohle zwischen Wehrkolk und Unterwasser entsprechend abgesenkt und mit dem Unterwasserkanal verbunden wird. Damit bleibt die Dotierwassermenge wie bisher auf 45 l/s bis 55 l/s (entspricht Abfluss durch Fischpass) gemäss Verfügung des Baudepartments vom 18. August 2004.



Lärmimmissionen

Die Erhöhung des Stauzieles verändert die Beaufschlagung der Turbine und somit die Lärmimmissionen nicht, da in gleichem Mass der UW-Spiegel angehoben wird und sich keine Leistungserhöhung einstellt.

Natur- und Landschaftsschutz

Es werden keine wesentlichen Veränderungen an der gesamten Kraftwerksanlage vorgenommen. Einzig die bestehenden Holzschützen und der Zugangssteg werden vom linken Ufer weg auf eine Länge von knapp 10m entfernt und mit einer Wehrklappe ersetzt. Da diese ausser dem linksufrigen Antrieb keine Aufbauten über dem Stauspiegel aufweist, wird das Landschaftsbild am Bach eher aufgewertet.

Kulturobjekt

Die gesamte Mühle und das Wehr sind bei der Gemeinde Lengnau als Kulturobjekt eingetragen und sollten als historische Zeugen aus dem 18 und 19. Jahrhundert erhalten bleiben. Hingegen ist der Schutz gegen Hochwasser höher einzustufen als die Erhaltung von Kulturgütern, so dass der Teilabbruch des alten Wehres gerechtfertigt ist.

2.4 TECHNISCHE DATEN UND ENERGIEPRODUKTION DER AUSGEBAUTEN ANLAGE

Die bisher konzessionierten Leistungen des Kraftwerks erfahren kaum Veränderungen (vergleiche mit Abschnitt 1.2):

- Ausbauwassermenge Q_A 0.725 m³/s
- Stauziel 415.70m ü.M.
- Unterwasserspiegel bei Q_A 413.34m ü.M.
- Bruttogefälle 2.36m
- Nettogefälle 2.30m
- Max. Leistung (elektr.) 12kW
- Jahresenergie 47'500 kWh

Der Leistungsplan der ausgebauten Anlage verändert sich gegenüber dem heutigen Zustand nicht.

best. Zustand ($Q_{dot} = 50$ l/s)

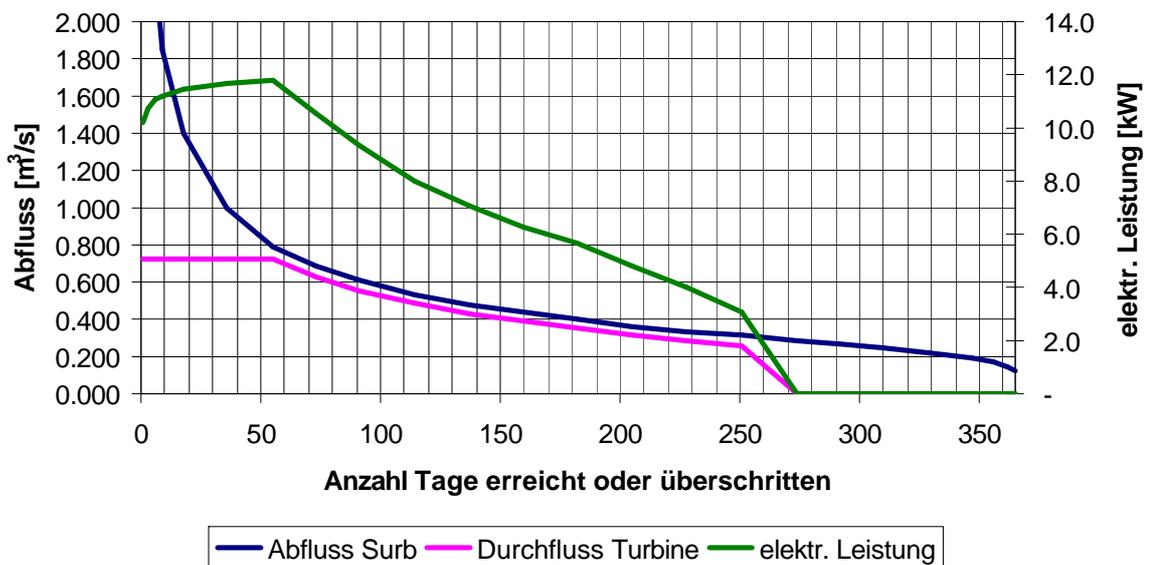


Abbildung 11: Leistungsplan der Mühle Lengnau bisher und nach Ausbau.



2.5 BAUAUSFÜHRUNG

Beim Wehrrumbau besteht ein Hochwasserrisiko. Die neue Wehranlage wird im Unterwasser der bestehenden und damit im Schutze der alten Schützen gebaut. Das Wasser wird während der Aushub- und Betonarbeiten durch die zu erhaltende Schütze am rechten Wehrufer geleitet. Die Aushub- und Betonarbeiten für die neue Wehrschwelle wird in Etappen gebaut. Sollte sich während dieser Baustufen ein Hochwasser ereignen, muss die gerade offene Baugrube geflutet werden. Mit diesem Vorgehen können allfällige Hochwasserschäden auf einen kleinen Teil der Schwelle limitiert werden.

Für den Einbau der Klappe kann eine Niederwasserperiode abgewartet werden. Die rund 5 Tonnen schwere Klappe wird als ganzes Element an die vorbereitete Sohlschwelle angeschraubt. Diese Arbeiten können in 2 Tagen abgeschlossen werden.

Die Bauausführung muss sich nach den Lieferfristen der Stauklappe richten. Eine Frist von 5 Monaten ist einzuplanen. Es wird angenommen, dass die neue Konzession im Februar 2008 vorliegen wird und dann erst ein Auftrag für die Fertigung der Klappe erteilt werden darf. Somit kann die neue Wehranlage frühestens im August 2008 in Betrieb genommen werden.

3. Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Investitionskosten

Die grösste Investition ist die Stauklappe, die wegen der Hochwasserprobleme im Oberwasser des Wehres grösser gewählt werden muss, als für die reine Kapazitätserhöhung an der Wehrschwelle selber erforderlich wäre. Die einseitig angetriebene, rund 5 Tonnen schwere Stauklappe kommt auf ca. CHF 84'000.- zu stehen (inkl. Wangenheizung gegen Einfrieren der Dichtungen im Winter sowie Transport und Installation).

Die Planungs- und Baukosten des Wehrrumbaus und des Höherstaus lassen sich wie folgt schätzen (Genauigkeit $\pm 15\%$):

Tabelle 1: Kostenschätzung:

Nr.	Beschreibung	Summen [CHF]
1	Installationspauschale	8'000.-
2	Wehr (Abbruch, Aushub, Betonfundation, Kolkschutz)	28'000.-
3	Wehrklappe inkl. Antrieb, Steuerung und Fernalarm	84'000.-
4	Kurzschluss UW-Kanal (Aushub, Betonrohr DN 1000 L=7m, Ufermauer, Ausbaggerungen im Gerinne, Natursteinblöcke)	10'500.-
5	Diverse Anpassungen (HW-Entlastungen, Fischpass)	3000.-
6	Projektplanung und Bauleitung	21'500.-
7	Unvorhergesehenes und Aufrundung	15'000.-
	Total Projekt (ohne MWst.)	170'000.-

Betriebs- und Unterhaltskosten

Die Betriebs- und Unterhaltskosten wurden aufgrund einer statistischen Auswertung von Kleinwasserkraftanlagen in der Schweiz und eigenen Aufwandschätzungen wie folgt angenommen:

- CHF 5200.- / Jahr

Gestehungskosten

Die folgenden Parameter werden zur Berechnung der Stromgestehungskosten angenommen:

- Kalkulatorischer Zinssatz / Rendite, inflationskorrigiert $i = 4\%$
- Die baulichen Anlagenteile (neue Stauklappe und Wehrschwelle) können für die nächsten 40



Jahre genutzt werden. Die Turbine wurde im Jahre 2007 nach einem Schaden revidiert. Dank ihrer Einfachbauweise kann sie mit den nötigen Revisionen alle 10 Jahre auch mindestens noch die nächsten 20 Jahre im Betrieb stehen.

- Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wird deshalb über die nächsten 40 Jahre geführt.
- Für die Annuität der elektro-mechanische Ausrüstung (Turbine, Generator, Steuerung) wird ein Kapitalwert eingesetzt, der den 2007 getätigten Revisionskosten entspricht.
- Jahresenergie 47'500kWh

Mit diesen Parametern lassen sich Gestehungskosten von rund Rp. 31 / kWh errechnen.

4. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Gestehungskosten des Kraftwerks sind wegen den hohen Investitionskosten am Wehr aus heutiger Sicht wenig attraktiv. Kann die Anlage jedoch von den neuen kostendeckenden Einspeisetarifen (kEV) profitieren, die ab Oktober 2008 zur Anwendung kommen sollen, so ist durchaus ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Gemäss EnV-Vernehmlassungsentwurf vom Sommer 2007 kann für eine äquivalente Anlage mit einem Einspeisetarif von über Rp. 35 / kWh gerechnet werden, jedoch mit einer Nutzungsdauer von 25 Jahren (anschliessend ist der Strom anderweitig zu vermarkten).

Deshalb ist die Anlage nicht rückzubauen, sondern soweit zu ertüchtigen, dass die Behörden einer Konzessionserneuerung zustimmen können.

Baden, im Oktober 2007

Colenco Power Engineering AG
Wasserbau und Umwelt

Dr. Dieter Müller
Leiter Geschäftsbereich

Peter Eichenberger
Projektleiter

