



# KLEINWASSERKRAFTWERK MUNZINGERAREAL, DÜNNERN OLTEN VORPROJEKT

## Technischer Bericht

Ausgearbeitet durch

**Peter Eichenberger, Colenco Power Engineering AG**

Täferenstrasse 26, 5405 Baden-Dättwil, [peter.eichenberger@colenco.ch](mailto:peter.eichenberger@colenco.ch), [www.colenco.ch](http://www.colenco.ch)



## **Impressum**

Datum: 08. Juli 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](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Bereichsleiter: [bruno.guggisberg@bfe.admin.ch](mailto:bruno.guggisberg@bfe.admin.ch)

Projektnummer: 102143

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



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	4
Ausgangslage .....	5
Vorhandene Anlagen .....	5
Rechtliche Situation, Wasserrecht und Grundbesitz, Trägerschaft.....	5
Wasserdargebot .....	6
Wasserkraftpotential und untersuchte Varianten.....	6
Ausbauwassermenge.....	6
Vorhandene Gefälle und Ausbauvarianten .....	7
Beschrieb der projektierten Anlage .....	10
Wehranlage und Wasserfassung .....	10
Druckleitung .....	11
Unterwasserkanal.....	11
Maschinenhaus und elektro-mechanische Ausrüstung .....	12
Energieableitung .....	13
Betriebsart und Jahresproduktion .....	13
Umweltaspekte .....	14
Fischwanderung, Vernetzung .....	14
Dotierwassermenge .....	14
Geschwemmsel und Geschiebe .....	14
Lärmimmissionen .....	14
Natur- und Landschaftsschutz .....	14
Bauausführung .....	15
Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsrechnung .....	15
Investitionskosten.....	15
Betriebs- und Unterhaltskosten.....	16
Gestehungskosten .....	16
Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	16
Verzeichnis der benutzten Unterlagen, Literaturverzeichnis .....	17

## Beilagen:

Beilage 1: Kostenschätzung

Beilage 2: Berechnung der Gestehungskosten

## Planbeilagen:

76.1043.00.200      Übersichtsplan 1 : 2000

76.1043.00.201      Situation 1 : 1000



76.1043.00.202	Hydraulisches Längenprofil 1 : 1000 / 100
76.1043.00.203	Grundriss und Schnitte Maschinenhaus 1 : 100
76.1043.00.204	Wehr und Wasserfassung, Grundriss und Schnitte 1 : 100
76.1043.00.205	Normalprofil Druckleitung 1 : 100

## Zusammenfassung

Das vorliegende Vorprojekt zeigt, dass der Neubau eines Kraftwerks an der Dünnern am Munzingerareal in Olten technisch machbar und wirtschaftlich attraktiv ist. Die im Rahmen dieses Vorprojekts ausgearbeitete Anlage zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus:

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| ▪ Elektrische Nennleistung       | 345kW                |
| ▪ Bruttofallhöhe                 | 10.05m               |
| ▪ Nettofallhöhe                  | 8.75m                |
| ▪ Ausbauwassermenge              | 5.0m <sup>3</sup> /s |
| ▪ Jährliche Produktionserwartung | 1.6 GWh              |
| ▪ Gestehungskosten               | ca. 13 Rp./kWh       |

Es wird empfohlen, das Projekt näher an die Realisierung zu führen, indem die verschiedenen Randbedingungen und Annahmen mit den Behörden und den Grundeigentümern überprüft und die Akzeptanz des Projekts erstellt wird.



## Ausgangslage

Die Dünnern fällt in der Stadt Olten kurz vor der Mündung in die Aare über mehrere Stufen insgesamt ca. 12m ab. Im Bereich des Munzingerareals besteht eine Schwelle, die alleine einen Absturz von knapp 3.5m aufweist. Dieses Wasserkraftpotential der Dünnern wurde ursprünglich in verschiedenen Gewerbebetrieben genutzt. Mit dem Aufkommen der Grosswasserkraft in der Schweiz und dem Ausbau der Dünnern in Olten wurde der Betrieb dieser Kleinanlagen jedoch bereits in den 1930er Jahren eingestellt.

Aufgrund des steigenden Bedarfs an elektrischer Energie, insbesondere aus erneuerbaren Quellen, wird die Nutzung des starken Gefälles der Dünnern am Munzingerareal wieder attraktiv. Die ATEL Hydro AG, Boningen beauftragte deshalb die Colenco Power Engineering AG mit Schreiben vom 20. Februar 2007, ein Vorprojekt für eine neue Kleinwasserkraftanlage im Bereich des Munzingerareals auszuarbeiten. Die Unterstützung dieses Projekts durch das Programm Kleinwasserkraftwerke des Bundesamts für Energie (BfE) lag Anfang Juni 2007 vor, so dass die Studie im Juni / Juli 2007 ausgearbeitet werden konnte.

## Vorhandene Anlagen

Die Dünnern ist vom Pegel LH 2434 der Landeshydrologie bis zur Mündung in die Aare durchwegs kanalisiert und gepflästert. Sie fliesst hier in einem 10m breiten Rechteckprofil mit einer Niederwasserlinie von 1.80m Breite und 0.4m Tiefe. Die Abstürze von zwischen 0.5m und knapp 3.5m sind als Betonbauwerke ausgeführt. Gemäss ökomorphologischer Klassierung der Fliessgewässer des Kantons Solothurn muss die Dünnern in Olten als stark naturfremd und künstlich bezeichnet werden. Von den ursprünglichen Wasserkraftanlagen sind keine Bestandteile mehr vorhanden.

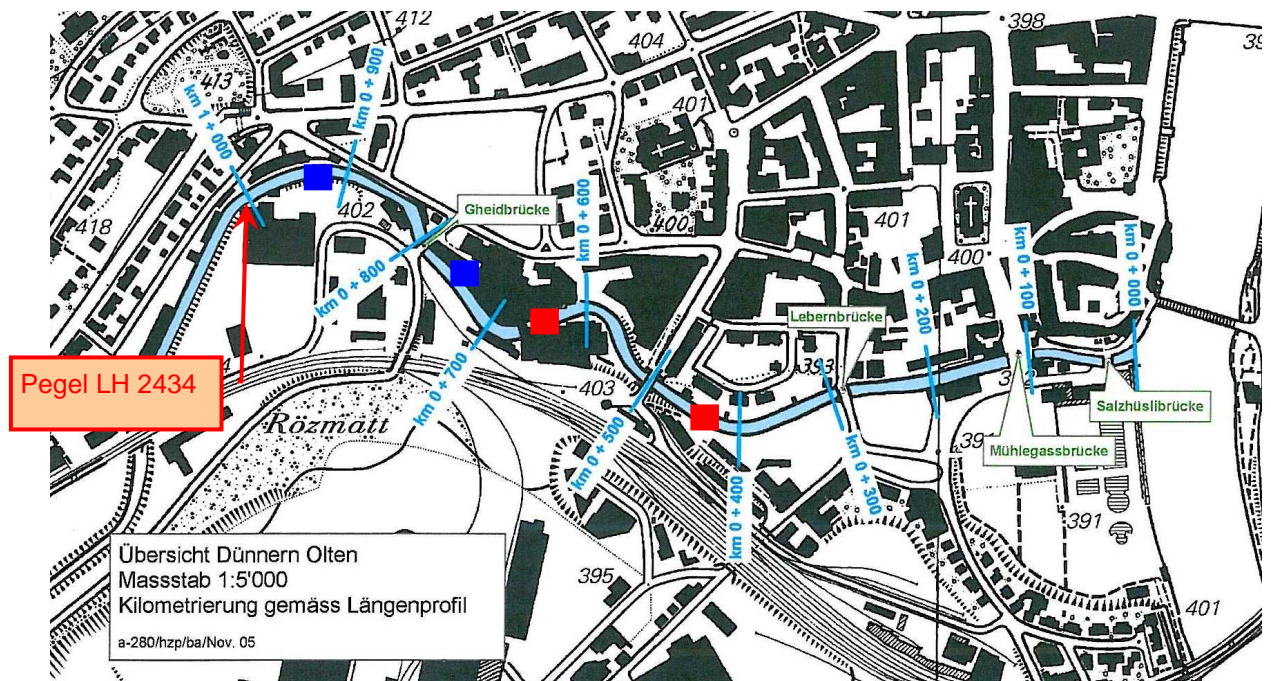


Abbildung 1:: Projektbereich mit der Dünnern in der Stadt Olten gemäss ökomorphologischer Klassierung mit den künstlichen Abstürzen und Bauwerken (Rechtecke) bis zur Aaremündung (Quelle Ref. [1], ergänzt mit Informationen des Amtes für Umwelt, Kanton Solothurn)

## Rechtliche Situation, Wasserrecht und Grundbesitz, Trägerschaft

Es sind im Unterlauf der Dünnern keine Wasserrechte mehr vorhanden. Für die geplante Kleinwasserkraftanlage muss eine neue Konzession beantragt werden.

Der Grundbesitz im Projektbereich ist mehrheitlich die öffentliche Gewässerparzelle sowie das Areal der Firma Munzinger. Diese unterstützt das Projekt, sofern Bau und Betrieb der Wasserkraftanlage



keine negativen Auswirkungen auf die Produktion der Firma Munzinger hat.

Als Projektträger tritt vorläufig die ATEL Hydro AG, Boningen auf.

## Wasserdargebot

Die Dauerlinie der Abflüsse wurde vom Pegel LH 2434 der Landeshydrologie abgeleitet. Der Pegel liegt am oberen Ende des Projektbereichs und gibt damit das Wasserdargebot relativ genau wieder (siehe Bild 1). Es sind praktisch lückenlose Daten über eine Dauer von 28 Jahren vorhanden (1978 bis 2005).

Das Einzugsgebiet der Dünern von 196km<sup>2</sup> liegt vorwiegend im Jura und unterliegt damit starken Schwankungen, da weder eine Vergletscherung noch eine grosse Höhenlage mit Schneeansammlungen für einen gewissen Ausgleich der Abflüsse sorgen. In einem nassen Jahr liegt der mittlere Abfluss über 5.0m<sup>3</sup>/s während in einem trockenen Jahr nur 2.0m<sup>3</sup>/s erreicht werden.

Die Abflussdaten des Pegels LH 2434 zeigen die folgende Charakteristik:

- $Q_{36} = 8.23 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittlich an 36 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten)
- $Q_{55} = 6.58 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{91} = 4.70 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{160} = 2.82 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{347} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$

Wegen der naturfremden Gewässerstruktur ohne Bewuchs und Breitenvariabilität hat die Dünern im Projektbereich kaum einen ökologischen Wert. Da eine Studie des Kantons zur möglichen ökologischen und ästhetischen Aufwertung der Dünern im Projektbereich zum Schluss kommt (siehe Ref. [1]), dass der Ersatz des künstlichen Gerinnes durch eine natürliche Sohle unter Wahrung der Hochwassersicherheit in der Stadt Olten nicht machbar ist, wird zumindest für die Varianten im Gebiet um das Munzingerareal keine Restwasserdotierung berücksichtigt.

## Wasserkraftpotential und untersuchte Varianten

### Ausbauwassermenge

Erfahrungen aus anderen Kleinwasserkraftwerksprojekten in der Schweiz zeigen, dass eine Ausbauwassermenge, die an 60 bis 80 Tagen in einem durchschnittlichen hydrologischen Jahr zur Verfügung steht, zu einer optimalen Ausnutzung des Wasserdargebots bei Niederdruckanlagen führt. Im vorliegenden Fall läge die optimale Ausbauwassermenge zwischen 5m<sup>3</sup>/s und 6m<sup>3</sup>/s. Aus obiger Dauerabflusskurve wird jedoch ersichtlich, dass die Abflüsse der Dünern bei Trockenheit stark abnehmen und die Anlage bei Verwendung von nur einem Maschinensatz in einem durchschnittlich nassen Jahr während 2 Monaten abgestellt werden müsste. In einem trockenen Jahr wären es noch mehr. Da wegen der engen Platzverhältnisse im Stadtgebiet von Olten kein Platz für ein grösseres Maschinenhaus besteht, wird die Option einer 2 Turbinenanlage nicht weiterverfolgt und ein Konzept mit nur einem Maschinensatz gewählt.

Um das Gesamtgefälle am Munzingerareal zu nutzen, werden Triebwasserwege von bis zu 400m Länge erforderlich. Mit der Wahl einer hohen Ausbauwassermenge, die nur an wenigen Tagen pro Jahr zur Verfügung steht, werden entweder die Kosten für grosskalibrige Rohrleitungen hoch oder die Druckverluste (bei der Wahl von kleineren Rohrleitungskalibern) steigen auf Werte von über 10% des Bruttogefälles an. Deshalb wird eine eher moderate Ausbauwassermenge gewählt, wie sie an Mitteldruckkraftwerken üblich sind.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird deshalb mit einer Ausbauwassermenge von 5.0m<sup>3</sup>/s gerechnet, die an durchschnittlich 82 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht. Diese Anlage kann bis zu einer minimalen Wassermenge von ca. 0.8m<sup>3</sup>/s noch wirtschaftlich betrieben werden und muss damit im Schnitt nur an ca. 1 Monat pro Jahr abgestellt werden.





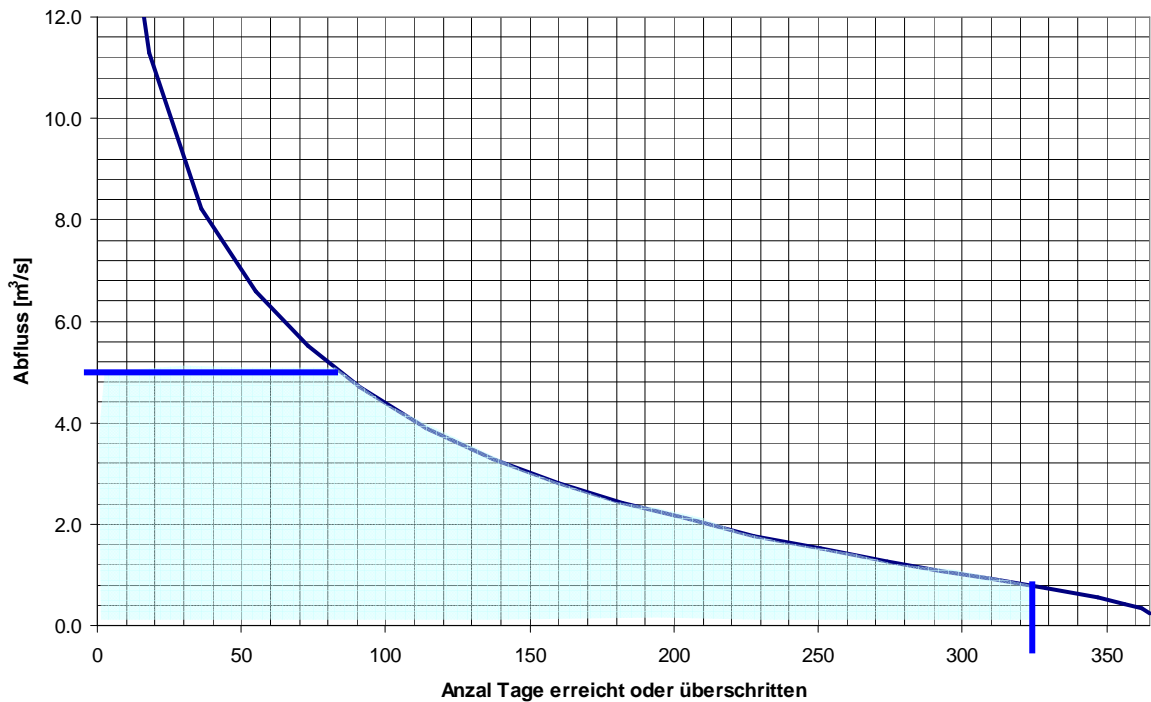


Abbildung 2:: Nutzbares Wasserdargebot für die gewählte Ausbauwassermenge von  $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$

### Vorhandene Gefälle und Ausbauvarianten

Die nutzbaren Gefälle an der Dünnern im Munzingerareal konzentrieren sich vor allem auf die folgenden vier Abstürze:

1. Absturz von ca. 0.65m am Pegel der Landeshydrologie bei km 1.0 ab Mündung der Dünnern in die Aare
2. Absturz von ca. 0.7m unterhalb der Gheidbrücke bei km 0.75
3. Absturz von ca. 3.4m im Munzingerareal bei km 0.65
4. Absturz von ca. 1.25m unterhalb der Hammerallee-Brücke bei km 0.43 ab Mündung

Zwischen diesen Abstürzen weist die Dünnern ein Längsgefälle von zwischen 0.5% und max. 1.0% auf.

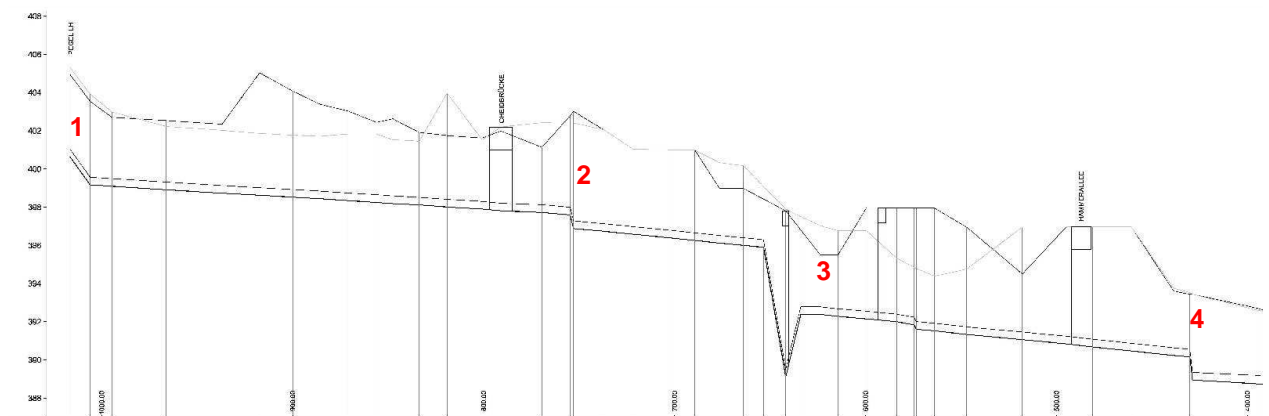


Abbildung 3:: Nutzbare Gefälle entlang der Dünnern

Als wichtige Randbedingung für die Anordnung des Kraftwerks muss die Position des Maschinenhauses angesehen werden. Im engen Stadtbereich konnte ein geeigneter Platz nur am unteren Ende des Munzingerareals bei der Hammerallee km 0.52 gefunden werden. Der letzte Absturz bei km 0.43 kann mit einem ca. 85m langen Unterwasserkanal noch genutzt werden. Damit sind nur noch die Lage der



Wasserfassung und die Führung der Druckleitung wählbar.

Die Nutzung des grössten Absturzes von 3.4m Höhe (Nr. 3) alleine unter Vermeidung langer Triebwasserwege scheitert an den engen Platzverhältnissen im Munzingerareal. Zudem liegen im Bereich dieses grössten Absturzes auch lebenswichtige Werkleitungen der Firma Munzinger, die nur mit grossem Aufwand und Risiko aus dem Baubereich des Wasserkraftwerks verlegt werden können.

Damit verbleiben die folgenden vier Ausbauvarianten:

**Variante 1, Lang: via Entlastungsstrasse – SBB Hammer (blau)**

**Variante 2, Mittel a): durch Werkhofareal via SBB Hammer (grün)**

**Variante 3, Mittel b): durch ehem. Färberei via Gheidweg u. SBB Hammer (gelb)**

**Variante 4, Kurz: im Dünnerbachbett (rot)**

Diese vier Varianten sind in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt.

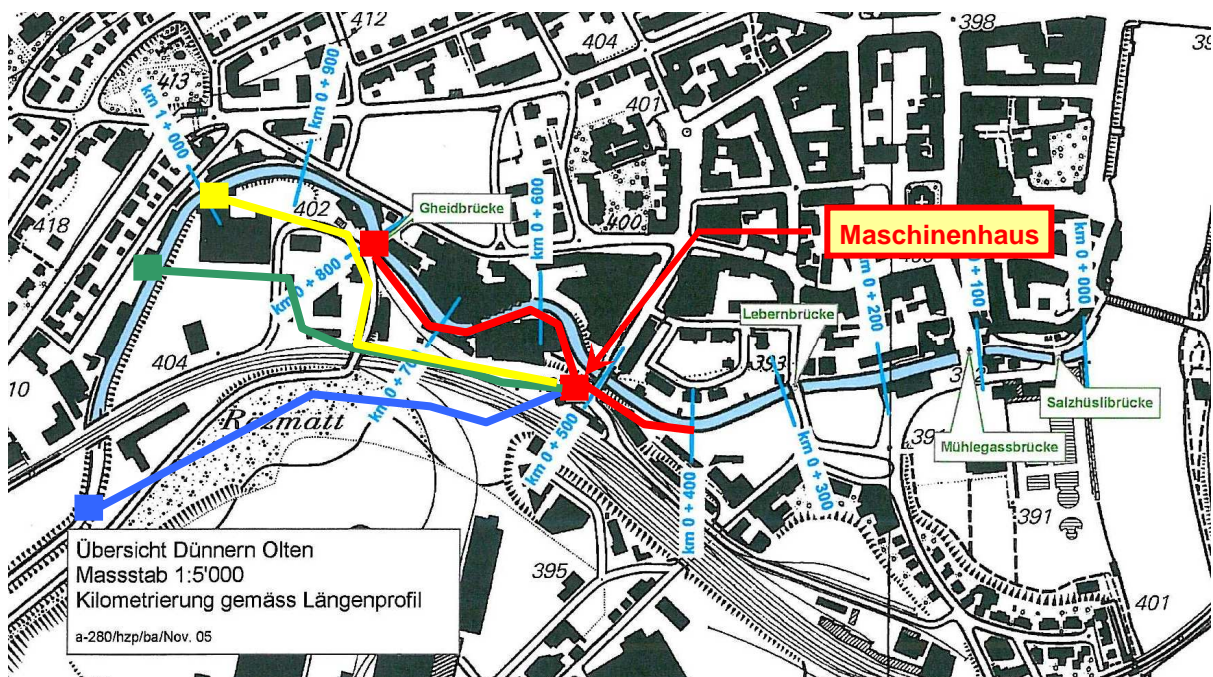


Abbildung 4:: Übersicht über die untersuchten Varianten

Die Lage des Maschinenhauses und der Unterwasserkanal von ca. 85m Länge ist bei allen Varianten identisch. Der Unterwasserspiegel liegt bei 389.55m ü.M.

- **Variante 1** fasst das Wasser noch oberhalb der Bahnbrücke über die Dünner im naturnahen Teil des Gewässers. Es muss daher eine Restwasserdotierung von mind. 300 l/s vorgesehen werden, was ca. 7% bis 10% Jahresenergie kostet. Die anschliessende Druckleitung kann entlang der geplanten Entlastungsstrasse (Kantonsstrasse H5b, siehe Ref. [3]) gebaut werden. Im Bereich des Bahnhofs Hammer unterquert die Druckleitung die Bahngeleise und erreicht das Maschinenhaus.
- **Variante 2** fasst das Wasser oberhalb des Pegels der Landeshydrologie noch im naturnahen Gewässerabschnitt. Damit ist auch hier eine Restwasserabgabe nötig. Beim Bau der Druckleitung durch das Werkhofareal ist mit Felsaushub zu rechnen (siehe Ref. [4]).
- **Variante 3** fasst das Wasser erst im naturfremden Betonkanal unterhalb des Pegels der Landeshydrologie. Eine Restwasserabgabe ist damit nicht vorzusehen. Die Druckleitungsführung durch das ehemalige Schlachthofareal liegt im Bereich von Fels und Ablagerungen, die verschmutzt sind (Altlasten, siehe Ref. [5]).
- **Variante 4** nutzt den Absturz der Dünner bei km 0.75, um eine Wasserfassung zu erstellen. Mit einem Aufstau der Dünner bis knapp zum Pegel der Landeshydrologie wird das Gefälle noch vergrössert, ohne die Triebwasserleitung zu verlängern. Im steilen Betonkanal wird die Staustrecke nur rund 265m lang.





Diese vier Varianten werden im folgenden einander gegenüber gestellt:

Tabelle 1: Varianten im Vergleich

<b>Nr.</b>	<b>Variantenbezeichnung</b>	<b>Hydraulische Daten</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
1	Lang: via Entlastungsstrasse	OW = 403.0m ü.M. $H_{\text{brutto}} = 13.45\text{m}$ $P_{\text{el}} = 485\text{kW}$ $L_{\text{Triebwasser}} = 600\text{m}$ $i = 2.3\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximale Nutzung des Gefälles</li> <li>Druckleitungsbau zusammen mit Entlastungsstrasse möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restwasserabgabe</li> <li>Lange Staustrecke von ca. 400m Länge</li> <li>Stauwurzel bei km 1.750</li> <li>Beeinträchtigung Pegel LH 2434</li> </ul>
2	Mittel a) durch Werkhofareal	OW = 403.0m ü.M. $H_{\text{brutto}} = 13.45\text{m}$ $P_{\text{el}} = 485\text{kW}$ $L_{\text{Triebwasser}} = 485\text{m}$ $i = 2.8\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximale Nutzung des Gefälles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restwasserabgabe</li> <li>Lange Staustrecke von ca. 650m Länge</li> <li>Beeinträchtigung Pegel LH 2434</li> <li>Druckleitung im Fels durch Werkhofareal</li> <li>Werkhofbau bereits in Ausführung</li> </ul>
3	Mittel b) durch Schlachthofareal	OW = 400.0m ü.M. $H_{\text{brutto}} = 10.45\text{m}$ $P_{\text{el}} = 375\text{kW}$ $L_{\text{Triebwasser}} = 575\text{m}$ $i = 1.8\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tangiert Pegel LH nicht</li> <li>Kein Restwasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Druckleitung im Fels durch Areal</li> <li>Altlasten</li> <li>Schlachthofüberbauung bald in Ausführung</li> </ul>
4	Im Bachbett mit Aufstau	OW = 399.6m ü.M. $H_{\text{brutto}} = 10.05$ $P_{\text{el}} = 345\text{kW}$ $L_{\text{Triebwasser}} = 325\text{m}$ $i = 3.1\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tangiert Pegel nicht</li> <li>Kein Restwasser</li> <li>Kurze Staustrecke von 265m Länge</li> <li>Optimales Verhältnis Fallhöhe zu Triebwasserlänge</li> <li>Synergie mit Wasserbau (Bachbett-erneuerung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwierige Bauausführung im Kanal (Zugang, Hochwassergefahr)</li> <li>Teure Bauausführung wegen Fels im Kanal</li> </ul>

Die Varianten 1 und 2 sind nicht nur wegen der langen Triebwasserwegen sondern auch aus ökologischen Gründen eher abzulehnen (lange Staustrecken mit langsamen Fliessgeschwindigkeiten im naturnahen Gewässerteil). Die Varianten 2 und 3 können kaum mehr im Zuge der Arealgestaltung ausgeführt werden, da beide Bauvorhaben (Werkhof und Schlachthofüberbauung) bereits weit fortgeschritten sind.

Variante 4 ist in allen Belangen am attraktivsten und wird deshalb als einzige weiterverfolgt.



## Beschrieb der projektierten Anlage

### Wehranlage und Wasserfassung

Die Wehranlage mit Wasserfassung wird beim bestehenden Sohlenabsturz oberhalb km 0.8 angeordnet. Die Ausleitung kann entweder links oder rechtsufrig erfolgen. Es wird eine rechteckige Einlauföffnung in die bestehende Ufermauer geschnitten, die mit einem Lochblech von 2m Höhe und 5m Länge und einem vertikalen Rechenreinigungsbalken ausgerüstet wird. Das eigentliche Fassungsbauwerk wird als rechteckiger Betonschacht ausserhalb des Dünneringerinnes mit den Massen  $L \times B \times H = 7m \times 4m \times 6.9m$  ausgeführt.

Die Ausgestaltung der Wasserfassung richtet sich nach den folgenden drei Hauptkriterien:

1. Ein **möglichst hoher Aufstau der Dünner**, um ein maximales Nutzgefälle zu erzielen; dem Aufstau sind jedoch wegen der in die Dünner einmündenden Entwässerungen oberhalb der Fassung Grenzen gesetzt, die im Rahmen der Vorstudie noch nicht genau beziffert werden können. Als vorsichtig gewählter Aufstau wird 1.60m ab Bankett der Dünner angenommen. Damit ergibt sich ein Oberwasserspiegel von 399.60m ü.M.. Die Stauwurzel reicht damit bis knapp unterhalb des Pegels der Landeshydrologie.
2. Schaffung einer **freien Wasseroberfläche** zur Regulierung der Turbine mit langen Triebwasserwegen. Mit dem aus dem ersten Kriterium gewählten Aufstau von 1.6m ab Bankett ergibt sich eine freie Wasseroberfläche von ca.  $2500m^2$ , die für die Regulierbarkeit der Niederdruckanlage mehr als ausreichend ist.
3. Schaffung einer **genügenden Überdeckung für die Druckrohrleitung**, die im felsigen Untergrund aus Kostengründen nur untief verlegt werden kann. Die Rohrüberdeckung vom Scheitel bis zum Normalwasserspiegel muss bei der gewählten Ausbauwassermenge von  $5.0m^3/s$  ca. 2.2m betragen.

Die Wehranlage mit Wasserfassung wird mit den folgenden Organen ausgerüstet:

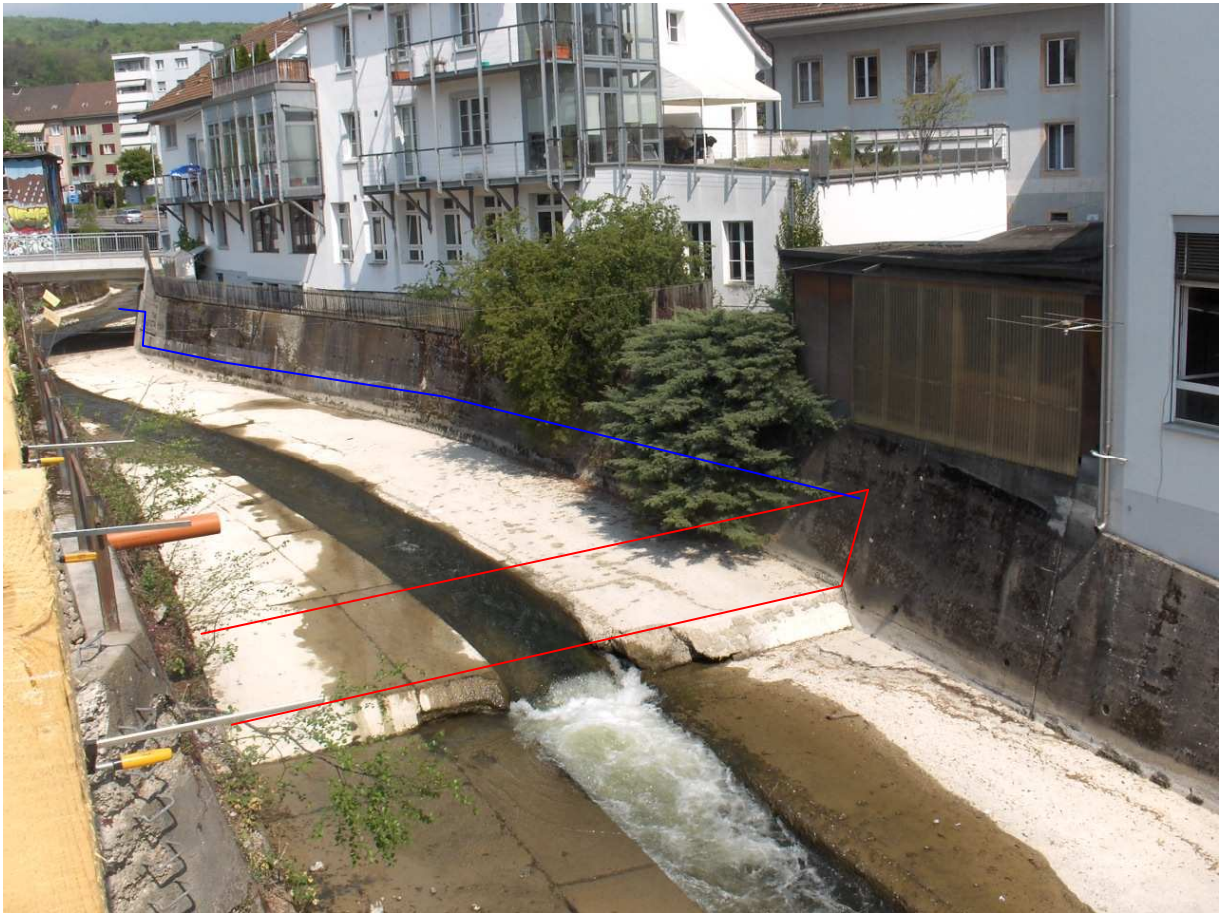
- Stauklappe von 10m Breite und 1.70m Höhe mit hydraulischem Antrieb
- Einlaufschütze vor Druckrohr mit elektrischem Antrieb, die zu Revisionszwecken die Anlage von der Dünner isolieren kann. Diese Einlaufschütze wird auch im Notfall (Leitapparat der Turbine klemmt) zum sicheren Abstellen der Turbine genutzt, d.h., sie muss auch unter Durchfluss schliessen können. Auf ein Ventil vor der Turbine wird deshalb verzichtet.
- Spülleitung DN 300 mit Ventil zum Spülen von Ablagerungen in der Wasserfassung
- Bedienplattform im Betonschacht, über die der Antrieb der Einlaufschütze erreicht werden kann

Auf eine Geschiebespülschütze in der Wehrschwelle wird verzichtet. Das durch die Stauklappe gebildete Stauvolumen ist mit rund  $2200m^3$  relativ gering, so dass Geschiebe durch Umlegen der Klappe und Aufgabe der Stauhaltung gespült werden kann. Im betonierten Dünnerkanal ist das rasche Ablassen und Aufstauen problemlos möglich, da weder Badende noch Gewässerfauna und -flora dabei gefährdet werden.

Der Zugang zur Wasserfassung erfolgt via Parkplätze des Munzingerareals. Der Einstieg in den Schacht zu den Schaltschränken und Hydraulikaggregaten der Stauklappe, der Einlaufschütze und des Rechenreinigers geschieht über einen Einsteigeschacht oder – falls durch die Firma Munzinger erlaubt – durch einen ca. 3m hohen Aufbau mit Zugangstüre und Treppenabgang.

Die Wasserfassung mit Wehrbauwerk ist im Plan Nr. 00.203 dargestellt.





*Abbildung 5: Vorgesehener Standort der Wasserfassung. Die defekte Betonsohle am Absturz wird mit einer Fundamentplatte für die 1.6m hohe Stauklappe ersetzt. Die Ausleitung ist links- oder rechtsufrig durch die bestehenden Ufermauern möglich.*

### **Druckleitung**

Die Druckleitung wird im Bankett der Dünnern einbetoniert. Gemäss einer Zustandserfassung und Massnahmenplanung des Büros E. Pfister AG, Olten vom Dezember 2003 resp. September 2004 ist mittelfristig eine vollflächige Betonsanierung des Dünnerngerinnes nötig. Im Bereich der Druckleitungsführung kann diese Sanierung ev. vorgezogen und als gemeinsames Kraftwerks- und Wasserbauprojekt ausgeführt werden, um Synergien zu nutzen.

Der optimale Druckrohrleitungsdurchmesser ergibt sich aus den gegenläufigen Forderungen der Druckverlustminimierung einerseits und der Begrenzung der Baukosten andererseits. Im vorliegenden Fall liegen die Baukosten der Druckleitung wegen der unter den Betonplatten des Dünnerngerinnes vorhandenen Felsens besonders hoch, so dass ein eher kleiner Rohrdurchmesser gewählt werden muss. Es wird ein glasfaserverstärktes Kunststoffrohr GFK von DN 1600 gewählt. Das Rohr wird auf der gesamten Länge einbetoniert.

Die Druckverluste bei der Ausbauwassermenge von  $Q_A=5.0\text{m}^3/\text{s}$  betragen ca. 0.80m. Darin sind auch Rechenverluste am Lochblech von ca. 0.05m (bei leichter Belegung mit Laub und Algen) inbegriffen.

Das Normalprofil der Druckleitung ist in Plan Nr. 00.204 dargestellt.

### **Unterwasserkanal**

Um den letzten zu nutzenden Absturz der Dünnern vor der Mündung in die Aare bei km 0.43 vom gewählten Standort des Maschinenhauses bei der Hammeralleebrücke aus zu nutzen, wird ein 85m langer Unterwasserkanal nötig. Dieser wird ebenfalls in das Bankett der Dünnern gelegt und mit einem einbetonierten Rohr DN 1600 (GFK) ausgeführt. Die Druckverluste im Unterwasserkanal betragen ca. 0.5m; darin sind auch die Auslaufverluste beim Übergang des Rohrs in die Niederwasserrinne der Dünnern inbegriffen.







Abbildung 6:: Vorgesehene Rückgabe des Wassers am Ende des 85m langen Unterwasserkanals

### Maschinenhaus und elektro-mechanische Ausrüstung

Die technischen Daten der elektro-mechanischen Ausrüstung lauten wie folgt:

- Ausbauwassermenge:  $Q_A = 5.0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Min. Durchflussmenge: ca.  $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$
- Bruttofallhöhe:  $H_{\text{brutto}} = 10.05 \text{ m}$
- Verluste im Triebwasserweg:  $\Delta h = \text{ca. } 1.30 \text{ m}$
- Nettofallhöhe:  $H_{\text{netto}} = 8.75 \text{ m}$
- Saughöhe:  $H_{\text{saug}} = \text{ca. } +1.0 \text{ m}$  bei Volllast; ca.  $+1.6 \text{ m}$  bei min.  $Q_{\text{Turbine}}$

Die erforderliche Saughöhe von ca. +1m bei Volllast ergibt sich aus dem Wunsch, das Maschinenhaus mit dem Saugrohr und dem anschliessenden Unterwasserkanal nicht zu tief in den Fels gründen zu müssen. Mit diesen zusätzlichen Bedingungen auf der Saugseite muss ein grösseres Laufrad gewählt werden, als wenn die Maschine am Unterwasserspiegel eingebaut werden könnte. Es wird eine doppeltregulierte Kaplan turbine mit schräger Wellenlage gewählt, die die folgenden Abmessungen und technischen Daten hat:

- Laufraddurchmesser: ca. 1000mm
- Drehzahl: ca.  $430 \text{ min}^{-1}$
- Turbinenwellenleistung: ca. 380kW

Die Direktkupplung an einen Synchrongenerator ist bei dieser tiefen Drehzahl nicht ideal. Es wird deshalb eine Drehzahlerhöhung mit Flachriemen gewählt. Die Nenndrehzahl des Synchrongenerators soll  $1000 \text{ min}^{-1}$  betragen. Die elektrische Maximalleistung beträgt rund 350kW.

Das geplante Maschinenhaus liegt oberhalb der Hammeralleebrücke. Gemäss Planung der Stadt Olten soll im Bereich der bestehenden Brücke ein neuer Fussgängersteg auf tieferem Niveau gebaut





werden. Diese neue Verbindung soll die Stationsstrasse und den Bahnhof unterqueren und das Hunzikerareal (Olten Südwest) erschliessen. Das vorliegende Projekt nimmt auf diese neue Verbindung Rücksicht, indem das Maschinenhaus nicht direkt an das Widerlager der Hammeralleebrücke sondern an das untere Ende des Teerplatzes des Munzingerareals gelegt wird. Die Rückwand des Maschinenhauses liegt in der Böschung zur Stationsstrasse (siehe Bild unten).

Die Abmessungen des Maschinenhauses sind  $L \times B \times H = 6.8\text{m} \times 4.5\text{m} \times 4.5\text{m}$  (sichtbarer Teil). Der Zugang erfolgt von der Stationsstrasse über eine Treppe in der Böschung auf das Niveau des Munzingerareals. Der Maschinensatz wird über eine runde Öffnung im Dach (mit Betondeckel) per Auto-kran eingesetzt und kann in gleicher Weise für Revisionszwecke ausgebaut werden.

Das Maschinenhaus ist im Plan Nr. 00.205 dargestellt.

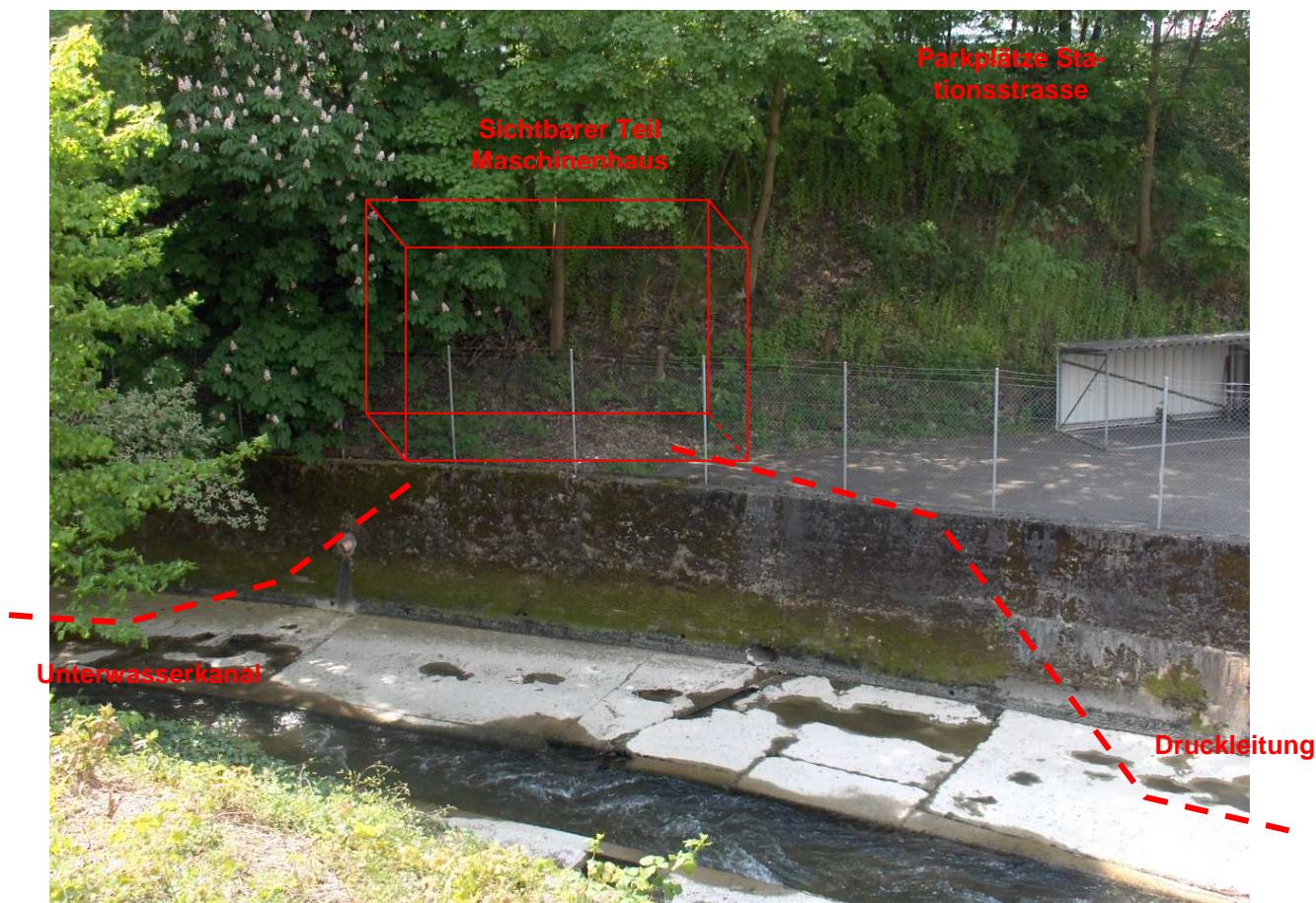


Abbildung 7.: Schematische Lage des Maschinenhauses am unteren Ende des Munzingerareals in der Böschung zur Stationsstrasse beim Bahnhof Hammer

### Energieableitung

Die Anbindung an das öffentliche Versorgungsnetz der Aare Energie AG geschieht auf der Niederspannungsebene. Mögliche Anschlusspunkte befinden sich in unmittelbarer Nähe in der Stationsstrasse. Die Kabelverbindung kann allenfalls zusammen mit dem geplanten Bau der Fussgänger-Verbindung Hammerallee – Olten Südwest gebaut werden, falls die Projekte zeitlich nicht allzu sehr auseinander liegen.

### Betriebsart und Jahresproduktion

Es wird kein Schwellbetrieb gefahren. Das Stauziel wird konstant auf 399.60m ü.M. gehalten. Fällt der Zufluss der Dünern unter ca.  $0.8\text{m}^3/\text{s}$ , muss die Anlage abgestellt werden; dies ist im Durchschnitt an gut 1 Monat pro Jahr der Fall.

Der Betrieb der Anlage wird voraussichtlich durch die ATEL Hydro AG bestritten. Für die Überwachung der wasserbaulichen Aspekte der Anlage (Hochwasser, Geschiebe, Geschwemm- sel) sowie allgemeine Unterhaltsarbeiten wie Reinigung und Schmierung wird ein ortsansässiger Handwerker oder ein Pensionär engagiert. Der automatische Kraftwerksbetrieb wird via Signalübertragung (Telefonleitung) direkt durch die ATEL Hydro AG, Boningen überwacht.





Der Leistungsplan des Kraftwerks präsentiert sich wie folgt:

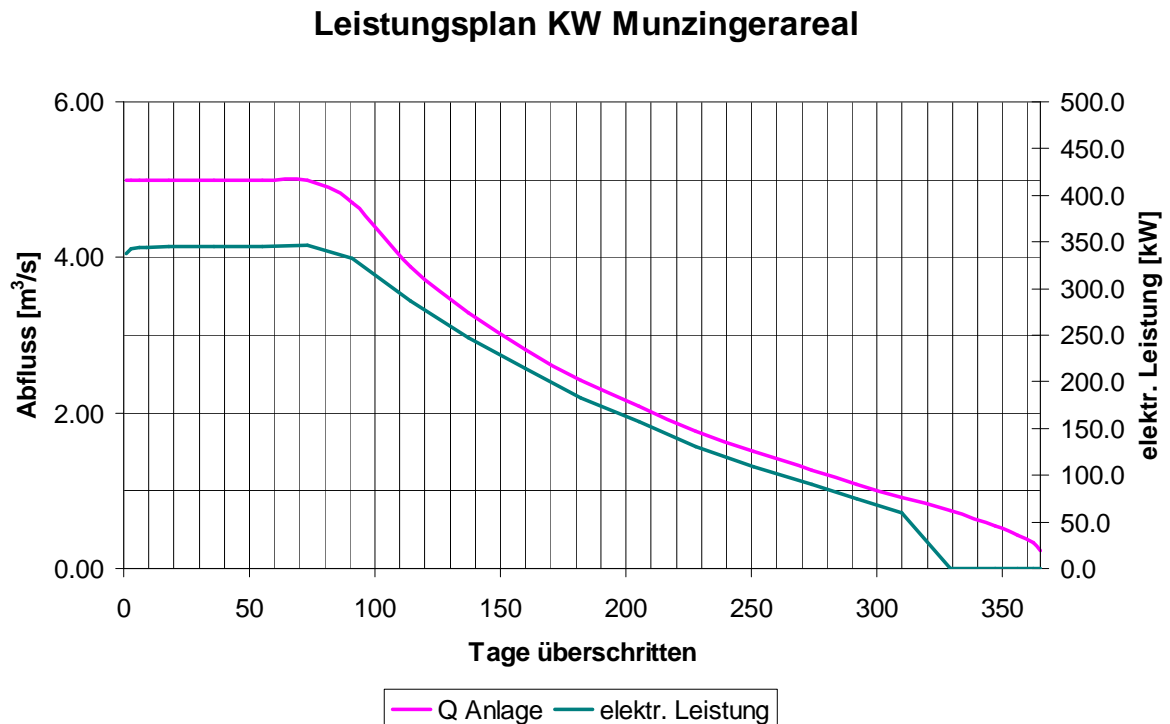


Abbildung 8: Leistungsplan

Die Jahresproduktion beträgt in einem mittleren hydrologischen Jahr rund **1.60GWh**. Dabei sind der Eigenbedarf für die Hydraulikaggregate und die Beleuchtung sowie rund 2 Wochen Betriebsausfall für Reparaturen, Revisionen und Hochwasser eingerechnet.

## Umweltaspekte

### Fischwanderung, Vernetzung

Eine Fischwanderung ist im gepflasterten und steilen Dünnergerinne mit vielen hohen Abstürzen nicht beobachtet worden und wird im vorliegenden Projekt nicht berücksichtigt.

### Dotierwassermenge

Es wird keine Restwasserdotierung erforderlich, da im verbauten Gerinne auch mit Restwasser keine Gewässerflora und -fauna überlebensfähig ist.

### Geschwemmsel und Geschiebe

Geschwemmsel und Geschiebe werden sich in der Stauhaltung hinter der Stauklappe absetzen. Da das Stauvolumen gering ist, kann die Klappe bei Hochwasser regelmässig ganz umgelegt werden, um Geschiebe und Geschwemmsel intermittierend weiter zu leiten. Wegen der kurzen Distanz von nur 750m zur Mündung der Dünner in die Aare und dem verbauten Gerinne ohne ökologischen Wert ist dieses Vorgehen statthaft.

### Lärmimmissionen

Lärmprobleme sind durch die gewählte Lage des Kraftwerks im Gewerbe- und Industriegebiet des Munzingerareals als gering einzustufen. Zudem wird der Kraftwerksbetrieb mit der gewählten massiven Betonkonstruktion des Maschinenhauses praktisch nicht hörbar.

### Natur- und Landschaftsschutz

Der gesamte Bereich der Triebwasserwege tritt von aussen nicht in Erscheinung, da die Druckleitung und der Unterwasserkanal erdverlegt sind.



Einzig die Stauhaltung von 265m Länge sowie das fast trocken gelegte Betongerinne entlang der Triebwasserwege zeugen vom Kraftwerksbetrieb. Die Stauhaltung könnte durch Geschwemmsel im langsam fliessenden Staubereich negativ auffallen. Der Betreiber wird organisches Material deshalb regelmässig ablassen und Zivilisationsmüll entfernen müssen, um keine Geruchsbelästigungen aufkommen zu lassen. Die „Restwasserstrecke“ wird vor allem durch seitliche Zuläufe (Entwässerungen) gespiesen, die dank der Niederwasserrinne und dem hohen Längsgefälle der Dünnern konzentriert abfliessen und damit ebenfalls kaum Geruchsbelästigungen verursachen.

## Bauausführung

Die Bauausführung richtet sich nach der Wasserführung der Dünnern, da die Triebwasserwege (Druckleitung, Unterwasserkanal) im Bankett des verbauten Gerinnes nur bei Niederwasser erstellt werden können. Aufgrund der Messungen am Pegel der Landeshydrologie von 1978 bis 2005 lässt sich jedoch keine eigentliche Hochwassersaison ausmachen: Extremabflüsse wurden auch in den Wintermonaten Dezember, Februar und März beobachtet.

Damit müssen die Bauarbeiten in der Dünnern in kurzen Etappen ausgeführt werden, so dass die offenen Gräben bei annahenden Gewittern rasch gesichert werden können. Dieses etappenweise Vorgehen verlängert und verteuert die Bauarbeiten. Auch die engen Platzverhältnisse im Munzingerareal verhindern eine rasche Bauausführung.

Diese spezifischen Bedingungen am Standort werden in der folgenden Kostenschätzung berücksichtigt. Die geschätzten Kosten für die allgemeinen Installationen des Bauunternehmers und die Wasserhaltung wurden jedoch nur teilweise dem Kleinwasserkraftwerk angelastet, da erwartet wird, dass die Dünnernsanierung durch Kanton und Gemeinden gleichzeitig ausgeführt wird und sich dadurch Synergien für beide Projekte ergeben.

## Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsrechnung

### Investitionskosten

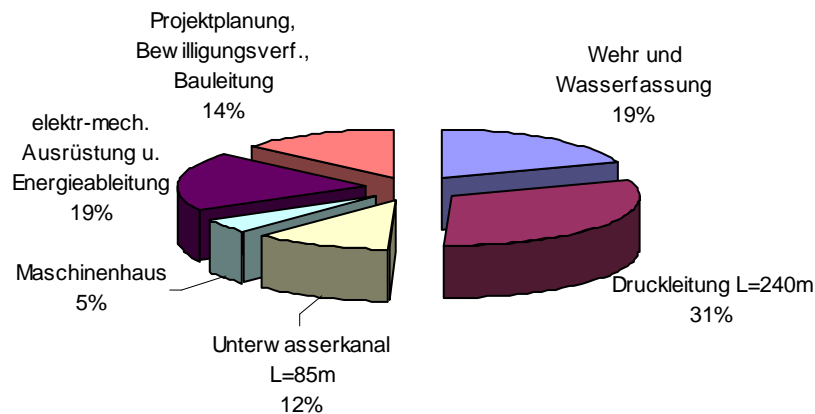
Die Planungs- und Baukosten des Kraftwerks Munzingerareal lassen sich wie folgt schätzen (Genauigkeit  $\pm 25\%$ ):

Tabelle 2: Kostenvoranschlag

A	Wehr und Wasserfassung	558'000
B	Druckleitung L=240m	898'000
C	Unterwasserkanal L=85m	341'000
D	Maschinenhaus	140'000
E	elektr-mech. Ausrüstung u. Energieableitung	548'000
F	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	396'000
Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]		<b>2'881'000</b>
MWSt. 7.6%		218'956
<b>Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)</b>		<b>3'100'000</b>

Details der Kostenschätzung können Beilage 1 entnommen werden.





### Betriebs- und Unterhaltskosten

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

jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 345kW-Anlage:

CHF 48'000.-

### Gestehungskosten

Die folgenden Parameter werden zur Berechnung der Stromgestehungskosten angenommen:

- Kalkulatorischer Zinssatz, inflationskorrigiert i = 4%
- Kalkulatorische Nutzungsdauer n = 40 Jahre

Mit diesen Ausgangsdaten lassen sich Gestehungskosten von rund **Rp. 13/kWh** errechnen. Da die Ausgestaltung der kostenbasierten Einspeisevergütung nach Energiegesetz noch nicht bekannt ist, kann die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerks Munzingerareal noch nicht abschliessend beurteilt werden. Jedoch scheinen Gestehungskosten von unter Rp. 15/kWh auch mit der neuen Gesetzgebung attraktiv zu sein. Wird die Nutzungsdauer auf eine Amortisationszeit von 30 Jahren reduziert, erhöhen sich die Gestehungskosten auf gut Rp. 14/kWh, bleiben aber noch im Bereich von machbaren Anlagen.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das vorliegende Vorprojekt zeigt, dass die Realisierungschancen eines Kleinwasserkraftwerkes an der Dünneren am Munzingerareal hoch sind, da die Gestehungskosten mit ca. Rp. 13/kWh in einem attraktiven Bereich liegen.

Als nächste Schritte sind die Annahmen bezüglich Restwasser und Dünneransanierung mit den Behörden zu überprüfen und insbesondere die Akzeptanz eines Dünneraufstaus über 265m mit den Stadtbehörden zu erörtern. Im Weiteren müssen auch die Verantwortlichen der Firma Munzinger begrüsst werden, um die vorgesehenen Zugänge über das Firmenareal für Bau, Betrieb und Unterhalt der Wasserfassung und des Maschinenhauses zu bewilligen.



## Verzeichnis der benutzten Unterlagen, Literaturverzeichnis

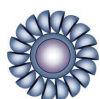
- [1] *Bau- und Justizdepartement des Kantons Solothurn, Amt für Umwelt : **Dünnern Olten**, Möglichkeiten und Machbarkeiten einer Aufwertung des Dünnerngerinnes zwischen dem Pegel der Landeshydrologie und der Mündung der Dünnern in die Aare, Hunziker, Zarn & Partner, November 2005*
- [2] *Kant. Tiefbauamt Solothurn, Amt für Wasserbau: **Längenprofil der Dünnernkorrektur**, 1943*
- [3] *Amt für Verkehr und Tiefbau: **Kantonsstrasse H5b, Entlastung Region Olten, Bauprojekt Situation 1 : 1000, Abschnitt Olten** IG BEROBE, c/o BSB, Oensingen, Okt. 2006*
- [4] *Geologiebüro J. Haller, Gretzenbach: **Sondierungen für Projekt Werkhofneubau, Gheidweg, Olten** Juni / Juli 2005*

Baden, im April 2007

*Colenco Power Engineering AG  
Wasserbau und Umwelt*

Dr. Dieter Müller  
Leiter Geschäftsbereich

Peter Eichenberger  
Projektleiter



## Kostenschätzungen für Bauteile und Ausrüstung

### Kostenschätzung Wehr und Wasserfassung

April 2007 - EIP

Pos.	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	55'000
2	Wasserhaltung	-	p	-	15'000
3	Baugrubenumschliessung Fassung	-	p	-	28'000
4	Betonbohren, -fräsen, Betonabbruch	-	p	-	18'000
5	Aushub, Lockermaterial	m <sup>3</sup>	120	35.00	4'200
6	Aushub, Fels	m <sup>3</sup>	100	85.00	8'500
7	Beton inkl. Schalung, Armierung	m <sup>3</sup>	120	550.00	66'000
8	Metallbauteile: Plattform, Einstiegsdeckel	-	p	-	17'500
9	Hinterfüllen des Bauwerks	-	p	-	9'500
10	Stauklappe 10m breit, 1.7m hoch	-	p	-	185'000
11	Spülrohr DN 300, HDPE Kanal	m	6	75.00	450
12	Spülschieber WAGU mit Handantrieb	-	p	-	3'500
13	Lochblech	m <sup>2</sup>	10	450.00	4'500
14	Rechenreiniger	-	p	-	25'000
15	Einlaufschütze mit Antrieb	-	p	-	28'000
16	Netzanschluss	-	p	-	12'000
17	Rückschlagklappen auf Entwässerungen	-	p	-	22'000
18	Nachträglicher Auflad von Abbruchmaterial	m <sup>3</sup>	100	8.00	800
19	Abtransport in Deponie	m <sup>3</sup>	100	45.00	4'500
				Zwischentotal	507'450
	Unvorhergesehenes 10%				50'745
	<b>Total Wehr und Wasserfassung (gerundet)</b>				<b>558'000</b>

### Kostenschätzung Druckleitung L=240m

Pos.	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	10'000
2	Betonabbruch	m <sup>3</sup>	200	85.00	17'000
3	Felsaushub	m <sup>3</sup>	1000	85.00	85'000
4	Wasserhaltung	-	p	-	18'000
5	Rohrlieferung GFK DN 1600, PN 6	m	240	1115.00	267'600
6	Montage der Rohre	m	240	220.00	52'800
7	Rohre einbetonieren	m <sup>3</sup>	1200	235.00	282'000
8	Querungen von Werkleitungen, Abstürzen	-	p	-	20'000
9	Nachträglicher Auflad Abbruchmaterial	m <sup>3</sup>	1200	8.00	9'600
10	Abtransport in Deponie	m <sup>3</sup>	1200	45.00	54'000
				Zwischentotal	816'000
	Unvorhergesehenes 10%				81'600
	<b>Total Druckleitung (gerundet)</b>				<b>898'000</b>

### Kostenschätzung UW-Kanal, L=85m

Pos.	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	8'000
2	Betonabbruch	m <sup>3</sup>	65	85.00	5'525
3	Felsaushub	m <sup>3</sup>	400	85.00	34'000
4	Wasserhaltung	-	p	-	5'500
5	Rohrlieferung GFK DN 1600, Kanalrohr	m	85	980.00	83'300
6	Montage der Rohre	m	85	220.00	18'700
7	Rohre einbetonieren	m <sup>3</sup>	450	220.00	99'000
8	Auslaufbauwerk	-	p	-	15'000
9	Querungen von Werkleitungen	-	p	-	18'000
10	Nachträglicher Auflad Abbruchmaterial	m <sup>3</sup>	465	5.00	2'325
11	Abtransport in Deponie	m <sup>3</sup>	465	45.00	20'925
				Zwischentotal	310'275
	Unvorhergesehenes 10%				31'028
	<b>Total UW-Kanal (gerundet)</b>				<b>341'000</b>





### Kostenschätzung Maschinenhaus

Pos.	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	10'000
2	Baugrubenumschliessung	-	p	-	25'000
3	Aushub in Fels	m <sup>3</sup>	125	85.00	10'625
3	Beton inkl. Schalung, Armierung	m <sup>3</sup>	65	550.00	35'750
4	Dachaufbau mit Kiesklebedach	m <sup>2</sup>	30	95.00	2'850
5	Schallschutztüre zweiflüglig, B=2m, H=2.2m	-	p	-	12'500
6	Erdung, Blitzschutz		p	-	6'500
7	Zugang, Umgebung u. diverses		p	-	22'500
	Unvorhergesehenes 10%			Zwischentotal	125'725
					12'573
				<b>Total Maschinenhaus (gerundet)</b>	<b>140'000</b>

### Kostenschätzung elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung

Pos.	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Turbine: Kaplan, Hn=8.75m, Qn=5.0m <sup>3</sup> /s	-	p	-	325'000
2	Synchrongenerator 400kVA, n=1000min <sup>-1</sup>	-	p	-	65'000
3	Steuerung, Regelung inkl. Schrank	-	p	-	65'000
4	Erdkabel bis NS-Verteilstation	-	p	-	25'000
5	Diverses (Aare-Energie-Anschlussgebühr)	-	p	-	18'000
	Unvorhergesehenes 10%			Zwischentotal	498'000
					49'800
				<b>Total elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung (gerundet)</b>	<b>548'000</b>

### Zusammenstellung

A	Wehr und Wasserfassung	558'000
B	Druckleitung L=240m	898'000
C	Unterwasserkanal L=85m	341'000
D	Maschinenhaus	140'000
E	elektr-mech. Ausrüstung u. Energieableitung	548'000
F	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	396'000
	<b>Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]</b>	<b>2'881'000</b>
	MWSt. 7.6%	218'956
	<b>Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)</b>	<b>3'100'000</b>



**Berechnung der Stromgestehungskosten**

April 2007, EIP

**1 Investition**

Kalkulatorischer Zinssatz	4.0%		
kalkulatorische Nutzungsdauer	Jahre	40	
Investition gemäss Kostenschätzung	Fr.	3'100'000	
<b>Annuität der Investition</b>			<b>Fr. / a 156'623</b>

**2 Betriebs- und Unterhaltskosten**

- 2.1 Betriebspersonal (4 Pannen pro Jahr nach Blitzschlag oder Netzausfall à 5 Stunden und allgemeiner Unterhalt 104 Mal im Jahr à 1 Stunde)

Stundensatz	Fr./h	74.00	
Anzahl Stunden pro Jahr	h	124	
	Fr. / a		9'176

- 2.2 Ersatzteile und Reparaturen elektromech. Ausrüstung

massgebende Investition	Fr.	548'000	
Unterhaltskosten in % der Investition		1.5%	
	Fr. / a		8'220

- 2.3 Unterhaltskosten Bau

massgebende Investition	Fr.	698'000	
Unterhaltskosten in % der Investition		0.5%	
	Fr. / a		3'490

- 2.4 Unterhaltskosten Druckleitung und UW-Kanal

massgebende Investition	Fr.	1'239'000	
Unterhaltskosten in % der Investition		1.0%	
	Fr. / a		12'390

- 2.5 Versicherung für Maschinenbruch

massgebende Investition	Fr.	548'000	
Prämiensatz		0.20%	
Jahresprämie	Fr. / a		1'096

- 2.6 Betriebshaftpflicht

massgebende Investition	Fr.		
Jahresprämie (Anteil aus allen KW der ATEL Hydro AG)	Fr. / a		1'500

- 2.7 Wasserzins

	kW	345	
Jahresgebühr pro kW	Fr./kW	0.00	
	Fr. / a		-

- 2.8 Administration und Buchhaltung Kraftwerksbetreiber

Pauschalbetrag			12'000
Total Betriebs- und Unterhaltskosten			47'872

47'872

**Total Jahresaufwand 204'495****3 Gestehungskosten**

Produzierte Jahresenergie	kWh	1'597'531	
Jährlicher Aufwand	Fr	204'495	

<b>Gestehungskosten</b>	<b>Fr./kWh</b>	<b>0.128</b>
-------------------------	----------------	--------------

