



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# GEMEINDE LENZBURG (AG)

## AUSBAU KRAFTWERK HÄMMERLI

### Vorstudie

Ausgearbeitet durch

**Entegra Wasserkraft AG**

St. Leonhardstr. 59, 9000 St. Gallen, [www.entegra.ch](http://www.entegra.ch)



Programm  
Kleinwasserkraftwerke  
[www.kleinwasserkraft.ch](http://www.kleinwasserkraft.ch)

## **Impressum**

Datum: 14. August 2009

### **Unterstützt vom Bundesamt für Energie**

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittingen

Postadresse: CH-3003 Bern

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

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

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



## **INHALT**

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>AUSGANGSLAGE UND RANDBEDINGUNGEN</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PLANUNGSGRUNDLAGEN</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>PROJEKTIDEE</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>ZUSTAND DER BESTEHENDEN ANLAGE</b>	<b>6</b>
5.1	Wehranlage	6
5.2	Oberwasserkanal	7
5.3	Maschinenhaus und elektro-mechanische Ausrüstung	9
5.4	Wasserrückgabe	10
5.5	Heutige Jahresproduktion	10
<b>6</b>	<b>AUSBAUPROJEKT</b>	<b>11</b>
6.1	Wasserdargebot und Restwasserdotierung	11
6.2	Ausbauwassermenge	12
6.3	Bauliche Massnahmen	13
6.3.1	Übersicht	13
6.3.2	Wehranlage und Wasserfassung	13
6.3.3	Oberwasserkanal	13
6.3.4	Oberwasserbecken, Druckleitung und Maschinenhaus	14
6.3.5	Unterwasserkanal und Aabach-Eintiefung	14
6.3.6	Elektro-mechanische Ausrüstung und Energieableitung	15
6.4	Umweltbelange	15
6.4.1	Vernetzung	15
6.4.2	Restwasser	15
6.4.3	Bodenschutz, Altlasten, Grundwasser	15
6.4.4	Lärm	16
6.5	Jahresenergie	16
<b>7</b>	<b>WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG</b>	<b>17</b>
7.1	Investitionskosten	17
7.2	Betriebs- und Unterhaltskosten	17
7.3	Ertrag	17
7.4	Gestehungskosten	17
<b>8</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG UND EMPFEHLUNG</b>	<b>18</b>



## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Kraftwerk Hämmerli wurde im Jahre 1918 auf die heutige Leistung von knapp 40kW ausgebaut. Der Maschinensatz ist defektanfällig und kann nur mit grossem Aufwand betrieben werden. Die jährliche Energieproduktion beträgt heute knapp 200'000kWh.

Um die energetische Nutzung am Standort Hämmerli zu optimieren, wird die Fallhöhe durch den Rückbau des Unterliegerkraftwerks erhöht und der alte Maschinensatz mit einer neuen grösseren Kaplan-Turbine ersetzt. Es kann mit folgenden Kraftwerksdaten gerechnet werden:

Elektrische Nennleistung	100 kW
Nettofallhöhe	3.51 m
Ausbauwassermenge	3.60 m <sup>3</sup> /s
Jahresenergie	500'000 kWh

## 2 AUSGANGSLAGE UND RANDBEDINGUNGEN

Das Kraftwerk Hämmerli am Aabach liegt an der Seonerstrasse in Lenzburg (siehe Beilage 1). Die Zufahrt zum Areal der ehemaligen Waffenfabrik Hämmerli führt über eine kurze Erschliessungsstrasse, die heute von verschiedenen Gewerbetreibenden und einem Restaurant auf dem umgenutzten Areal rege genutzt wird.

Die Wasserkraftanlage Hämmerli wurde im Jahre 1893 erstellt und im Laufe der Zeit aus- und umgebaut. Die wasserrechtliche Entwicklung lässt sich wie folgt rekonstruieren:

1. Das unbefristete Wasserrecht Nr. 525 ist durch die Konzession vom 28. August 1893 begründet. Die mittlere, zur Verfügung stehende Wassermenge beträgt 945 l/s. Mit einer nutzbaren Höhe von 3.08m ergibt dies gemäss Konzession eine mittlere Bruttoleistung von 35.9 PS (26.4 kW).
2. Mit Verfügung vom 18. Oktober 1918 genehmigte der Regierungsrat eine Erhöhung der nutzbaren Wassermenge auf 1'400 l/s und des nutzbaren Gefälles auf 3.32 m. Dies ergab eine mittlere Bruttoleistung von 61.1 PS (45.7 kW). Diese Leistungssteigerung war gemäss Art. 58 des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom 22. Dezember 1916 (WRG) auf maximal 80 Jahre befristet und endete somit spätestens am 17. Oktober 1998. Heute gelten rein rechtlich gesehen wieder die Konzessionsdaten von 1893.
3. Durch den im Jahre 2005 gefällten Entscheid, die defekte Anlage zu reparieren und das Kleinkraftwerk wieder in Betrieb zu nehmen, wurde die Frist für die Einreichung eines neuen Konzessionsgesuches erstreckt.
4. Anlässlich des Konzessionsverfahrens werden gemäss Auskunft der Baudirektion des Kantons Aargau wahrscheinlich folgende Auflagen für eine Neukonzessionierung einzuhalten sein:
  - Mindestrestwassermenge von 460 l/s.
  - Fischaufstiegshilfe am Wehr gemäss Projekt des Dept. Bau, Verkehr und Umwelt, Kt. Aargau vom Dezember 2007.
  - Noch zu bestimmende Dotierwassermenge des Selnaugrabens

Mit der Neukonzessionierung werden die alten Wasserrechte, auch das unbefristete von 1893, gelöscht.



### **3 PLANUNGSGRUNDLAGEN**

Die folgenden Grundlagen wurden für die Erstellung der vorliegenden Vorstudie verwendet:

- [1] *Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt: **Hydrometrische Daten des Pegels AG 346: Aabach – Lenzburg***, Messreihe seit 2000
- [2] *Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt: **Hydrometrische Daten des Pegels AG 347: Aabach – Seengen***, Messreihe seit 1979
- [3] **Hydrologischer Atlas der Schweiz**



## 4 PROJEKTIDEE

Das Unterlieger-Kraftwerk Tomasini steht schon seit etlichen Jahren still. Verschiedene Anläufe zur Reaktivierung dieser Anlage scheiterten. Die kantonalen Behörden haben nach langen Diskussionen mit der Besitzerin der Anlage, der Stadt Lenzburg, und dem Verein „Industriekultur am Aabach“ vereinbart, den Aabach im Bereich des Kraftwerks zu renaturieren und eine Auenlandschaft in der „Wylmatte“ entlang des Gewässers zu errichten, was mittlerweile auch geschehen ist. Eine Wiederaufnahme des Kraftwerkbetriebs im „Tomasini“ ist deshalb ausgeschlossen.

Damit kann das Tomasini-Wehr, welches unmittelbar an die Wasserrückgabe des KW Hämmerli anschliesst, vollständig rückgebaut werden. Entsprechende Planungsarbeiten sind beim Kanton und bei der Stadt Lenzburg bereits in Angriff genommen worden. Dem Kraftwerk Hämmerli steht damit in Zukunft eine um ca. 50cm grössere Fallhöhe zur Verfügung (Stauziel Tomasini vormals mit Dachwehr ca. 399.95m ü.M., neuer WSP auf 399.45m ü.M.).

Darüber hinaus ist die heutige Anlage mit einer Ausbauwassermenge von nur 1.4m<sup>3</sup>/s sehr tief ausgebaut. Die Erfahrungen aus dem Betrieb des Kraftwerks Oholten am Aabach in Seon (im Besitz der Entegra seit 1999, Ausbauwassermenge knapp 3m<sup>3</sup>/s) zeigen, dass eine gute Verdoppelung der Ausbauwassermenge ins Auge gefasst werden kann. Rein vom Wasserdargebot her, wäre ein Ausbau auf 3.6m<sup>3</sup>/s optimal, jedoch müssen dabei die begrenzten Erweiterungsmöglichkeiten der bestehenden Anlageteile berücksichtigt werden.

## 5 ZUSTAND DER BESTEHENDEN ANLAGE

Die Anlage umfasst im Wesentlichen die Wehranlage, einen rund 500m lange Oberwasserkanal, das Maschinenhaus (integriert in die bestehenden Gebäude), sowie einen kurzen Unterwasserkanal. Im Folgenden werden die einzelnen Anlageteile kurz vorgestellt und deren Zustand beschrieben.

### 5.1 Wehranlage

Die Wehranlage von 7.50m Breite besteht aus vier Wehrfeldern mit Hubschützen, die jedoch nur paarweise betätigt werden können. Mit einer automatischen Pegelüberwachung wird der Stauspiegel reguliert, und zwar werden die Schützen mit elektromechanischen Antrieben angehoben, wenn der Abfluss des Aabaches das Fassungsvermögen der Anlage übersteigt. Die Wehrschwelle aus Beton ist zum Unterwasser hin verlängert, um den entstehenden Kolk von der Wehrfundation wegzubringen. Die Schützen können auf einem Bediensteg aus Beton leicht gewartet werden. Die Schützenta-feln aus Holz sowie die metallischen Schützenrahmen sind in gutem Zustand.

Gemäss Berechnungen der kantonalen Behörden muss die Wehranlage auf eine Kapazität von 32m<sup>3</sup>/s (=HQ<sub>100</sub>) ausgebaut werden. Derzeit beträgt die Abflusskapazität nur ca. 24.5m<sup>3</sup>/s. Das Problem ist, dass die bestehenden Schützen nicht genügend hoch angehoben werden können, um den Durchfluss vollständig frei zu geben.







Abb. 1: Bestehende Wehranlage vom Unterwasser her gesehen

Das Wehr ist leicht schräg im Aabach angeordnet, um eine direktere Anströmung der seitlich gelegenen Wasserfassung zu ermöglichen. Die zweifeldrigen Einlaufschützen von  $B = 2 \times 2.90\text{m}$  mit Holztafeln haben nur einen manuellen Antrieb und sind so eingestellt, dass die Ausbauwassermenge ohne grössere Verluste in den Kanal geleitet werden kann. Unmittelbar an die Fassung anschliessend, reguliert ein Streichwehr den Wasserspiegel, indem überschüssiges Wasser zurück in den Aabach gegeben wird.

## 5.2 Oberwasserkanal

Der Oberwasserkanal ist im oberen Teil als trapezförmiger Erdkanal mit einer variablen Sohlenbreite von 5m bis 6m gestaltet. Im unteren Teil, wo der Kanal durch einen bachseitigen Damm gebildet wird, wurde die Dichtigkeit und Stabilität des Kanals durch Betonauskleidungen verbessert.

Bei der bestehenden Ausbauwassermenge von  $1.4\text{m}^3/\text{s}$  wurden im Kanal eine Wassertiefe von ca. 1.0m und ein Energieliniengefälle von ca. 0.03% gemessen. Die Kanalkapazität wird durch Sandablagerungen, örtlichen Bewuchs und Unregelmässigkeiten vermindert. Werden leicht höhere Verluste zugelassen (bis 20cm), kann der heutige, 500m lange Kanal bis über  $2.5\text{m}^3/\text{s}$  transportieren.





Abb. 2: Oberwasserkanal mit Dammbedingung rechtsufrig

Am Ende des Oberwasserkanals befindet sich eine scharfe Rechtsbiegung zu den ehemaligen Produktionsgebäuden der Fa. Hämmerli. Vor dem Gebäudeeintritt liegt die Rechenanlage mit einer Reinigungsanlage in Form einer Kettenzugmaschine. Die Rechenanlage besitzt keine zusätzliche Abflusskapazität und muss in jedem Fall ersetzt werden.







Abb. 3: Bestehender Rechen mit Rechenreinigungsmaschine, rechts noch knapp sichtbar die automatische Leerschussschütze

### 5.3 Maschinenhaus und elektro-mechanische Ausrüstung

Das bestehende Maschinenhaus war ursprünglich zwischen den Fabrikationsgebäuden der Waffenfabrik Hämmerli angeordnet. Mit den verschiedenen Ausbauten im Areal wurde das Maschinenhaus schliesslich vollständig in die Gebäude integriert und besitzt keinen eigenen Zugang mehr.

Die technischen Daten des bestehenden Maschinensatzes lauten wie folgt:

- Francis-Schacht-Turbine mit stehender Welle
- Nettofallhöhe  $H_N$  3.32 m
- Ausbauwassermenge  $Q_A$  1400 l/s
- Drehzahl Turbine 260  $\text{min}^{-1}$

Die alte Francis-Maschine erlitt einen Lagerschaden und stand lange still. Im Jahre 2006 wurde dieser Schaden behoben und die Anlage wieder ans Netz gebracht. Laut Auskunft der Firma EPS, Cham, die den Besitzer beim Unterhalt unterstützt, ist die alte Maschine defektanfällig und lässt sich nicht mehr effizient betreiben.

Ein Neubau der Maschinengruppe am selben Standort würde grosse bauliche Veränderungen und eine Behinderung der im Areal eingemieteten Gewerbebetriebe auslösen.



## 5.4 Wasserrückgabe

Der betonierte Unterwasserkanal leitet das Wasser vom Turbinensaugrohr unter den Gebäuden durch und über ein kurzes offenes Stück von ca. 10 m Länge wieder dem Aabach zu.



Abb. 4: Wasserrückgabe vom Unterwasserkanal in den Aabach

Obwohl die Anlage in einem recht guten Zustand ist, lässt sich keine hohe Energieproduktion erwirtschaften. Das Potential dazu wäre jedoch vorhanden.

## 5.5 Heutige Jahresproduktion

Die Anlage stand ab ca. 2002 still (Lagerschaden). Die Wiederinbetriebnahme fand am 24. Nov. 2005 statt. Für die Periode vor dem Stillstand sind keine Produktionsdaten verfügbar (anderer Besitzer).

Für die Zeit seit der Reparatur wurden folgende Jahresproduktionen gemeldet:

- 2006: 183'184 kWh
- 2007: 199'757 kWh

Diese Produktionszahlen sind im Vergleich zur Anlage Oholten am Aabach der Entegra Wasserkraft AG, welche bei ähnlichem Gefälle (3.4m) eine mittlere Jahresenergie von 380'000kWh aufweist, relativ wenig und zeigt das hohe Ausbaupotential auf.





## 6 AUSBAUPROJEKT

### 6.1 Wasserdargebot und Restwasserdotierung

Zur Ermittlung der Abflussmengen wurden die Messpegel AG 346 Aabach – Lenzburg (Messungen seit 2000) und AG 347 Aabach – Seengen (Messungen seit 1979) herangezogen. Gemäss Angabe der kantonalen Behörden sind die Abflussdaten des Messpegels Lenzburg jedoch wegen einer instabilen Gewässersohle fehlerhaft.

Für die Beurteilung der erwarteten Jahresproduktion werden deshalb die Messdaten des entfernteren Pegels Seengen am Hallwilersee-Auslauf benutzt und auf das Einzugsgebiet des KW Hämmerli (173km<sup>2</sup>) extrapoliert.

**Dauerabflusskurve Aabach für KW Hämmerli in Lenzburg**

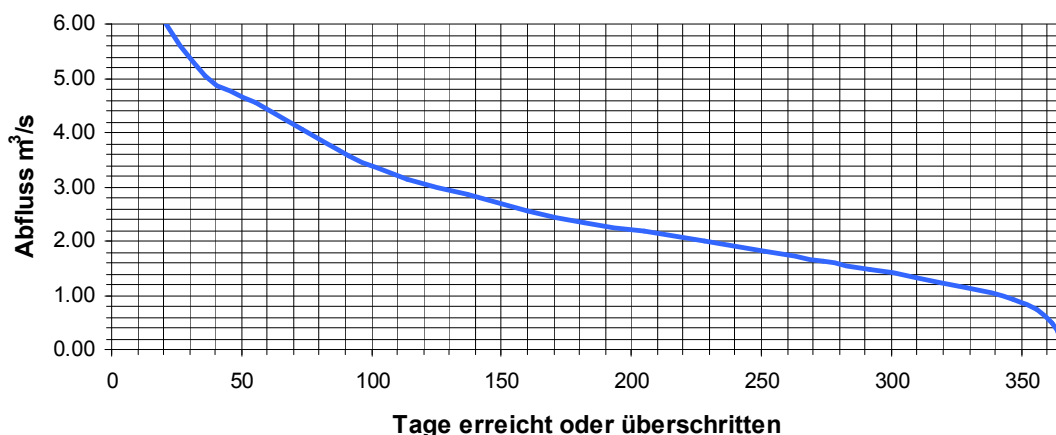


Abb. 5: Dauerabflusskurve Aabach an der Fassung des KW Hämmerli gemäss extrapolierten Abflussdaten des Pegels Seengen

Die gemäss den kantonalen Behörden vorgeschriebene Restwassermenge für das KW Hämmerli beträgt 460 l/s. Dies ist rund 10% mehr als die minimale Restwassermenge gemäss Artikel 31 des Gewässerschutzgesetzes (basierend auf einem  $Q_{347}$  von 930 l/s). Es steht den Kantonen frei, höhere Restwassermengen zu verlangen als gemäss GSchG.

Zusätzlich zur Restwassermenge muss noch eine Dotierwassermenge an den Selnaugraben abgegeben werden, der direkt oberhalb der Fassung Hämmerli abzweigt und, unter den Sportanlagen durch, in den renaturierten Gewässerbereich beim KW Tomasini führt.





Abb. 6: Selnaugraben oberhalb des Hämmerli-Wehres vom Aabach abzweigend (rechts) und Eintritt in den eingedolten Teil unter den Sportanlagen

Während den Begehungen vor Ort wurde festgestellt, dass die derzeitige Wasserabgabe in den Selnaugraben weniger als 40 l/s beträgt. Bei dieser Abflussmenge ist die Rohrleitung unter den Sportanlagen jedoch schon praktisch zur Hälfte gefüllt. Um einen reibungslosen Freispiegelabfluss jederzeit zu garantieren, sollte die Rohrleitung nur bis zu 75% gefüllt sein. Der entsprechende Abfluss liegt bei ca. 60 l/s. Dieser Abfluss wird als permanente Ausleitung vom Aabach direkt oberhalb des Hämmerliwehres angenommen.

Die Abflüsse, die dem Kraftwerk zur Verfügung stehen, ergeben sich aus der Dauerabflusskurve Abb. 4 abzüglich 460 l/s Restwasserdotierung und 60 l/s Abgabe an den Selnaugraben.

## 6.2 Ausbauwassermenge

Die optimale Ausbauwassermenge von Kleinwasserkraftwerken liegt bei einer Überschreitungsdauer von zwischen 55 und 80 Tagen. Mit den Abflussdaten gemäss Abschnitt 5.2 und den Dotierungen von total 520 l/s am Wehr ergeben sich Ausbauwassermengen von zwischen  $4.0\text{m}^3/\text{s}$  und  $3.35\text{m}^3/\text{s}$ . Es wird im Rahmen des Bauprojekts mit einer Ausbauwassermenge von  $3.60\text{m}^3/\text{s}$  gerechnet, die an rund 70 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht.





## 6.3 Bauliche Massnahmen

### 6.3.1 Übersicht

Wie schon erwähnt, ist eine neue grössere Maschinengruppe im bestehenden Gebäude nur mit grossem Aufwand und Einschränkungen für die eingemieteten Gewerbebetriebe unterzubringen. Es wurde deshalb in Absprache mit der Gold Effects AG beschlossen, ein neues Maschinenhaus am oberen Ende der bestehenden Gebäude anzuordnen. Damit wird der Oberwasserkanal verkürzt, gleichzeitig muss aber der Aabach entlang des Hämmerli-Areals eingetieft werden, um nicht Fallhöhe zu verlieren. Da dies durch den Abbruch des Tomasini-Wehrs natürlicherweise ohnehin geschieht, ist am Standort Hämmerli der Bau einer optimierten und relativ kompakten Wasserkraftanlage möglich.

### 6.3.2 Wehranlage und Wasserfassung

Das bestehende Stauziel von 403.65m ü.M. wird unverändert beibehalten. Damit wird keine zusätzliche Staustrecke geschaffen.

Um die Wehrkapazität von heute rund 25m<sup>3</sup>/s auf 32m<sup>3</sup>/s zu erhöhen, werden die Hubwerke angehoben und verlängert, so dass die Schützen eine Öffnung von 1.25m freigeben. Der Einbau eines neuen Verschlusses in Form eines Schlauchwehres oder einer Stauklappe wäre kostenintensiver, weil auch der Wehrunterbau aus Beton angepasst werden müsste.

Mit einem Überstau bis 404.60m ü.M. (=Stauziel + 0.95m) ist die leicht modifizierte Anlage imstande, das Dimensionierungshochwasser von HQ<sub>100</sub>=32m<sup>3</sup>/s abzuführen; der Überstau ist hier erwünscht, da im Oberwasser des Wehres eine Aufweitung des Aabaches vorgenommen worden ist und die Überflutung dieser auenähnlichen Zone vorteilhaft ist.

Durch das Höherlegen der Schützenkonstruktion wird im Hochwasserfall die Gefahr der Verklausung durch grobes Geschwemmsel gegenüber dem heutigen Zustand vermindert.

Die Wasserfassung wird unverändert belassen; die Einlaufschützen müssen jedoch fast vollständig geöffnet werden, um die Fallhöhenverluste bei Q<sub>A</sub> auf ca. 6cm zu begrenzen. Im Hochwasserfall HQ<sub>100</sub>, wenn die Einlaufschützen nicht geschlossen werden, gelangen rund 10m<sup>3</sup>/s Wasser in den Kanal. Über das bestehende, 10m lange Streichwehr nach der Fassung können rund 6m<sup>3</sup>/s wieder in den Aabach zurück gegeben werden, so dass der Oberwasserkanal noch 4m<sup>3</sup>/s bis zur Entlastung an der Turbine führen muss und dabei nicht ausufert.

### 6.3.3 Oberwasserkanal

Der bestehende Oberwasserkanal wird durchgehend auf eine Sohlenbreite von 6.5m und eine Wassertiefe von 1.35m ausgebaut (Böschungen V:H = 1 : 0.5). Die Sandablagerungen und der Bewuchs werden entfernt. Die Böschungen des Erdkanals werden mit Holzplanken abgedeckt. Dies vermindert die Reibungsverluste des mit rund 0.35m/s fliessenden Wassers und ermöglicht trotzdem einen Kontakt des Wassers mit dem anstehenden Boden, so dass die Habitate der Tiere und die laterale Vernetzung des Gewässers nicht verloren gehen. Die kostengünstige Holzauskleidung muss jedoch ca. alle zwölf Jahre erneuert werden. Diese Konstruktion wird seit vielen Jahren am Kraftwerk Oholten angewendet und hat sich gegenüber einer reinen Kanalauskleidung aus Beton bestens bewährt.



Der Kanal wird neu nur noch rund 400m lang. Die Fallhöhenverluste im Kanal können zu ca. 13cm geschätzt werden.

#### **6.3.4 Oberwasserbecken, Druckleitung und Maschinenhaus**

Der Oberwasserkanal führt auf der Höhe des ehemaligen Schiessstandes der Fa. Hämmerli in ein Oberwasserbecken von 5m Breite und 5m Länge. Das Becken wird oberwasserseitig mit einem Feinrechen und einer neuen automatischen Rechenreinigungsmaschine abgeschlossen. Der Rechen muss eine Tiefe von 1.5m haben, damit die Wassergeschwindigkeit am Rechen bei Volllast unter 0.5m/s fällt und der Rechenreiniger vom Typ Teleskopmaschine noch eine gute Reinigungsleistung aufweist. Der Wasserspiegel im Oberwasserbecken liegt damit auf Kote  $403.65\text{m} - 0.06\text{m} - 0.13\text{m} - 0.03\text{m} = 403.43\text{m}$ . Das Rechengut wird vom Reinigungsbalken in eine eingetauchte Rinne gezogen und ins Unterwasser geschwemmt. Damit wird die Biomasse dem Gewässer nicht entzogen.

Bei einem Schnellschluss des Maschinensatzes entsteht im Oberwasserkanal ein Stauschwall, der sich zur Fassung hoch bewegt. Über ein 10m langes Streichwehr sowie die frontal angeordnete Rechenrinne wird die ankommende Wassermenge an der Turbine vorbei in den Aabach zurückgegeben, bis der Maschinensatz wieder angefahren werden kann. Das Wehr wird nur bei länger andauerndem Betriebsausfall geöffnet.

Das neue Maschinenhaus kommt auf dem Gelände eines alten Lagerschuppens am oberen Ende des Hämmerli-Areals am Aabach-Ufer zu liegen. Die Distanz vom Oberwasserbecken bis zum Maschinenhaus (12m) wird mit einer erdverlegten Druckleitung DN 1800 aus GFK oder Stahl überwunden. Die Fallhöhenverluste in der Druckleitung betragen ca. 4cm (Einlaufverluste, Reibung). Die an der Turbine anstehende Druckhöhe liegt auf Kote 403.39m ü.M.

Das Maschinenhaus von  $L \times B = 6.5\text{m} \times 5.6\text{m}$  wird aus Lärmschutzgründen vollständig aus Beton erstellt. Der Maschinensatz kann mit einem Autokran über eine Revisionsöffnung im Dach ein- und ausgebaut werden. Auf einen fest installierten Kran im Maschinenhaus kann verzichtet werden. Das Maschinenhaus wird damit nur rund 3m hoch und behindert die Sicht von der Seonerstrasse auf den Aabach und die Strafanstalt Lenzburg nicht. Die erforderliche Bewilligung für „Bauen ausserhalb der Bauzone“ sollte damit nicht in Frage gestellt werden.

#### **6.3.5 Unterwasserkanal und Aabach-Eintiefung**

Im kurzen Unterwasserkanal (Beton) von 7m Länge wird ein Dammbalken von  $B \times H = 3.20\text{m} \times 1.20\text{m}$  mit Handantrieb direkt an die Saugrohrmündung fest installiert. Damit kann die Turbine jederzeit für Inspektionen und Revisionen (auch bei Hochwasser) vom Aabach getrennt werden.

Um die Fallhöhe der Turbine zu maximieren, wird das Tomasini-Wehr entfernt. Die heutige Schwelle liegt auf ca. 399.20m ü.M. und wird um ca. 0.40m abgetragen. Die entstehende Rückwärtserosion im Aabach wird durch eine Baggerung von max. 0.5m Tiefe verstärkt und beschleunigt, so dass sich an der Mündung des neuen Unterwasserkanals in den Aabach in 130m Entfernung von der Tomasini-Schwelle bei Volllast von  $3.6\text{m}^3/\text{s}$  (plus Restwasser) eine Wasserspiegelkote von 399.85m ü.M. einstellt. Der Unterwasserkanal wird konisch gestaltet, um die Fliessverluste beim Übergang vom Saugrohr und in den Aabach auf ca. 3cm zu reduzieren. Die Nettofallhöhe an der Turbine beträgt damit bei Volllast  $403.39\text{m} - 399.88 = 3.51\text{m}$



### **6.3.6 Elektro-mechanische Ausrüstung und Energieableitung**

Im Rahmen des vorliegenden Bauprojekts wird mit einer vertikal-achsigen Kaplan-turbine gerechnet, die entweder über einen Riementrieb einen Asynchrongenerator oder direkt einen permanent-magnetisch erregten Synchrongenerator (PMG) antreibt. Letzterer besticht durch einen sehr hohen Wirkungsgrad (keine Übersetzungsverluste, Erregung durch hoch-effiziente Magnete aus Seltene-Erde-Material).

Die technischen Daten lauten:

- Bruttofallhöhe 3.80m
- Nettofallhöhe 3.51m
- Nenndurchfluss 3.60m<sup>3</sup>/s
- Laufraddurchmesser 1000mm
- Nenndrehzahl Turbine 273min<sup>-1</sup>
- Max. Leistung elektrisch 100kW (mit PMG bis 106kW)

Die Netzanbindung erfolgt gemäss Angabe der Stadtwerke Lenzburg (SWL) in einer neuen Trafostation an der Zufahrt zum Areal Hämmerli in rund 150m Entfernung. Eine Transformation auf Mittelspannung ist damit nicht nötig. Das Niederspannungskabel kann im alten Kraftwerkskanal verlegt werden, welcher ab dem neuen Oberwasserbecken bis zur alten Zentrale mit Aushubmaterial vom Maschinenhaus zuschüttet und rekultiviert wird.

## **6.4 Umweltbelange**

### **6.4.1 Vernetzung**

Am bestehenden Wehr wird eine Fischaufstiegshilfe in Form eines Umgehungsgewässers erstellt. Die kantonalen Behörden haben hier bereits ein fertiges Projekt ausarbeiten lassen. Dieses sieht vor, die bestehende Ausleitung in den Selnaugraben zu nutzen und auf 520 l/s auszubauen. Nach der Unterquerung des Fussweges erfolgt eine Trennung des Wassers, wobei 60 l/s im Selnaugraben verbleiben und 460 l/s das Umgehungsgerinne speisen.

### **6.4.2 Restwasser**

Wie in Abschnitt 6.1 erläutert wird im Rahmen der vorliegenden Vorstudie mit einer Restwasserabgabe an der Fassung von 520 l/s gerechnet.

### **6.4.3 Bodenschutz, Altlasten, Grundwasser**

Im Bereich des vorgesehenen neuen Maschinenhauses werden Altlasten aus dem Schiessbetrieb der ehemaligen Gewehrfabrikation Hämmerli vermutet. Voraussichtlich sind nur die obersten max. 50cm belastet.

Das Aushubmaterial aus der Räumung des Oberwasserkanals, aus der Baugrube des Maschinenhauses (tiefere, unbelastete Schichten) und aus der Aabach-Eintiefung wird in jenem ca. 150m langen Teil des bestehenden Kanals eingebracht und entwässert, der in Zukunft nicht mehr verwendet und deshalb renaturiert wird.



Da das Stauziel an der Fassung und die Wasserführung im Kanal nicht verändert werden, ist mit keiner Beeinflussung der Grundwasserstände im Kraftwerksbereich zu rechnen.

#### 6.4.4 Lärm

Lärmemissionen gehen im umgebauten Kraftwerk nur von der Rechenreinigungsmaschine und vom Maschinenhaus aus. Da diese Anlageteile an das obere Ende des Hämmerli-Areals verlegt werden, ist bereits eine wesentliche Verbesserung der Lärm-Situation gegenüber heute möglich. Darüber hinaus werden die Immissionen auf die bewohnten Gebiete durch die folgenden Massnahmen unter die gesetzlichen Vorgaben (Planungswerte ES III, Nacht 50dB<sub>A</sub>) gedrückt:

- Einsatz eines hydraulisch angetriebenen Rechenreinigers (keine Kettenzugmaschine mehr wie heute) und eines ständig im Wasser eingetauchten Reinigungsbalkens (keine Kratzgeräusche auf der Schürze über dem Wasserspiegel).
- Neues Maschinenhaus vollständig aus Beton, welcher die höchste Dämpfung des Maschinenlärms ermöglicht.

### 6.5 Jahresenergie

Die Jahresenergie wird auf der Grundlage der Dauerabflusskurve aus Abschnitt 6.1, der berechneten Fallhöhe und des gewählten Maschinensatzes bestimmt, wobei im Moment mit der kostengünstigeren aber weniger effizienten Variante Asynchrongenerator gerechnet wird. Der mittlere gefasste Abfluss beträgt ca. 2m<sup>3</sup>/s. Die Anlage muss wegen ungenügender Wasserführung des Aabachs im Jahr an durchschnittlich 4 Wochen pro Jahr abgestellt werden. Darüber hinaus sind noch weitere 7 Tage Stillstand für Reparaturen, Revisionen und Hochwasser eingerechnet, so dass mit einer Jahresenergie von rund 500'000kWh gerechnet werden. Die nachfolgende Graphik zeigt den Leistungsplan der Anlage.

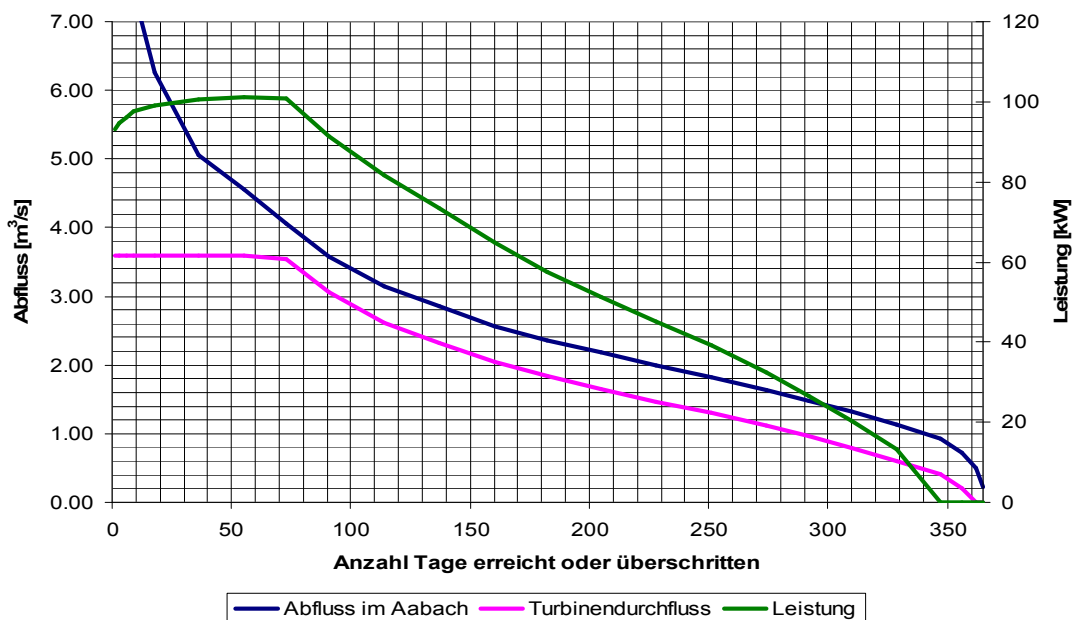


Abb. 7: Leistungsplan des ausgebauten Kraftwerks Hämmerli





## 7 WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG

### 7.1 Investitionskosten

Für die vorgesehene Gesamtinvestitionssumme beträgt rund CHF 1.84 Mio.. Die Details sind der nachfolgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

A	Wehr modifizieren und best. Kanal ausbauen	150'500
B	neues Maschinenhaus und integrierte OW-Becken und Druckleitung	423'500
C	neuer Unterwasser-kanal	33'000
D	Stahlwasserbau: Rechen und RRM, Spülschützen und Dammbalken	94'050
E	Elektromechanische Ausrüstung und Energieableitung	334'950
F	neue Fischaufstiegs-hilfe	115'500
G	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung, allgemeine Kosten	687'476
<b>Total Investitionskosten (ohne MWSt.)</b>		<b>1'838'976</b>

### 7.2 Betriebs- und Unterhaltskosten

Gemäss statistischen Erhebungen bei Kleinwasserkraftanlagen in der Schweiz liegen die Betriebs- und Unterhaltskosten einer 100kW-Anlage zwischen CHF 14'000.-- und 23'500.-- pro Jahr (siehe Abbildung). Es wird vorausgesetzt, dass Synergien mit dem Betrieb des Oberliegerkraftwerks Oholten der Entegra möglich sind und die Betriebs- und Unterhaltskosten des ausgebauten Kraftwerks deshalb mit nur CHF 16'000 angenommen werden dürfen.

### 7.3 Ertrag

Das Projekt Hämmerli gelangt in den Genuss der kostendeckenden Einspeisevergütung. Diese werden für die Ausbauleistung von rund 100kW auf ca. 29 Rp./kWh beziffert. Es ergeben sich damit Einnahmen aus dem Stromverkauf von rund CHF 145'000.-. Der Bruttoertrag liegt damit bei rund  $145'000 - 16'000 = 129'000.--$ .

### 7.4 Gestehungskosten

Die Stromgestehungskosten lassen sich aus den Annuitätskosten der Investition plus den geschätzten jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten dividiert durch die Jahresproduktion errechnen.

Werden die Investitionskosten von rund CHF 1.84 Mio. über 25 Jahre mit einem Zinssatz von 5% abgeschrieben und die jährlichen Betriebs und Unterhaltskosten mit CHF 16'000.- eingesetzt, so betragen die Stromgestehungskosten für das KW Hämmerli



rund 29 Rp./kWh. Damit lässt sich mit dem Kraftwerk eine Rendite von knapp über 5% erzielen.

## **8 SCHLUSSFOLGERUNG UND EMPFEHLUNG**

Um die energetische Nutzung am Standort Hämmerli zu optimieren, wird die Fallhöhe durch den Rückbau des Unterliegerkraftwerks erhöht und der alte Maschinensatz mit einer neuen grösseren Kaplan-Turbine ersetzt. Mit diesen Massnahmen gelangt das Kraftwerk in den Genuss der kostendeckenden Einspeisevergütung, durch welche das Kraftwerk wirtschaftlich betrieben werden kann. Es wird deshalb empfohlen, das Konzeptionsverfahren einzuleiten.

St. Gallen, August 2009

**entegra**ag  
wasserkraft

