



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

# AATHAL-SEEGRÄBEN (ZH)

## REAKTIVIERUNG KW UNTERAATHAL

### Bauprojekt Technischer Bericht

Ausgearbeitet durch

**Peter Eichenberger, Entegra AG**

St. Leonhardstrasse 59, 9000 St. Gallen, [peter.eichenberger@entegra.ch](mailto:peter.eichenberger@entegra.ch), [www.entegra.ch](http://www.entegra.ch)

**Ivo Scherrer, Entegra AG**

St. Leonhardstrasse 59, 9000 St. Gallen, [ivo.scherrer@entegra.ch](mailto:ivo.scherrer@entegra.ch), [www.entegra.ch](http://www.entegra.ch)



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

**Impressum**

Datum: Oktober 2008

**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.**



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	5
Ausgangslage .....	6
Planungsgrundlagen .....	6
Bestehende Anlage .....	6
Übersicht .....	6
Bauteil 1: Wehr und Wasserfassung .....	7
Bauteil 2: Oberwasserkanal .....	9
Bauteil 3: Kanalbrücke .....	10
Bauteil 4: Oberwasserbecken.....	11
Bauteil 5: Druckkanal .....	14
Bauteil 6: Maschinenhaus .....	15
Bauteil 7: Unterwasserkanal.....	15
Bauteil 8: Elektromechanische Ausrüstung und Energieableitung.....	17
Reaktivierungsprojekt.....	19
Zielsetzung .....	19
Rechtliche Aspekte .....	20
Wasserdargebot .....	20
Gewässerzustand und Restwasser .....	22
Auslegung der neuen Anlage .....	23
Nachweise und bauliche Massnahmen .....	24
Bauteil 1: Wehranlage und neue Fischaufstiegshilfe .....	24
Bauteil 2: OW-Kanal .....	28
Bauteil 3: neue Trogbrücke über den Aabach .....	29
Bauteil 4: Oberwasserbecken, neue Rechenanlage .....	29
Bauteil 5: Druckleitung.....	31
Bauteil 6: Maschinenhaus.....	31
Bauteil 7: Unterwasserkanal .....	32
Bauteil 8: Elektromechanische Ausrüstung und Energieableitung.....	34
Kostenvoranschlag.....	35
Wirtschaftlichkeit .....	36
Betriebs- und Unterhaltskosten .....	36
Parameter der Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	36
Gestehungskosten .....	36
Marktchancen des generierten Stromes .....	36
Umweltaspekte.....	37
Gewässervernetzung .....	37
Restwasser.....	37
Geschiebe und Geschwemmsele.....	37



Natur- und Landschaftsschutz, Denkmalpflege.....	38
Weiters Vorgehen, Termine und Bauausführung.....	38

## **Beilagen:**

Beilage 1: Übersicht

Beilage 2: Fischeaufstiegshilfe und Hochwasserentlastung am Wehr

Beilage 3: Trogbrücke über Aabach

Beilage 4: Maschinenhaus und UW-Anbindung



## Zusammenfassung

Die bestehende Anlage aus dem Jahr 1915 (mit diversen Umbauten und Erweiterungen) wurde vor mehr als 10 Jahren ausser Betrieb genommen, weil die Maschinen zu Lärm- und Körperschallproblemen im umgenutzten ehemaligen Spinnerei-Hochbau geführt haben. Die bisherige Besitzerin hat der Entegra Wasserkraft AG die Wasserkraftanlage mitsamt den Kanälen und Wehreinrichtungen sowie den bestehendem Wasserrecht zwecks Reaktivierung übertragen.

Um die energetische Nutzung den heutigen Verhältnissen anzupassen, wird die Zentrale aus den bisherigen Räumlichkeiten ausgelagert, die bestehenden und zur weiteren Benutzung genügenden Anlageteile wo nötig saniert, die historischen und denkmalgeschützten Bauten und Kraftwerksteile erhalten und die Anlage so weit aufgewertet, dass sie in allen Aspekten den ökologischen Kriterien heutiger zertifizierter Kraftwerke genügt.

Der vorliegende Bericht zeigt, dass die Reaktivierung des Kraftwerks Unteraathal technisch möglich ist. Die kostendeckende Einspeisevergütung wird gemäss Bescheid der Swissgrid zugesichert. Ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage scheint gewährleistet, sofern die Behörden im Rahmen des Konzeptionsverfahrens keine zusätzlichen Massnahmen von grosser Tragweite fordern.

Das reaktivierte Kraftwerk Unteraathal zeigt folgende Kenndaten:

- |                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| • Elektrische Nennleistung      | 160 kW           |
| • Nettofallhöhe                 | 7.60 m           |
| • Ausbauwassermenge             | 2600 l/s         |
| • Jahresenergie                 | 575'000 kWh      |
| • Gestehungskosten (gemäss kEV) | ca. 27.0 Rp./kWh |
| • kEV                           | ca. 27.4 Rp./kWh |



## Ausgangslage

Die Agensa AG mit Sitz in Herisau ist Besitzerin der Liegenschaft an der Zürichstrasse 180 in Aathal-Seegräben. Auf dieser Liegenschaft befindet sich der imposante Hochbau der ehemaligen Spinnerei Streiff (vormals Kunz), zu der auch eine Wasserkraftanlage gehört.

Die Agensa AG und die Entegra Wasserkraft AG, St. Gallen haben vereinbart, die Wasserkraftanlage, die wegen zu hohen Lärmimmissionen im umgenutzten ehemaligen Spinnereigebäude nicht mehr betrieben wird, von der übrigen Liegenschaft abzutrennen und mitsamt den Kanälen und Wehreinrichtungen sowie dem bestehenden Wasserrecht der Entegra Wasserkraft AG zwecks Reaktivierung zu übertragen.

Der vorliegende Technische Bericht zum Bauprojekt beschreibt den Zustand der bestehenden Anlage, zeigt die erforderlichen Massnahmen zur Reaktivierung des Kraftwerks auf und ermittelt die Kosten und die Wirtschaftlichkeit dieses Reaktivierungsprojekts.

## Planungsgrundlagen

Das vorliegende Reaktivierungsprojekt basiert auf den folgenden Grundlagen:

- [1] **AWEL: Konzessionsunterlagen des Wasserrechts WR Hinwil Nr. 167**
- [2] *Denkmalpflege, Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich: Anlagenbeschrieb gemäss Verfügung zur Unterschutzstellung der Fabrikanlage Unter-Aathal (Spinnerei Streiff)* samt Wasserkraftanlage. 5. August 1992
- [3] **AWEL: Abflussmessungen** am Aabach (Aa-Stegen, Pegel ZH 525; Wildbach Wetzikon, ZH 526 und Aabach, Niederuster ZH 554)
- [4] **AWEL: Neues Regulierwehr Pfäffikersee**, Basler & Hofmann, 1992
- [5] Beschrieb der Oberlieger-Kraftwerke Schönau, Flos und Oberaathal der Streiff AG, Basler & Hofmann, 1994 und 2000
- [6] Produktionsdaten des Unterlieger-Kraftwerks Trümpler, Energie AG Uster
- [7] *Baudirektion Kanton Zürich, AWEL: Massnahmenplan Wasser im Einzugsgebiet des Greifensees*, Basler & Hofmann AG, et al., 28. 4. 2006
- [8] Querprofilaufnahmen am Aabach, Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf, November 2007
- [9] *Aabach-Genossenschaft, Uster: Gesamtschau Kleinwasserkraftwerke am Aabach*, ITECO AG, Vortrag 23. November 2007
- [10] **AWEL: Beurteilung und Bewertung des Wasserkraftwerks Unteraathal der Firma Streiff AG, Aathal (ZH)**, Hydrelec Ingenieure AG, März 1993
- [11] *Denkmalpflege des Kantons Zürich: Zustandsbericht über Wasserrechte am Aabach im Bezirk Hinwil* Staubli, Kurath & Partner AG, November 2007
- [12] **AWEL: Entsorgung von Sedimenten aus Stauhaltungen**; Grundlagenbericht, September 2003

## Bestehende Anlage

### ÜBERSICHT

Die bestehende Anlage des Wasserrechts Hinwil Nr. 167 aus dem Jahre 1915 mit Umbauten und Erweiterungen in den Jahren 1919, 1927 und 1943 ist nicht mehr in Betrieb. Die Anlage mit einer installierten mechanischen Leistung von 330 PS (rund 220kW elektrisch) wurde vor mehr als 10 Jahren ausser Betrieb genommen, weil die Maschinen zu Lärm- und Körperschallproblemen im umgenutzten ehemaligen Spinnerei-Hochbau geführt haben.

Das Kraftwerk Unteraathal ist ein klassisches Ausleitkraftwerk, welches sich nahtlos in die Kraftwerkskette des Aabaches zwischen dem Pfäffikersee und dem Greifensee einfügt. Das Oberlieger-

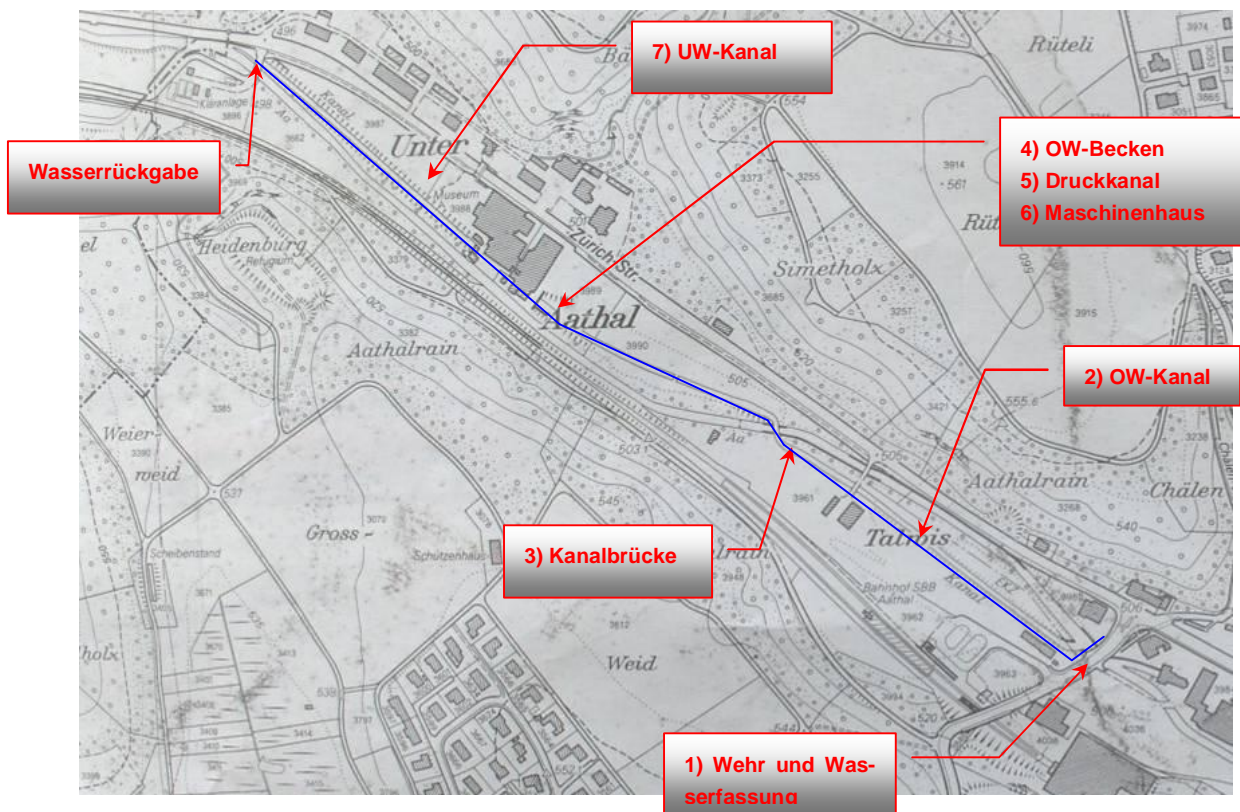


Kraftwerk „Oberaathal“ gibt das Wasser zurück in den Aabach im Bereich der Wehranlage des Kraftwerks Unteraathal. Dieses wiederum tut dasselbe im Bereich der Fassung des KW „Trümpfer“, Oberuster, so dass sich eine Ausleitung der anderen anschliesst und den Aabach im Abschnitt Wetzikon – Oberuster zur reinen Restwasserstrecke macht.

Das Kraftwerk Unteraathal besteht aus den folgenden Komponenten:

1. Wehr und Wasserfassung
2. Oberwasserkanal
3. Kanalbrücke über den Aabach
4. Oberwasserbecken mit Leerschuss, Rechen, Rechenreinigungsanlage
5. Druckkanal
6. Maschinenhaus
7. Unterwasserkanal

Der nachfolgende Übersichtsplan zeigt die einzelnen Komponenten der Anlage in ihrer Gesamtheit:



**Bild 1:** Übersicht über die Wasserkraftanlage Unteraathal am Aabach in Aathal-Seegräben

Die technische Ausgestaltung, der derzeitige Zustand und der Sanierungsbedarf der einzelnen Anlagenteile werden im Folgenden beschrieben.

### BAUTEIL 1: WEHR UND WASSERFASSUNG

#### a) Technische Daten und Zustand

Die Fassung liegt direkt an der Aabach-Brücke bei der Strassenkreuzung Zürichstrasse - Gstalderstrasse beim alten Bahnhof Aathal-Seegräben. Das Wasser wird an einem 9.45m breiten Wehr mit automatischer Segmentschütze in den Oberwasserkanal ausgeleitet, der mit drei Einlaufschützen geschlossen werden kann. Das Stauziel ist identisch mit der unteren Gefällsgrenze des Oberliegerkraftwerks Oberaathal, Wasserrecht Nr. 165, Bezirk Hinwil:





Stauziel im OW: 504.50m ü.M.

Das Wehr besitzt keinen eigentlichen Schwellenaufbau. Eingebaut in ein Rechteckgerinne mit betonierter horizontaler Sohle mit Kote 503.50m ü.M. staut die Segmentschütze mit hydraulischem Gegengewichtsantrieb den Aabach auf 1m Tiefe auf. Bei Hochwasser wird die seitlich angeordnete Gegengewichtskammer geflutet und die Schütze hebt sich und reguliert das Stauziel auf -0cm / + 5cm ohne jegliche Fremdenergie. Der Zustand der genieteten Schütze ist relativ gut. Einzig die Spül- und Regulierschützen in der Gegengewichtskammer sind stark korrodiert und sind nur noch eingeschränkt betriebsfähig. Die Ufermauern im Staubereich und Kanaleinlauf sind in gutem Zustand. Die gemäss Ref. [11] beanstandeten Risse mit Aussinterungen in den Ufermauern des Wehres sind in keiner Weise mit der Belastung aus Wasserdruck oder der Lagerkräfte der Schütze korrelierbar. Vielmehr müssen sie als Schwindrisse und als Öffnung der Arbeitsfugen im Stampfbeton von 1919 interpretiert werden. Weitere kleinere Leckagen, die in der Wehrschwelle resp. an der Schützendichtung identifiziert wurden, sind nicht gravierend.

Die ans Wehr anschliessende Gewässersohle liegt rund 1m tiefer als die Wehrschwelle, sodass bei Niederwasser / Restwasserabfluss ein Gesamtabsturz vom Stauziel zum Unterwasserspiegel am Wehr von knapp 2m entsteht.



**Bild 2:** *Wasserfassung mit Einlaufschützen links und der Segmentschütze mit Gegengewicht im ungestauten Zustand.*

Die 3 x 2.25m breiten Einlaufschützen aus Holz mit Handantrieb und darüberliegender Tauchwand sind in ansprechendem Zustand. Die Rahmen der Schützen aus Metall sind leicht korrodiert, jedoch ohne die Substanz zu gefährden. Im Hochwasserfall wurden die Einlaufschützen von Hand geschlossen und damit ein Einströmen von zuviel Wasser und ein Ausufern im Kanal verhindert. Dieser Handbetrieb ist bei einer Reaktivierung nicht mehr möglich und eine Automatisierung oder neue Entlastungsmöglichkeiten müssen vorgesehen werden.

aGewässerstrecken mit Unterhaltspflicht des Konzessionsnehmers definiert. An der Wasserfassung des KW Unteraathal sind dies 155m ab Wehr im Oberwasser und 30m im Unterwasser. Der betonerte





Rechteckkanal im Oberwasser ist in gutem Zustand während die Betonplatten an den Böschungen nach dem Wehr leicht unterspült sind, da der Aabach über die Jahre eine Eintiefung im felsigen Untergrund erfahren hat.

b) Sanierungsbedarf

Die geringen Leckagen an der Segmentschütze und die Abplatzungen an der Wehrschwelle im Tosbecken können im Rahmen des normalen Unterhalts wiederhergestellt werden. Darüber hinaus sind laut Auskunft der kantonalen Behörden an der Wehranlage und der Wasserfassung folgende Massnahmen zu planen:

- 1a) Überprüfung der Hochwassersicherheit am Wehr
- 1b) Erstellen einer Restwasserdotierung von 140 l/s (ev. in Kombination mit der Fischaufstiegshilfe)
- 1c) Erstellen einer Fischaufstiegshilfe

## BAUTEIL 2: OBERWASSERKANAL

a) Technische Daten und Zustand

Der bestehende Oberwasserkanal mit einer Sohlenbreite von 4.2m ist ca. 480m lang und mit beidseitigen Betonauskleidungen ausgeführt. Anfänglich ist der Kanal im Terrain eingeschnitten (siehe Bild). Nach einer Kanalbrücke über den Aabach (siehe nächster Abschnitt) wird der Kanal auf einer Dammböschung in erhöhter Lage geführt und erreicht die ehem. Spinnerei Streiff auf knapp 4m über Terrain.

Der Kanal war wie die Oberlieger-Kraftwerke Flos und Oberaathal ursprünglich auf einen Durchfluss von  $3.4\text{m}^3/\text{s}$  ausgelegt. Mit einem Energieliniengefälle von rund 0.03% ergibt dies eine Wassergeschwindigkeit von rund 0.6m/s und eine Wassertiefe von 1.25m (mit  $K_{\text{strickler}} \text{ Sohle} = 35\text{m}^{1/3}/\text{s}$  und  $K_{\text{strickler}} \text{ Betonwände} = 55\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ).



**Bild 3:** Oberwasserkanal mit beidseitiger Betonauskleidung.



Der Kanal ist örtlich mit Sedimentablagerungen, Ästen und Algenbewuchs belegt und erreicht damit nicht mehr seine ursprüngliche Abflusskapazität. Insbesondere entlang der Schrebergärten im Talwies ist der Kanal durch Bewuchs praktisch versperrt.

Die Betonauskleidung ist örtlich leicht gerissen; die Fugen sind nicht überall dicht.

b) Sanierungsbedarf

Die Ablagerungen im Kanal müssen je nach Ausbauwassermenge des neuen Kraftwerks nur lokal entfernt werden. Eine systematische Räumung und Entsorgung des Schlammes ist nicht notwendig. Die offenen Fugen der Kanalauskleidung müssen teilweise saniert werden. Auch hier ist eine systematische Erneuerung der Fugen nicht erforderlich, da die Wasserverluste durch die Fugen vor allem im oberen Teil des Kanals (oberhalb der Dammbedingung) gering sind.

### BAUTEIL 3: KANALBRÜCKE

a) Technische Daten und Zustand

Ca. 300m nach der Wasserfassung überquert der Kanal den Aabach mit einer Stahltrogbrücke. Die Spannweite der Brücke beträgt im Licht 6.8m (bis Widerlagermitte rund 7.20m). Der Rechteckquerschnitt des Trog hat die Abmessungen  $B = 3.31\text{m} \times H = 1.20\text{m}$ .

Oberhalb der Brücke besitzt der Kanal eine seitliche Entlastung, die bei Turbinenschnellschluss oder bei Hochwasser am Wehr anspringt und das Wasser über einen Kanal aus Beton- und Natursteinmauerwerk zurück in den Aabach leitet. Die Trogbrücke selber ermöglicht auf ihre gesamte Länge eine beidseitige Entlastung in den Aabach, wobei der rechtsseitig angebrachte Steg neueren Datums dies teilweise behindert.



**Bild 4:** Trogbrücke über den Aabach mit der seitlichen Entlastung im Vordergrund.







**Bild 5:** Trogbrücke über den Aabach mit Widerlagern, die saniert werden müssen.

Die Widerlager der Trogbrücke bestehen aus Natursteinmauerwerk, welches stark ausgewaschen ist, wobei viele Steinquader fehlen. Der Unterhalt dieser hartverbauten Ufer des Aabaches obliegt dem Konzessionär, und zwar auf eine Länge von 15m beidseits der Brücke.

b) Sanierungsbedarf

Der genietete Stahltrog weist etliche Korrosionsstellen auf und muss rundum saniert werden. Die Denkmalpflege des Kantons möchte die Brücke in ihrer bisherigen Ausgestaltung als Zeugin der industriellen Vergangenheit erhalten, während ein vollständiger Ersatz der Brücke in Form einer vorfabrizierten neuen Stahlbrücke auf neuen Betonwiderlagern am kostengünstigsten wäre. Hier wird eine Kooperation anzustreben sein, um beide Interessen berücksichtigen zu können.

#### **BAUTEIL 4: OBERWASSERBECKEN**

a) Technische Daten und Zustand

Im Oberwasserbecken befindet sich eine Einlaufschütze aus Holz, der Einlaufrechen mit Rechenreiniger, eine seitliche Entlastung und die Leerlaufschütze, über die das Wasser zur Zeit direkt in den Aabach zurückgeleitet wird, da die Turbinen still stehen.

Die technischen Daten der Anlageteile sind wie folgt:

- OK Betonmauer Oberwasserbecken 504.92m ü.M.
- Stauziel 504.30m ü.M.
- Einlaufschütze:
  - Breite 2.55m



## Bauprojekt Reaktivierung Kraftwerk Unteraathal

- Höhe 2.20m
- Holzbeplankung mit Zahnstangenhubwerk mit Handkurbel
- Rechen:
  - Breite 2.20m
  - Höhe 3.76m (vertikal gemessen)
  - Rechenstäbe mit strömungsgünstigem Profil (max. 10mm breit)
  - Stababstand im Licht 20mm
- Rechenreinigungsmaschine
  - Seilzugmaschine mit elektrischem Antrieb
  - Rechengutwanne aus Edelstahl
  - Entsorgung des Rechenguts über Rutsche auf den 4m tiefer liegenden Vorplatz
- Seitliche Entlastung
  - Streichwehrlänge 7.80m mit Sammelkanal 0.5m breit, 1m tief
  - Überfallkante 504.39m ü.M.
  - Entlastungskapazität bei Schwallhöhe von 30cm:  $0.75\text{m}^3/\text{s}$



**Bild 6:** Oberwasserbecken mit Geschwemmselabweiser (Schwimmbalken), Einlaufschütze, Rechen mit Rechenreiniger und Entlastungswehr links im Bild.

- Leerschuss- und Spülschütze
  - Schützenbreite 1.30m
  - Sohle Leerschussschütze 503.81m ü.M.
  - Sohle Spülschütze 500.72m ü.M.





- Schützentafeln aus Holz
- Hubantrieb mit Zahnstangen und Getriebe mit Handkurbel
- Betonkanal in den Aabach, Länge 8.5m, Sohle Rückgabe 499.80m ü.M.

Es besteht eine Unterhaltungspflicht im Aabach von der Mündung des Über- und Leerlaufkanals an gerechnet 10m bachaufwärts und 20m bachabwärts.

b) Sanierungsbedarf

Der Betonaufbau des Oberwasserbeckens ist in gutem Zustand und zeigt wenig Risse und Leckagen. Sämtliche Stahlwasserbauteile sind korrodiert. Die Betriebsfähigkeit ist jedoch mit Ausnahme der Spülschütze noch gegeben. Hingegen muss die Rechenreinigungsmaschine vollständig ersetzt werden, da die bestehende Anlage lärmintensiv ist (Reibung Stahl auf Stahl über dem Wasserspiegel; Seilzugmaschine), was nahe der Wohngebäude unweigerlich zu Problemen führen wird. Die Abfuhr des Rechenguts ist zu überprüfen.

Die Entlastungskapazität des Oberwasserbeckens ist ungenügend ( $0.75\text{m}^3/\text{s}$  über Streichwehr – limitierend ist hier die Sammelkanalkapazität – und  $0.25\text{m}^3/\text{s}$  über Leerschussschütz bei einer Überstauhöhe von 24cm). Bisher lief der bei einem Notschluss der Turbine entstehende Stauschwall im Kanal bis zur Trogbrücke über den Aabach hoch und wurde dort teilweise entlastet. Mit dem Bau der neuen Häuser direkt am OW-Kanal (siehe nachfolgendes Bild) wurden die Kanalmauern nicht wieder bis auf die ursprüngliche Böschungshöhe erstellt, da das Kraftwerk bereits stillstand. OK Gartenplatte ist mit Kote 504.74m ü.M. nur 44cm über dem Stauziel. Der Stauschwall wird bei einer Kanalkapazität von  $3.4\text{m}^3/\text{s}$  knapp 30cm hoch, so dass nur ein Freibord von rund 14cm zum Garten entsteht.



**Bild 7:** Oberwasserkanal mit neu angelegten tiefliegenden Gärten links im Bild. Die Dichtigkeit der Kanalwand, insbesondere für den Notschlussfall der Turbinen und dem anschliessenden Schwall, ist zu überprüfen.

Zusammenfassend die Sanierungsmassnahmen am Oberwasserbecken im Überblick:





- 4a) Revision Spülschütze
- 4b) Neuer Rechen und Rechenreinigungsanlage
- 4c) Schwallhöhe, Entlastung und Dichtigkeit der Kanalmauern im OW mit neuer Ausbauwassermenge prüfen.

## BAUTEIL 5: DRUCKKANAL

### a) Technische Daten und Zustand

Der bestehende Druckkanal aus Beton führt vom Oberwasserbecken unter einem neu angebauten Nebengebäude (mit Restaurant) hindurch zum Maschinenhaus. Vor dem Maschinenhaus führen zwei Druckleitungen aus dem Kanal zu den Turbinen.

Die Abmessungen des Druckkanals sind wie folgt:

- Breite 2.0m
- Höhe 1.8m, mit Gefälle zur Kanalmitte
- Länge bis Beginn der Druckleitungen ca. 20.5m

Die Druckleitungen mit Absperrschiebern zu den Turbinen sind genietete Konstruktionen und haben die folgenden Merkmale:

- Druckleitung Turbine 1:  $D = 1500\text{mm}$
- Druckleitung Turbine 2:  $D = \text{ca. } 750\text{mm}$ ,

Die Druckleitungen können von innen besichtigt werden. Die Korrosion der genieteten Rohre ist weit fortgeschritten. Die Druckleitungen können nicht wieder verwendet werden.



**Bild 8:** Druckkanal im Übergang zu den Druckleitungen mit der alten Abschlussklappe der grossen Turbine und dem Abgang zur kleinen Turbine links im Bild..



b) Sanierungsbedarf

Der Druckkanal ist in gutem Zustand und könnte wieder verwendet werden. Hingegen scheitert die Wiederverwendung der Druckleitungen zu den Turbinen nicht nur an den vorhandenen, irreparablen Korrosionsschäden, sondern vor allem am Problem der Körperschallübertragung auf das benachbarte Hauptgebäude bei Betrieb der Anlage.

Es ist mit einer neuen Druckleitung und deren vollständigen Isolation gegenüber den bestehenden Gebäuden zu rechnen.



**Bild 9:** Druckleitung zur grösseren Turbine mit Absperrklappe vom Turbinenraum aus gesehen.

## BAUTEIL 6: MASCHINENHAUS

Das Maschinenhaus ist Teil des Nebengebäudes, welches im Zusammenhang mit der Sanierung des Fabrikgebäudes und mit Hilfe der Denkmalpflege umfassend saniert wurde. Das Maschinenhaus liegt in unmittelbarer Nähe der umgenutzten Räumlichkeiten des ehemaligen Spinnerei-Hochbaues. Ein durchgehender Betrieb der bestehenden Wasserkraftanlage ist damit aus Lärmschutzgründen nicht möglich.

Eine Lösung ausserhalb der bestehenden Gebäude ist anzustreben.

## BAUTEIL 7: UNTERWASSERKANAL

a) Technische Daten und Zustand

Zur Erhöhung des nutzbaren Gefälles an den Turbinen wurde der Unterwasserkanal am Maschinenhaus bis ca. 3.60m unter die Terrainoberkante ausgehoben. Bis zur Rückgabe des Wassers an den



Aabach wurde deshalb ein rund 320m langer Kanal notwendig.

Der Unterwasserkanal ist auf den ersten 50m ab Maschinenhaus überdeckt. Das Gewölbe aus Natursteinmauerwerk ist gemäss Ref. [11] in gutem Zustand, weist jedoch einige Abplatzungen auf, die geflickt werden müssen. Die an das Gewölbe anschliessende Betondecke weist grosse Korrosionsschäden an der Armierung auf. Die Betonüberdeckung ist abgeplatzt und es müssen Sanierungsmassnahmen in die Wege geleitet werden, um das Gebäude (Werkstatt) des Sauriermuseums über dem Kanal nicht zu gefährden.



**Bild 10:** Betondecke über dem UW-Kanal mit grossflächigen Abplatzungen, verursacht durch die korrodierte Armierung (Quelle: Ref. [11]).

Der offene Kanalabschnitt von 270m Länge hat eine Sohlenbreite von 4.2m; die beidseitigen Betonaukleidungen haben eine Höhe von rund 0.9m. Die Rückgabe des Wassers an das Gewässer geschieht an der Stelle, wo der Aabach durch die Wehranlage des Unterliegerkraftwerks Trümppler auf ein Stauziel von 496.12m ü.M. gestaut ist. Nach dem Sauriermuseum mündet der eingedolte Bächtälbach in den Unterwasserkanal; der UW-Kanal übernimmt dadurch die Funktion einer Gebietsentwässerung.

Die Kapazität des Unterwasserkanals ist durch das Stauziel der Wehranlage Trümppler und dem Wasserspiegelgefälle im Kanal gegeben. Bei der ursprünglichen Kanalkapazität von  $3.4\text{m}^3/\text{s}$  erreicht der Wasserspiegel am Turbinenauslauf eine Kote von ca. 496.50m ü.M. Damit ergibt sich ein Bruttogefälle am Maschinenhaus bei  $Q = 3.4\text{m}^3/\text{s}$  von  $504.30 - 496.50 = 7.80\text{m}$

Der Zustand dieses Kanals ist - abgesehen von einigen Sedimentablagerungen und Totholz - gut.







**Bild 11:** Unterwasserkanal im offenen Teil nach dem Sauriermuseum.

b) Sanierungsbedarf

Laut Auskunft der kantonalen Behörden sind am Unterwasserkanal die folgenden Massnahmen zu planen:

- 7a) Sanierung der Decke über dem UW-Kanal im Bereich der Werkstatt des Sauriermuseums.
- 7b) Erstellen einer Fischaufstiegshilfe vom Unterwasserkanal (am Ende des überdeckten Teils) bis in den Aabach oberhalb des bestehenden Absturzes vis-à-vis des neuen Spielplatzes des Sauriermuseums.

Dieser Fischaufstieg wird vom Kanton gewünscht, um den in die „Sackgasse“ UW-Kanal einschwimmenden Fische eine Aufstiegsmöglichkeit um die Turbine herum in den Aabach zu bieten. Einfachere Lösungen dieses Problems wie zum Beispiel Fische scheuchanlage am unteren Ende des Kanals, um die Fische in den Aabach zu lenken, sind jedoch nach Ansicht des Projektverfassers ebenso möglich.

## BAUTEIL 8: ELEKTROMECHANISCHE AUSRÜSTUNG UND ENERGIEABLEITUNG

a) Technische Daten und Zustand

Die Anlage besitzt zwei Niederdruck-Francis-Turbinen mit Spiralgehäuse, die in einem Nebengebäude zum imposanten, ehemaligen Spinnerei-Hochbau untergebracht sind. Die technischen Daten (Typenschilder) der beiden Francis-Turbinen lauten wie folgt:

Maschine 1 (Escher-Wyss N° 9647):

- $H = 7.5\text{m}$
- $Q = 3000\text{ l/s}$
- $n = 175\text{ min}^{-1}$
- $N = 256\text{ PS}$



Maschine 2 (Escher-Wyss N° 9791):

- $H = 8.15\text{m}$
- $Q = 800\text{ l/s}$
- $n = 332\text{ min}^{-1}$
- $N = 74\text{ PS}$

Der ehemalige Generator (245kVA) der grossen Turbine ist ausgebaut und nicht mehr im Maschinenhaus. Derjenige der kleinen Anlage ist noch vorhanden (BBC, 67.5kVA,  $n = 1000\text{min}^{-1}$ ) und wird mit einem Flachriemen angetrieben. Die Schaltanlage aus den 1940er Jahren ist nicht im Maschinenhaus selber, sondern in einem separaten Anbau zum Hauptgebäude, dem so genannten Schaltuhrgebäude untergebracht.

Die beiden Francis-Maschinen konnten nicht zusammen auf Volllast gefahren werden ( $3.8\text{m}^3/\text{s}$ ), da die Triebwasserwege nur ein Schluckvermögen von  $3.4\text{m}^3/\text{s}$  besitzen. Die kleinere Maschine wurde vor allem für das Abturbinieren von geringen Wassermengen bis  $Q_{\min} = 320\text{l/s}$  genutzt.



**Bild 12:** Bestehende Francis-Turbine 1 von Escher-Wyss mit  $H_n=7.5\text{m}$  und  $Q=3.0\text{m}^3/\text{s}$







**Bild 13:** Ehemalige Schaltanlage in einem Nebengebäude

Das bestehende, turmartige Transformatorengebäude nordwestlich des Maschinenhauses neben dem Unterwasserkanal wird heute umgenutzt und steht der weiteren Verwendung im Rahmen der Wasserkraftnutzung nicht mehr zur Verfügung.

b) Sanierungsbedarf

Die elektro-mechanische Ausrüstung ist nicht mehr betriebsfähig. Einer einfachen Sanierung sind jedoch nicht nur technische sondern auch rechtliche Grenzen gesetzt: Sämtliche Anlagenteile (inkl. Wasserfassung, Kanäle, Maschinen und Trafogebäude) wurden 1992 unter Denkmalschutz gestellt und müssen erhalten bleiben. Damit ist eine einfache Erneuerung an Ort mit Entfernung und Entsorgung der nicht mehr brauchbaren Teile nicht möglich. Neue Anlagenteile müssen parallel zu den bestehenden, denkmalgeschützten aufgestellt werden.

Die grosse Francis-Turbine wäre zwar grundsätzlich wieder verwendbar, doch lassen sich die Schallschutz- und Körperschallmassnahmen mit diesem Turbinentyp praktisch nicht bewerkstelligen.

Alle elektrischen Bauteile entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik und den Sicherheitsvorschriften und müssen vollumfänglich ersetzt werden.

## Reaktivierungsprojekt

### ZIELSETZUNG

Die Erneuerung des Kraftwerks Unteraathal muss den folgenden Zielen gerecht werden:

- a) Die Reaktivierung und der anschliessende Betrieb des Kraftwerks Unteraathal müssen nach wirtschaftlichen Kriterien erfolgen, d.h., der Ertrag aus dem Stromverkauf muss Unterhalt und Betrieb sowie die Amortisation und Verzinsung der Investitionen vollumfänglich decken.
- b) Die reaktivierte Anlage muss in allen Aspekten den ökologischen Kriterien heutiger, zertifizierter Kraftwerke (z.B., naturemade star) genügen.



- c) Dem Erhalt der historischen Bausubstanz und der denkmalgeschützten Bauten und Kraftwerksteile ist hohe Priorität zuzumessen, ohne jedoch die Wirtschaftlichkeit des Reaktivierungsprojekts zu gefährden.
- d) Die Anlage muss unbemannt und mit Einsatz modernster Mittel betrieben werden können (Fernüberwachung, Videokamera auf Wehr, etc.), um den wirtschaftlichen Zielen (siehe Paragraph a) zu genügen.

## RECHTLICHE ASPEKTE

Das Kraftwerk Unteraathal besitzt eine unbefristete Konzession Bezirk Hinwil Nr. 167 aus dem Jahre 1927 (RRB Nr. 1681) und Ergänzungen aus den Jahren 1943 (RRB Nr. 2302) und 1946 (RRB Nr. 807). Das nutzbare Bruttogefälle ist wie folgt definiert:

Stauziel am Wehr = obere Gefällsgrenze	504.50m ü.M.
Wsp. Rückgabe beim Wehr des KW Trümpler (gemäss Ausführungsplan von 1944 und Nachmessung vom November 2007)	496.12m ü.M.
Untere Gefällsgrenze gemäss Konzession	496.25m ü.M.
Bruttofallhöhe	8.38m (gemessen)
Konzessionierte Bruttofallhöhe	8.25m

Mit einer mittleren turbinierbaren Wassermenge der bestehenden Anlage von rund  $0.9\text{m}^3/\text{s}$  (max.  $3.4\text{m}^3/\text{s}$ ) ergibt sich eine mittlere Bruttoleistung von rund 75kW.

Anlässlich der Übertragung der Konzession von der Agensa an die Entegra Wasserkraft AG kann der Kanton die Wasserrechtskonzession anpassen. Da unbefristete Konzessionen gemäss Gerichtsentcheid nicht mehr zulässig sind, wird die Konzession durch das AWEL befristet. Die Konzession des Unterlieger-Kraftwerks Trümpler wurde anlässlich ihrer Erneuerung auf 30 Jahre befristet. Für das Kraftwerk Unteraathal ist eine Befristung auf 25 Jahre wahrscheinlich (entspricht der voraussichtlichen Dauer der kostendeckenden Strom-Einspeise-Vergütung kEV).

Auch die Aspekte der Restwasserdotierung, der Längsdurchgängigkeit und des Hochwasserschutzes werden anlässlich der Konzessionsverlängerung neu geregelt.

Die aktiven Kraftwerke am Aabach vom Pfäffikersee bis zum Greifensee sind in der Aabach-Genossenschaft zusammengeschlossen. Diese hat massgeblichen Einfluss auf die Neugestaltung der Wasserstandsregulierung am Pfäffikersee genommen, welche seit den 1990er Jahren in Kraft ist und den Kraftwerken nach wie vor eine intensivierete Energieproduktion zu Hochtarifzeiten zugesteht (wenn auch nicht mehr im selben Ausmass wie früher, was für die unbefristeten Rechte der Wasserkraftnutzer zu einer Entschädigung durch den Kanton führte). Mit den Mitgliederbeiträgen<sup>1</sup> der neun aktiven Kraftwerksbetreiber in der Aabach-Genossenschaft werden die Bedienung des automatischen Regulierwehres am Pfäffikerseeauslauf und die Geschwemmselentsorgung an diesem Wehr bestritten.

Die Agensa AG bezahlt einen symbolischen Mitgliederbeitrag, da das Kraftwerk ausser Betrieb ist.

## WASSERDARGEBOT

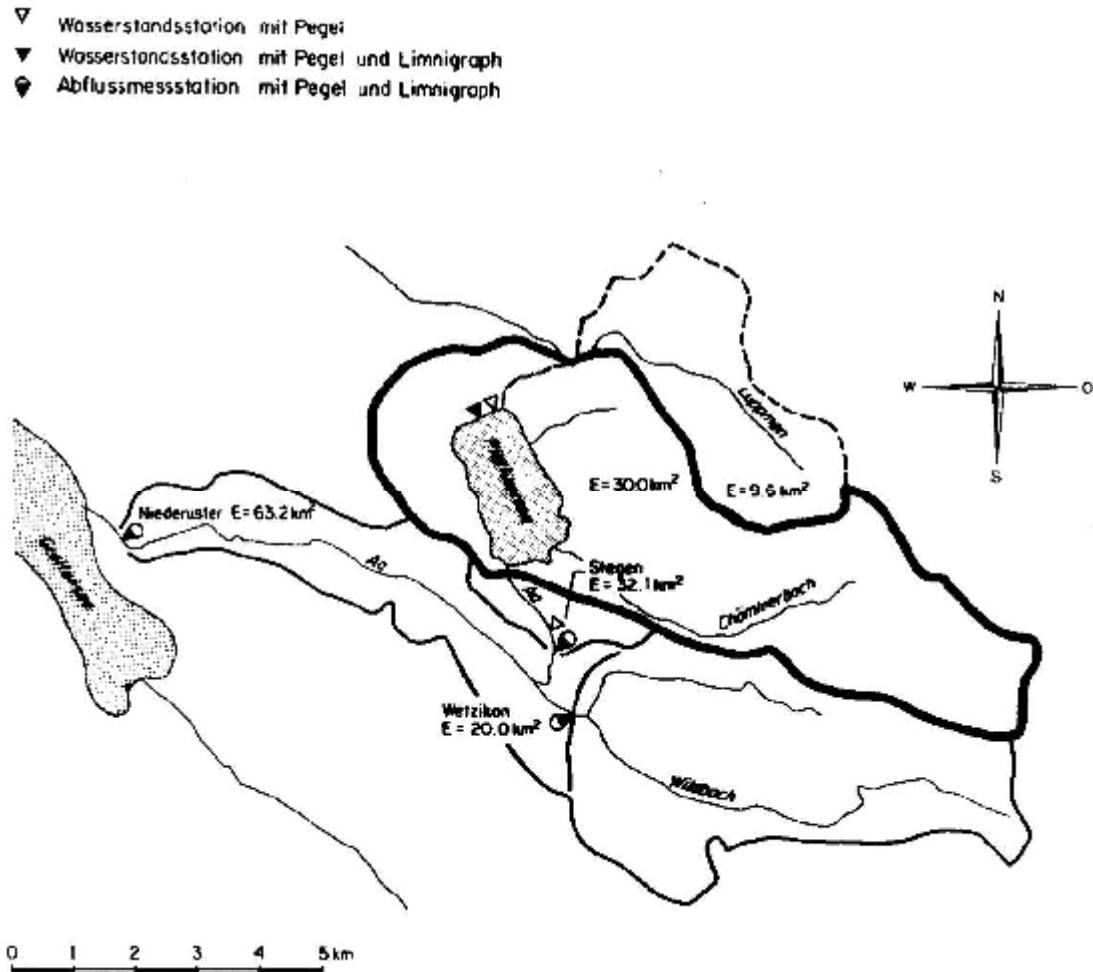
Der Pfäffikersee wird als Speicher für die Wasserkraftanlagen am Aabach genutzt. Die Abflüsse werden am 1992 erneuerten Regulierwehr an der Stegenmühle, Wetzikon, gemäss einem ingeniösen Wehrreglement diktiert. Es wird ein intermittierendes Abflussregime während der Hochtarifzeiten gefahren, d.h. während 6 bis 12 Stunden am Tag von Montag bis Freitag wird das nutzbare Stauvolumen des Pfäffikersees abgefahren und in der übrigen Zeit wieder aufgefüllt. Dabei muss der Wasserstand des Sees je nach Jahreszeit in einem bestimmten Band gehalten werden. Die Abflüsse im Turbinen-

<sup>1</sup> Mitgliederbeiträge werden nach der konzessionierten Fallhöhe berechnet: je höher die Fallhöhe desto grösser der Jahresbeitrag.



betrieb variieren zwischen  $1.5$  und  $2.8\text{m}^3/\text{s}$ . In der Nacht und an Wochenenden wird bei Trockenwetter nur eine Restwassermenge von  $60\text{ l/s}$  vom See in den Aabach abgelassen.

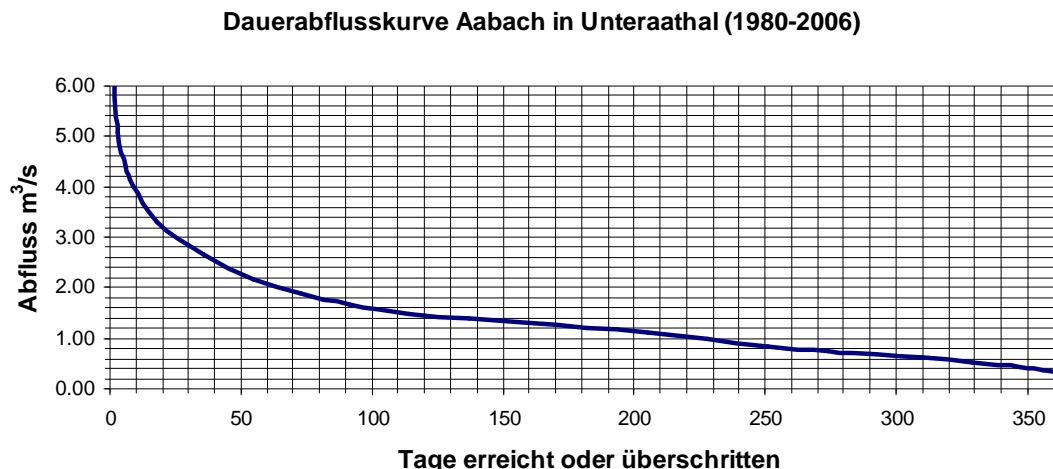
An der Wasserkraftanlage in Unteraathal können zusätzlich noch die Abflüsse des Wildbaches mit einem Einzugsgebiet von  $20.5\text{km}^2$  genutzt werden. Der mittlere Abfluss des Wildbaches in Wetzikon beträgt  $0.5\text{m}^3/\text{s}$ .



**Bild 14:** Einzugsgebiete und vorhandene Messpegel am Aabach (aus Ref. [4])

Die Wasserfassung des Kraftwerks Unteraathal liegt rund  $1.75\text{km}$  unterhalb der Mündung des Wildbaches in den Aabach. Das Einzugsgebiet beträgt rund  $56\text{km}^2$ . Das Wasserdargebot wird aus dem Pegel Niederuster über das Verhältnis der Einzugsgebiete ( $56/63.2$ ) berechnet. Aufgrund der gemessenen Tagesmittelabflüsse am Pegel Niederuster ZH 554 in der Periode 1980 bis 2006 ergibt sich folgende Dauerabflusskurve für das Kraftwerk Unteraathal (Achtung: Tagesmittelwerte).





**Bild 15:** Geschätztes Wasserdargebot des Aabaches an der Wasserkraftanlage in Unteraathal (Achtung: Tagesmittelwerte)

Wird die Ausbauwassermenge des Kraftwerks mit  $2.6\text{m}^3/\text{s}$  angenommen (siehe auch unten), so ergibt sich eine Jahreswasserfracht von rund 36.5 Million  $\text{m}^3$ , die die Wasserkraftanlage theoretisch nutzen kann. Dabei ist bereits eine Restwassermenge von 140l/s in Abzug gebracht worden, die am bestehenden Wehr dotiert werden muss.

## GEWÄSSERZUSTAND UND RESTWASSER

Gemäss ökomorphologischer Klassifizierung des AWEL wird der Aabach in der Konzessionsstrecke des KW Unteraathal von künstlich / naturfremd (rote Bereiche im nachfolgenden Bild) bis wenig beeinträchtigt (grüne Bereiche) beschrieben. Die künstlichen Gewässerabschnitte betreffen die Wehrbereiche und die Engstellen entlang der SBB und der Kantonsstrasse, wo der Aabach durch hartverbaute Böschungen seitlich gesichert ist.

Zusätzlich zum Absturz am Wehr des KW Unteraathal besteht eine künstliche Schwelle direkt hinter dem Sauriermuseum, deren Funktion unklar ist. Dieser Absturz von ca. 70cm bis 90cm Höhe ist für die Fische im Allgemeinen nicht passierbar.

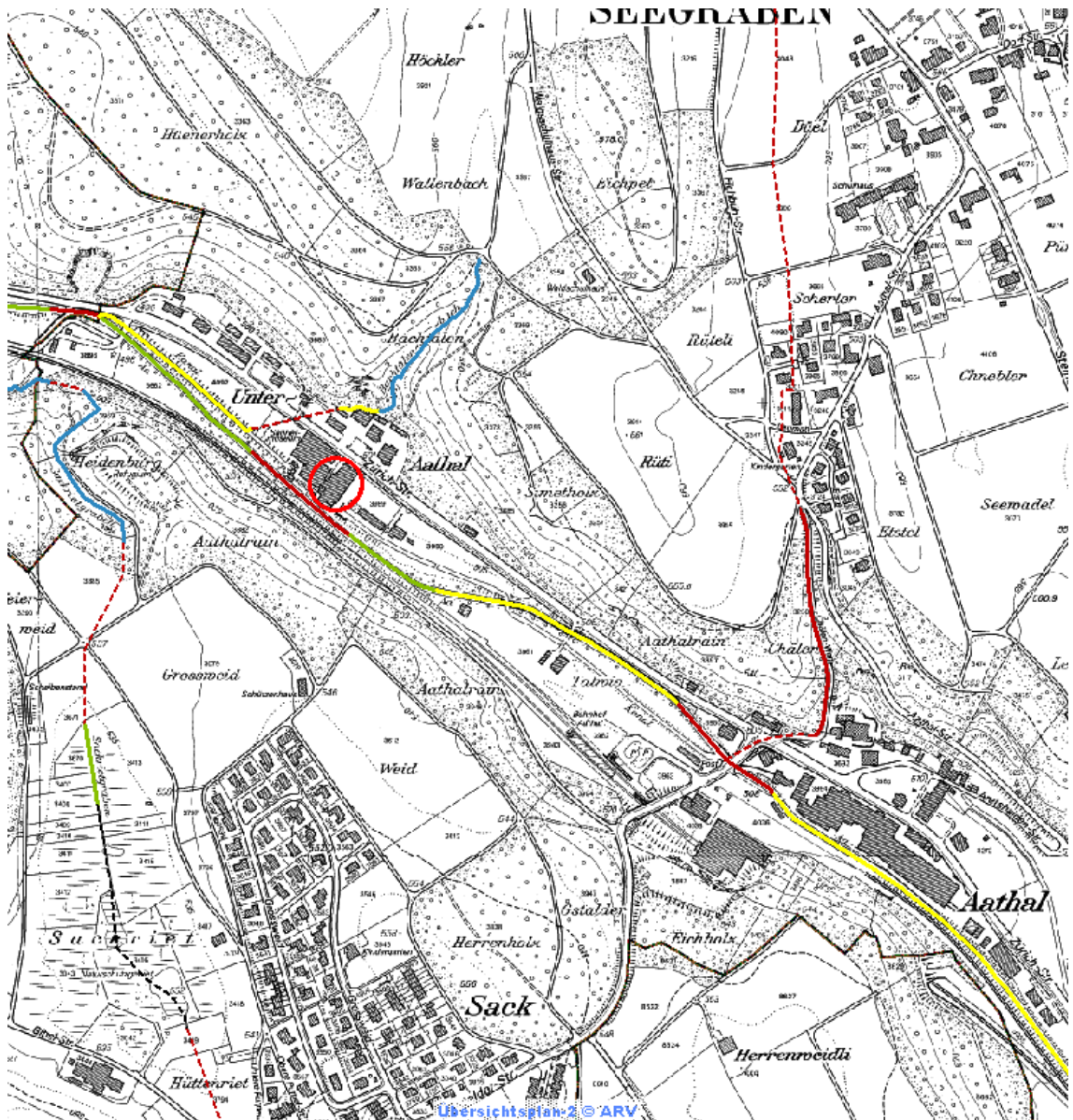
Der nicht besonders umweltfreundliche Zustand des Gewässers kann nicht durch eine andere Anordnung der Wasserkraftanlage aufgewertet werden. Die lange Ausleitungsstrecke muss beibehalten werden, um das Wasserkraftpotential auszuschöpfen; eine Anlage direkt am Wehr ohne Ausleitung ( $h=2\text{m}$ ) rechnet sich nicht und ist auch nicht im Sinne der Denkmalpflege, die die bestehende Anordnung vor dem Zerfall bewahren möchte (was nur durch einen aktiven Betrieb gewährleistet werden kann).

Im Rahmen der Reaktivierung des Kraftwerks können zur Verbesserung des Gewässerzustandes die hartverbauten Ufer aus Beton und Bruchsteinmauerwerk dort naturnaher gestaltet werden, wo Fischaufstiege erstellt werden müssen.

Die Restwassermenge, die am Wehr des KW Unteraathal dotiert werden muss, wurde durch das AWEL mit 140 l/s bestimmt. Es ist anzunehmen, dass diese Dotierwassermenge in der neuen Konzession verbindlich festgelegt wird und im Zuge von Restwassersanierungen im Laufe der Zeit auch für die anderen Kraftwerke am Aabach gelten wird.







**Bild 16:** ökomorphologischer Gewässerzustand gemäss AWEL, Bearbeitungsstand 2005 (grün = wenig beeinträchtigt, gelb = stark beeinträchtigt, rot = künstlich, naturfremd)

## AUSLEGUNG DER NEUEN ANLAGE

Gemäss Wasserdargebot wäre eine Ausbauwassermenge von max.  $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$  angemessen, damit die Maschine – nach Abzug einer Restwasserdotierung von 140 l/s am Wehr – an ca. 55 Tagen pro Jahr auf Volllast betrieben werden könnte. Da mit dem Regulierwehr am Pfäffikerseeausfluss jedoch Schwellbetrieb gefahren wird, muss das KW Unteraathal dieses Regime übernehmen. Dies hat Vor- und Nachteile:

- Die Maschine muss auf die Ausbauwassermenge der anderen Kraftwerke ausgelegt werden, damit das Wasserdargebot in vollem Umfang genutzt werden kann; die Maschine wird grösser und teurer.
- Andererseits kann dank Schwellbetrieb ein geringer Wasserzufluss in den Pfäffikersee während Trockenzeiten zurückbehalten und anschliessend intermittierend und damit mit einem guten Wirkungsgrad abturbiniert werden. Mit den neuen kostendeckenden Einspeisevergütungen KEV fallen die Hoch- und Niedertarifzeiten weg und der Vorteil dieses Schwellbetriebes ist für die Neuanlage geringer als für die bestehenden.





- Auch sind die Abflüsse des Wildbaches während Schwellbetrieb nur zu 1/3 bis 1/2 nutzbar: wenn im Pfäffikersee in der Nacht und an Wochenenden aufgestaut wird und die Turbinen ruhen, fliesst das Wildbachwasser trotzdem ab. Dadurch gehen rund 2.5 Mio. m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr für die Produktion verloren, da eine Turbine mit Nenndurchfluss von  $Q_n=2.7\text{m}^3/\text{s}$  mit nur dem Wildbachwasser während ca. 200 Tagen im Jahr nicht betriebsfähig ist ( $Q < 0.4\text{m}^3/\text{s}$ ).

Die bestehenden Anlagen am Aabach besitzen Ausbauwassermengen von zwischen 2m<sup>3</sup>/s (KW Schönau, nur noch 1 Turbine in Betrieb und ohne Wildbachzuflüsse) und 4.0m<sup>3</sup>/s (KW Zellweger und KW Lenzlinger, beide in Uster). Die neueste Anlage Trümpler hat eine Ausbauwassermenge von 2.6m<sup>3</sup>/s.

Gemäss Wehrreglement am Regulierwehr Pfäffikersee von 1992 wird bis zu einem Seestand von 537.20m ü.M. (im Herbst nur 537.00m ü.M.) zwischen 0.6 bis max. 2.0m<sup>3</sup>/s während 11 Stunden pro Tag abgelassen (Zone 4), so dass zusammen mit dem Wildbach mit einem  $Q_{55} = 0.9\text{m}^3/\text{s}$  (entspricht der typischen Überschreitungsdauer für die wirtschaftlichste Ausbauwassermenge von Kleinwasserkraftanlagen) ein Aabach-Abfluss von zwischen 1.5 und 2.9m<sup>3</sup>/s entsteht. Gemäss Aufzeichnungen des Pegels LHG 2081 wird dieser Seestand von 537.20m ü.M. im langjährigen Mittel an 55 Tagen überschritten, also auch im Bereich der wirtschaftlich optimalen Überschreitungsdauer. Damit müsste eine Ausbauwassermenge von 2.9m<sup>3</sup>/s gewählt werden.

Die Gesamtschau Kleinwasserkraftwerke am Aabach vom Nov. 2007 (siehe Ref. [9]) zeigt, dass die bestehenden Anlagen nicht gewinnbringend betrieben werden können. Die Betriebskosten sind hoch und Investitionen in den Hochwasserschutz und Fischaufstiegshilfen stehen an, die mit dem derzeitigen Ertrag (im Schnitt zwischen Rp. 16 und 20 / kWh) nicht bestritten werden können. Zusätzlich wird die Energieproduktion nach der Restwassersanierung geringer.

Gesamterneuerungen mit neuen Maschinen und Wehranlagen sind ein gangbarer Weg, da damit allenfalls die neuen Einspeisevergütungen kEV beansprucht werden können, die für die kleineren Anlagen bis über Rp. 30 / kWh ergeben.

Unter der Annahme, dass sich die Aabach-Genossenschaft auf das gemeinsame Ziel einer Gesamterneuerung einigen kann, muss in absehbarer Zeit mit einer Modifikation des heutigen Schwellbetriebs gerechnet werden. Da 35% der gesamten Energieproduktion am Aabach durch das KW Trümpler der Energie Uster AG bestritten wird, ist weiter anzunehmen, dass dem Beispiel Trümpler folgend, auch die anderen Anlagen auf eine Reduktion der Ausbauwassermengen auslegt und damit dem Konzept der kleineren Maschinen folgen werden.

Die Ausbauwassermenge wird deshalb zu 2.6m<sup>3</sup>/s gewählt, was identisch mit dem KW Trümpler ist.

Für den zukünftigen Ausbau wird mit den folgenden technischen Daten gerechnet:

- |   |  |
|---|--|
| • Stauziel im OW-Becken                       | 504.30m ü.M.                                     |
| • Wasserspiegel im UW Kanal                   | 496.45m ü.M. (bei $Q_A=2.6\text{m}^3/\text{s}$ ) |
| • Bruttogefälle am Maschinenhaus bei Volllast | 7.85m  |
| • Nenndurchfluss $Q_{max}$                    | 2600 l/s   |
| • Verluste am Rechen u. Einlauf               | 0.25m (inkl. langem Saugrohr)                    |
| • Nettofallhöhe an Turbine                    | 7.60m  |
| • Max. elektrische Leistung                   | ca. 160kW  |
| • Jahresenergie                               | ca. 575'000 kWh                                  |

## NACHWEISE UND BAULICHE MASSNAHMEN

### Bauteil 1: Wehranlage und neue Fischaufstiegshilfe

#### Kontrolle der Hochwassersicherheit

Die höchsten Abflüsse im Aabach waren gemäss Pegel Niederuster um 40m<sup>3</sup>/s. Während des Hoch-



wasserereignisses vom 8. August 2007 wurde ein kurzzeitiger Spitzenabfluss von  $37\text{m}^3/\text{s}$  registriert. Am Wehr des Kraftwerks Unteraathal haben diese Spitzenabflüsse zu keinen Ausuferungen oder Schäden geführt.

Die Wasserkraftanlagen in Uster müssen laut AWEL auf ein Dimensionierungshochwasser von  $50\text{m}^3/\text{s}$  ausgebaut werden. Da sich das Einzugsgebiet von Uster bis zur Wehranlage von rund  $63\text{km}^2$  auf rund  $56\text{km}^2$  reduziert, ist auch das Dimensionierungshochwasser des KW Unteraathal anzupassen. Bei Anwendung der übliche Umrechnung mit  $Q_1/Q_2 = (A_1/A_2)^{2/3}$  ergibt sich für das KW Unteraathal ein Abfluss von rund  $46\text{m}^3/\text{s}$ .

Für die Überprüfung der Wehrkapazität wird mit den folgenden Ausgangsdaten gerechnet:

- Dimensionierungshochwasser  $46\text{m}^3/\text{s}$
- Kote Wehrschwelle 503.50m ü.M.
- OK Ufermauer Fassung 505.80m ü.M.
- UK Strassenbrücke 506.40m ü.M.
- Wehrbreite / Schützenbreite 9.45m
- Öffnung der Segmentschütze max. 1.25m (alte Pläne: max. 1.90m??)
- Wasserspiegel im Unterwasser ca. 504.10m ü.M. (bei  $Q=46\text{m}^3/\text{s}$ )

Der Unterwasserspiegel ist im Verhältnis zur Wehrschwelle relativ tief (nur +60cm) und bewirkt keine Kapazitätseinschränkung auf die Segmentschütze.

Bei bordvollem Abfluss (Wsp. auf OK Ufermauer = 505.80m ü.M.) gehen  $47\text{m}^3/\text{s}$  durch den Verschluss<sup>2</sup>. Es verbleibt ein Freibord zwischen dem Hochwasserspiegel und UK Strassenbrücke von rund 50cm, was als genügend angenommen werden darf. Eine Kapazitätserhöhung für Hochwasserabflüsse am Wehr erübrigt sich damit.

Auch die Wasserfassung muss für den Hochwasserfall überprüft werden. Bei Hochwasser wird mehr Wasser in den Oberwasserkanal gedrückt, als dieser schlucken kann. Bleiben die 3 Einlaufschützen beim Dimensionierungshochwasser von  $Q=46\text{m}^3/\text{s}$  offen (Durchflusshöhe unter Schützen 50cm), so strömen ca.  $12\text{m}^3/\text{s}$  in den Kanal, während der Kanal bei bordvollem Abfluss nur gut  $4\text{m}^3/\text{s}$  bewältigen kann. Die erste Entlastungsmöglichkeit befindet sich zurzeit aber erst bei der Trogbrücke in 280m Entfernung. Entweder müssen die Einaufschützen automatisch geschlossen werden oder es muss eine zusätzliche Entlastung vom Kanal zurück in den Aabach erstellt werden. Diese Entlastung in der Form eines Streichwehres mit Sammelkanal muss rund 24m lang werden, um  $8\text{m}^3/\text{s}$  zurück in den Aabach zu bringen. Da zwischen Kanal und Aabach anschliessend an die Wehranlage ohnehin eine Fischaufstiegshilfe gebaut werden muss, lässt sich dieses Streichwehr mit Rückgabekanal in den Aabach kostengünstiger realisieren als die Automatisierung der Einlaufschützen (die auch bei hoher Durchflussgeschwindigkeit unter der Tafel und bei Stromausfall noch sicher schliessen müssen).

Der Kostenvoranschlag für diese Hochwasserentlastung ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich. Die Details der geplanten Anlage sind als Planbeilage 1 am Berichtsende zu finden.

### **Fischaufstiegshilfe**

Um eine Längsdurchgängigkeit des Aabaches am Wehr des KW Unteraathal zu gewährleisten, ist der bestehende Absturz von 2m am Wehr auf einzelne Stufen von max. 20cm zu reduzieren. Die minimale Wassertiefe in der Fischaufstiegshilfe sollte ca. 0.4m betragen. Als Zielfischart wird die Forelle definiert. Im Wildbach bei Hinwil vermutet man eine Naturverlaichung zumindest der Regenbogenforelle. Das Vorkommen von Alet ist auch bekannt.

<sup>2</sup> Gemäss Wasserrechtskonzession (RRB Nr. 1681 vom 1. September 1927) genügt das noch heute bestehende Wehr mit automatischer Segmentschütze einem Hochwasserabfluss von ca.  $45\text{m}^3/\text{s}$ .



Für die Forellenregion mit der Bachforelle als Leitart sind Gefälle von 17.5 bis 6.0 Promille für kleine Flüsse zwischen 5m und 25m Breite charakteristisch. Die Struktur der Gewässersohle in der Forellenregion besteht hauptsächlich aus Grobkies mit 6 - 40 mm Durchmesser und aus grösseren Steinen. Beide Charakterisierungen treffen auf die Restwasserstrecke des Aabachs in Unteraathal zu.

Im Rahmen des vorliegenden Bauprojekts wird als Alternative zu einem Umgehungsgerinne oder einem Schlitzpass **ein Borstenfischpass** vorgeschlagen. Folgende Gründe haben zu dieser Wahl geführt:

- Ein Umgehungsgerinne würde bei 2m Höhenunterschied und 140 l/s Abfluss (=Dotierwassermenge) ein maximales Längsgefälle von rund 2% erfordern (damit eine Wassertiefe von 40cm erreicht wird) und damit rund 100m lang werden. Der schmale Streifen zwischen Aabach und OW-Kanal im sog. Talwies würde durch den Fischpass praktisch vollständig beansprucht, was nicht im Sinne der Parzellenbesitzerin, der Streiff AG ist, die auf dem Areal Talwies eine neue Nutzung plant. Es wurde eine Vereinbarung mit der Firma Streiff unterschrieben, die die geplante Überbauung des Areal Talwies (mit der Integration des Oberwasserkanals) ausdrücklich ermöglicht.
- Bisher wurde als technische Aufstiegshilfe vor allem der Schlitzpass propagiert. Dieser hat aber auch Nachteile:
  - erhöhte Strömungsgeschwindigkeit in den Schlitzten;
  - anhaltend hohe Turbulenz in den Becken verursachen bei den aufsteigenden Fischen eine Tendenz zu mangelnder Orientierung und fehlenden Ruhemöglichkeiten;
  - durch die Trennwände sind die Wanderkorridore auf die schmalen Schlitzte von 15cm Breite beschränkt; die Wanderung für schlechte Schwimmer und vor allem die Wirbellosen gestaltet sich schwierig;
  - bei den starren Trennwänden ist die Verklauungsgefahr durch Geschwemmsel hoch.
  - Fazit: der Schlitzpass ist nur für gute Schwimmer passierbar.
- Im Borstenfischpass wird der Abbau der Strömungsenergie nicht durch starre Trennwände mit Schlitzten sondern durch Borstenelemente erreicht. Die elastischen und durchlässigen Borstenelemente bestehen aus 40cm bis 50cm langen Borstenbündeln (Borsten aus Polypropylen (PP) von 4 bis 5mm Durchmesser), die auf einer Grundplatte auf Betonsockel in den Betonkanal versetzt werden. Die Anordnung der Bündel erfolgt in regelmässigen Abständen mit versetzten Lücken, so dass es nicht zu einer Schussstrahlbildung kommen kann. Zwischen den Borstenbündeln wird die Kanalsohle wie beim Schlitzpass mit einem Sohlsutrat abgedeckt.

Die Vorteile des Borstenfischpasses sind:

- Die Energie des Wassers wird nicht nur durch die Hindernisse aber vor allem auch durch die durchströmten Borstenbündel dissipiert; dadurch entsteht eine gerichtete Strömung, die sich durch geringe Turbulenz auszeichnet und dadurch den Fischen eine gute Orientierung bietet.
- Die Behinderung durch Geschwemmsel, welches die obersten Borstenbündeln belegen kann, ist gering: sobald die Durchströmung der Borstenbündel abnimmt, erhöht sich die Wassertiefe oberstrom und die Borsten werden überströmt. Dadurch erfolgt eine gewisse Selbstreinigung der Borstenelemente. Diese wird auch durch die flexiblen Borsten selber unterstützt, da die Borsten durch das Durchströmen dauernd leicht vibrieren und sich das Geschwemmsel dadurch löst. Die Reinigung der obersten Borsten mit einem Rechen ist dadurch nur ca. 1x pro Woche nötig (gleiches Intervall wie beim Schlitzpass).
- Das Lückensystem in den Borsten ist für den Aufenthalt und die Ausbreitung der Wirbellosen optimal. Es wurde eine enorme Dichte an Wirbellosen in den Borsten festgestellt, welches den Fischen eine gute Nahrungsquelle bieten kann.

Die Nachteile des Borstenfischpasses sind:

- Geringere Wassertiefe als bei vergleichbaren Schlitzpässen
- Wenig Langzeiterfahrung für diesen Typ (insb. Nutzungsdauer der Borsten)



In der Schweiz bestehen bereits vier funktionstüchtige Borstenfischpässe; diese sind: Zwingen/Birs, Bätterkinden/Emmekanal, Frinvillier/Schüss, Au-Schönenberg/Thur.



**Bild 17:** Beispiel eines Borstenfischpasses (Quelle: Hydrosolar)

Aufgrund der überwiegenden Vorteile des Borstenfischpasses wird am Aabach ein Borstenfischpass vorgeschlagen.

Der am Wehr in Oberaathal vorgesehene Borstenfischpass wird auf die folgenden Bemessungsgrössen ausgelegt:

- |  |               |
|--|---------------|
| • OW-Spiegel                           | 504.50m ü. M. |
| • UW-Spiegel min.                      | 502.50m ü. M. |
| • Max. Höhenunterschied                | 2.00m         |
| • Längsgefälle im Bereich der Borsten  | 8%            |
| • Gesamtlänge                          | 25m           |
| • Abfluss                              | 140 l/s       |
| • Gerinnebreite                        | 0.70m         |
| • Wassertiefe                          | 40cm          |
| • Fliessgeschwindigkeit in den Lücken  | 1.10m/s       |
| • Fliessgeschwindigkeit hinter Borsten | 0.20m/s       |







**Bild 18:** Aabach im Unterwasser der bestehenden Wehranlage. Rechts im Bild der Standort des vorgesehenen Einstiegs zur Fischaufstiegshilfe.

Der Einstieg muss direkt am Aufstiegshindernis (Wehr) erfolgen, damit die Auffindbarkeit der Fischaufstiegshilfe gewährleistet ist. Hingegen darf der Pass auch nicht in den bei Hochwasser stark austretenden Schussstrahl der Schütze geraten. Der Einstieg erfolgt deshalb 9m ab Wehroberkante nach dem Kolk. In der Böschung in Fliessrichtung aufsteigend, führt das Gerinne aus Beton nach 7.5m zu einem 180° Bogen, der den Aufstieg über weitere 17.5m bis in den Oberwasserkanal führt.

Der Ausstieg in den Oberwasserkanal mit Betonsohle ist vor allem für die Wirbellosen nicht ideal, lässt sich aber wegen der engen Platzverhältnisse am Wehr und der bestehenden Strassenbrücke nicht anders bewerkstelligen. Auch eine Fischaufstiegshilfe auf der rechten Bachseite würde im betonierten Kanal zwischen Wehr und Einmündung des eingedolten Chälenbaches enden und damit auch keine besseren Sohlenbedingungen für Wirbellose bieten.

Der Kostenvoranschlag für die Fischaufstiegshilfe ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich. Die Details der Fischaufstiegshilfe sind als Planbeilage 2 am Berichtsende zu finden.

## Bauteil 2: OW-Kanal

Die Reinigung des Oberwasserkanals kann sich auf die Abschnitte entlang der Schrebergärten und bei der Trogbrücke über den Aabach beschränken, denn nur dort sind grössere Sedimentablagerungen vorhanden. In den übrigen Abschnitten bewirken die Ablagerungen keine Abflusseinschränkungen, da der Kanal ohnehin nur noch mit max.  $2.6\text{m}^3/\text{s}$  statt wie früher mit max.  $3.4\text{m}^3/\text{s}$  betrieben wird (Abflussreduktion von rund  $\frac{1}{4}$ ).

Nach dem Ausfischen und Entleeren des gesamten Oberwasserkanals, werden die Sedimente im Abschnitt entlang der Pünten mit einem Saugwagen (mit landwirtschaftlichem Zugfahrzeug / Traktor) entfernt, da keine Zufahrtswege für Bagger und Lastwagen bestehen. Über die weiteren Entsorgungswege des Schlammes wird nach einer Beprobung der Ablagerungen entschieden.

Im Stauweiher des früheren Kraftwerks Honegger am Aabach in Wetzikon (heute Kulturfabrik) ca. 2.4km oberhalb des Kraftwerks Unteraathal wurde belasteter Schlamm festgestellt. Da das KW Honegger bereits in den 1970er Jahren abgestellt wurde, ist anzunehmen, dass die Belastungen aus den 1980er und 1990er Jahren herrühren, als im Einzugsgebiet der Aabaches und des Pfäffikersees noch verschiedene produzierende Gewerbe und Industrien aktiv waren, die belastete Abwässer und Abfa-





gerungen in die Weiher und Gewässer entsorgten. Zusätzlicher Eintrag von belasteten Sedimenten (organische Schadstoffe) könnte aus der Strassenentwässerung der Stadt Wetzikon stammen. Das Kraftwerk Unteraathal hingegen wurde bis in die 1990er Jahre betrieben. Die Sedimente im Oberwasserkanal stammen ausschliesslich aus dem letzten Jahrzehnt und dürften keine Schwermetall- und/oder organische Schadstoffe enthalten.

Gemäss Ref. [12] kann der Schlamm auch ohne Belastungen nicht direkt wie Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Felder ausgebracht werden, da der Wassergehalt zu hoch ist. Es ist vorgesehen, die anfallenden ca.  $85\text{m}^3$  Schlamm im Dreispitz zwischen der neuen Fischaufstiegshilfe und dem Kanal zur Entwässerung zu lagern und anschliessend vor Ort als Auffüllung zu verwenden<sup>3</sup>. Die Auffüllungen werden auf einer Fläche von ca.  $100\text{m}^2$  weniger als 1m hoch, da anstelle der noch nicht stichfesten Sedimente Aushubmaterial aus der Fischaufstiegsbaustelle in eine Deponie für Aushubmaterial abgeführt wird. Die erforderliche Bewilligung kann im Rahmen der vorliegenden Konzessionsanpassung erteilt werden.

Allenfalls ist eine Durchmischung des Schlammes mit Aushubmaterial vom Fischpass möglich, um den Abtransport in eine Deponie für Aushubmaterial sofort zu ermöglichen.

Defekte Fugen der Betonauskleidungen im Kanal, die nachweislich zu hohen Wasseraustritten führen, werden lokal aufgefräst, mit Mörtel verfüllt und mit einem Dichtungsband überklebt, welches die Deformation der Auskleidung (Temperaturänderungen) mitmachen kann. Diese Reparaturarbeiten werden auch entlang der neuen Bebauung mit tiefliegenden Gärten und Garagen ausgeführt, da das Schadenspotential bei austretendem Wasser / Durchsickerungen hier beträchtlich ist.

Der Kostenvoranschlag für sämtliche Arbeiten am OW-Kanal ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich.

### **Bauteil 3: neue Trogbrücke über den Aabach**

Die bestehende Trogbrücke ist denkmalgeschützt. Die genietete Blechauskleidung ist jedoch nicht mehr zu sanieren. Auch die Tragkonstruktion bestehend aus Haupt- und Querträgern, seitlichen Pfosten sowie Zugbändern quer über den Kanal ist mit vernünftigem Aufwand nicht zu sanieren.

Eine neue geschweisste Stahlkonstruktion mit identischem Aussehen wie die bestehende soll auf neue Betonwiderlager gesetzt werden. Auch die seitliche Entlastung bei Turbinenschnellschuss wird in den bisherigen Abmessungen ertüchtigt.

Die rund 4 Tonnen schwere Brücke wird in der Werkstatt gefertigt und bereits korrosionsgeschützt in zwei Teilen bestehend aus i) Unterkonstruktion aus Stahlträgern und ii) ausgesteifte Wanne auf die Baustelle gebracht und anschliessend mit einem Autokran auf die zuvor erstellten Beton-Widerlager abgesetzt.

Der Kostenvoranschlag für die neue Trogbrücke ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich. Die Planskizzen sind als Planbeilage 3 am Berichtsende zu finden.

### **Bauteil 4: Oberwasserbecken, neue Rechenanlage**

Die bestehende Seilzugmaschine ist nicht nur lärmintensiv, sondern auch aufwändig im Betrieb und klemmanfällig. Aus diesen Gründen muss eine neue Rechenreinigungsmaschine eingebaut werden.

Das Geschwemmsel des Aabaches wird heute einerseits am Regulierwehr des Pfäffikersees entnommen und auf Kosten der Aabach-Genossenschaft entsorgt. Andererseits werden aus dem Zwischeneinzugsgebiet zwischen dem Pfäffikersee und Unteraathal (ca.  $24\text{km}^2$ , hauptsächlich aus dem Zufluss des Wildbaches) zusätzlich Laub und Äste, aber auch Zivilisationsmüll in den Aabach eingetragen. Die Oberlieger-Kraftwerke Floss und Obaraathal der Fa. Streiff entnehmen und entsorgen das

<sup>3</sup> Dieser Standort besteht aus einer künstlichen Auffüllung, da bis in die 1940er Jahre dort ein Stauweiher bestand und erst mit der Neugestaltung des Zulaufkanals die heutige Terrainform mit nur 4m breitem Kanal errichtet wurde.



Geschwemmsel zu 100%, da bei deren Anordnung eine Rückgabe der natürlichen Anteile an den Aabach nicht möglich ist.

Am Kraftwerk Unteraathal soll nun ein Konzept zur Anwendung gelangen, welches im Hinblick auf einen effizienteren Betrieb der gesamten Kraftwerkskette am Aabach das Geschwemmsel in der Regel im Bach belässt und nur an wenigen ausgewählten Stellen konzentriert entnimmt, sortiert und entsorgt. Am Kraftwerk Unteraathal ist die Rückgabe problemlos möglich, da der Rechen in unmittelbarer Nähe des Aabaches liegt. Das am Rechen gesammelte Schwemmgut wird mit dem Rechenbalken hochgezogen, nicht aber aus dem Wasser gehoben, sondern über eine eingetauchte Geschwemmsel- und eine daran anschliessende geneigte Ablaufrinne zurück in den Aabach gespült. Die Rechenreinigungsmaschine wird bereits durch eine geringe Belegung des Rechens wie auch durch Zeitintervallsteuerung relativ häufig in Betrieb gesetzt, so dass das Geschwemmsel kontinuierlich weitergegeben wird und sich keine grossen Geschwemmselteppiche bilden können. Der hydraulische Teleskoparm der Rechenreinigungsmaschine verschliesst in der Ruhestellung den Zulauf zur eingetauchten Geschwemmselrinne und verhindert damit einen übermässigen Wasserverlust. Das gleiche Konzept wird bereits erfolgreich an der Töss am Kraftwerk Freienstein praktiziert.

Am Unterliegerkraftwerk Trümpler ist eine Weitergabe des Geschwemmsels nicht möglich (Rechen liegt nicht am Aabach). Es ist vorgesehen, dass sich der Betreiber des Kraftwerks Unteraathal an der Sortierung und Entsorgung des Geschwemmsels am KW Trümpler beteiligt. Als Verteilschlüssel wird die Länge der Bach- und Kanalstrecke pro Kraftwerk vorgeschlagen, auf der das anteilmässige Geschwemmsel durch Laub, Äste und Algen im Gewässer aber auch durch Zivilisationsmüll „produziert wird“.

Der Kostenvoranschlag für die Rechenreinigung ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich. Die Planskizzen sind als Planbeilage 4 am Berichtsende zu finden.



**Bild 19:** Rechenreinigungsanlage mit eingetauchter Spülrinne, die die Rückgabe des Geschwemmsels an das Gewässer ermöglicht.



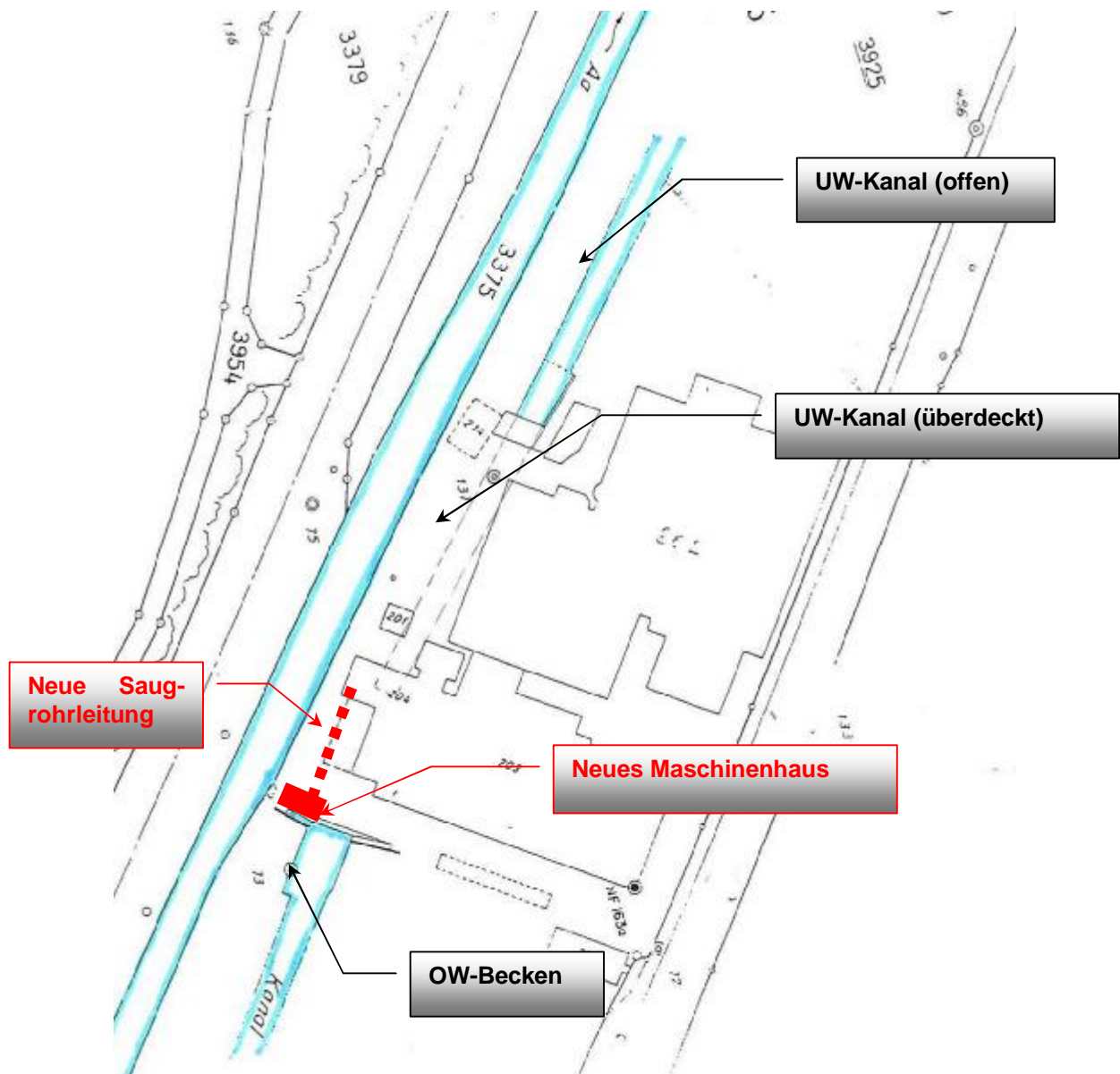
### Bauteil 5: Druckleitung

Der bestehende Druckkanal wird zur Aufnahme einer neuen Saugrohrleitung (auf Sätteln mit Körperschalldämmung) verwendet, deren Lage sich aus der neuen Anordnung des Maschinenhauses ergibt (siehe nachfolgender Abschnitt).

### Bauteil 6: Maschinenhaus

Mögliche Standorte für die neue elektro-mechanische Ausrüstung sind nicht einfach zu finden, da das bestehende Maschinenhaus mit Inhalt aus denkmalschützerischen Gründen erhalten bleiben muss und die umliegenden Gebäude alle genutzt werden. Die freie Fläche über dem bestehenden Unterwasserkanal wird zurzeit vom Sauriarmuseum für einen neuen Spielplatz umgebaut und kann kein neues Maschinenhaus aufnehmen.

Als möglicher Standort bleibt deshalb nur die Fläche zwischen dem bestehenden Oberwasserbecken und dem niedrigen Anbau an das ehemalige Spinnereigebäude (mit Restaurant), auf welcher ein unterirdisches schallgedämmtes Maschinenhaus in den Druckkanal hinein gebaut werden kann.



**Bild 20:** Anordnung des neuen Maschinenhauses mit langer Saugrohrleitung





Die äusseren Abmessungen des neuen unterirdischen Maschinenhauses sind 6.0m x 5.2m. An die nordwestliche Abschlussmauer des Oberwasserbeckens wird ein Treppenhaus mit schallgedämmter Zugangstüre angebaut (5.2m lang, min. 1.6m breit). Die Zugangstüre (1.25m x 2.12m) ist aus Schallschutzgründen auf der westlichen Seite des Treppenaufbaus zum Aabach hin vorgesehen. Die Zu- und Abluft zum unterirdischen Maschinenhaus wird ebenfalls vom Aabach her eingeführt, um die Planungswerte der Schallimmissionen (45dB<sub>A</sub> nachts, gemäss LSV, ES II) einhalten zu können. Das Maschinenhaus wird durch Schalldämmplatten konsequent von den bestehenden Gebäuden isoliert, um eine mögliche Körperschallübertragung zu unterbinden. Auch die Fundamentplatte wird im gleichen Sinne gelagert, da ein harter bis felsiger Untergrund erwartet wird (im Unterwasserkanal steht auf der gleichen Tiefe unter Terrain gemäss alten Plänen bereits Fels an).



**Bild 21:** Am Ort dieser ehemaligen Bar am Oberwasserbecken soll der Treppenabgang zum unterirdischen Maschinenhaus in ähnlichen Abmessungen aber aus Beton (gegen Lärmimmissionen) entstehen.

Die Anbindung an den Unterwasserkanal erfolgt mit einem langen Saugrohr DN 1400, welches in den alten Druckkanal eingebaut wird. Um auch hier keine Körperschallübertragung zu provozieren, wird die Verbindung Turbine – Saugrohr mit einer flexiblen Kupplung ausgeführt und die Saugrohrverlängerung auf isolierte Sättel verlegt.

Der Kostenvoranschlag für das neue Maschinenhaus mit UW-Anbindung ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich. Die Planskizzen sind als Planbeilage 4 am Berichtsende zu finden.

### Bauteil 7: Unterwasserkanal

Abplatzungen am Gewölbe des überdeckten Unterwasserkanals werden in Zusammenarbeit mit der Denkmalpflege lokal saniert. Die stark korrodierte Betondecke unter der Werkstatt des Sauriermuseums muss vom Liegenschaftsbesitzer saniert werden, da diese Kanalüberdeckung zur besseren Nutzung des Areals nachträglich aufgebracht worden ist. Übermässige Sedimentablagerungen, die an einigen wenigen Stellen im UW-Kanal aufgetreten sind, werden wie im Oberwasserkanal ausgebaggert und am Wehr zur Entwässerung gelagert.



Die Längsdurchgängigkeit des Aabaches ist wegen des langen Unterwasserkanals gestört, da die Fische beim Aufsteigen eher in den Kanal mit dem Hauptwasserstrom als in die Restwasserstrecke schwimmen, aber dann am Saugrohr der Turbine anstehen („Sackgasse“). Es wurden zwei Lösungsansätze diskutiert:

- a) Bau einer zusätzlichen Fischaufstiegshilfe vom UW-Kanal in den Aabach oberhalb des bestehenden Absturzes vis-à-vis des Sauriermuseums (siehe nachfolgendes Bild), oder
- b) Einbau einer Fischecheneinrichtung am unteren Ende des Unterwasserkanals, so dass die Fische gar nicht in die Sackgasse einschwimmen.



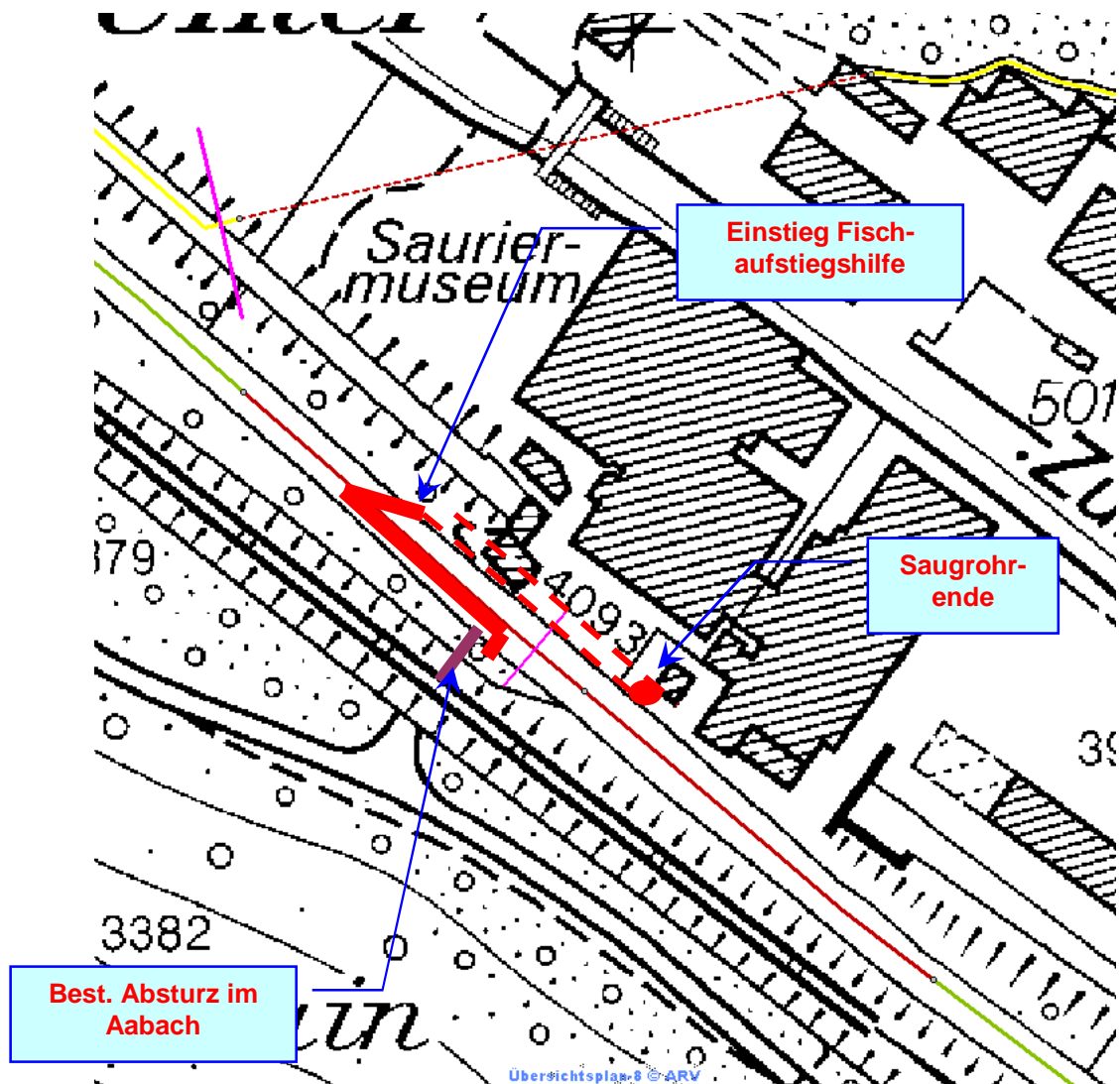
**Bild 22:** Best. Absturz des Aabaches am neuen Spielplatz des Sauriermuseums; im Hintergrund die Werkstatt über dem UW-Kanal mit der schadhaften Betondecke.

Lösung a) wurde aus folgenden Gründen verworfen:

- Der Unterwasserkanal mit seiner Betonauskleidung und der teilweisen Felssohle bietet keine Habitate für aquatische Lebewesen.
- Mögliche Standorte für die zusätzliche Fischaufstiegshilfe vom UW-Kanal in den Aabach sind nicht einfach zu finden, weil das Gelände am Sauriermuseum inklusive des überdeckten UW-Kanals intensiv genutzt wird. Teile des neuen Spielplatzes am Sauriermuseum sowie das integrierte Holzgebäude müssten dem Fischpass weichen.
- Eine erste realistische Anordnung des Fischpass-Einstieges liegt mehr als 40m vom Saugrohr der Turbine entfernt (siehe Bild 23). Das Auffinden dieses Einstiegs im UW-Kanal ist für die Fische damit äusserst schwierig, weil die Lockströmung aus dem Fischpass (ca. 60 l/s) gegenüber dem Hauptstrom von der Turbine (400 bis 2600 l/s) zu gering ist.

Fazit: Die alternative Fischaufstiegshilfe vom Unterwasserkanal in den Aabach (Höhendifferenz ca. 498.65m – 496.40m = 2.25m) würde eine Investition von über CHF 100'000.- beanspruchen, ohne die Fischdurchgängigkeit zu garantieren.





**Bild 23:** Mögliche, aber verworfene Anordnung einer Fischaufstiegshilfe vom UW-Kanal in den Aabach

Der Fischzug flussaufwärts sollte deshalb über die Restwasserstrecke und nicht über den Unterwasserkanal und einen zusätzlichen Fischpass führen.

Um das Einschwimmen der Fische in den Unterwasserkanal zu verhindern, ist eine Scheuchanlage in Form einer elektrischen Leiteinrichtung vorgesehen. Entsprechende Systeme, die ein elektrisches Feld aufbauen und damit die Fische vom UW-Kanal ablenken, werden durch die Firma Smith-Root Ltd. (USA) geplant und eingebaut. Nachteilig dabei ist der Energieverbrauch (bis 1KW permanent) und der erforderliche Unterhalt der Anlage. Andererseits würde einen Unterhaltsaufwand sowie einen zusätzlichen Verlust für die Wasserkraftnutzung von mind. 60l/s verursachen. Die daraus resultierende Minderleistung an der Turbine liegt im Bereich von 3.5kW und ist damit mind. dreimal grösser als der Energieverbrauch der Scheuchanlage.

Der Kostenvoranschlag für die Kanal-Reinigung und -Reparatur sowie die elektrische Scheuchanlage ist im nachfolgenden Kapitel ersichtlich.

## Bauteil 8: Elektromechanische Ausrüstung und Energieableitung

Für die gegenüber der alten Anlage reduzierte Ausbauwassermenge von  $2.6\text{m}^3/\text{s}$  (bei 7.6m Nettofallhöhe) kann ein 1-Maschinenkonzept zur Anwendung gelangen, ohne die Energieausbeute im Vergleich zum alten 2-Maschinenkonzept (2 Francis-Spiral-Turbinen) zu schmälern. Dies gelingt mit ei-





nem Maschinensatz bestehend aus einer doppelt-regulierten Kaplan turbine und einem Synchron generator (ev. mit neuartigem Permanent-Magnet-Rotor), welcher über einen weiten Durchflussbereich bis  $Q_{\min} = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$  mit einem guten Wirkungsgrad betrieben werden kann. Die technischen Daten dieses Maschinenkonzepts lauten wie folgt:

- Bruttofallhöhe bei Nenndurchfluss  $H_b = 7.85 \text{ m}$
- Nettofallhöhe  $H_n = 7.60 \text{ m}$
- Nenndurchfluss  $Q_A = 2.6 \text{ m}^3/\text{s}$
- Turbinentyp: doppelt-regulierte Kaplan
- Durchmesser des Laufrades: ca. 800mm
- Drehzahl Turbine  $500 \text{ min}^{-1}$
- Generatortyp (direkt-gekoppelt): Synchrongenerator
- Nennleistung Generator ca. 200 kVA

Aus den obigen Daten lässt sich bei einer max. elektrischen Leistung von 160kW **eine Jahresenergie von im Mittel 0.575 GWh** produzieren.

## Kostenvoranschlag

Die Investitionskosten für die beschriebenen Umbau- und Erneuerungsmassnahmen wurden aufgrund von Richtofferten der Hauptlieferungen sowie der heutigen Einheitspreise für Bauarbeiten wie folgt geschätzt:

**Tabelle 1: Investitionskosten**

A	Hochwasserentlastung im Kanal	78'000
B	Fischaufstiegshilfe	83'000
C	Kanalbrücke	149'000
D	Rechenreinigungsanlage und Revision der Schützen im OW-Becken	86'000
E	Maschinenhaus und Anbindun UW-Kanal	250'000
F	Fischabweiser im UW-Kanal, Kanalreinigung und örtliche Reperaturen	63'000
G	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 160 kW	347'000
H	Allgemeine Kosten (Kauf Grundstück, Wasserrecht, bestehende Anlagen), Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	650'000
Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]		<b>1'706'000</b>
MWSt. 7.6%		129'656
<b>Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)</b>		<b>1'840'000</b>

Die spezifischen Investitionskosten für die Reaktivierung der Anlage Unteraathal betragen rund CHF 11'500.- / kW. Dies ist sogar für Niederdruckanlagen im kleinen Leistungsbereich hoch.

Andere Vergleichszahlen geben ein ähnliches Bild: Investition pro Jahreskilowattstunde CHF 3.20 / kWh.

Anlagen mit eine Energievergleichskosten von über CHF 2.-/kWh sind nicht rentabel, es sei denn, das Projekt kann von Einspeisetarifen profitieren, die über den Marktpreisen für elektrische Energie im Niederspannungsnetz liegen.



## Wirtschaftlichkeit

### BETRIEBS- UND UNTERHALTSKOSTEN

Die Betriebs- und Unterhaltskosten wurden aufgrund einer statistischen Auswertung von Kleinwasserkraftanlagen in der Schweiz und eigenen detaillierten Aufwandschätzungen angenommen. Dabei wurden für Reparaturen und Revisionen die folgenden jährlichen Kosten eingesetzt (ausgedrückt in % der Investitionskosten der entsprechenden Bauteile):

- |                   |      |
|-------------------|------|
| • Elektromechanik | 1.5% |
| • Bau             | 0.5% |
| • Stahlwasserbau  | 1.0% |

Die Betriebs- und Unterhaltskosten können dank der Wahl einer äusserst robusten, Kaplan turbine mit Flachriemen (zur Drehzahlerhöhung auf den Generator) relativ tief gehalten werden. Ausser den Geschwemmsel- und Geschiebespüloperationen am Wehr im Herbst resp. während Hochwasserereignissen muss mit einer geringen Anzahl von Interventionen des Betriebswartes gerechnet werden. Im Durchschnitt sind pro Woche zwei Besuche vor Ort nötig. In der übrigen Zeit lässt sich der Betrieb der Anlage fernüberwachen.

In die Betriebs- und Unterhaltskosten eingerechnet wurden auch der Uferunterhalt am Aabach gemäss bestehender Konzession (total 662m Uferlänge) und die Beiträge an die Geschwemmselentsorgung am Regulierwehr des Pfäffikersees und am Unterlieger-Kraftwerk Trümpler der Energie Uster AG.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 160kW-Anlage von rund CHF 25'000.- / a.

### PARAMETER DER WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die folgenden Parameter werden zur Berechnung der Stromgestehungskosten gewählt:

Kalkulatorischer Zinssatz	$i = 5\%$
Kalkulatorische Nutzungsdauer	$n = 25 \text{ Jahre}$

Die kalkulatorische Nutzungsdauer wird hier nicht wie üblich mit der effektiven Nutzungsdauer der verschiedenen Anlagekomponenten angesetzt, die bei Bauwerken wie Maschinenhaus 50 Jahre und mehr beträgt. Die Nutzungsdauer von 25 Jahren ergibt sich aus den neuen Energie- und Stromversorgungsgesetzen und der in den entsprechenden Verordnungen definierten Berechnung der Einspeisevergütung. Die berechneten Stromgestehungskosten stellen damit nur die Vergleichsgrundlage zu den kostendeckenden Einspeisevergütungen kEV her.

### GESTEHUNGSKOSTEN

Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 0.575GWh Gestehungskosten von Rp. 27/kWh berechnen.

### MARKTCHANCEN DES GENERIERTEN STROMES

Das neue Stromversorgungsgesetz enthält mit der Revision des Energiegesetzes auch ein Paket von Vorschriften zur Förderung der erneuerbaren Energien, insbesondere der Wasserkraft. Hauptpfeiler ist dabei die kostendeckende Einspeisevergütung. Mit ihr soll der Strom aus neuen oder erneuerten Kraftwerken, die erneuerbare Energien nutzen (Wasserkraftwerke bis 10 MW), mit einer nach einer Referenzanlage bestimmten Vergütung entschädigt werden. Jährlich sollen für die neuen Fördermassnahmen des Energiegesetzes rund 320 Millionen Franken zur Verfügung stehen.

Das Stromversorgungsgesetz (inkl. Revision des Energiegesetzes) wurde am 3. April 2007 im Bundesblatt publiziert. Das Bundesamt für Energie (BfE) hat die Verordnungen zum Stromversorgungsgesetz (StromVV) bzw. zum Energiegesetz (EnV) erarbeitet. Die Auszahlung der neuen Einspeisevergütung wird ab Januar 2009 stattfinden.



Für die Referenzanlage des KW Unteraathal lässt sich eine Vergütung von rund Rp. 27 / kWh berechnen. Damit sind die Gestehungskosten identisch mit der Einspeisevergütung und das Projekt generiert knapp die geforderte Rendite von 5%. Sollten sich zusätzliche Auflagen der Behörden während der kantonsinternen Prüfung zeigen, wäre das Projekt unrentabel und müsste abgebrochen werden, es sei denn, namhafte Beiträge der Denkmalpflege oder anderer Stellen würden das Reaktivierungsprojekt unterstützen.

## Umweltaspekte

### GEWÄSSERVERNETZUNG

Durch den Bau der Fischaufstiegshilfe am Wehr wird nur ein Aufstiegshindernis am Aabach im Abschnitt Unteraathal eliminiert. Ein weiterer Absturz von ca. 90cm Höhe befindet sich gegenüber dem Sauriermuseum (siehe Bild 22). Es ist nicht klar, wozu dieser künstliche Absturz erstellt worden ist. Jedenfalls gehört er nicht zum Wasserrecht Nr. 167 Hinwil. Dieser Gewässerabschnitt ist auch nicht Teil der Unterhaltspflicht dieses Wasserrechtsinhabers. Dieser Absturz könnte mit einer Blockrampe fischgängig gemacht werden. Diese Rampe ist jedoch nicht Teil des vorliegenden Reaktivierungsprojekts.

Der Fischabstieg wird einerseits durch den am Wehr zu erstellenden Borstenfischpass gewährleistet. Die meisten abstiegswilligen Fische werden jedoch nicht den Weg in den Fischpass suchen, sondern dem Hauptstrom folgend in den Oberwasserkanal schwimmen und schliesslich am Einlaufrechen im OW-Becken anstehen. Gesunde Fische werden nicht durch den Rechen und in die Turbine gelangen. Auch schwache Tiere werden nicht an den Rechen gedrückt, weil die Anströmgeschwindigkeit bei Turbinenvolllast nur rund 0.4m/s beträgt. Mit einer Rechenstabweite von 20mm (lichte Öffnung) gelangen in Ausnahmefällen nur max. 200mm lange Jungfische in die Turbine, wo sie jedoch wegen des grossen Laufraddurchmessers von 800mm und der geringen Drehzahl ( $500\text{min}^{-1}$ ) keiner grossen Mortalität unterworfen sind ( $<10\%$ ).

Die Fische suchen einen Abstiegsweg, den sie über dem eingetauchten Rechen bei jedem Rechenvorgang finden:

- wie weiter vorne beschrieben, verschliesst der Rechenbalken die überströmbare Kante zur Geschwemmselrinne. Wird ein Rechenreinigungszyklus ausgelöst, senkt sich der Balken ins Wasser und gibt während ca. 1 Minute einen ca. 15cm tiefen und 2.2m breiten Wasserweg frei, über den die Fische in die Geschwemmselrinne und die nachfolgende offene Gleitbahn in den Aabach gelangen.
- Die Fische werden dabei nicht verletzt, da die Gleitbahn nur  $30^\circ$  geneigt ist und keine hohen Wassergeschwindigkeiten auftreten. Am unteren Ende der Rinne bildet sich ein Kolkloch mit Wasserbecken im Aabach.
- Bei Wasserabflüssen im Aabach, die über dem Turbinenschluckvermögen liegen, kann der Fischabstieg dauernd geöffnet bleiben.

### RESTWASSER

Die Restwassermenge soll im Rahmen des Reaktivierungsprojekts auf 140 l/s erhöht werden. Die gesamte Menge wird an der Wasserfassung über die neue Fischaufstiegshilfe abgegeben, so dass die Lockströmung für die aufstiegswilligen Fische am grössten ist und nicht noch durch eine zusätzliche Dotierung am Wehr vermindert würde, resp. die Fische am Einstieg vorbei zum Wehr gelockt würden.

### GESCHIEBE UND GESCHWEMMSEL

Geschiebe aus dem Wildbach wird am Wehr kontinuierlich weitergegeben, da die Segmentschütze bei Beginn des Geschiebetriebs bereits angehoben ist und kein Hindernis mehr darstellt.

Das Geschwemmsel wird während des Kraftwerksbetriebs in den OW-Kanal gezogen und vom Re-



chen aufgefangen. Wie weiter vorne beschrieben wird das Geschwemmsel dem Wasser nicht entzogen, sondern wird direkt an den Aabach zurückgegeben. Erst am Unterliegerkraftwerk Trümpler (Energie Uster AG) findet die vollständige Entnahme, Sortierung und Entsorgung statt, weil dort eine Weitergabe an den Aabach nicht möglich ist. Das KW Unteraathal beteiligt sich an den Entsorgungskosten der Energie Uster AG.

## **NATUR- UND LANDSCHAFTSSCHUTZ, DENKMALPFLEGE**

Die neu zu erstellenden Bauten beeinträchtigen das Landschaftsbild nicht, da sie entweder als reiner Ersatz der bestehenden Anlage gebaut (Trogbrücke) oder in die bestehende Uferböschung integriert (Fischaufstiegshilfe), resp. unterirdisch angeordnet werden (Maschinenhaus).

Der historische Charakter der denkmalgeschützten Anlage wird durch die Erneuerung nicht wesentlich beeinflusst. So wird die Segmentschütze am Wehr von 1927 unverändert weiter betrieben. Die alte Rechenreinigungsmaschine von 1943 wird mit einer gänzlich neuen Technologie ersetzt. Der Verlust der alten Seilzugmaschine ist jedoch aus technik-geschichtlichem Hintergrund nicht erheblich, da ähnliche Maschinen noch älteren Datums an vielen Standorten weiterhin zu sehen sind.

Die alte elektro-mechanische Ausrüstung wird bis auf den Einlaufschieber, der dem neuen Saugrohr weichen muss, vollständig erhalten. Das bestehende Maschinenhaus kann damit als Ganzes in den Industriehrfpfad Zürcher Oberland integriert werden, sofern sich die Besitzer der Liegenschaft, die Agensa AG, und der Verein VEHI über die Zugangsmodalitäten einigen können.

## **Weiters Vorgehen, Termine und Bauausführung**

Da das bestehende Kraftwerk nach wie vor über eine gültige Wasserrechtskonzession verfügt, kommt das Bewilligungsverfahren für das vorliegende Reaktivierungsprojekt ohne öffentliche Auflage aus. Nach der kantonsinternen Prüfung (AWEL und die Fachstellen Jagd und Fischerei sowie Denkmalpflege) wird eine modifizierte Konzessionsurkunde ausgestellt. Diese sollte im Winterhalbjahr 2008/2009 vorliegen.

Die Bauausführung soll mit der Fischaufstiegshilfe und dem Ersatz der Fundamente und Widerlager der Trogbrücke über den Aabach beginnen, da diese Arbeiten im Gewässer ausserhalb der Schonzeit der Fische ausgeführt werden müssen. Der kritische Pfad des Bauprogramms liegt jedoch bei der Planung, Fertigung und Lieferung des Maschinensatzes. Es wird mit einer Lieferzeit für die Turbine und den Generator von 9 Monaten gerechnet, so dass die Montage frühestens im Herbst 2009 stattfinden kann.

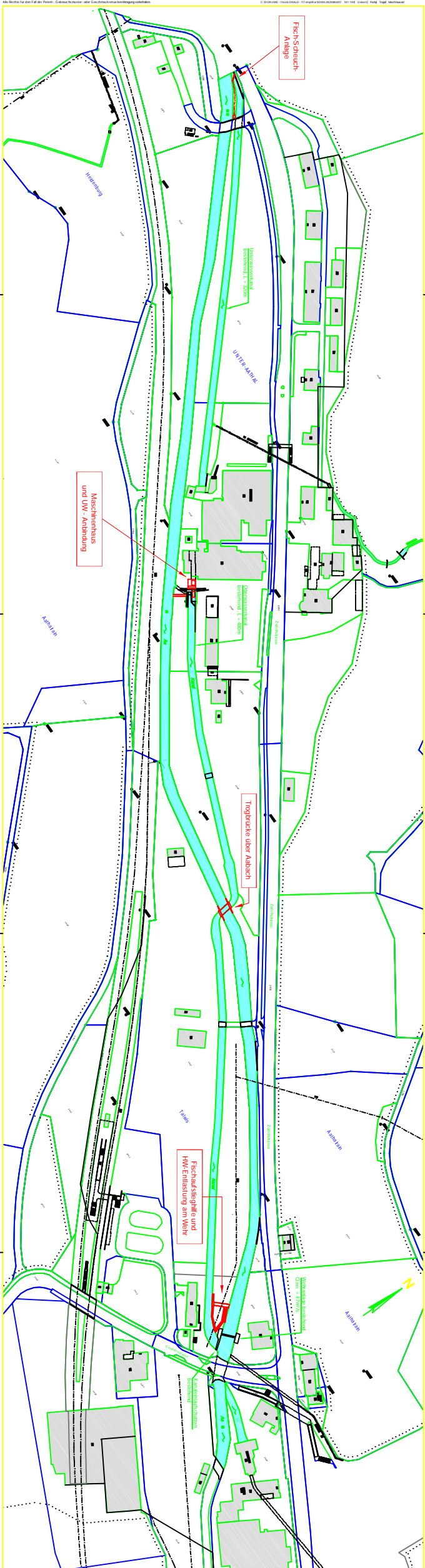
Das neue Maschinenhaus wird im Rohbau im Sommer 2009 erstellt. Das Einbetonieren der Turbine (Zweitbeton) erfolgt nach der Montage und dem Ausrichten der Teile im Herbst 2009. Die Kanalreinigung wird nach Abschluss aller Arbeiten und während des Abbindens des Zweitbetons an der Turbine vorgenommen. Es wird mit einer Inbetriebnahme der Anlage im Spätherbst 2009 gerechnet.





**Beilage 1:**



[illegible]

**Beilage 2:**







**Beilage 3:**

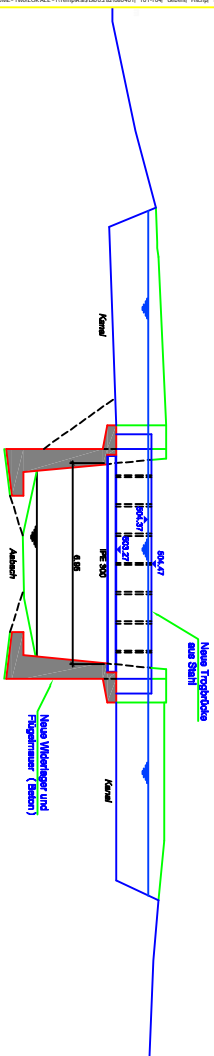


Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Genehmigung der Schweizerischen Eidgenossenschaft. Das Recht der Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Genehmigung der Schweizerischen Eidgenossenschaft.

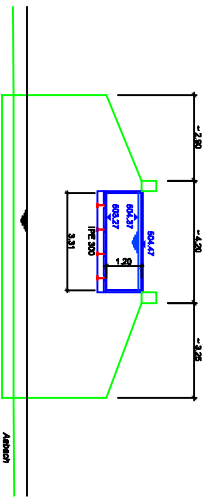
C:\DOCUME~1\user\LOCAL~1\Temp\20080103\20080103\_101104.dwg (user) (Tief) (Machwerk)

498.00

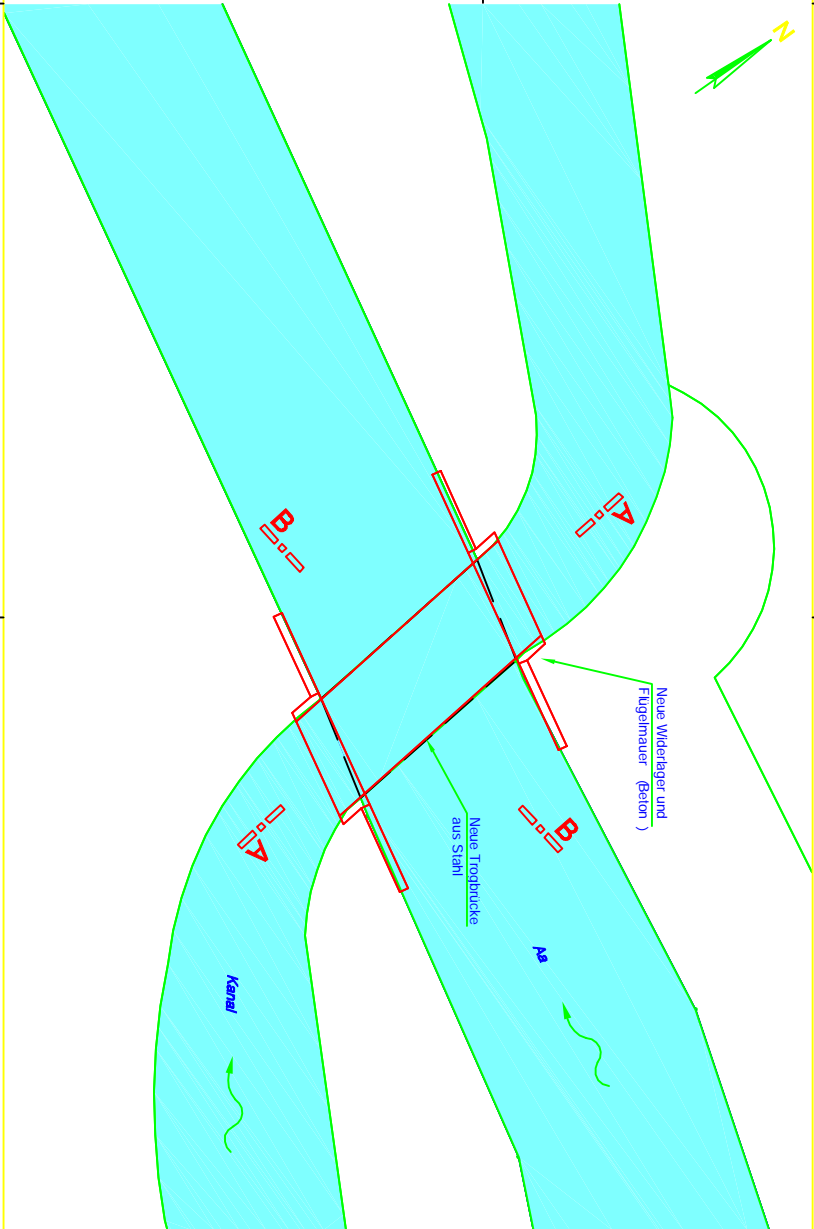
Schnitt A - A



Schnitt B - B



498.00



Tiefbau		Tiefbau		Tiefbau		Tiefbau		Tiefbau	
<input type="checkbox"/>	Überbau	<input type="checkbox"/>	Überbau	<input type="checkbox"/>	Überbau	<input type="checkbox"/>	Überbau	<input type="checkbox"/>	Überbau
<input type="checkbox"/>	Unterbau	<input type="checkbox"/>	Unterbau	<input type="checkbox"/>	Unterbau	<input type="checkbox"/>	Unterbau	<input type="checkbox"/>	Unterbau
<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau
<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau
<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau	<input type="checkbox"/>	Wasserbau
<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau	<input type="checkbox"/>	Landbau
Erläuterung Wasserbau AG, St. Gallen		Erläuterung Wasserbau AG, St. Gallen		Erläuterung Wasserbau AG, St. Gallen		Erläuterung Wasserbau AG, St. Gallen		Erläuterung Wasserbau AG, St. Gallen	
REAKTIVIERUNG KRAFTWERK UNTERAALTAL, AALTAL - SEEGRABEN (ZH)		REAKTIVIERUNG KRAFTWERK UNTERAALTAL, AALTAL - SEEGRABEN (ZH)		REAKTIVIERUNG KRAFTWERK UNTERAALTAL, AALTAL - SEEGRABEN (ZH)		REAKTIVIERUNG KRAFTWERK UNTERAALTAL, AALTAL - SEEGRABEN (ZH)		REAKTIVIERUNG KRAFTWERK UNTERAALTAL, AALTAL - SEEGRABEN (ZH)	
BAUPROJEKT 2008		BAUPROJEKT 2008		BAUPROJEKT 2008		BAUPROJEKT 2008		BAUPROJEKT 2008	
TROGRÜCKE ÜBER AABACH		TROGRÜCKE ÜBER AABACH		TROGRÜCKE ÜBER AABACH		TROGRÜCKE ÜBER AABACH		TROGRÜCKE ÜBER AABACH	
SITUATION UND SCHNITTE 1:100		SITUATION UND SCHNITTE 1:100		SITUATION UND SCHNITTE 1:100		SITUATION UND SCHNITTE 1:100		SITUATION UND SCHNITTE 1:100	
Tiefbau Wasserbau AG		Tiefbau Wasserbau AG		Tiefbau Wasserbau AG		Tiefbau Wasserbau AG		Tiefbau Wasserbau AG	
7005.01.103		7005.01.103		7005.01.103		7005.01.103		7005.01.103	
0		0		0		0		0	

**Beilage 4:**





