



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

KWKW LEHN

VORPROJEKT

Schlussbericht



Ausgearbeitet durch
Hans Ruff / Peter Widmer
RuffEngineering
Schweighofstrasse 91
8045 Zürich
info@ruffengineering.ch



**Programm
Kleinwasserkraftwerke**
www.kleinwasserkraft.ch

Impressum

Auftraggeber

Jakob Krummenacher
Mittler Bühlbach
6196 Marbach / LU

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: 102269

Auftragnehmer

RuffEngineering
Schweighofstrasse 91
8045 Zürich

info@ruffengineering.ch

Autoren:

Hans Ruff / Peter Widmer (RuffEngineering)

Datum: Feb. 2009

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

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Zusammenfassung | 5 |
| 2 | Aktuelle Lage und Aufgabenstellung..... | 6 |
| 2.1 | Wasserrecht | 6 |
| 2.2 | Bestehende Anlage..... | 6 |
| 2.2.1 | Wasserdargebot..... | 6 |
| 2.2.2 | Hydrologie, Q_{347} , Q_{RW} | 7 |
| 2.2.3 | Hochwasserabschätzung..... | 7 |
| 2.2.4 | Kenndaten des Projektes..... | 7 |
| 3 | Grundlagen | 8 |
| 3.1 | Topographische Grundlagen..... | 8 |
| 3.2 | Hydrologische Grundlagen..... | 8 |
| 3.3 | Gesetzliche Grundlagen..... | 8 |
| 3.4 | Technische Grundlagen | 9 |
| 3.4.1 | Wehr, Fassung | 9 |
| 3.4.2 | Wasserführung, Oberwasserkanal..... | 9 |
| 3.4.3 | Einlauf zur Druckleitung (Kanal-Ende) | 9 |
| 3.4.4 | Elektromechanische Ausrüstung..... | 10 |
| 4 | Rahmenbedingungen, Variantenvergleich und Optimierung | 12 |
| 4.1 | Vorgehen | 12 |
| 5 | Projektbeschreibung..... | 13 |
| 5.1 | Wehr, Fassung..... | 13 |
| 5.2 | Spülvorrichtung..... | 13 |
| 5.2.1 | Variante 1, Wehr-Ertüchtigung mit Steinkörben..... | 13 |
| 5.2.2 | Variante 2, Wehr-Ertüchtigung mit rauer Blockrampe | 14 |
| 5.3 | Fischaufstiegshilfe | 15 |
| 5.3.1 | Fischaufstiegshilfe, Var. Schlitzpass | 16 |
| 5.3.2 | Fischaufstiegshilfe, Var. Blockrampe | 17 |
| 5.4 | Wasserführung, Oberwasserkanal | 18 |
| 5.5 | Einlaufschacht Triebwasser (Kanal-Ende)..... | 19 |
| 5.6 | Feinrechen und Autom. Rechenreinigungsmaschine | 20 |
| 5.7 | Steuerung (Betriebssystem) | 20 |
| 5.8 | Optimierungspotential | 20 |
| 6 | Gesamtkosten | 21 |
| 6.1 | Berechnung..... | 21 |
| 6.1.1 | Baukosten | 21 |
| 6.1.2 | Weitere Kosten:..... | 21 |



| | | |
|-------|---|----|
| 6.1.3 | Investitionskosten: | 21 |
| 6.1.4 | Allgemeine Bemerkungen: | 21 |
| 7 | Energieproduktion / Wirtschaftlichkeit | 21 |
| 7.1 | Energieproduktion | 21 |
| 7.1.1 | Kostendeckende Einspeisevergütung | 22 |
| 7.1.2 | Investition, Aufwand..... | 23 |
| 8 | Betrieb und Unterhalt..... | 23 |
| 8.1 | Allgemein..... | 23 |
| 8.2 | Feststofftrieb..... | 23 |
| 8.3 | Spülungen | 24 |
| 8.4 | Fischaufstiegshilfe und Dotiervorrichtung | 24 |
| 8.5 | Wehranlage | 24 |
| 8.6 | Einlaufschacht Triebwasser | 24 |
| 8.7 | Wuhrunterhalt | 24 |
| 9 | Anhang..... | 24 |

Anhang

- 1) Anlageübersicht
- 2) Jahresabflusskurve
- 3) Querschnitt Wehsanierung mit Gabionen
- 4) Grundriss „Ist“ der Ausleitung
- 5) Wasserspiegel Blockrampe für $Q = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$ und $35 \text{ m}^3/\text{s}$
- 6) Grundriss/Querschnitt Schlitzpass
- 7) Querschnitt Schlitzpass
- 8) Grundriss mit integrierter FAH und Spülrinne
- 9) Querschnitt der Blockrampe
- 10) Wasserspiegel Oberwasserkanal für $Q = 4.0 \text{ m}^3/\text{s}$
- 11) Grundriss und Querschnitt vom Einlauf mit Feinrechen
- 12) Jahresabflusskurve und Arbeitsbereich der Turbine
- 13) Investition, Aufwand
- 14) Wirtschaftlichkeits-Rechnung

1 Zusammenfassung

Das Kleinwasserkraftwerk der Sägerei ist in Betrieb, nachdem dieses im Jahr 1983 saniert wurde.

Die Revitalisierung resp. Sanierung erfolgt in Zusammenarbeit mit der UNESCO Biosphäre Entlebuch. Das Wasserkraftwerk hat regionale Bedeutung im Sinn des Energiezieles der UNESCO Biosphäre Entlebuch.

Nachfolgend fünf weitere Gründe, die für eine Sanierung des KWKW Lehn sprechen:

- Instandstellung Wasserfassung „Wissemme“
- Hochwasserschutz
- Restwassermengenregulierung
- Geschwemmsel- und Sandreduktion zur Turbine
- Wirkungsgradverbesserung (Optimierung), automatischer Betrieb mit Fernüberwachung der bestehenden Turbinen/Generatoranlage

Die Anlage weist

- eine Leistung von 18.56 kW ($P_{\text{elektr.}}$), bei einer Bruttofallhöhe von 8 m und einer Ausbauwassermenge von 320 l/s, einem Wirkungsgrad der Turbine bei Q/Q_{max} von 0.82, einem Wirkungsgrad des Generators von 0.94 inkl. Verluste Riemenantrieb, auf

Die Jahresproduktion liegt in der Grössenordnung von

- ca. 94'000 kWh/a

Mit dieser Produktion können ca. 26 Haushalte¹ mit Strom versorgt werden. Die Ausbauwassermenge liegt bei 0.32 m³/s.

Die Investitionen beinhalten das ganze Kleinwasserkraftwerk inkl. ökologische Massnahmen und Umgebungsarbeiten

- Investitionsvolumen
Var. I ca. 216'000 CHF
Var. II ca. 261'000 CHF

Die Stromgestehungskosten liegen bei ca. 16.2 resp. 23.1 Rp./kWh

—

¹ Bezugsbasis Modellhaushalt: 4 Zimmerwohnung in Mehrfamilienhaus, 2 Erwachsene, 2 Kinder, Kochen und Waschen/Trocknen elektrisch, Warmwasser und Heizung über Öl- oder Gasheizung



2 Aktuelle Lage und Aufgabenstellung

2.1 WASSERRECHT

Im Auszug des Behandlungsprotokolls des Regierungsrates des Kanton Luzern vom 31. März 1915 wurde das alte Wasserrecht (ehehaftes Recht), datiert vom 24. Februar 1890, und die Konzessionierung zuhanden Hr. Jakob Wicki, Escholzmatt, am 31. Oktober 1915, fixiert.

Mit Brief vom 8. September 1983 von Valentin Imbach, Carfahrten, 6110 Wolhusen, an das Baudepartement des Kanton Luzern, wurde betätigt, dass die Ausnützung der Wasserkraft aufrecht erhalten bleibt und dass die elektrischen Anlagen und der mechanische Betrieb überholt werden. Dieser Entscheid ist immer noch rechtskräftig. Der heutige Besitzer des Wasserkraftwerkes ist Herr Jakob Krummenacher, der alle Rechte und Pflichten am Wasserkraftwerk übernommen hat.

2.2 BESTEHENDE ANLAGE

Das Kleinwasserkraftwerk Lehn (im weiteren KWKW Lehn genannt), liegt beim Säge- und Hobelwerk A. Krummenacher. Die ursprüngliche Anlage bestand aus drei Wasserrädern zum Antrieb der Mühle und der Stampfe.

Es lässt sich nicht mehr rekonstruieren, wann die Wasserräder durch eine Turbine zum Antrieb der Säge ersetzt wurden. Der Umbau des Turbinen-Antriebes der Säge zum Turbinen-Antrieb eines Generators wurde vermutlich in den Jahren 1960 bis 1970 ausgeführt.

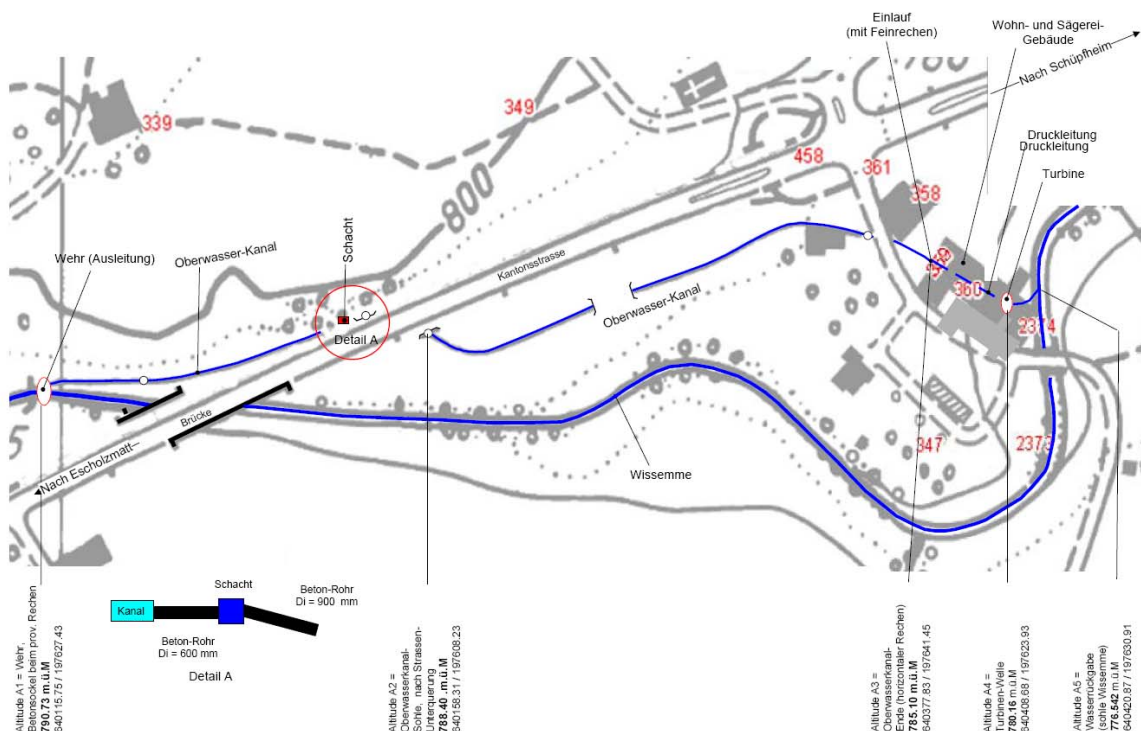


Abbildung 1: Anlageübersicht

2.2.1 Wasserdargebot

Das Wasser für den Antrieb der Wasserräder und der späteren Turbine wird der Wissenme entnommen über ein Einzugsgebiet von ca. 13,17 km².

Die Wissenme wird von folgenden Bächen versorgt:

- Ballenbach
- Schwendigraben (Hasenbach)
- Äbnitbach

- Schwändlebach

Die Jahresabflusskurve basiert auf der Umrechnung aus der eidg. Messstation „Kleine Emme - Werthenstein, Chappelboden“ (Verhältnis der Einzugsgebiete und aus dem MQ aus den Niederschlagszonen). Der Mittelwert ist in der Abflusskurve dargestellt

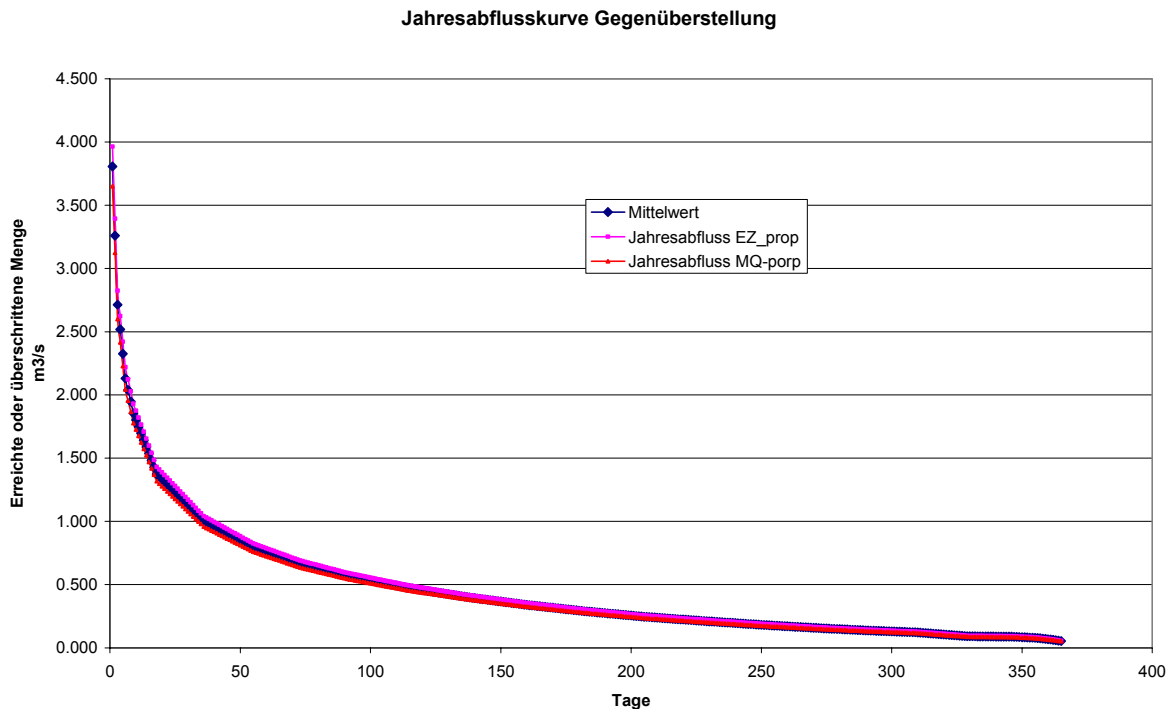


Abbildung 2: Jahresabflusskurve

2.2.2 Hydrologie, Q_{347} , Q_{RW}

Für die Bestimmung des Wasserdargebotes wurden Dauerkurven bestimmt. Dabei wurden die jeweiligen Einzugsgebiete bestimmt und diese Abflussmengen mit Hilfe von vergleichbaren und korrigierten Einzugsgebieten bestimmt.

Von der Wissemme kann die für die Restwasserabgabe **Q_{347} mit 74 l/s** bestimmt werden. Da es sich nach Auskunft des Kantons Luzern bei diesem Bach um ein Fischgewässer handelt, ist gemäss GSchG Art. 31 eine minimale Restwassermenge von 74 l/s abzugeben. Für die Auslegung der FAH (Fischaufstiegshilfe) wurde eine **erhöhte** Restwassermenge von **84 l/s** zu Grunde gelegt.

2.2.3 Hochwasserabschätzung

Für die Hochwasserabschätzung wurden die Abschätzungen aus dem Projekt "Rad-/Gehweg, Ausbau K10 und Ausbau Ballenbach" beim Oberlieger (KWKW Feldmoos) übernommen und auf das KWKW Lehn hochgerechnet.

Für die Fassung am Ballenbach (KWKW Feldmoos) wird von einer Dimensionierungswassermenge von 14 m³/s bei einem Freibord von 50 cm ausgegangen.

Die Umrechnung der **Hochwasserbemessung** für das KWKW Lehn hat einen Durchfluss von ergeben: **35 m/s**

Beim Hochwasserereignis im Jahr 2005 hat sich diese Dimensionierungsgrösse bestätigt, da die seitlich der Ausleitung angebrachte Hochwasserschutzmauer nicht überflutet wurde. (Krone ca.1.3 m über der Wehr-OK)

2.2.4 Kenndaten des Projektes

Im heutigen Zustand werden ca. 50'000 kWh/a produziert. Mit der Sanierung der Anlage beim Beibehalten der Turbine und Generator können folgende Werte erzielt werden:



| | Varianten | | I |
|----|---------------------------------|---------------------|-----------|
| 1 | Fassung | | Wisseemme |
| 2 | Rückgabe | | Wisseemme |
| 3 | Druckleitung | D (m) | 0.45 |
| | | L (m) | 35 |
| 4 | Brutto Fallhöhe (Hbrutto) | m | 8 |
| 5 | Netto Fallhöhe (Hnetto) | m | 7.74 |
| 6 | Wassermenge QA | m ³ /sec | 0.32 |
| 7 | Restwassermenge QR | m ³ /sec | 0.081 |
| 8 | Leistung, Pel | kW | 19 |
| 9 | Energie-Produktion | KWh/a | 94'833 |
| 10 | Kosten Einspeisevergütung (KEV) | Rp/kWh | 34.75 |

Abbildung 3: Kenndaten des Projektes (KEV für Var I und II identisch)

3 Grundlagen

3.1 TOPOGRAPHISCHE GRUNDLAGEN

- Landeskarten 1:25'000 Sörenberg und Schüpfheim
Quelle: Bundesamt für Landestopographie
- Div. Vermessungen des Nachführgeometers

3.2 HYDROLOGISCHE GRUNDLAGEN

- Niederschlagsmessstation Flühli (LU) – Messtellen-Nr. 4620
Tagessummen Jahr 2007, Jahressummen Jahre 1994 – 2005
Quelle: Meteo Schweiz
- Abflussmessstation Sörenberg, Waldemme
Jahresganglinie, Dauerkurven, mittlere Abflussmenge, Q₃₄₇ und Abflussspitze Q_{max},
Jahre 1994-2007
Quelle: Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern, Umwelt und
Energie
- Abflussmessstation Kleine Emme – Werthenstein, Chappelboden
Jahresganglinie, Dauerkurven, mittlere Abflussmenge, Q₃₄₇, Abflussspitze Q_{max},
Wasserdargebot Jahre 1985-2007
Quelle: Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern, Umwelt und
Energie und Bundesamt für Umwelt – BAFU
- Jahresabflusskurve KWKW Feldmoos (Oberlieger)

3.3 GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Als wesentliche gesetzliche Grundlagen für diese Vorstudie gelten:

- Wasserrechtsgesetz (WRG)
- Gewässerschutzgesetz (GSchG)
- Fischereigesetz (FiG)

- Energiegesetz (EnG)
- weitere Umweltschutzgesetze.

3.4 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

3.4.1 Wehr, Fassung

Der Standort der Fassung besteht seit der Konzessionierung des Kraftwerkes an der Wissemme.

- Koordinaten der Wasserausleitung: 640 010 / 197 580.
- Altitude der Kanalssohle bei der Ausleitung: 790.73 m.ü.M.
- Altitude Wehr-Oberkante: 791 m.ü.M



Die bestehende Struktur kann ohne zusätzlichen Einstau genutzt werden

3.4.2 Wasserführung, Oberwasserkanal

Das Triebwasser (Kanal-Ende) wird linksufrig der Wissemme in einem Holzkanal bis zur Unterquerung der Kantonsstrasse und danach in einem offenen Kanal zum Einlauf zur Druckleitung geführt.



3.4.3 Einlauf zur Druckleitung (Kanal-Ende)

Unmittelbar vor dem Wohnhaus/Sägereigebäude endet der Kanal in einem Einlaufschacht mit liegendem Feinrechen. Vom Einlaufschacht führt die Druckleitung zur Turbine.

Bei grösserem Geschwemmselanfall neigt das ganze Einlaufbauwerk zu überfluten. Das



Wasser überschießt den Feinrechen und wird über die Entlastungsleitung (Schacht), falls der Abfluss frei ist, dem Unterwasser zugeführt.



3.4.4 Elektromechanische Ausrüstung

3.4.4.1 Turbine

An Stelle des oberflächigen Wasserrades wurde eine horizontale Francisturbine installiert. Das Installationsjahr konnte nicht mehr rekonstruiert werden.

Die Turbine mit dem Generator, der über ein Riemengetriebe angetrieben wird, ist im Kellergeschoss des Sägerei- und Hobelwerkes installiert. Der Generator ist in einem separaten Raum eingebaut.

Vor einigen Jahren erlitt die Francisturbine einen Totalschaden und musste ersetzt werden.

Die Daten dieser Vorgänger-Turbine sind:

- Fabrikat: Joos, Frauenfeld
- Baujahr: 1913
- Fallhöhe: 9 m
- Schluckvermögen: 350 l/s
- Drehzahl: 400 min⁻¹
- Leistung: 32 bis 35 PS

Diese Daten sind vom früheren Betreiber der Anlage überliefert.



Von der **aktuell** installierten **Turbine**, die als Gebrauchtturbine gekauft wurde, sind keine technischen Daten vorhanden, ausser:

- Innendurchmesser am Turbinen-Einlauf: 400 mm
- Innendurchmesser Saugrohr: 500 mm
- Drehzahl: 365 min⁻¹
- Flachriemenrad auf Turbinenwelle, Durchmesser: 900 mm
- Flachriemenrad auf Generatorwelle: 220 mm

Auf Grund dieser Tatsache sind Daten aus dem Archiv der Fa. Escher Wyss für die neue Berechnung der Leistung, dem Wirkungsgrad etc., nachfolgend angenommen und aufgeführt:

- Schluckvermögen: Q=320 l/sek
- Drehzahl: n=365 U/min
- Wirkungsgrad bei Q/Q_{max}: 0.82

3.4.4.2 Generator

Beim Generator handelt es sich um einen fremderregten Synchrongenerator. Die Erregereinrichtung befindet sich im Turbinen-Steuerschrank. Der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ sowie die Spannung wird von Hand eingestellt. Ein AVR (Autom. Volt Regler) ist im Generator integriert.

Die technischen Daten des Generators sind (nach Leistungsschild):

- Fabrikat: Kobel Elektroapparatebau Affoltern i. E
- Spannung: 220 / 380 V
- Leistung: 25 kVA
- Strom: 6.5/6/38 Amp
- Frequenz: 50 Hz
- $\cos \varphi$: 0.8
- Drehzahl: 1500 min⁻¹
- Erreger-Spannung: 6.2 / 7.27 V
- Erreger-Strom: 0.6 / 2.1 A
- Schutzart: IP21

3.4.4.3 Steuerung (Betriebssystem)

Die Turbinen-Steuerung wurde ca. im Jahr 1983 neu erstellt. Teile der notwendigen Funktionen wie Erregerregelung, niveauabhängige Leistungsregelung und Notabschaltungen sind nicht mehr im Betrieb. Bei einem Lastabwurf (Trennung des Generators vom Netz bei Netzstörungen) wird die Turbine nicht automatisch abgeschaltet, indem die Leitschaufeln geschlossen werden. In diesem Betriebsfall läuft die Turbine in Überdrehzahl, solange, bis von Hand die Leitschaufeln geschlossen werden. Dieser Zustand kann unter Umständen Minuten bis Stunden anhalten.





Turbinen - Steuerschrank



Leitschaufelantrieb

Die elektrische Niederspannungsverteilung und der Turbinensteuerschrank sind nebeneinander im Maschinenraum aufgestellt.

Die Niederspannungshauptverteilung ist in einem einwandfreien Zustand und kann im Zusammenhang mit der neu vorgesehenen Turbinensteuerung und -überwachung weiter eingesetzt werden.

4 Rahmenbedingungen, Variantenvergleich und Optimierung

Die Behörde Raumentwicklung, Wirtschaftsförderung und Geoinformation (rawi) hat eine Stellungnahme (2006/3540, Vorabklärung ABZ vom 27. Juli 2007) zur Voranfrage zum „Sanierungsbericht Wasserentnahme des Kantons Luzern vom 10.3.2000“ bezüglich Wasserbau, Gewässerschutz, Natur- und Landschaftsschutz, Energiewesen, Wald, Fischerei- und Jagdrecht verfasst.

4.1 VORGEHEN

Angesichts der verschiedenen Möglichkeiten für die Sanierung/Ertüchtigung und Auslegung der Wasserausleitung / Wehr / Fischaufstiegshilfe, wurde der Standort mehrmals begangen und das folgende Vorgehen vorgesehen:

- Ergänzung und/oder Beschaffung der Grundlagen betreffend Hydrologie, Topographie, Geologie
- Bestimmung der Ausbauwassermenge
- kostendeckende Einspeisevergütung (KEV); optimieren der Ausbauwassermenge in Abhängigkeit der hydraulischen, ökologischen und wirtschaftlichen Aspekte
- Identifizierung und Gegenüberstellung der wichtigsten Alternativen, Bauweisen und Anordnungen für die verschiedenen Bauteile:
 - Wehr und Fassung mit Fischaufstiegshilfe (FAH)

- Kanal und Rohrleitung
 - Kanals-Ende und Einlauf in Druckleitung mit Reduktion des Geschwemmsels zur Turbine
 - Grobe Berechnungen und Vordimensionierungen für den Variantenentscheid
 - Evaluation weiterer technischer, betrieblicher wie auch ökonomischer Alternativen
 - Variantenwahl und Ermittlung der Kosten mit 25 % Zielgenauigkeit.
 - Bestimmung der elektromechanischen Ausrüstung und Steuerung
- Für diese ergänzende Studie wurden die Grundlagen überprüft und aktualisiert.

5 Projektbeschreibung

5.1 WEHR, FASSUNG

Die Fassung der Wissemme wird am Ort des bestehenden Einlaufes für das KWKW Lehn ertüchtigt.

Vor dem Einlauf in den Oberwasserkanal wird ein Grobrechen und Absperrplattenschütz angeordnet. Der Grobrechen hält das grobe Geschwemmsel, welches den Oberwasserkanal verstopfen könnte, zurück, lässt aber einen Grossteil der Blätter durch. Diese werden nach dem Oberwasserkanal, vor dem Turbineneinlauf, entnommen.

Der Querschnitt des Einlaufes gegenüber dem heutigen Zustand wird nicht verbreitert.

Zwei Varianten der Ertüchtigung des festen Wehrkörpers wurden untersucht.

5.2 SPÜLVORRICHTUNG

Für die Geschiebeweitergabe ist linksufrig eine Spülöffnung vorgesehen. Als Abschlussorgan dient ein Handschütz. Die feste Schwelle dieser Nebenöffnung ist wie bis anhin auf der Unterkante des Einlaufes im Oberwasserkanal angeordnet, um eine effiziente Spülung zu gewährleisten. Für eine gute Zugänglichkeit ist oberhalb des Spülkanals ein begehbare Abdeckgitter vorgesehen.

Die Anordnung der Anlage bedingt, dass für den Betrieb des Kraftwerkes alle 2-4 Tage eine Spülung durchgeführt wird und das grobe Material, welches sich vor dem Grobrechen angesammelt hat, entfernt wird.

Spülungen grösserer Geschiebemengen werden hauptsächlich bei einem abklingenden Hochwasser durchgeführt. Durch die Spülung des Staubereichs darf in der Wissemme kein Schwall verursacht werden.

Angeschwemmtes Treibgut, naturbelassenes Material (Laub, Äste u.a.) im Bereich der Ausleitung beim Grobrechen kann wieder ins Gewässer zurückgegeben werden. Abfälle (Gebinde, PET, etc.) und nicht naturbelassene Materialien (Bretter, Balken etc.) werden entnommen und fachgerecht entsorgt.

5.2.1 Variante 1, Wehr-Ertüchtigung mit Steinkörben

Befestigung der festen Wehrschwelle mit Gabionen (Steinkörbe) gemäss Skizze



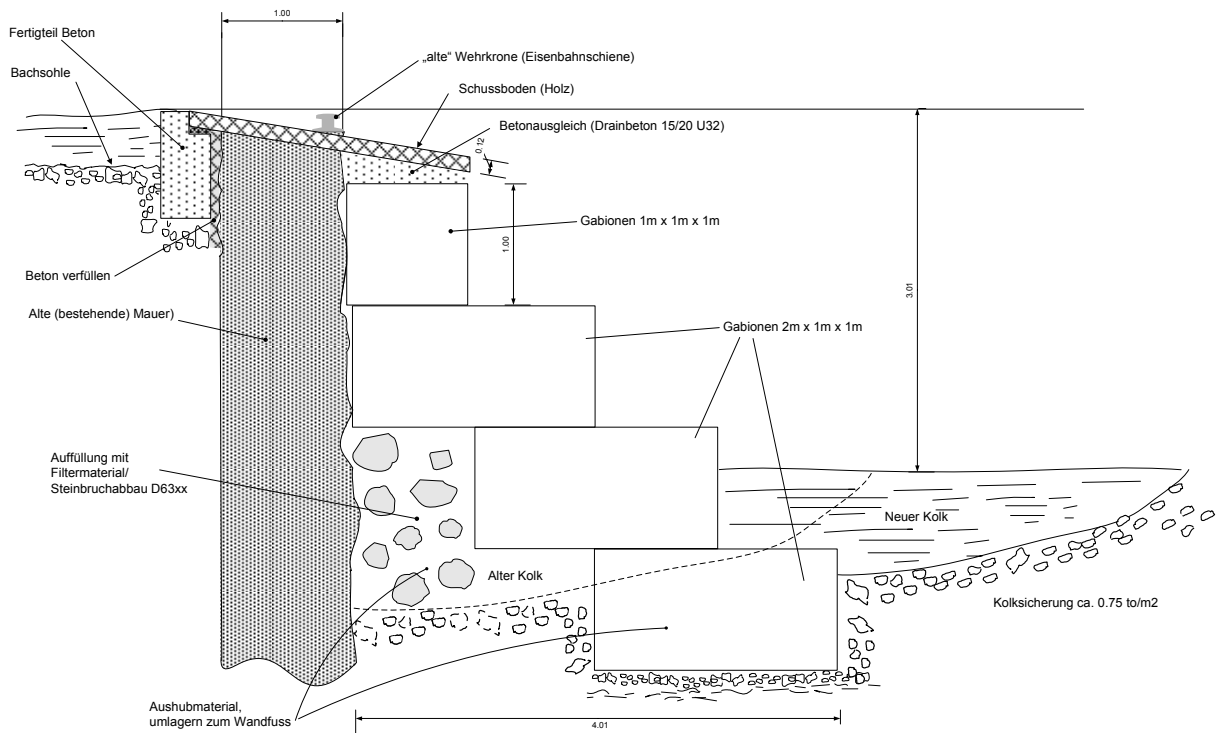


Abbildung 4: Querschnitt Wehsanierung mit Gabionen

Die Lösung mit Gabionen (Steinkörbe) weist gegenüber dem Ausbetonieren der Schwellen-Frontwand mit entsprechenden Anker den Vorteil auf, dass das Fundament nicht freigelegt und unterfangen werden muss. Beim Freilegen des Fundamentes ist ein Einbruch der Schwelle zu befürchten. Eine streifenmässige Realisierung ist möglich.

5.2.2 Variante 2, Wehr-Ertüchtigung mit rauer Blockrampe

Bei der Variante 2 wurde für die Wehr-Ertüchtigung eine Blockrampe mit integrierter Fischaufstiegshilfe und Spülrinne untersucht.

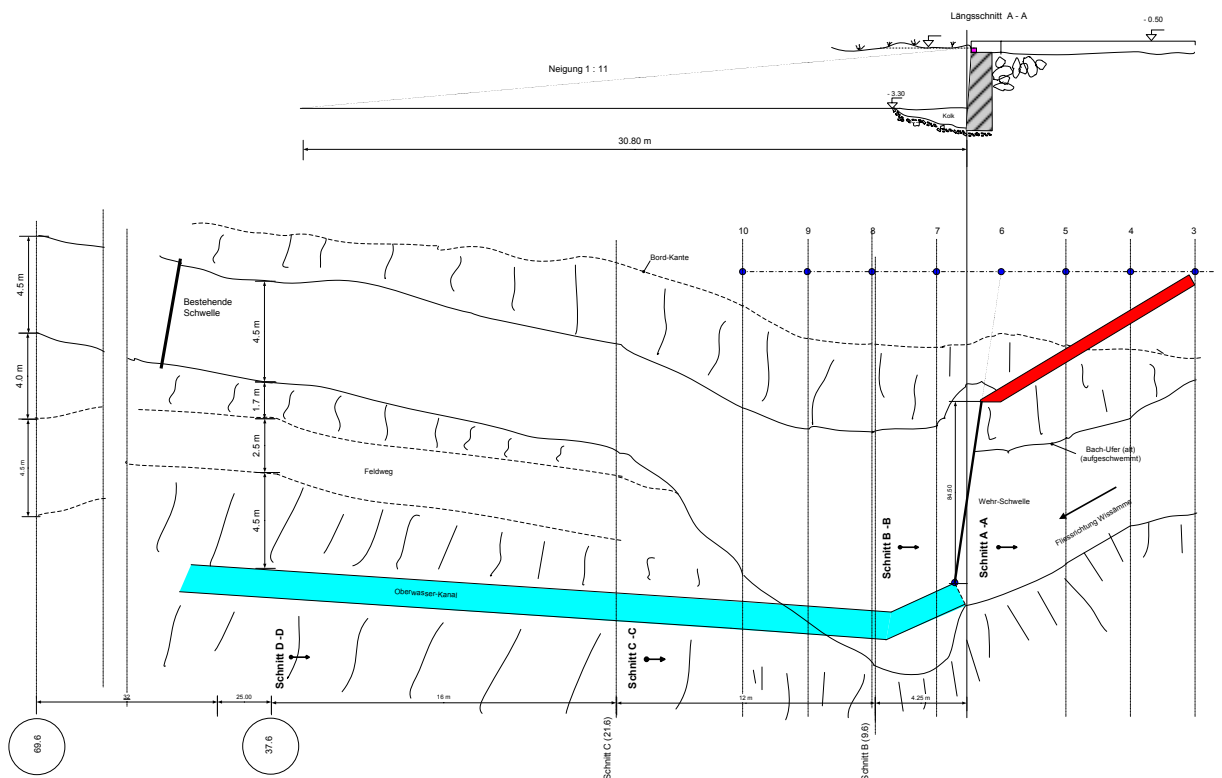


Abbildung 5: Grundriss „Ist“ der Ausleitung

Bei einer Neigung der Blockrampe von 1:11 kann die im Unterlauf des Wehrs vorhandene Bachschwelle in die Rampe integriert und so die Fischdurchgängigkeit verbessert werden.

Für die Berechnung der Wasserspiegelerhöhung (Nachweis der Hochwasserneutralität beim Bemessungsabfluss BHQ) sind folgende Werte zu Grunde gelegt:

| | |
|------------------------------|---|
| Gewässer | III Ordnung, Geschiebeführend |
| Sohle | Kiesig/steinig $k_{st} \approx 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ |
| Sohlenbreite | 15m – 17m – 15 m |
| Mittleres Sohlengefälle | 2% |
| Abflusskennwert | $3.8 \text{ m}^3/\text{s}$ (aus Jahresabflusskurve) |
| $HQ_{100} =$ | $35 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Gesamthöhe | 2.93 m |
| Rampenneigung | 1 : 11 |
| Dichte der Deckwerksteine | $\rho_s = 2300$ |
| Äquivalente Steindurchmesser | ≈ 0.6 |
| Rauheitsbeiwert | $17 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Setzsteinbauweise) |

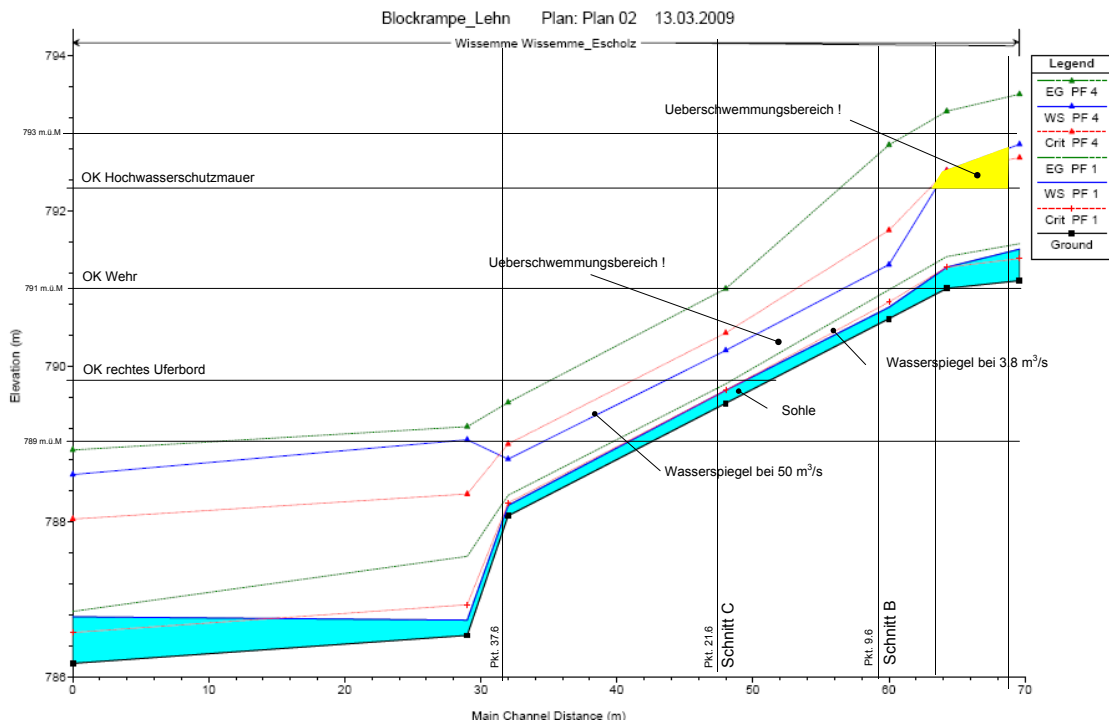


Abbildung 6: Wasserspiegel Blockrampe für $Q = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$ und $35 \text{ m}^3/\text{s}$

Aus der Wasserspiegelberechnung geht hervor, dass bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis von $Q_{100} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ (Angaben der Kanton Luzern, vif) die bestehende Hochwasserschutzmauer überflutet wird.

Im Bereich des Schnittes B und Schnittes C wird das bestehende Bachbord in Folge der Rampe ebenfalls überflutet. Eine Erhöhung durch einen Damm oder Blockwurf ist demnach angezeigt.

5.3 FISCHAUFTSTIEGSHILFE

Bei der Wissemme handelt es sich um ein staatliches Fischrevier. Zu den Hauptfischarten zählen die Bachforellen (*salmo trutta fario*) und die Groppen (*cottus gobio*), deren Naturverlaichung nachweislich gesichert ist.



Bei der Sanierung der Ausleitung/Wehranlage ist aus der Sicht der Abteilung uwe des Kantons Luzern die Restwassermenge nach Gewässerschutzgesetz und der freien Fischwanderung nach Bundesgesetz über Fischerei Art. 9 zu garantieren.

Eine fischereirechtliche Bewilligung nach Art. 8 BG über die Fischerei kann erteilt werden, wenn Massnahmen nach Art. 9 BG über die Fischerei vorgesehen sind. Mit der Sanierung der Wehranlage und dem Einbau einer Fischaufstiegshilfe (Fischdurchgängigkeit) sind die gesetzlichen Vorgaben berücksichtigt.

Als Fischaufstiegshilfe wurden zwei Varianten untersucht:

- Ein Becken-Schlitzpass als Umgehungsgewässer
- Ein Becken-Schlitzpass integriert in die raue Blockrampe

Die Auslegung der Becken basiert auf folgenden Parametern:

- Fischart Bachforellen und die Groppen
- Energiewandlung,
Gewässer mit gemischtem Fischbestand W = 150 Watt
- Wassermenge Q = 0.08 m³/s, (Q 347 = 74 l/s)
- Daten der Schlitzpasselemente:

| | | |
|----------------|-------|-------------------|
| Q | 0,084 | m ³ /s |
| Stauziel | 3,30 | m ü.M. |
| UW | 0,30 | m ü.M. |
| Dicke Querwand | 0,15 | m |
| Beckenlänge | 2,00 | m |
| Beckenbreite | 0,84 | m |
| Schlitzbreite | 0,10 | m |
| Durchflusshöhe | 0,63 | m |
| Δh | 0,18 | m |
| Sohlgefälle | 9,00% | |

Stufenhöhe H = 18 cm

Geschwindigkeit im Schlitz V = < 1 m/s

5.3.1 Fischaufstiegshilfe, Var. Schlitzpass

Der Fischaufstieg ist als Betonrinne, mit Standard-Elementen nach den Richtlinien des DVWK, Merkblatt 232/1996, gestaltet. In der Rinne ist Substrat von 20 cm Dicke in die Sohle eingelassen, welches eine genügende Abflusstiefe in der Fischaufstiegshilfe garantiert.

Das erste Becken dient zum einen als erste Stufe des Fischaufstieges, dient aber gleichzeitig dazu, eine Versandung des restlichen Fischaufstieges zu verhindern.

Als Dotiervorrichtung ist ein kleiner Schieber in die Handschütze integriert, welcher in verschiedenen Positionen arretiert werden kann. Die Regelung der Dotierwassermenge infolge des wechselnden Oberwasserspiegels erfolgt von Hand und sollte von Zeit zu Zeit kontrolliert werden.

Die Koten von Dotierschieber und Fischaufstiegshilfe wurden so gewählt, dass diese auch bei sehr geringem Wasseranfall betrieben werden können (keine Wasserentnahme in der Wissemme zur Stromproduktion).

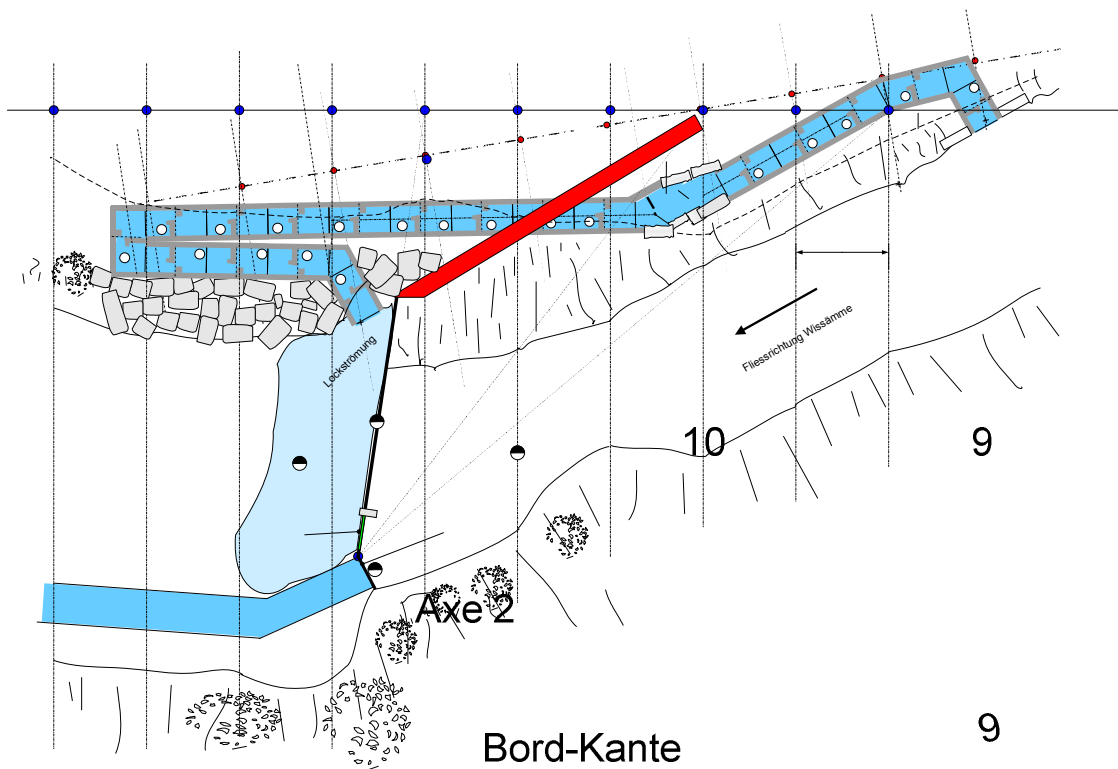


Abbildung 7: Grundriss Schlitzpass

5.3.2 Fischaufstiegshilfe, Var. Blockrampe

Der Fischaufstieg ist in der Blockrampe als Schlitzpass mit Natursteinen und Beton ausgeführt, was einen möglichst geringen Unterhaltsaufwand ermöglicht.



Die Abmessungen orientieren sich nach den Werten des Abschnittes 5.3

Die Koten beim Einlauf in die Fischaufstiegshilfe wurden so gewählt, dass diese auch bei sehr geringem Wasseranfall betrieben werden können (keine Wasserentnahme in der Wissemme zur Stromproduktion).

In die Blockrampe ist linksufrig eine Spülrinne für die Geschiebeweitergabe mit einer Spülöffnung vorgesehen. Als Abschlussorgan dient ein Handschütz. Die feste Schwelle dieser Nebenöffnung ist wie bis anhin auf der Unterkante des Einlaufes im Oberwasserkanal angeordnet, um eine effiziente Spülung zu gewährleisten.



Für eine gute Zugänglichkeit ist oberhalb des Spülkanals ein begehbares Abdeckgitter vorgesehen.

Am Ende der Blockrampe/FAH ist ein grosses Tosbecken angeordnet.

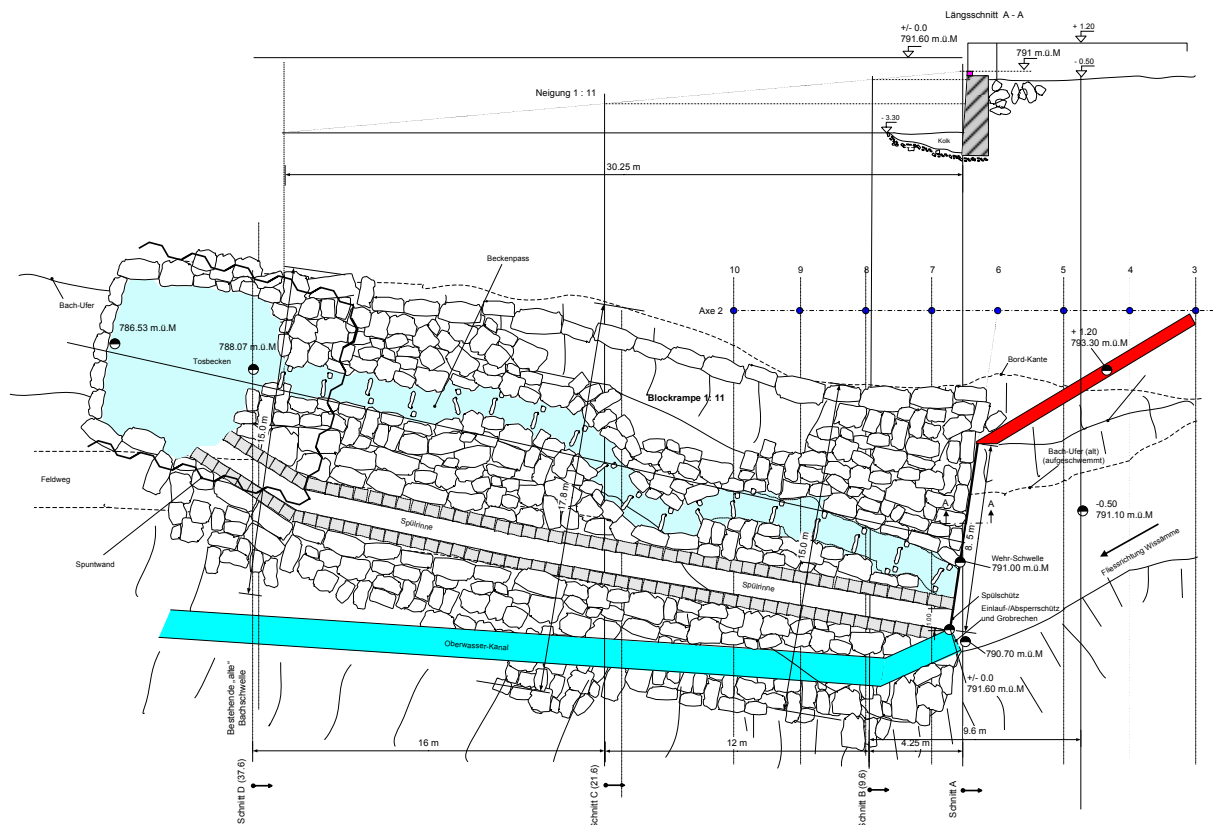


Abbildung 8: Grundriss der Blockrampe mit integrierter FAH und Spülrinne

5.4 WASSERFÜHRUNG, OBERWASSERKANAL

Das Triebwasser (Kanal-Ende) wird linksufrig der Wissemme in einem Holzkanal bis zur Unterquerung der Kantonsstrasse und danach in einem offenen Kanal zum Einlauf zur Druckleitung geführt.

Bei einem Einstau im Einlaufbauwerk zur Druckleitung von 30 cm und einem $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$ kann im Bereich am Eintritt der Unterquerung der Kantonstrasse ein Rückstau eintreten.

Bei der Ertüchtigung der Ausleitung soll auch der Oberwasserkanal gereinigt und im gereinigten Zustand ausgemessen werden, um darauf die Berechnung der Wasserspiegelerhöhung zu verifizieren.

Auf Grund dieser Verifizierung kann die Überflutungssituation neu beurteilt werden.

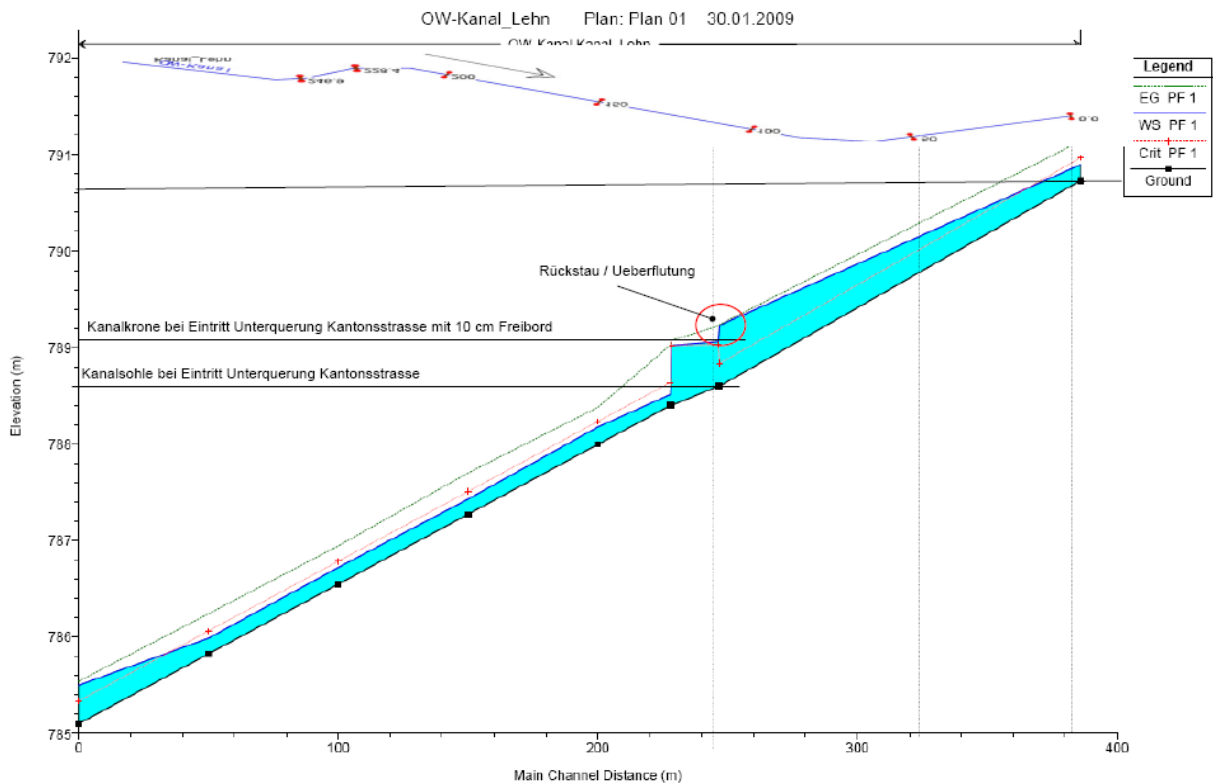


Abbildung 9: Wasserspiegel Oberwasserkanal für $Q = 4.0 \text{ m}^3/\text{s}$

5.5 EINLAUSCHACHT TRIEBWASSER (KANAL-ENDE)

Unmittelbar vor dem Wohnhaus/Sägereigebäude endet der Kanal in einem Einlaufschacht mit liegendem Feinrechen. Vom Einlaufschacht führt die Druckleitung zur Turbine.

Bei grösserem Geschwemmselanfall neigt das ganze Einlaufbauwerk zum Überfluten. Das Wasser überschießt den Feinrechen und wird über die Entlastungsleitung, falls diese freien Abfluss aufweist, dem Unterwasser zugeführt.

Neu ist vorgesehen, den Einlauf umzubauen und zu vereinfachen. Im neuen Einlaufbereich ist vorgesehen, einen Feinrechen mit autom. Rechenreinigungsmaschine zu installieren.

Die linksufrige Kanalwand wird im Bereich des neuen Einlaufes zurückgebaut und als Streichwehr für die Hochwasserentlastung (auch bei vermachtem Feinrechen) vorgesehen. Die Entlastung geschieht nach wie vor über den vorhandenen Entlastungsschacht direkt in das Unterwasser.



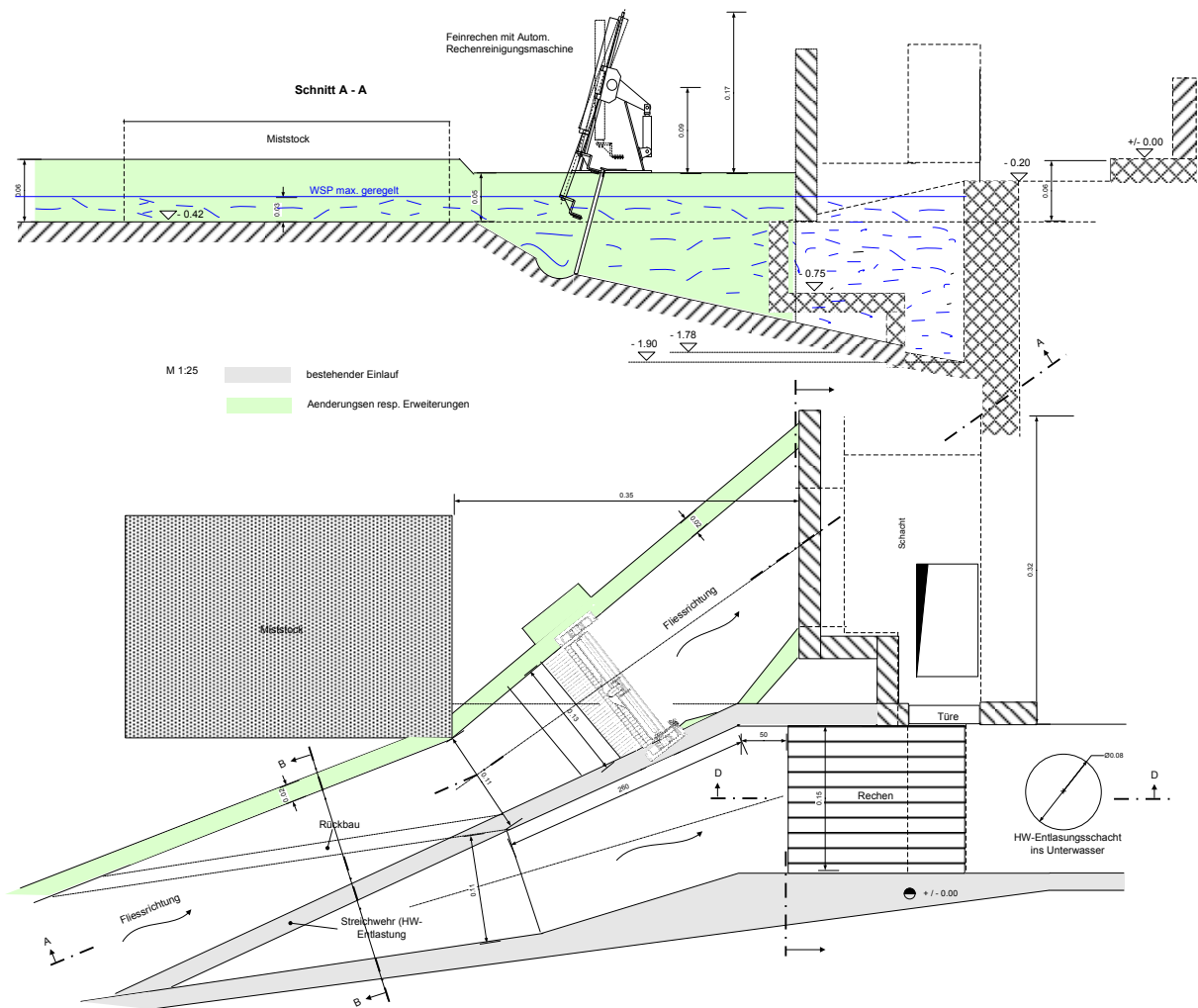


Abbildung 10: Grundriss und Querschnitt vom Einlauf mit Feinrechen

5.6 FEINRECHEN UND AUTOM. RECHENREINIGUNGSMASCHINE

Vorgesehen ist ein Feinrechen mit einer Stabdicke $s = 8 \text{ mm}$ und lichten Weite $b = 20 \text{ mm}$, einer Rechenfläche von ca. 1.9 m^2 und einem Anstellwinkel von 75°

Die autom. Rechenreinigungsmaschine kann wahlweise mit Zeitintervall oder über die Niveaudifferenz (Niveau vor – nach dem Feinrechen) gesteuert werden.

Für den Winterbetrieb ist die Funktion „Eiskratzen“ vorgesehen.

Angeschwemmtes Treibgut, egal ob naturbelassenes Material (Laub, Äste u.Ä.) und Abfall (Gebinde, PET, etc.) und nicht naturbelassenes Material (Bretter, Balken etc.) werden entnommen und fachgerecht entsorgt.

Der Geschwemmselaustrag erfolgt in die Spülrinne seitlich mit einem seilangetriebenen „Kratzer“

5.7 STEUERUNG (BETRIEBSSYSTEM)

Vorgesehen ist eine moderne Turbinen-Steuerung, ausgeführt mit einer Klein-SPS (Speicherprogrammierbaren Steuerung), einem hardwaremässigen Sicherheitskreis, einer Fernalarmierung sowie der Möglichkeit der Datenübertragung via Internet zur Überwachung der Anlage und Auswertung der Betriebsdaten.

Die Anlage wird „niveau-reguliert“ betrieben.

5.8 OPTIMIERUNGSPOTENTIAL

Mit der Ertüchtigung der Ausleitung, dem Oberwasserkanal und dem Einlaufbauwerk zur Druckleitung kann eine Steigerung der Energieproduktion erreicht werden.

Mit der Erhöhung des Bruttogefälles von ca. 1 m (+ 12.5%), möglich durch die OW-

Niveauregulierung, kann eine Produktionssteigerung von 16.35 % über den ganzen Jahresbetrieb erwartet werden.

6 Gesamtkosten

6.1 BERECHNUNG

6.1.1 Baukosten

Die Kosten der Bauteile wurden mit Hilfe von Vorausmassen und Elementkostenansätzen geschätzt. Die Elementkosten basieren auf Erfahrungswerten der RuffEngineering aus vergleichbaren Kraftwerksprojekten.

Wo nötig, wurden mittels Lieferantenanfragen Kosten für Armaturen, Stahlwasserbau und weiteren Materialien nach den gegenwärtigen Marktpreisen bestimmt. Die Kosten für Baumeisterarbeiten wurden anhand eines Richtpreisangebotes eines lokalen Bauunternehmers bestimmt.

Beträge für die jeweiligen Bodenpreise und Landnutzungsentschädigungen in der Kostenrechnung wurden nicht berücksichtigt.

6.1.2 Weitere Kosten:

Kosten für Honorare und weitere Studien wurden nach SIA Normen berechnet.

Für Gebühren, Baugesuche, Bauzinsen, usw., wurde eine pauschale Summe geschätzt.

6.1.3 Investitionskosten:

Die Gesamtinvestitionskosten erreichen ca. 212 kCHF resp. 250 kCHF. Die Auslegung des Kraftwerkes wurde auf eine Ausbauwassermenge optimiert, die ein optimales Zusammenspiel aus hydraulischen Randbedingungen, investitions- und energiewirtschaftlichen sowie Natur- und Landschaftsbild erhaltenden Aspekten ermöglicht.

6.1.4 Allgemeine Bemerkungen:

Die Kosten können in dieser Projektphase und dem Detaillierungsgrad der Ausarbeitung nur mit einer Genauigkeit von +/- 15 % angegeben werden.

7 Energieproduktion / Wirtschaftlichkeit

7.1 ENERGIEPRODUKTION

Die maximal erreichbare Energiejahresproduktion liegt bei ca. 94'000 kWh/a.

Von der **aktuell** installierten **Turbine**, die als Gebrauchtturbine gekauft wurde, sind keine technischen Daten wie Schluckvermögen, Bruttofallhöhe, vorhanden.

Auf Grund dieser Tatsache sind Daten aus dem Archiv der Fa. Escher Wyss für die neue Berechnung der Leistung, Wirkungsgrad etc. nachfolgend angenommen.

Der Energiejahresproduktion ist ein Schluckvermögen der Turbine resp. eine Ausbauwassermenge von 320 l/s zu Grunde gelegt. Sämtliche Charakteristiken der elektromechanischen Ausrüstung sind berücksichtigt worden.



Dauerkurve KWKW Wissemme

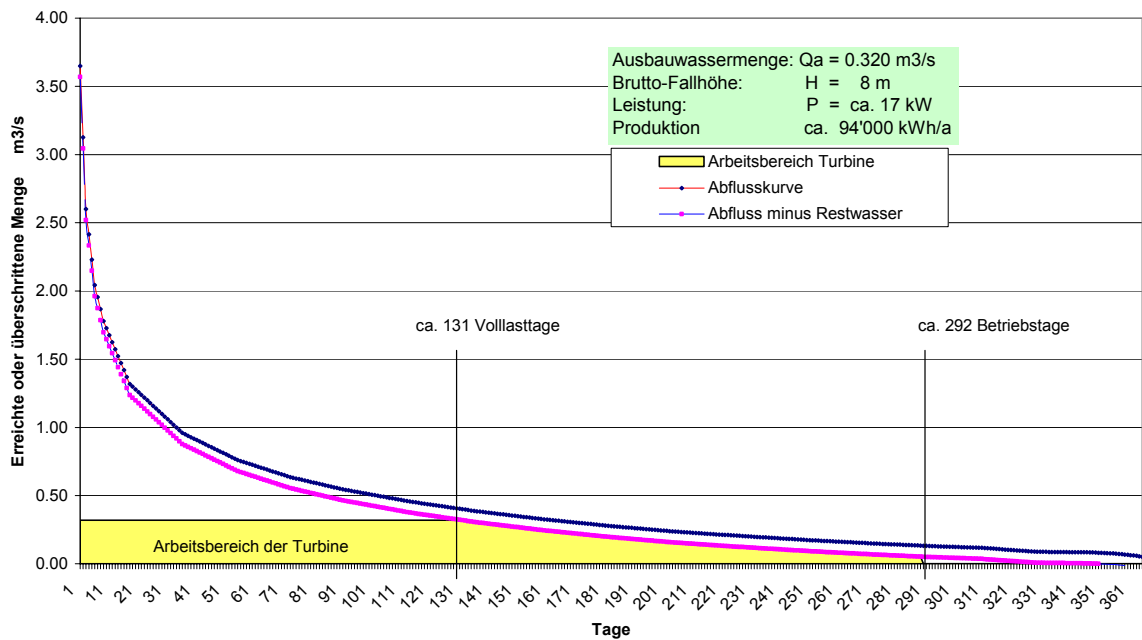


Abbildung 11: Jahresabflusskurve und Arbeitsbereich der Turbine

7.1.1 Kostendeckende Einspeisevergütung

Die Berechnung der kostendeckenden Einspeisevergütung beruht auf der Energieverordnung, Vernehmlassungsentwurf vom 27. Juni 2007, Anschlussbedingungen für Kleinwasserkraftanlagen, und kann bis zur Verabschiedung durch den Bundesrat noch geringfügige Änderungen erfahren.

Das Total der zu erwartenden Einspeisevergütung wurde mit Bescheid der swissgrid vom 16.9.08 mit 35 Rp./kWh bestätigt.

Die Wirtschaftlichkeits-Betrachtung basiert auf einer KEV von ca. 34.75 Rp./kWh

7.1.2 Investition, Aufwand

| | | Variante Schlitzpass | Variante Blockrampe |
|---|---|----------------------|---------------------|
| | | | |
| | | Fassung | Wisseemme |
| | | Rückgabe | Wisseemme |
| | | | |
| Erstellungskosten | | | |
| 1 | Wehr, Fassung, Einlaufbauwerk | 158'000 | 196'000 |
| 2 | elektr. & mech. Ausrüstung (Turb., Gen., Feinrechen, Autom. RRM) | 14'700 | 14'700 |
| 3 | Elektrische Einrichtungen | 10'000 | 10'000 |
| Baukosten | | 182'700 | 220'700 |
| 4 | Direkte Bauherrenkosten % 12 | 31'059 | 37'519 |
| 5 | Bauzins 1/3 der BK % 5 | 3'045 | 3'678 |
| Total Investitionskosten | | 216'804 | 261'897 |
| Jahreskosten | | | |
| Betriebs- und Unterhaltskosten | | 3'761 | 7'956 |
| Kapitalkosten | | 11'639 | 13'989 |
| Total Aufwand | | 15'400 | 21'945 |
| Energie-Produktion KWh/a | | 94'833 | 94'833 |
| <i>Investition/Energie-Produktion CHF/(kWh/a)</i> | | 2.29 | 2.76 |
| Stromgestehungskosten | | 0.162 | 0.231 |
| Produktion kWh/a | | 94'833 | 94'833 |
| Tarif Rp./kWh | | 34.75 | 34.75 |
| Neuwert (nach KEV) ca. | | 362'167 | 362'167 |
| KEV = Kostendeckende Einspeisevergütung | | | |

8 Betrieb und Unterhalt

8.1 ALLGEMEIN

Der spätere Betrieb und Unterhalt der gesamten Kraftwerksanlage wird nach der Ertüchtigung des Wehrs / Ausleitung komplett durch den Besitzer der Anlage Herrn Jakob Krummenacher, Mittler Bühl, 6196 Marbach, bestritten.

8.2 FESTSTOFFTRIEB

Der Grobrechen vor dem Eintritt in den OW-Kanal wird mit einer Rechenweite von 15 cm ausgeführt, um zum einen eine Verstopfung des bestehenden Kanals durch Geschwemmsel zu verhindern und zum andern möglichst Laub durch den Oberwasserkanal weiterzuleiten. Diese werden nach dem Oberwasserkanal des Kraftwerkes vor der Turbine durch einen Rechen mit autom. Rechenreinigungsmaschine entfernt.

Der Grobrechen ist regelmässig zu inspizieren und von Hand von Geschwemmsel zu befreien (voraussichtlich alle 2-4 Tage). Das Geschwemmsel (grösstenteils Totholz) wird separat entsorgt.



Das Geschiebe kann mittels der vorgesehenen Spülvorrichtungen periodisch der Wissemme weitergegeben werden.

8.3 SPÜLUNGEN

Der hauptsächliche Geschiebetrieb erfolgt an wenigen Tagen während starker Abflüsse (> 500 l/s). Die Spülungen des ganzen Stauraumes erfolgen hauptsächlich während Zuflüsse grösser 500 l/s (ca. 20-mal pro Jahr).

Spezielle Vorkehrungen (z.B. Abfischen, etc.) sind bei diesem Spülregime nicht zu treffen.

8.4 FISCHAUFSTIEGSHILFE UND DOTIERVORRICHTUNG

Die Fischaufstiegshilfe wurde so konzipiert, dass in jedem Fall zuerst die Dotiervorrichtung (vor dem Triebwasserzulauf) dotiert wird. Durch die grosszügigen Spülvorrichtungen ist sichergestellt, dass keine Verlandung der Fischaufstiegshilfe eintritt. Diese Spülungen zur Freihaltung der Fischaufstiegshilfe werden regelmässig mit der Freilegung des Grobrechens durchgeführt.

Infolge des wechselnden Oberwasserspiegels ist der Zulauf von Hand zu regeln und wird während der Inspektion des Grobrechens durchgeführt.

8.5 WEHRANLAGE

Der Unterhalt der Wehranlage ist ebenfalls gering. Zudem wird im Unterwasser des Wehrs ein Kolkenschutz angeordnet, welcher eine unterwasserseitige Auswaschung des Wehrs verhindert.

8.6 EINLAUSCHACHT TRIEBWASSER

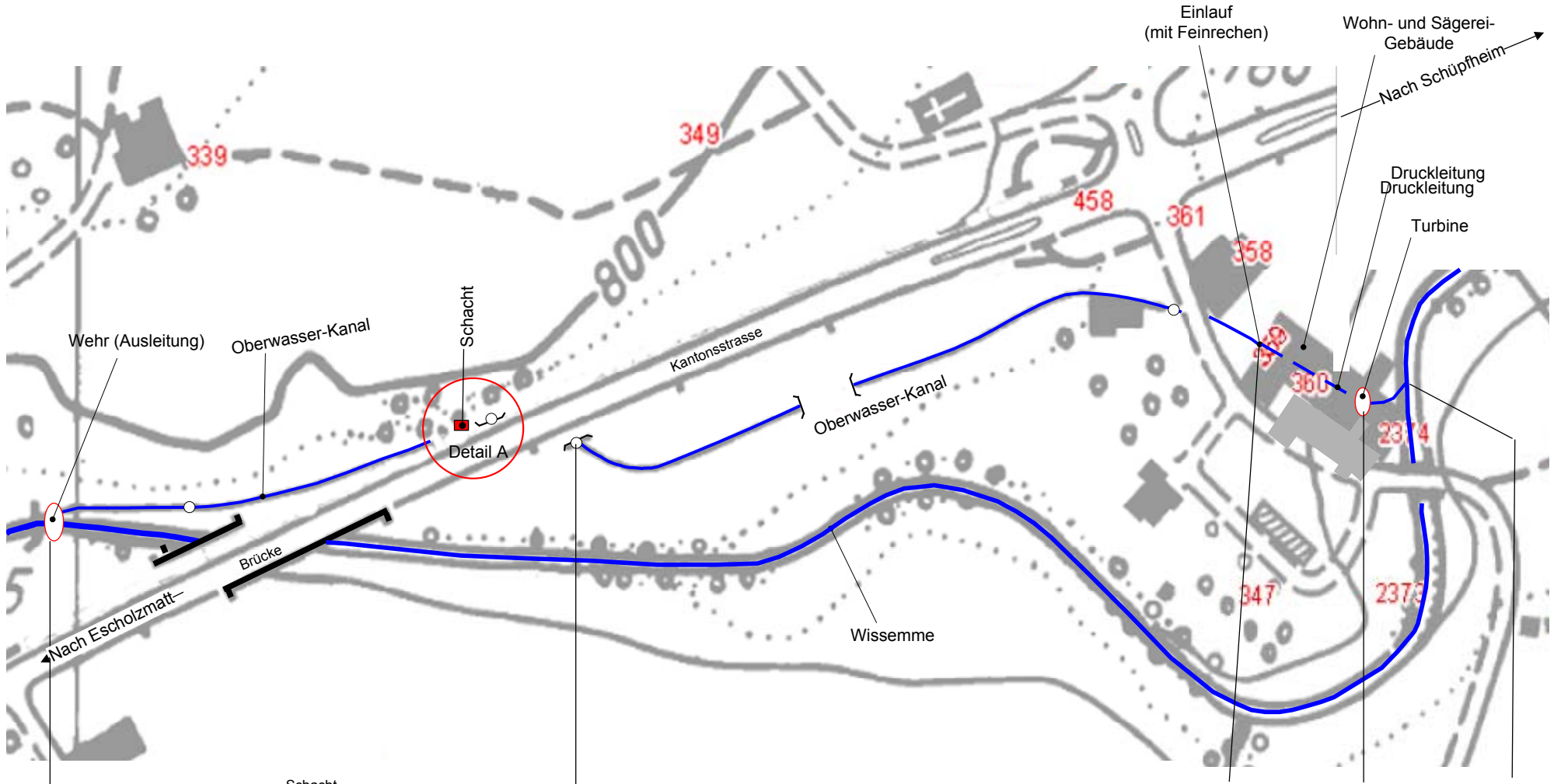
Der Einlaufschacht muss ebenfalls wie der Grobrechen periodisch überprüft werden. Kleineres Geschwemmsel wird mit dem Feinrechen und der autom. Rechenreinigungsmaschine dem Oberwasserkanal entnommen und der Einlaufschacht somit frei gehalten.

8.7 WUHRUNTERHALT

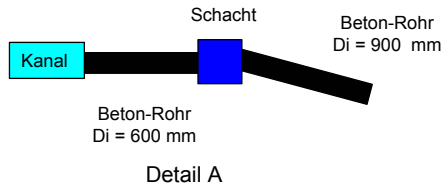
Der Betreiber des Kraftwerkes Lehn ist für den Wuhrunterhalt 20 m oberhalb und 10 m unterhalb der Fassung der Wissemme verantwortlich. Dazu gehören das Freihalten des Gerinnes von Bewuchs und die Instandhaltung der Böschungen.

9 Anhang

Anhang 1: Anlageübersicht



Altitude A1 = Wehr.
 Betonsockel beim prov. Rechen
790.73 m.ü.M
 640115.75 / 197627.43



Altitude A2 =
 Oberwasserkanal-
 Sohle, nach Strassen-
 Unterquerung
788.40 m.ü.M
 640158.31 / 197608.23

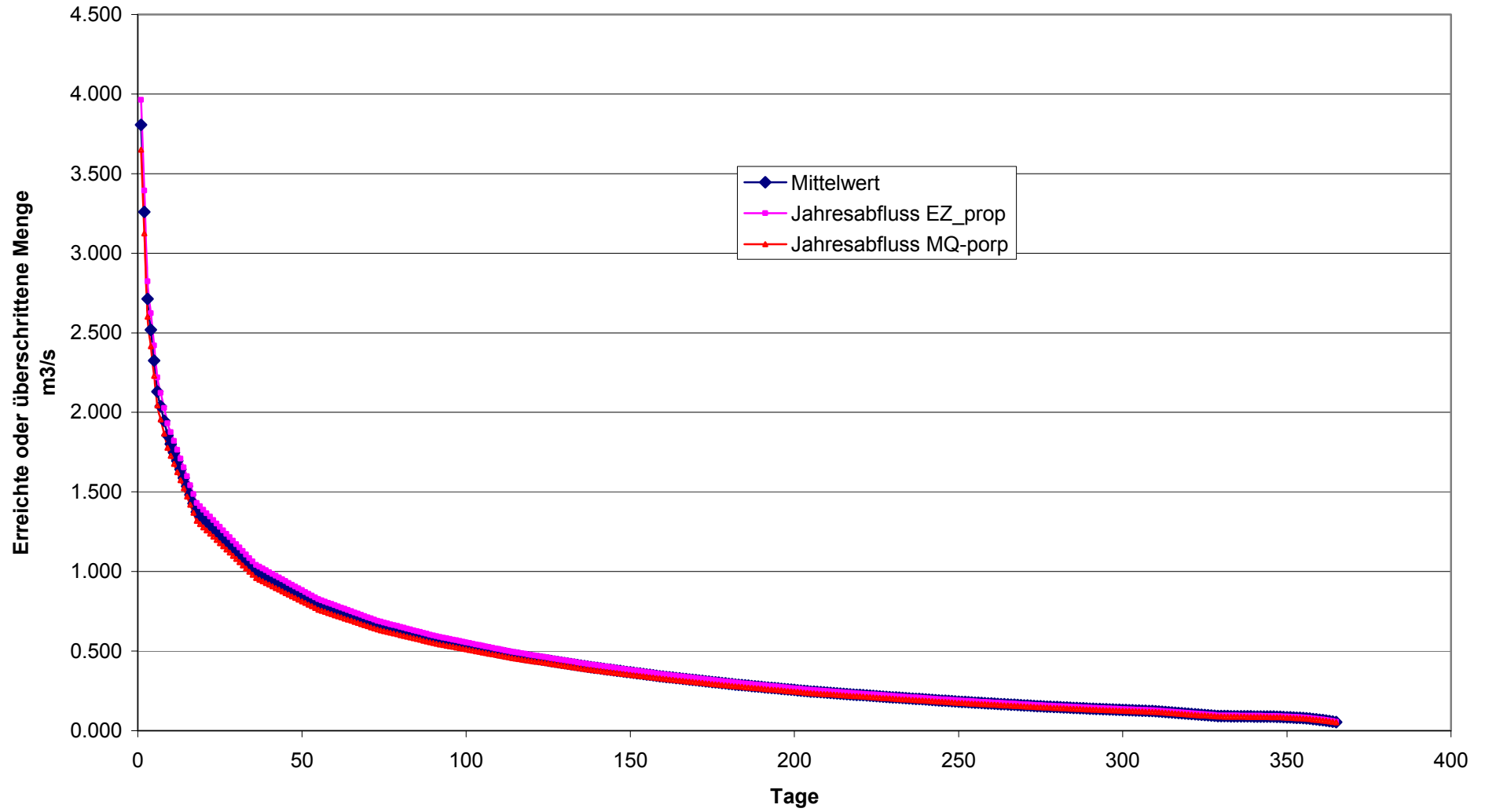
Altitude A3 =
 Oberwasserkanal-
 Ende (horizontaler Rechen)
785.10 m.ü.M
 640377.83 / 197641.45

Altitude A4 =
 Turbinen-Welle
780.16 m.ü.M
 640408.68 / 197623.93

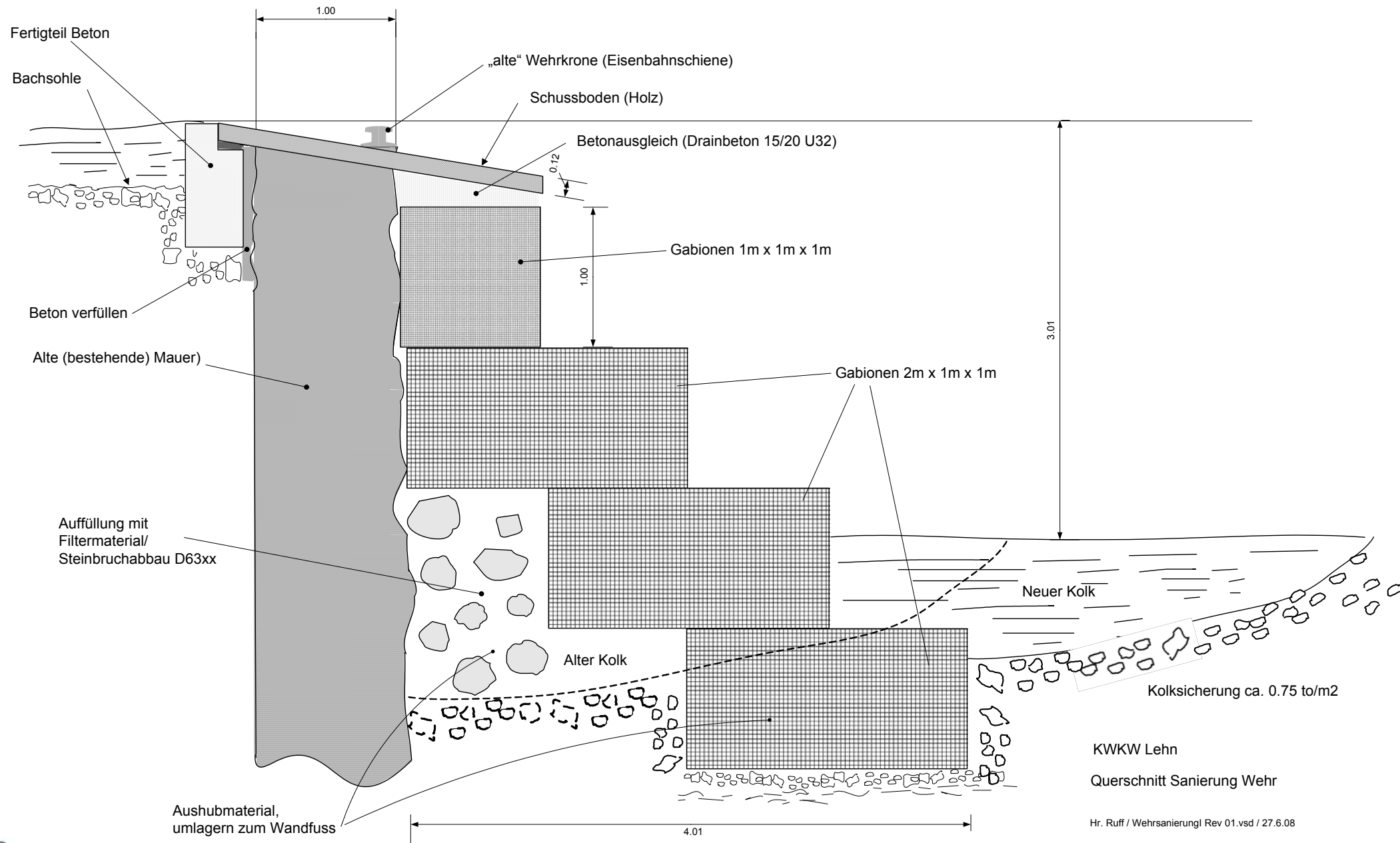
Altitude A5 =
 Wasserrückgabe
 (sohle Wissemme)
776.542 m.ü.M
 640420.87 / 197630.91



Jahresabflusskurve Gegenüberstellung



Anhang 3: Querschnitt Wehsanierung mit Gabionen



KWKW Lehn
 Querschnitt Sanierung Wehr

Hr. Ruff / Wehsanierungl Rev 01.vsd / 27.6.08

RuffEngineering
 Revitalisierung von Kleinwasserkraftwerken in
 Zusammenarbeit mit der UNESCO Biosphäre Entlebuch



Anhang 4: Grundriss „Ist“ der Ausleitung

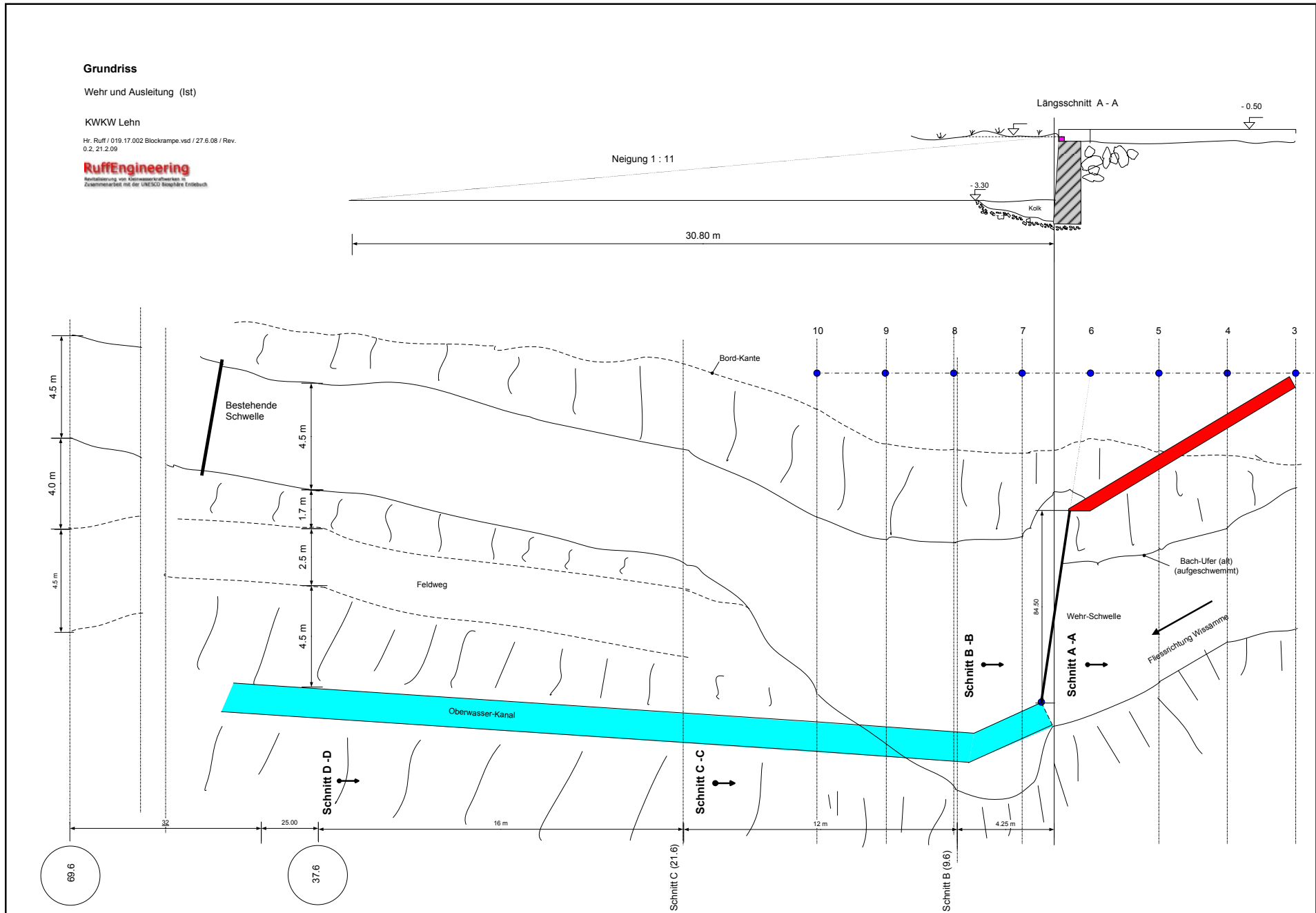
Grundriss

Wehr und Ausleitung (Ist)

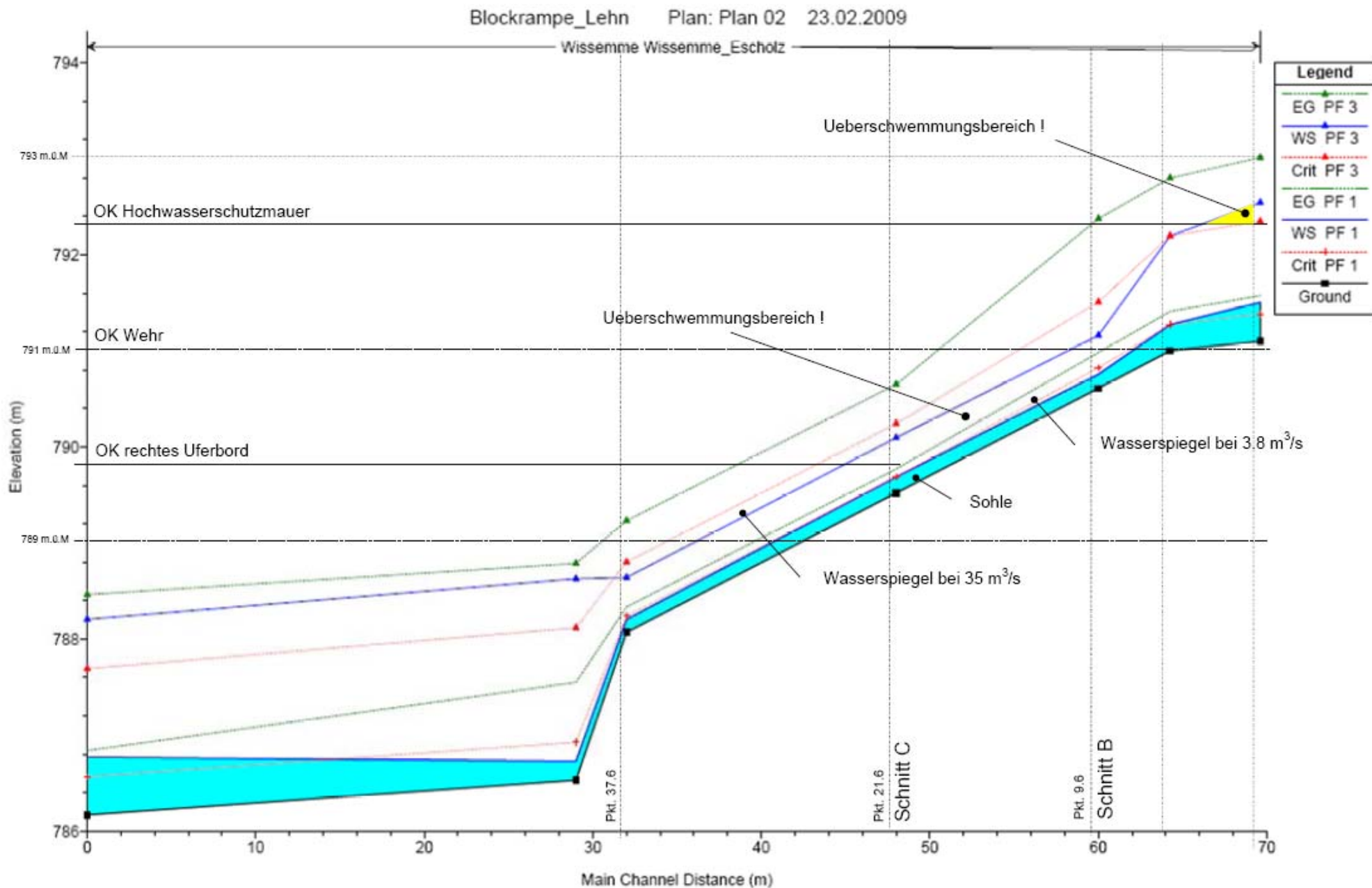
KWKW Lehn

Hr. Ruff / 019.17.002 Blockrampe.vsd / 27.6.08 / Rev.
0.2, 21.2.09

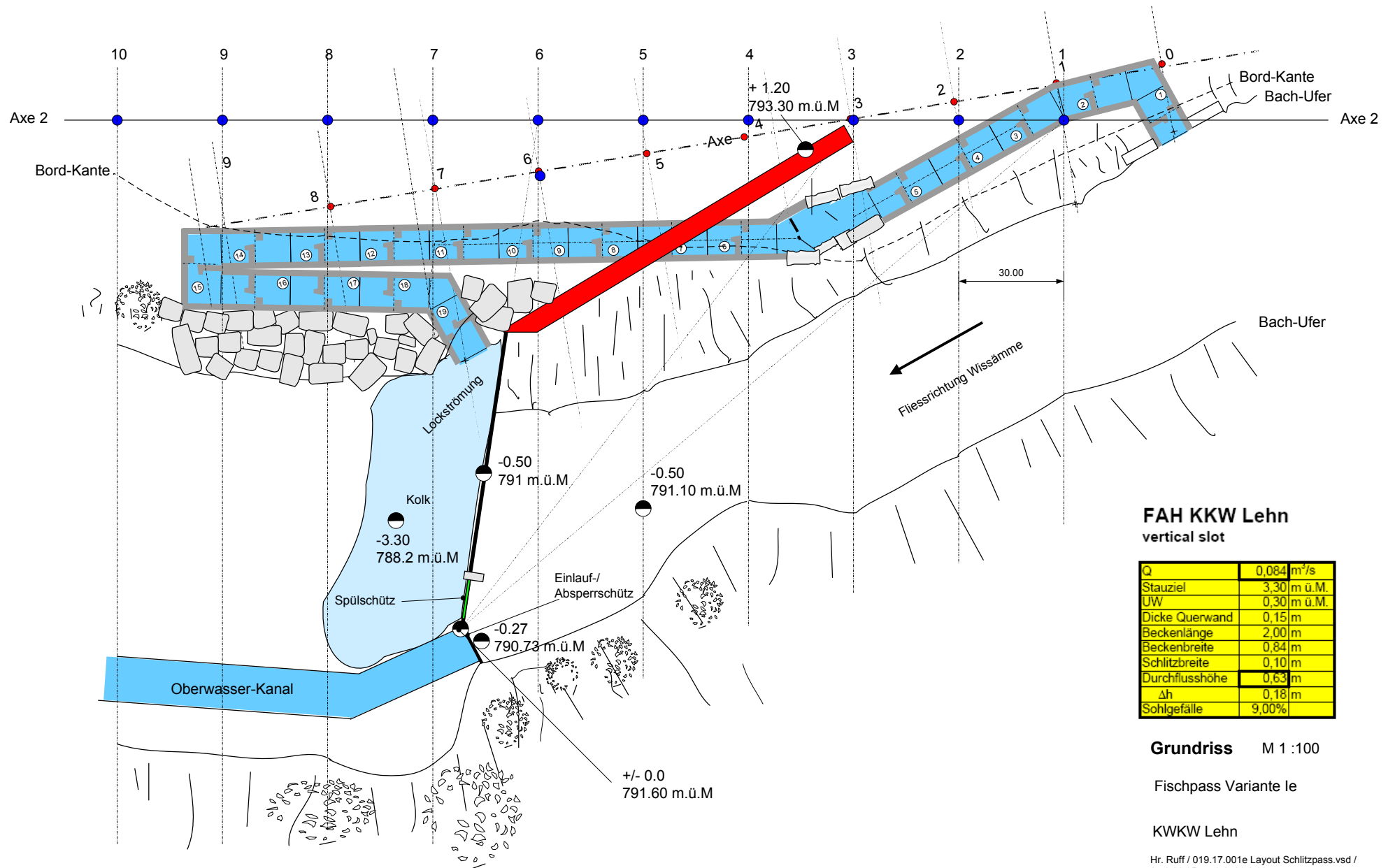
RuffEngineering
Rehabilitierung von Kleinwasserkraftwerken in
Zusammenarbeit mit der UNESCO Biosphäre Erdbach



Anhang 5: Wasserspiegel Blockrampe für $Q = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$ und $35 \text{ m}^3/\text{s}$



Anhang 6: Grundriss Schlitzpass



FAH KKW Lehn vertical slot

| | |
|----------------|-------------------------|
| Q | 0,084 m ³ /s |
| Stauziel | 3,30 m ü.M. |
| UW | 0,30 m ü.M. |
| Dicke Querwand | 0,15 m |
| Beckenlänge | 2,00 m |
| Beckenbreite | 0,84 m |
| Schlitzbreite | 0,10 m |
| Durchflusshöhe | 0,63 m |
| Δh | 0,18 m |
| Sohlgefälle | 9,00% |

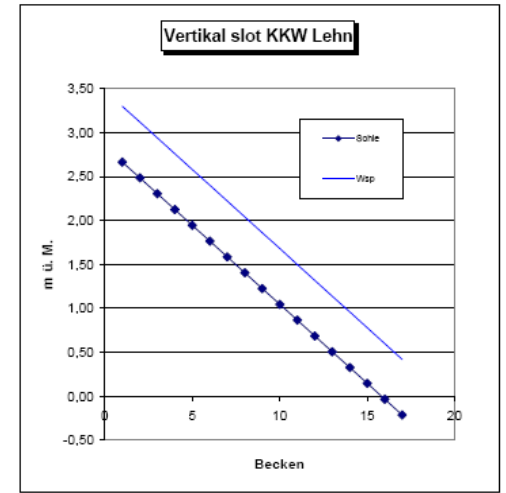
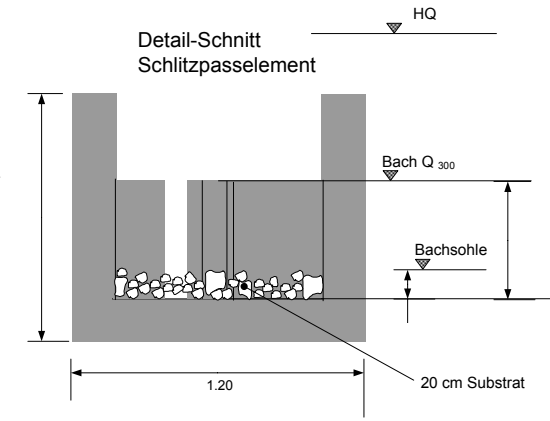
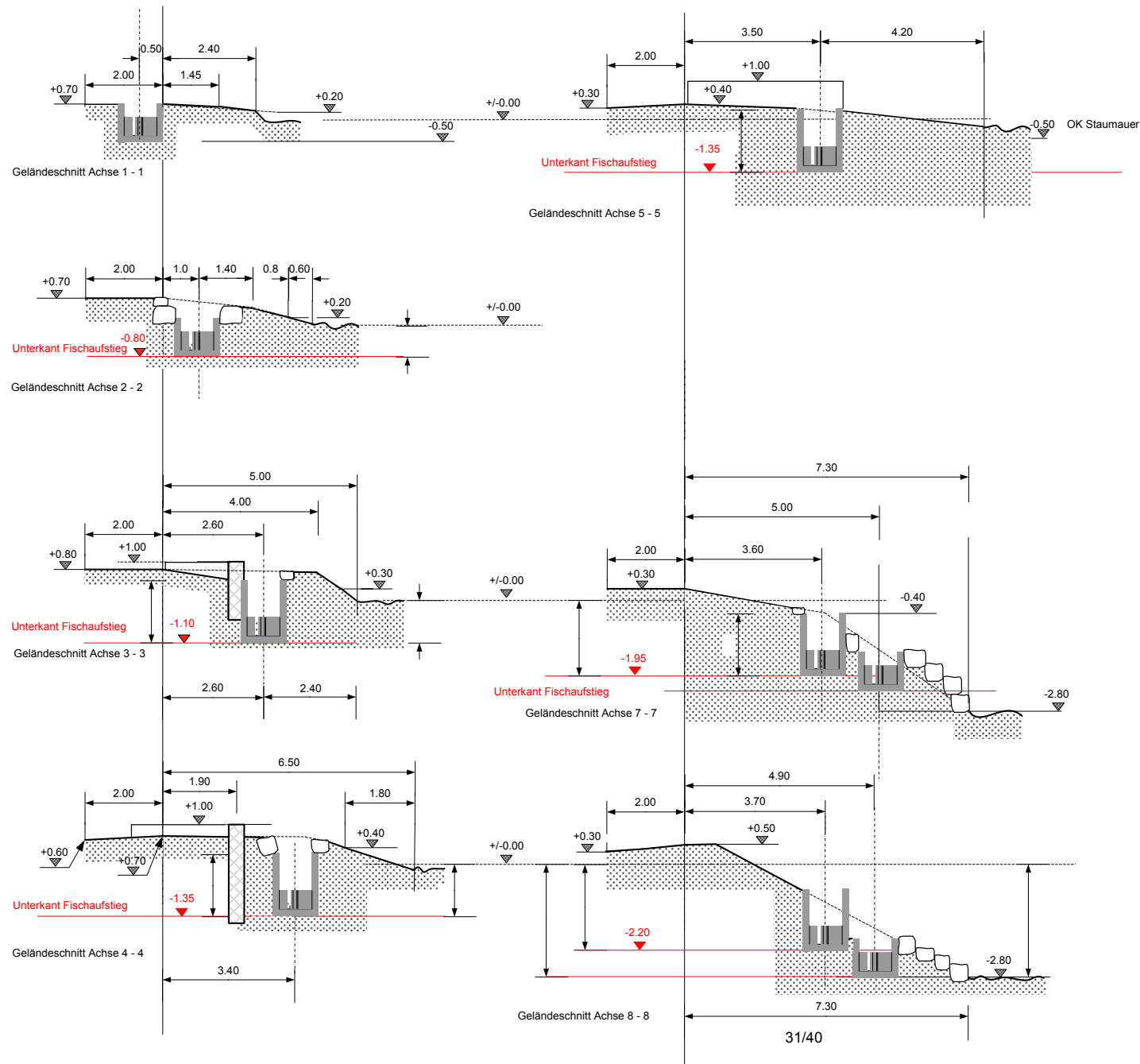
Grundriss M 1 :100

Fischpass Variante Ie

KWKW Lehn

Hr. Ruff / 019.17.001e Layout Schlitzpass.vsd / 27.6.08 / Rev. 0.2, 21.2.09

Anhang 7: Querschnitt Schlitzpass



Querschnitte M 1 : 100

Fischpass Variante le

KWKW Lehn

Hr. Ruff / 019.17.001e Layout Schlitzpass.vsd / 27.6.08 / Rev. 0.2, 21.2.09



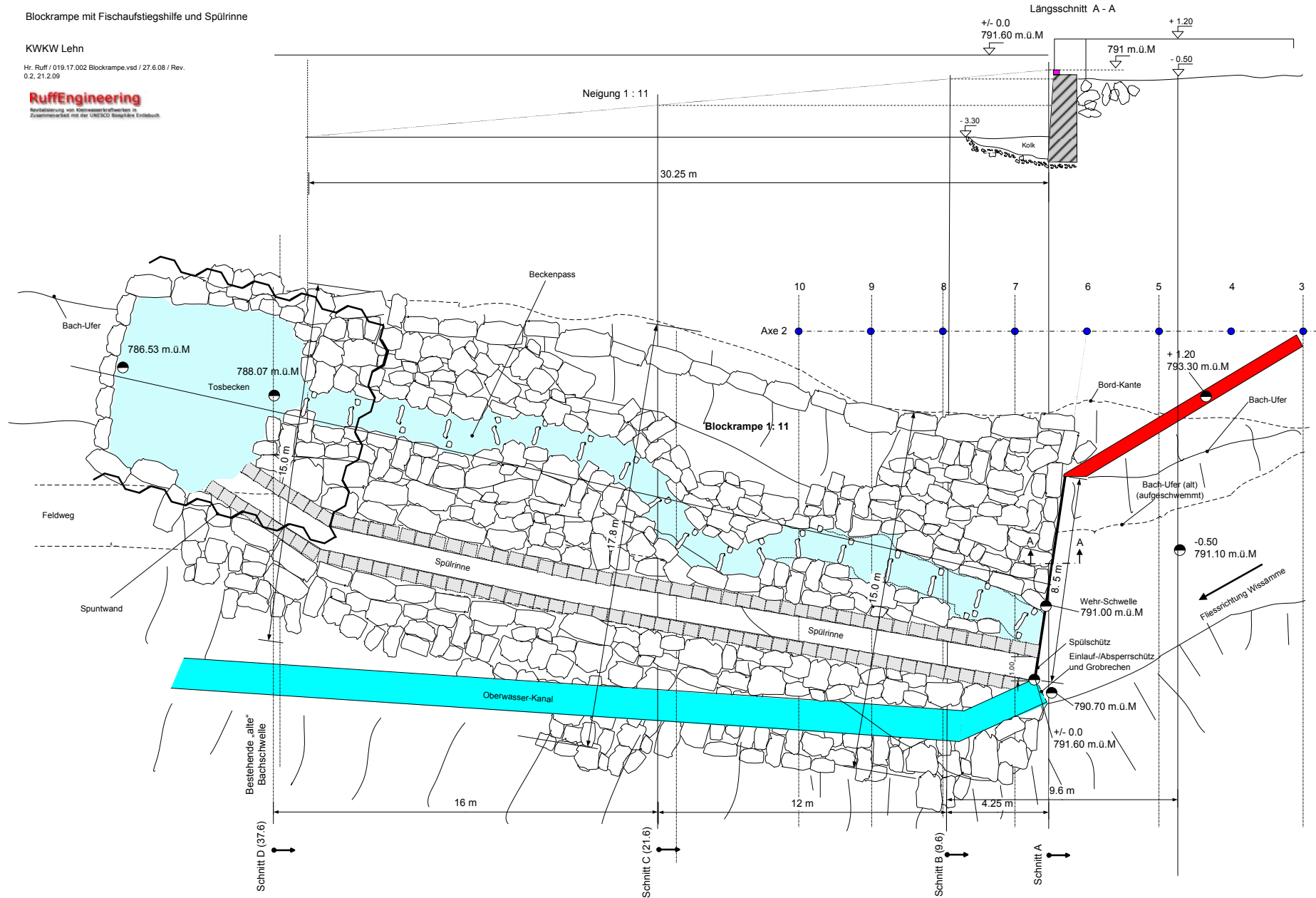
Anhang 8: Grundriss der Blockrampe mit integrierter FAH und Spülrinne

Grundriss

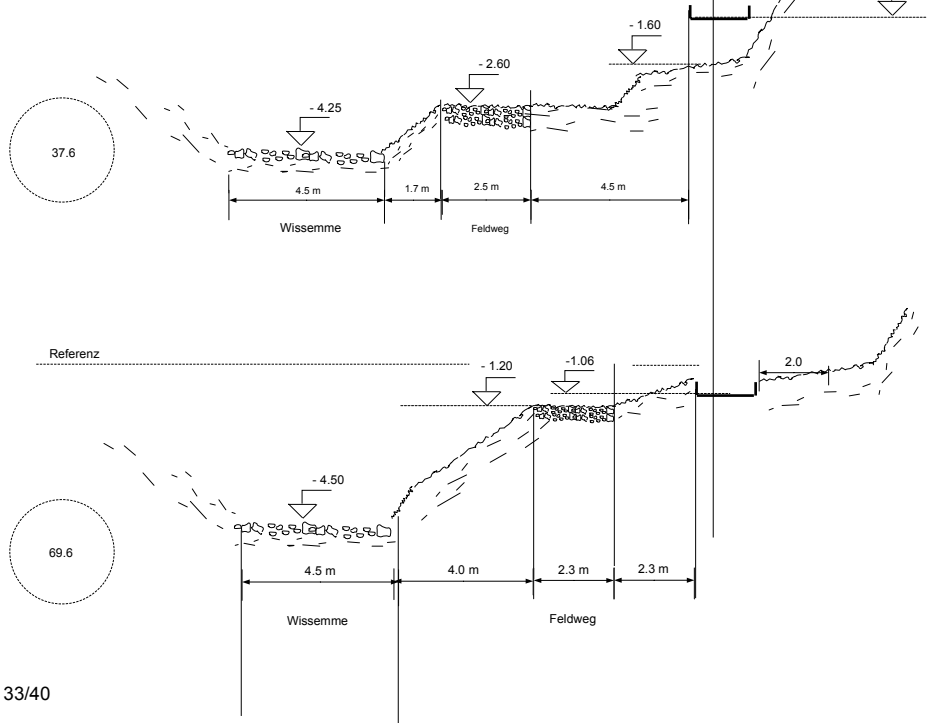
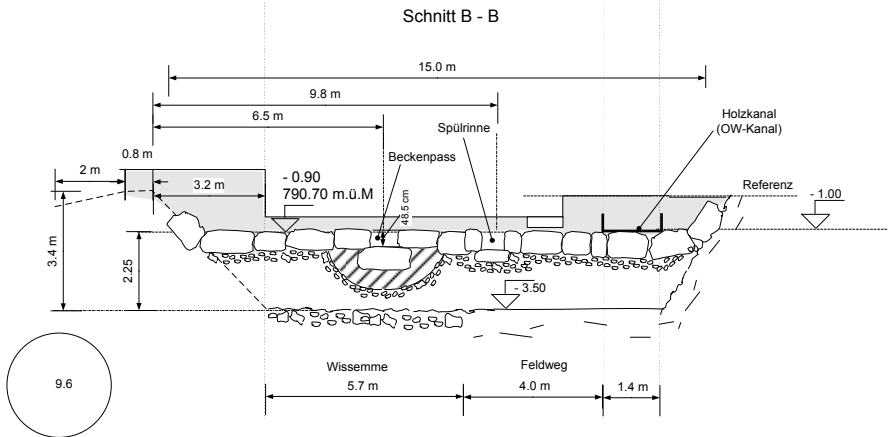
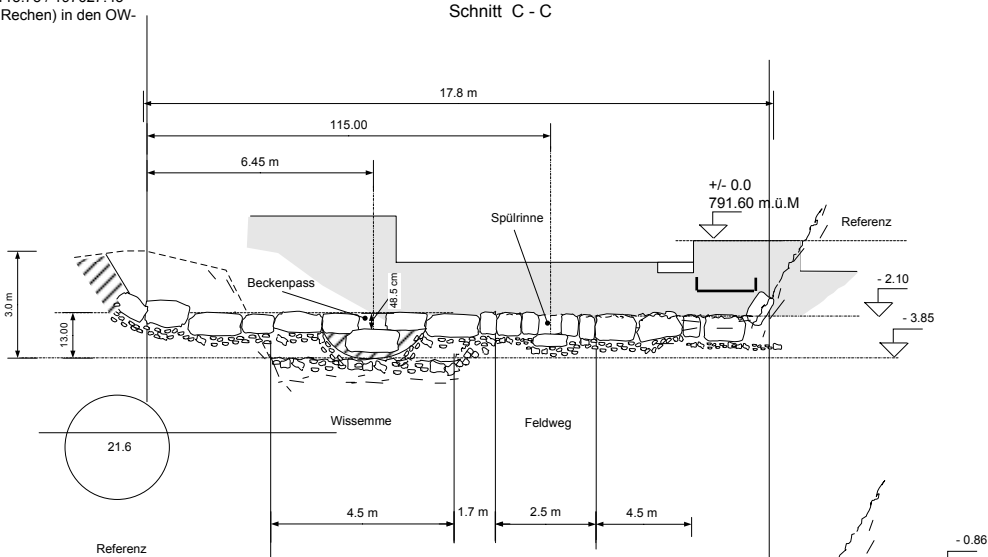
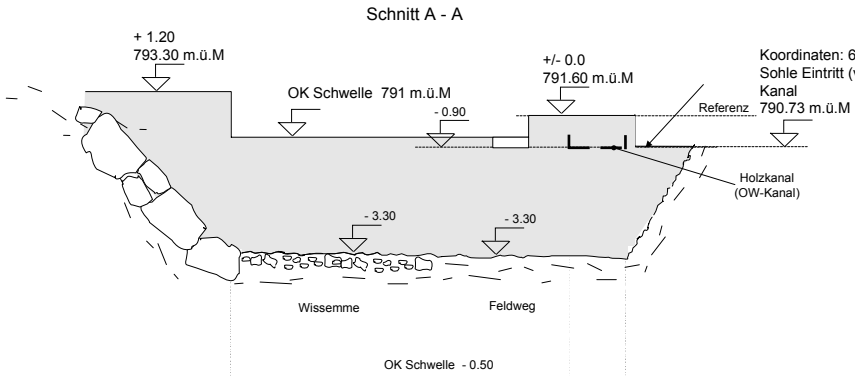
Blockrampe mit Fischaufstiegshilfe und Spülrinne

KWKW Lehn

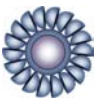
Hr. Ruff / 019.17.002 Blockrampe.vsd / 27.6.08 / Rev. 0.2, 21.2.09



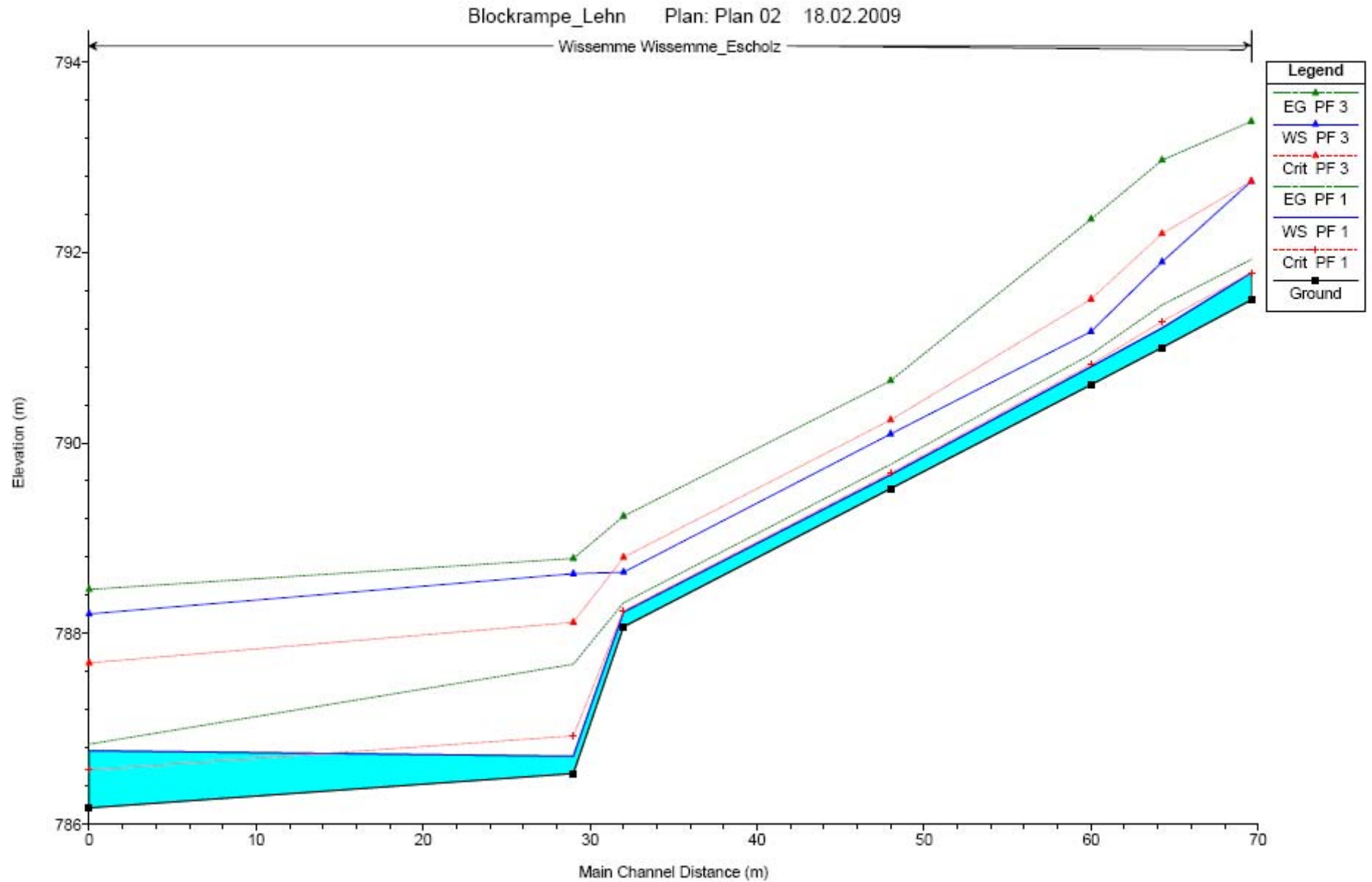
Anhang 9: Querschnitt der Blockrampe mit integrierter FAH und Spülrinne



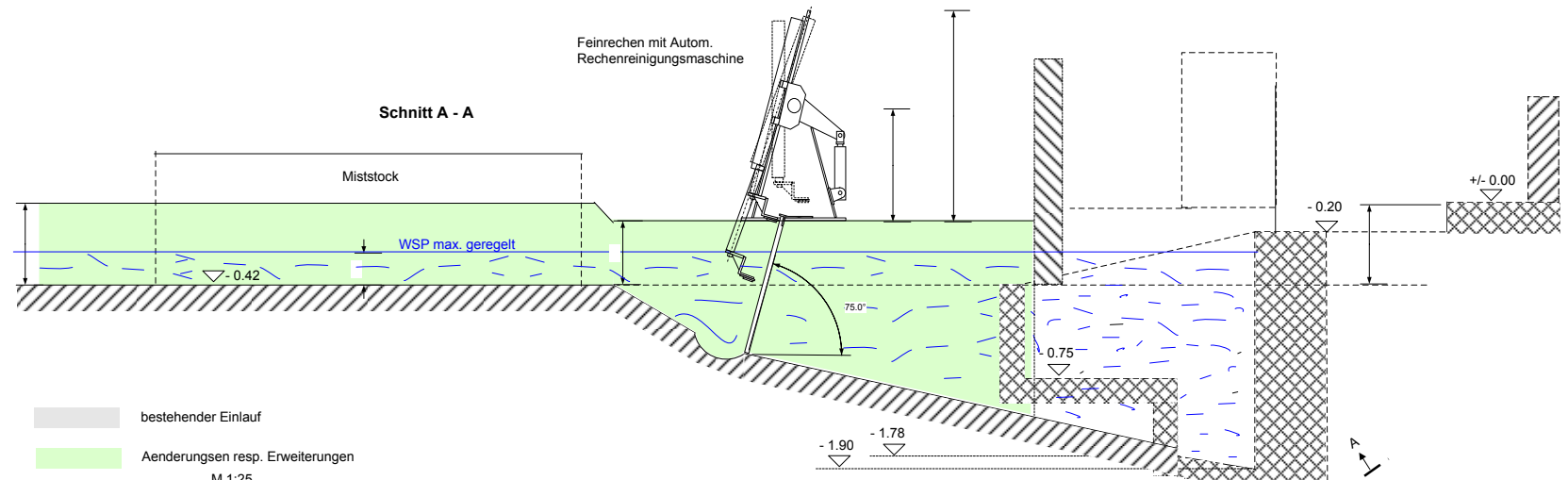
Querschnitte
 Blockrampe mit Fischaufstiegshilfe und Spülrinne
 KWKW Lehn
 Hr. Ruff / 019.17.002 Blockrampe.vsd / 27.6.08 / Rev. 0.2, 21.2.09
RuffEngineering
 Revitalisierung von Kleinwasserlaufwerken in
 Zusammenarbeit mit der UNESCO Biosphäre Erdbeobachtungsstelle



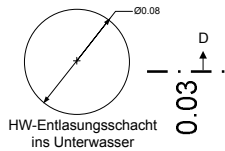
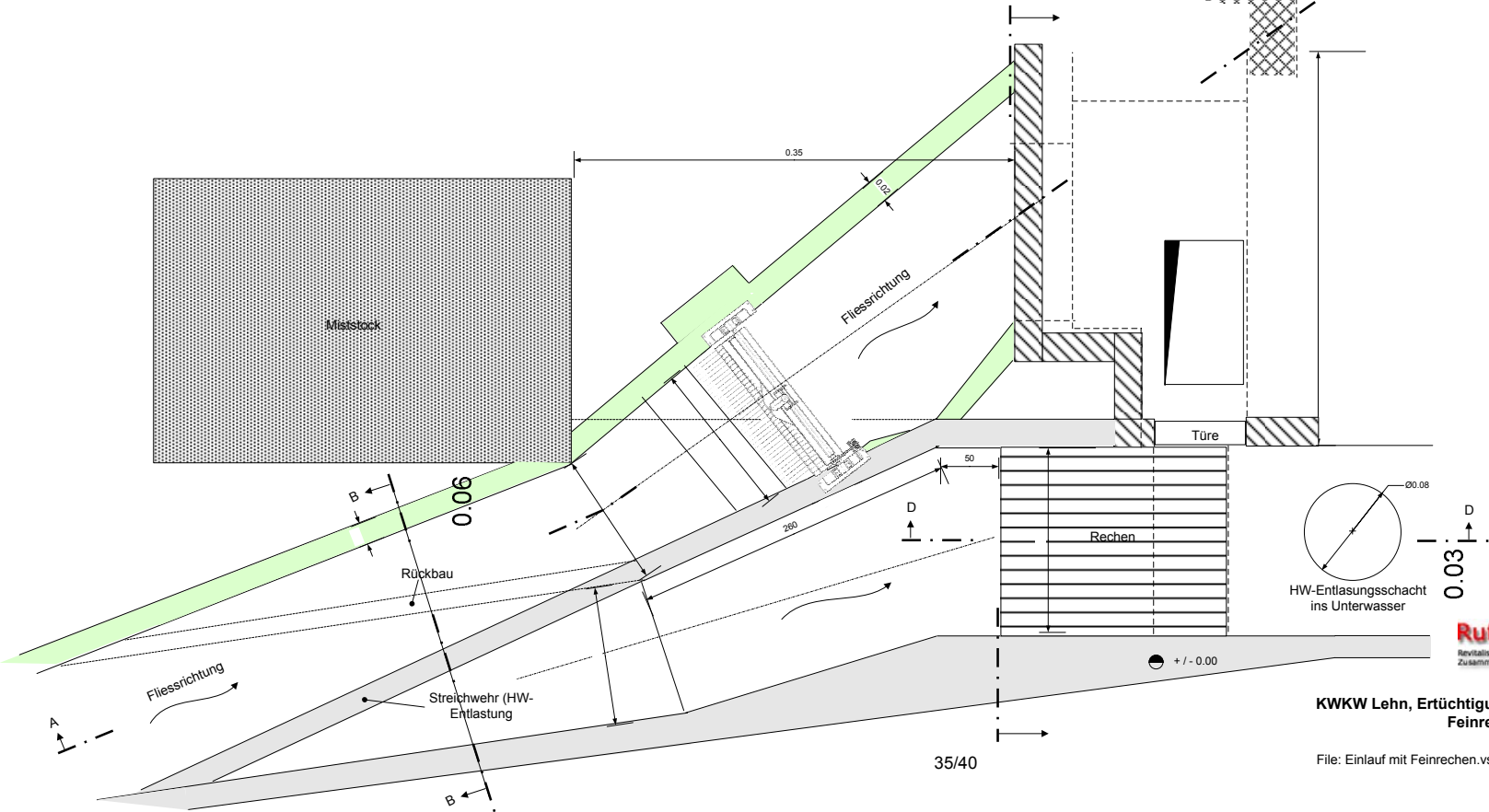
Anhang 10: Wasserspiegel Oberwasserkanal für Q = 4.0 m³/s



Anhang 11: Grundriss und Querschnitt vom Einlauf mit Feinrechen



bestehender Einlauf
 Aenderungen resp. Erweiterungen
 M 1:25



RuffEngineering
Revitalisierung von Kleinwasserkraftwerken in Zusammenarbeit mit der UNESCO Biosphäre Entlebuch.

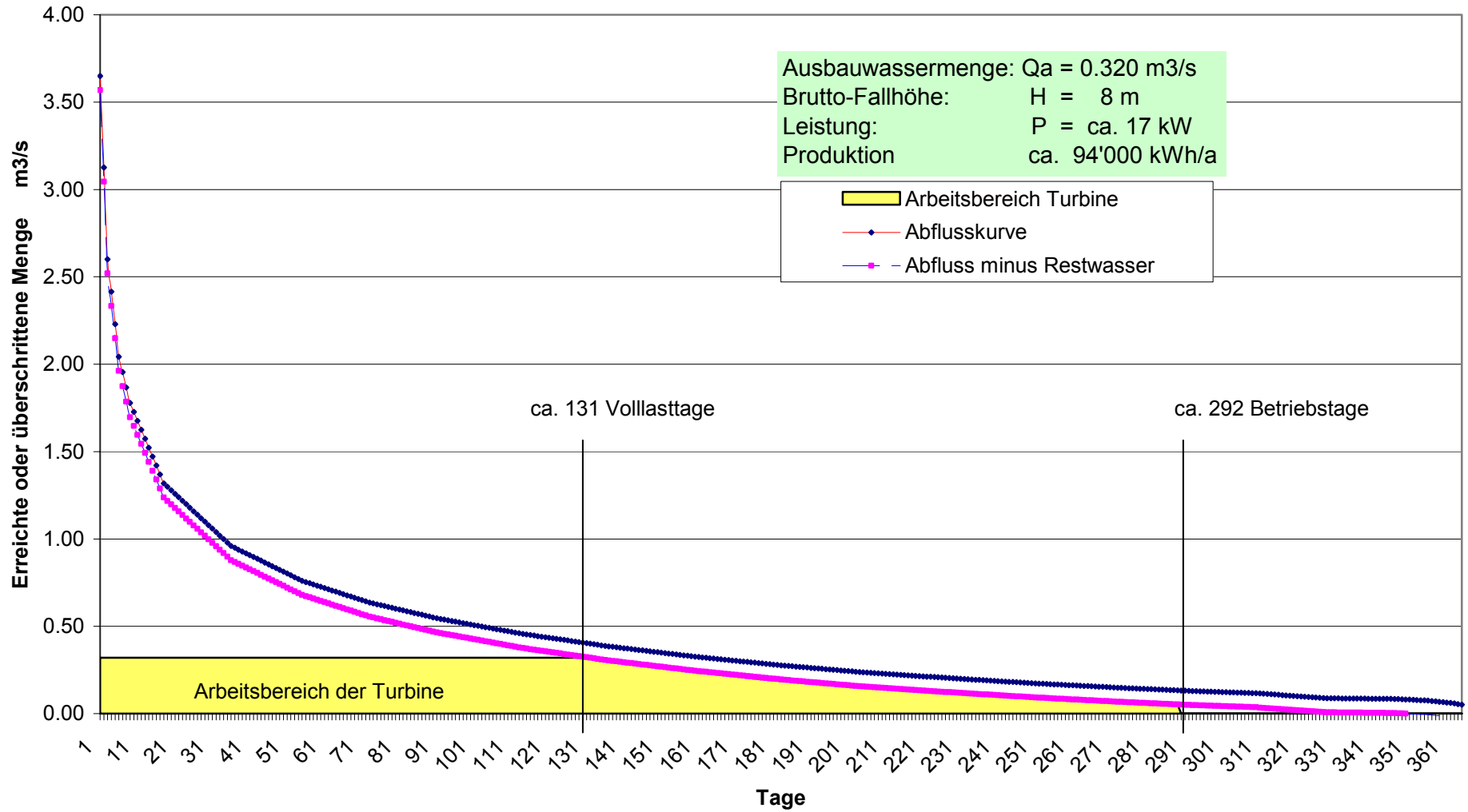
KWKW Lehn, Ertüchtigung / Umbau Einlauf mit Feinrechen

File: Einlauf mit Feinrechen.vs.d / 31.1.09 / H. Ruff / Rev. 0.0



Anhang 12: Jahresabflusskurve und Arbeitsbereich der Turbine

Dauerkurve KWKW Wissemme



Anhang 13: Investition, Aufwand

| | | Variante Schlitzpass | Variante Blockrampe |
|---|---|----------------------|---------------------|
| | Fassung | Wissemme | Wissemme |
| | Rückgabe | Wissemme | Wissemme |
| Erstellungskosten | | | |
| 1 | Wehr, Fassung, Einlaufbauwerk | 158'000 | 196'000 |
| 2 | elektr. & mech. Ausrüstung (Turb., Gen., Feinrechen, Autom. RRM) | 14'700 | 14'700 |
| 3 | Elektrische Einrichtungen | 10'000 | 10'000 |
| Baukosten | | 182'700 | 220'700 |
| 4 | Direkte Bauherrenkosten % 12 | 31'059 | 37'519 |
| 5 | Bauzins 1/3 der BK % 5 | 3'045 | 3'678 |
| Total Investitionskosten | | 216'804 | 261'897 |
| Jahreskosten | | | |
| | Betriebs- und Unterhaltskosten | 3'761 | 7'956 |
| | Kapitalkosten | 11'639 | 13'989 |
| Total Aufwand | | 15'400 | 21'945 |
| | Energie-Produktion KWh/a | 94'833 | 94'833 |
| | <i>Investition/Energie-Produktion</i> CHF/(kWh/a) | 2.29 | 2.76 |
| | Stromgestehungskosten | 0.162 | 0.231 |
| Produktion | kWh/a | 94'833 | 94'833 |
| Tarif | Rp./kWh | 34.75 | 34.75 |
| Neuwert (nach KEV) ca. | CHF | 362'167 | 362'167 |
| KEV = Kostendeckende Einspeisevergütung | | | |



Anhang 14: Wirtschaftlichkeits-Rechnung

| Wirtschaftlichkeit | | Variante Schlitzpass | Variante Blockrampe |
|--------------------|--|----------------------------|---------------------|
| Pos. | | Fr. | Fr. |
| 1. | Elektromechanische Einrichtungen | | |
| 1.1 | Turbine/Generator inkl. Montage und IBS (bestehende Turb. - Revision) | 1'000 | 1'000 |
| 1.2 | Feinrechen | 1'700 | 1'700 |
| 1.3 | Autom. Rechenreinigungsmaschine | 12'000 | 12'000 |
| | Saldo 1 | 14'700 | 14'700 |
| 2. | Bauliche Einrichtungen | | |
| 2.1 | Wehr, Fassung | | |
| 2.1.1 | Variante 1 vorbetonieren, Gabionenkörbe Aushub, Verlegen Schlitzpass-Elemente Schlitzpass-Elemente | 54'000 31'000 67'000 | |
| 2.1.2 | Variante 2 Blockrampe mit integr. FAH und Spülrinne | | 190'000 |
| 2.1.3 | Einlaufbauwerk | 6'000 | 6'000 |
| | Saldo 2 | 158'000 | 196'000 |
| 3. | Elektrische Einrichtungen | | |
| 3.1 | Verteil- und Steuerschrank | 8'000 | 8'000 |
| 3.1.1 | Verteil - und Steuerschrank Gen.-Schalter, Hauptsicherungen 5 Anzeigeräte (Strom, Spannung, Leistung, Niveau, Durchfluss) Vollwertige elektrische Schutzfunktionen: Über- und Unterspannung, Über- und Unterfrequenz, Netzausfall/Vektorsprung, Überstrom Drehzahlregelung und Frequenzregelung, online parametrierbar ja Wasserstandsregelung und Leistungsregelung mit einstellbarer Droop- Charakteristik, online parametrierbar Redundante Überwachung der kritischen Sensoren AutoQuit-Funktion mit der Möglichkeit des automatischen Wiederanlaufs nach unbedenklichen Fehlern Fernalarmierung, Voice oder SMS | | |
| 3.1.2 | EW-Messung | 0 | 0 |
| 3.1.3 | Elektro-Installationen | 2'000 | 2'000 |
| 3.1.4 | Installation und Inbetriebnahme | 0 | |
| 3.2 | Elektr. Erschliessung | 0 | |
| | Saldo 3 | 10'000 | 10'000 |
| 4. | Baukosten | 182'700 | 220'700 |
| 5. | Projektierung und Bauleitung | | |
| 5.1 | Projektierung und Bauleitung elektro-mech. Einrichtungen | | |
| 5.1.1 | Vorstudie | 0.00 | |
| 5.1.2 | Baubewilligungsprojekt | 21'924 | 26'484 |
| 5.1.3 | Unvorhergesehenes (Prozente der BK) | 9'135 | 11'035 |
| | Saldo 4 | 31'059 | 37'519 |
| 6. | Mehrwertsteuer / Bauzins | | |
| 6.1 | Mehrwertsteuer auf Pos. 1 | | |
| 6.2 | Mehrwertsteuer auf Pos. 2 | | |
| 6.3 | Mehrwertsteuer auf Pos. 3 | | |

| | | | | | |
|-------------|---|-----------------|---------------|----------------|----------------|
| 6.4 | Mehrwertsteuer auf Pos. 4 | | | | |
| 6.5 | Bauzins | 1/3 von BK | 5 % | | |
| | Saldo 5 | | | 3'045 | 3'678 |
| 7. | Total Investitionskosten | | | 216'804 | 261'897 |
| 8. | Jährliche Energieproduktion | | | | |
| | (Detailberechnung der Leistung siehe File:Abflusskurve_Leistung.xls) | | | | |
| 9. | Total Energieproduktion, netto | kWh/Jahr | 94'833 | | |
| | (100% verfügbar) | | | | |
| 10. | Betriebs- und Unterhaltskosten | | | | |
| 10.1 | Betriebspersonal (nur zusätzliche Einsätze nach Pannen und für jährliche Reinigung, normale Überwachung (1% der Baukosten) | | | 1'827 | 2'207 |
| 10.2 | Turbine und elektr. Teil 2% der Investitionskosten des Anlageteils | | | 200 | 494 |
| 10.3 | Fassung Druckleitung (1% der Investitionskosten des Anlageteils) | | | 0 | 1'580 |
| 10.4 | Zentralengebäude und Nebenanlagen (1% der Investitionskosten des Anlageteils) | | | 0 | 1'580 |
| 10.5 | Steuern, Versicherung Administration (Buchhaltung) Kraftwerksbetreiber (0.8% der Investitionskosten des Anlageteils) | | | 1'734 | 2'095 |
| | Jahreskosten (Total Betriebs- und Unterhaltskosten) | | | 3'761 | 7'956 |
| 11. | Kapitalkosten bei 100% Fremdfinanzierung keine Eigenfinanzierung | | | | |
| | - Kalkulationssatz (real): 4% - mit der Teuerung von 1% wird der nominale Kalkulationssatz für öffentliche Trägerschaft zu 5% angenommen | | | | |
| 11.1 | Kapitalkosten Turbine und Generator (Pos. 1) (Kapital Pos. 1 x Annuität) Nutzungsdauer = 30 Annuität = 0.057830099 | | | 850 | 850 |
| 11.2 | Kapitalkosten bauliche Einrichtungen (Pos. 2) Nutzungsdauer = 50 Jahre (Kapital Pos. 2 x Annuität) Annuität = 0.0465502 | | | 7'355 | 9'124 |
| 11.3 | Kapitalkosten elektrische Einrichtungen (Pos. 3) (Kapital Pos.3 x Annuität) Nutzungsdauer = 25 Annuität = 0.064011963 | | | 640 | 640 |
| 11.4 | Kapitalkosten Projektierung und Bauleitung (Pos. 4) (Kapital Pos. 4 x Annuität) Nutzungsdauer = 15 Annuität = 0.0899411 | | | 2'793 | 3'375 |
| 11.5 | Kapitalkosten Mehrwertsteuer (Pos. 5) (Kapital Pos. 5 x Annuität) Nutzungsdauer = 15 Annuität = 0.0899411 | | | 0 | 0 |
| | Saldo Kapitalkosten | | | 11'639 | 13'989 |
| 12. | Total Aufwand (Kapitalkosten + Jahreskosten) | | | 15'400 | 21'945 |
| 13. | Mittlerer Rücklieferarif (Ertrag) | | | | |
| | (Vergütung gerechnet aus HT und NT, Winter, Sommer) (Vergütung gerechnet Vergütungs-Gesetz) siehe File KEV_Var 1, Var II | | 34.75 | 32'957 | 32'957 |



| | | | | |
|------------|---|----------------|---------------|---------------|
| 14. | Gewinn pro Jahr: Ertrag - Aufwand | | 17'557 | 11'012 |
| | | | | |
| 15. | Stromgestehungskosten | Fr./kWh | 0.162 | 0.231 |
| | | | | |
| 16. | Kosten-Nutzen-Verhältnis | | 0.47 | 0.67 |
| | | | | |
| 17. | Ganzheitliche Betrachtung mit externen Kosten | | | |
| | Nach SIA Norm 480 (Bundesbehörden anerkennen einen Wert von 5 Rp./kWh, bei 94'833 kWh = 4'741.63 | | 37'699 | 70'656 |
| 18. | Kosten-Nutzen-Verhältnis | | 0.41 | 0.31 |
| | | | | |