

Schlussbericht Februar 2002

Kleinwasserkraftwerk Mühlau

Vorprojekt

ausgearbeitet durch
Dr. D. Müller
Mellingerstrasse 207, CH-5405 Baden
Autor / E-Mail: dieter.mueller@colenco.ch



Für ENERGIE AG Kirchberg
Neudorfstrasse 8c, 9533 Kirchberg SG



Inhaltsverzeichnis

0	ZUSAMMENFASSUNG	1
1	EINLEITUNG	2
2	GRUNDLAGEN.....	3
3	AUSBAUPROJEKT	9
4	BAUPROGRAMM.....	14
5	ANLAGEKOSTEN	16
6	WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG.....	17

Diese Arbeit ist mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich
--

Beilagen:

- 1. Gesamtübersicht Kraftwerk Mühlau**
- 2. Maschinenhaus Ausbau $Q_A = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ - Grundriss**
- 3. Maschinenhaus Ausbau $Q_A = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ - Längsschnitt**
- 4. Maschinenhaus Ausbau $Q_A = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ - Querschnitt**
- 5. Sanierung Fassung mit Spülkanal – Grundriss u. Schnitte**
- 6. OW – bzw. UW- Wasserspiegel beim Maschinenhaus**
- 7. Mittlere jährliche Energieproduktion**
- 8. Energieproduktion - Dauerkurve und Leistungsdiagramm für neue Maschinengruppe**

Anhang:

- 1. Bericht „Vorprojekt Ausbau Wasserkraftwerk Mühlau – Gewässer- und fischökologische Auswirkungen“, BGF – Heinz Marrer**

0 ZUSAMMENFASSUNG

Das bestehende Kanalkraftwerk der ENERGIE AG Kirchberg liegt an der Thur in der Gemeinde Kirchberg SG.

Die Anlage besteht aus einer knapp 30 m breitem Klappwehr mit 2 Grundablässen, einer Fassung mit Grobrechen, einem 200 m langem Oberwasser-Kanal und einem Maschinenhaus mit 2 Maschinengruppen. Die grosse Turbine nähert sich dem Ende ihrer technischen Lebensdauer. Zur Zeit wird auf der rechten Uferseite auf der Höhe des Wehres bis Frühling 2002 ein Fischpass erstellt. Gleichzeitig wird die minimale Dotierwassermenge so erhöht, dass zusammen mit dem Abfluss vom Fischpass die minimal geforderte Restwassermenge von 900 l/s, gemäss bestehender Wasserrechtsverleihung, gewährleistet werden kann.

Ausbauprojekt

Anhand des heutigen, tiefen Ausbaugrades des Kraftwerkes und der Tatsache, dass die grössere Maschinengruppe kurzfristig das Ende der technischen Lebensdauer erreichen wird, ist mit der Erneuerung der Maschinengruppe ein Ausbau der Turbinerwassermenge von 10 m³/s auf 16 m³/s geplant. Die Wasserspiegel im Ober- und Unterwasser werden nicht verändert. Die minimale Restwassermenge wird auf die gesetzlich verlangten 960 l/s angepasst. Im Zusammenhang mit der Ausserbetriebnahme der Anlage durch den Umbau des Maschinenhauses werden Wehr, Fassung und Oberwasserkanal saniert. Die Bauzeit beläuft sich auf rund 1 Jahr und der eigentliche Produktionsausfall auf 10 Monate.

Technische Daten :	Best. Anlage	Ausbau
Ausbauwassermenge Q_A	: 7.2+2.6=9.8 m ³ /s	16.0 m ³ /s
Bruttofallhöhe bei Q_A	: 4.9 m	4.5 m
Turbine	: 2 x Durchströmturbine	1 x Kegelradturbine
Gesamtwirkungsgrad bei Vollast (μ)	: 0.71 / 0.68	0.88
Max. Leistung	: 225+80=305 kW	635 kW
Mittlere jährliche Energieproduktion (E)	: 2.0 Mio. kWh	3.6 Mio. kWh
Erhöhung der Produktion	:	80 %

Anlagekosten und Wirtschaftlichkeitsrechnung

Die Anlagekosten des Ausbauprojektes betragen **etwa 4.3 Mio. Fr.** Die Gestehungskosten mit einem Zinssatz von 4% und einer Amortisationszeit von 25 Jahren belaufen sich auf **etwa 9.8 Rp/kWh.**

1 EINLEITUNG

Die ENERGIE AG Kirchberg besitzen und betreiben seit 1965 das Kleinwasserkraftwerk Mühlau an der Thur zwischen Bazenheid und Unterrindal. Die Anlage stammt noch aus dem vorletzten Jahrhundert. Die verschiedenen Elemente wurden bis ins Jahre 1988 regelmässig saniert oder erneuert.

Die bestehende Anlage enthält 2 Maschinengruppen mit insgesamt 310 kW Leistung und hat eine mittlere jährliche Energieproduktion von 2 Mio. kWh.

Die grössere Maschinengruppe aus dem Jahre 1965 nähert sich dem Ende der technischen Lebensdauer. Eine Entwicklungs- und eine Variantenstudie (Oktober 1997 und Dezember 1998 bzw. Juni 1999) evaluierten die verschiedenen Alternativen für eine Sanierung der Anlage. Anhand dieser Studien hat sich die Bauherrschaft entschlossen ein Vorprojekt basierend auf der empfohlenen Lösung der Variantenstudie zu realisieren.

Seit Anfangs Dezember 2001 werden gemäss Vorgaben der Wasserrechtsverleihung ein Fischaufstieg und die Erhöhung der minimalen Restwassermenge ausgeführt. Voraussichtlich Ende April 2002 werden die oben erwähnten Massnahmen abgeschlossen sein.

Die Energie AG Kirchberg erteilte im Juni 2001 der Colenco Power Engineering AG (CPE) den Auftrag für das Vorprojekt des Ausbaus Kraftwerk Mühlau. Die Gewässer- und fischökologischen Auswirkungen wurden vom Büro für Gewässer- und Fischereifragen AG (BGF) von Heinz Marrer erstellt.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Studien und Wasserrecht

Bei der Ausarbeitung des Vorprojektes standen folgende Berichte und Unterlagen zur Verfügung:

- Entwicklungsstudie, Walter Nüssli und Jean-Louis Mottier, Oktober 1997
- Sanierung und Ausbau Kraftwerk Mühlau, CPE, Dezember 1998
- Detailabklärungen zum Ausbau/Stillegung Kraftwerk Mühlau, CPE, Juni 1999
- Wasserkraftwerk Mühlau – Ausbau- und Stillegungsvarianten – Gewässer- und fischökologische Auswirkungen sowie zu erwartende diesbezügliche Auflagen, BGF, Juni 1999
- Wasserrechtsverleihung, Gesamtentscheid vom 20. Mai 1999, Baudepartement des Kantons St. Gallen
- Topographische Aufnahmen der Wehranlage und der rechten Uferseite, Loser & Eugster Ingenieurbüro Bazenheid, Oktober 1998 und November 1999
- Bauprojekt Fischpass Kraftwerk Mühlau, CPE, April 2001

2.2 Topographie

Für die Ausarbeitung waren die vorhandenen topographischen Aufnahmen nicht vollständig, aber sie genügten für diese Phase des Projektes. Speziell fehlten Aufnahmen im Bereich der Fassung und des Maschinenhauses. Bei einer nächsten Phase müssen weitere Aufnahmen erstellt werden.

2.3 Geologie

Für die Ausarbeitung des Vorprojektes wurden keine geotechnischen Untersuchungen durchgeführt. Das ganze Gebiet liegt in einem Nagelfluh-„Bett“. Der Nagelfluh tritt unterwasserseitig des Wehres und entlang der gesamten Restwasserstrecke an die Oberfläche. Aus diesem Grund ist anzunehmen, dass das Maschinenhaus grundsätzlich auf Fels fundiert ist. Das gleiche gilt für die Fassung und die Wehranlage. Vor der Fassung und dem Klappwehr sind kleinere Sedimentablagerungen zu erkennen.

2.4 Hydrologie

Dank einer Messstation rund 130 m unterhalb des bestehenden Maschinenhauses sind die hydrologischen Verhältnisse beim Kraftwerk relativ gut bekannt. Die Eidgenössische Station liefert eine Messreihe von über 30 Jahren.

Für die Periode von 1966-1999 ergeben sich folgende Hauptkenndaten dieser Station :

- Ort	:	Station Jonschwil (Koordinaten: 723'675/252'720)
- Höhe	:	534.0 m ü.M.
- Einzugsgebiet	:	493.0 km ²
- Mittlerer Abfluss (1966-99)	:	21.0 m ³ /s
- Grösstes Jahresmittel (1999)	:	29.5 m ³ /s
- Kleinstes Jahresmittel (1976)	:	14.0 m ³ /s
- Maximales Spitze (1990/1977)	:	565 m ³ /s
- Minimales Tagesmittel (1991)	:	1.04 m ³ /s

Anhand der Daten dieser Messperiode wurde die Dauerkurve erstellt (Beilage 8). Die Abschätzung der Hochwasser nach Gumbel ergab folgende Werte :

HQ ₁₅	=	565 m ³ /s
HQ ₂₀	=	595 m ³ /s
HQ ₅₀	=	665 m ³ /s
HQ ₁₀₀	=	760 m ³ /s
HQ _{1'000}	=	1'000 m ³ /s

Die Wasserspiegelkote beim Turbineneinlauf im Oberwasser wurde in der Entwicklungsstudie von Nüssli/Mottier überprüft. In dieser Studie wurden die Wasserspiegel für die verschiedenen Durchflussmengen nach den effektiven Kanalprofilen bestimmt und eine Erhöhung der Ausbauwassermenge auf ca. 16 m³/s festgelegt. Für das Vorprojekt sind diese Wasserspiegellagen im Oberwasser übernommen worden und zusätzlich werden durch die Sanierung des Oberwasserkanals die Reibungsverluste im Kanal verringert (Beilage 6).

Der Unterwasserspiegel wurde mittels verschiedenen Ablesungen bei geringen und mittleren Abflüssen und einer Trendlinie bestimmt. Bei Abflüssen über 100 m³/s musste eine Annahme getroffen werden, da keine Messdaten vorhanden waren. Für die definitiven Wasserspiegellagen sollten die Messungen weitergeführt werden. In der Beilage 6 sind die Werte dargestellt.

Für die Restwassermenge wurde aufgrund einer ersten, begründeten Abschätzung 1.00 m³/s eingesetzt (Anhang 1).

2.5 Bestehende Anlage

Das bestehende Kanalkraftwerk liegt in der Gemeinde Kirchberg. Die Anlage befindet sich auf der linken Flusseite der Thur unterhalb der Strassenbrücke der Verbindung „Bazenheid – Unterrindal“ (Beilage 1). Die Wasserkraft wird schon seit 1865 genutzt. Mit der Zeit wurden verschiedene Ausbauten und Erneuerungen an der Anlage ausgeführt. Im Jahre 1962 übernahmen die ENERGIE AG Kirchberg das Kraftwerk.

Das heutige Kleinkraftwerk besteht aus folgende Elementen :

2.5.1 Maschinenhaus

Das bestehende Maschinenhaus stammt (wahrscheinlich) aus dem Jahre 1914, als eine erste Francisturbine eingebaut wurde. Im Jahre 1928 erfolgte der Einbau einer zweiten Francisturbine. Während den Umbauten im Jahre 1967 und 1982 sind eine grosse und eine kleine Durchströmturbine eingebaut worden. Diese Maschinengruppen ersetzen die alten Francisturbinen. Beide Maschinen laufen seit diesen Zeiten, aber mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad (max. 0.70). Die grosse Turbine mit einem Schluckvermögen von 7.2 m³/s und einer Ausbauleistung von 270 kW hatte in den letzten Jahren Probleme mit der Lagerung der Achse und zudem nähert sich sie dem Ende ihrer technischen Lebensdauer. Die kleine Turbine hat eine Ausbauleistung von rund 80 kW. Diese Anlage läuft wie vorgesehen und hat noch eine technische Lebensdauer von etwa 15 Jahren. Sie ist auf der rechten Seite der grossen Gruppe eingebaut und der Auslauf geht seitlich in die Thur.

Auf der linken Seite der beiden Anlagen befinden sich der Eingang des Maschinenhauses und die Eingangshalle mit den Steuerschränken, den elektrischen Einrichtungen und der Transformator. Im Zusammenhang mit der Installation der neuen Maschinengruppe der kleinen Turbine im Jahre 1982 wurde dieser Raum umgebaut und ein neuer Steuerschrank erstellt. Der Steuerschrank enthält alle Steuereinheiten wie die Wasserstandsregulierung Grundablass West und Ost und Kanalfallen 1 bis 4, die Rechenreinigung und Geschwemmsepumpen, Hilfsbetriebe für die Turbinen, Alarmierung, Messung der Energie und Leistung, Start-/Stop-Automatik der Turbinen und die Haustechnik für Licht- und Kraftinstallation. Im Jahre 1988 wurde in diesem Teil eine weitere Erneuerung durchgeführt mit einer neuen 20 kV-Schaltanlage, einem Transformator 630 kVA für 20/10 kV und einer neuen Niederspannungsverteilung.

Auf der linken Seite des Maschinenhauses befindet sich ein Betonkanal mit allen Zu- und Ableitungen des Kraftwerkes. Dieser Kanal verläuft 90 Grad zum Maschinenhaus und liegt in einer steilen Böschung.

Das turbinierte Wasser wird direkt im Unterwasser an die Thur zurückgegeben. Der Zugang ins Unterwasser auf der linken Seite ist über einen Fusspfad oberhalb des Maschinenhauses oder durch das Maschinenhaus selbst möglich.

Es gibt keine Oberwasser- und Unterwasser-Dammtafel. Bei Unterhaltsarbeiten wird der Oberwasserkanal bei der Falle 2 geschlossen und über die Fallen 3 und 4 entleert. Danach können die Arbeiten an den Maschinengruppen durchgeführt werden. Der Zugang ins Saugrohr und dessen Auslauf ist nicht möglich, da er ständig unter Wasser steht.

Die Zufahrt zum Maschinenhaus erfolgt über den Vorplatz vor dem Maschinenhaus und einer rund 100 m langen, asphaltierten Strasse von der Verbindungsstrasse „Bazenheid-Unterrindal“. Der Eingang ins Maschinenhaus liegt auf der linken Seite.

Vor dem Maschinenhaus und am Ende des Oberwasserkanals befinden sich die beiden Rechen und Rechenreinigungsmaschinen. Der Rechenboden liegt rund 1.6 m tiefer als der Vorplatz. Der Zugang zu diesem Rechenboden wird durch eine Treppe ermöglicht. Auf der rechten Seite vor dem Rechen befindet sich die Falle 4, die bei Entleerungen und Spülungen des OW-Kanals dient. Die Geschwemmselfbeseitigung erfolgt direkt über eine Spülrinne in die Restwasserstrecke der Thur.

Das Betriebsregime des Kraftwerkes wird wasserstandsabhängig über einen Pegel oberhalb des Wehres gesteuert. Im Normalfall sind beide Maschinengruppen in Betrieb. Bei geringer Wasserführung wird nur noch die grosse Turbine eingesetzt. In den letzten Jahren wurde im Mittel 2 Mio. kWh produziert (56 % Sommerenergie und 44% Winterenergie).

Kenndaten		Maschinengruppe
Ausbauwassermenge Q_A	:	$7.2 + 2.6 = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$
Bruttofallhöhen	:	3.1 – 5.2 m
Turbine	:	Durchströmturbine
Turbinenlieferant	:	Ossberger
Getriebe	:	Kissling DR
Generator	:	Brown Boveri 309 / 90 kVA
Gesamtwirkungsgrad μ	:	0.71 / 0.68
Installierte Leistung	:	$225 + 80 = 305 \text{ kW}$
Mittlere jährliche Energieproduktion E:		$1.6 + 0.4 = 2.0 \text{ Mio. kWh}$

2.5.2 Wehr

Rund 200 m vor dem Maschinenhaus und knapp 25 m flussabwärts der Strassenbrücke der Verbindung „Unterrindal – Bazenheid“ befindet sich die Wehranlage des Kraftwerkes Mühlau, das aus einem knapp 30 m breitem Klappwehr, zwei Grundablässen West und Ost von je 3.0 m lichter Öffnung und einem 2.80 m breiten Überfall mit einer Dotiervorrichtung auf der rechten Seite besteht.

Die gesamte Länge inklusive Wehrpfeilern beträgt rund 41 m. Zuerst wurde ein Festwehr erstellt und zu einem späteren Zeitpunkt im Jahre 1968 errichtete man auf das Festwehr einen automatischen Stauklappenaufsatz der Firma "Hänssler" aus Deutschland. Diese Klappen bestehen aus 15 zusammengekoppelten Elemente à 1.90 m Breite und 1.00 m Höhe. Der Mechanismus der Klappen erfolgt mit Gegengewichten aus Beton und hat zwei Stellungen: Offen oder geschlossen ("auf oder zu"). Mit diesen Klappen wurde das Stauziel auf die Kote von 538.18 m ü.M. erhöht.

Der Klappmechanismus wird bei einem Überstau von rund 20 cm aktiviert und die Klappen öffnen sich, das heisst sie klappen nach unten ab. Im Normalfall senkt sich der Wasserspiegel ab und die Klappschütze sollte sich wieder schliessen, das heisst sie sollten wieder nach oben klappen. Dieser Vorgang funktioniert leider nicht mehr zufriedenstellend, solange die Wasserlast zu hoch ist. Das hat zur Folge, dass die Staukote nicht mehr eingehalten werden kann und somit Wasserverluste und Produktionseinbussen auftreten können (speziell an Wochenenden).

Auf beiden Seiten des Klappwehres befinden sich die Grundablässe West und Ost. Mit diesen Ablässen können die Spülungen des Wehrbereiches durchgeführt werden. Zudem dient der Grundablass West auch als Spülschütze für die Fassung. Beide vertikalen Schützen (eine aus Holz und eine aus Metall) sind mit einem elektrischen Motor angetrieben und ferngesteuert. Im jetzigen Zustand sind die Schützen mit den entsprechenden Führungen nicht mehr dicht.

2.5.3 Fassung und Einlauf

Die Wasserfassung des Kraftwerkes befindet sich auf der linken Flussseite in der Verlängerung der Wehranlage. Der Zugang erfolgt über eine Treppe beim linken Auflager flussabwärts der Strassenbrücke.

Die Fassung liegt an einer Innenkurve der Thur und die Öffnung ist rund 13.0 m breit und 2.2 m tief. Sie besteht aus einem Einlauftrichter, einem Bedienungssteg und einem Grobrechen aus vertikal angeordneten Rundeisen. Die Fassung weist keine Betonschwelle auf und die Stäbe des Grobrechens liegen auf dem Fels auf. Eine Führungsschiene hält die Stäbe an der Sohle fest. Trotz der relativ ungünstigen hydraulischen Lage der Fassung funktioniert sie zufriedenstellend für die aktuelle Ausbauwassermenge von $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Unterhalt kann mit geringem Aufwand betrieben werden. Bei Hochwasser ($> 10 \text{ m}^3/\text{s}$) werden automatisch Spülungen durchgeführt und von Zeit zu Zeit werden die Kiesablagerungen von Hand entfernt.

2.5.4 Oberwasser - Kanal

Nach dem Einlaufbauwerk führt ein rund 200 m langer Oberwasser-Kanal das Wasser zum Maschinenhaus. Der Kanal hat eine Breite von etwa 6.0 m und eine mittlere Tiefe bei Normalstau von ca. 2.5 m.

Direkt nach dem Einlauftrichter befinden sich eine erste Spülschütze (Falle 1) und eine grosse Tafelgleitschütze (Falle 2) für die Schliessung des Kanals. Danach folgt das seitliche Streichwehr über ein Länge von 40 m. Am Ende des Streichwehres befindet sich ein Streifwehr aus Holzbalken. Anschliessend läuft der Kanal mit rechteckiger-trapezförmiger Querschnittsform und vielen Unregelmässigkeiten entlang der Thur in Richtung Maschinenhaus. In diesem Mittelstück ist der Kanal auf der linken Seite durch keine Betonwand, sondern direkt durch die Felsoberfläche geschützt, und es folgt eine weitere Spülschütze (Falle 3). Die Verluste sind bei der aktuellen Ausbauwassermenge noch akzeptabel. Bei höheren Ausbauwassermengen steigen die Verluste stark an. Ein Grund ist das mittlere Teilstück des Kanals, das keine Ufermauern aufweist. Vor dem Maschinenhaus ist auf der rechten Seite ein Überlauf und eine Spülschütze (Falle 4) eingebaut. Die Falle 4 vereist oft im Winter und kann nicht mehr betätigt werden.

Die Freibordhöhe liegt bei Normalstau rund 40 cm. Während dem Betrieb (inklusive Notabschaltung, Schwall) ergaben sich bis heute keine Probleme.

Bei extremen Hochwassern sind Probleme nicht auszuschliessen, da die Restwasserstrecke auf der Höhe des Maschinenhauses durch eine starke Verengung (Felsvorsprung auf der rechten Seite) beim Maschinenhaus aufgestaut wird. Dies kann zur Folge haben, dass der OW-Kanal und der Rechenboden überspült werden.

3 AUSBAUPROJEKT

3.1 Konzeptbeschreibung

Anhand der bestehenden Unterlagen wurde im vorliegenden Vorprojekt der Ausbau auf $16 \text{ m}^3/\text{s}$ (empfohlene Variante) ins Auge gefasst.

Gründe für den Ausbau des Kraftwerkes:

- Die grössere Maschinengruppe ($Q_A = 7.2 \text{ m}^3/\text{s}$) nähert sich der technischen Lebensdauer.
- Beide bestehenden Maschinengruppe haben einen relativ tiefen Wirkungsgrad.
- Der aktuelle Ausbaugrad des Kraftwerkes ist sehr tief. An rund 216 Tagen pro Jahr kann die Ausbauwassermenge von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (abzüglich der Restwassermenge) genutzt werden. Bei einer Erhöhung der Wassermenge auf $16 \text{ m}^3/\text{s}$ ist der Ausbaugrad bei 149 Tagen pro Jahr (Beilage 8). Die Ausnützungsziffer liegt aber noch über dem heute üblichen Ausbaugrad für Kleinwasserkraftwerke (100 Tage pro Jahr). Das heisst, der Ausbaugrad entspricht immer noch einem mittleren bis tiefen Wert.
- Beim Oberwasserkanal, bei der Fassung und beim Wehr stehen Unterhaltsarbeiten wie Sanierung der Böschungsstabilität, der Kanalmauern, des Einlaufbereiches und der Stahlwasserbauteile an.

Das Konzept für den Ausbau sieht folgende Arbeiten vor:

- Ausbau der beiden Maschinengruppen und Einbau einer neuen Anlage inklusive Neubau Maschinensaaltrakt, Rechenboden und Rechenreinigungsanlage.
- Sanierung des Oberwasserkanals. Eingeschlossen sind Revisionsarbeiten bei allen Schützen, Querschnittsanpassung und Uferstabilität im mittleren Abschnitt und Böschungssanierung gegenüber dem Fassungsbereich.

Durch die Querschnittsanpassung können die Reibungsverluste im Kanal verringert und die Nettofallhöhe leicht erhöht werden. Dies bewirkt auch eine knapp 2% höhere jährliche Energieproduktion.

Die jährliche Energieproduktion, die Fallhöhen und Wassermengen sind in den Beilagen 7 und 8 dargestellt. Mit den Wasserspiegeln im Ober- und Unterwasser gemäss Beilage 6, den angenommenen Gesamtwirkungsgraden sowie den Abflüssen der Periode 1966–1999 wird die Jahresproduktion berechnet. Zugleich wird die maximale Leistung der Anlage ermittelt. Die mittlere jährliche Jahresenergie wird noch um 2% für

Unterhaltsarbeiten bzw. Ausserbetriebnahme bei geringer Wasserführung der Thur reduziert (unter 15% der Vollast wird die Maschine ausser Betrieb genommen). Die graphische Darstellung ist in der Beilage 8 illustriert.

3.2 Ausbau Maschinenhaus

- **Maschinenhaus**

Das Maschinenhaus wird zum grossen Teil abgebrochen und im gleichen Stil wieder neu aufgebaut. Durch den Einbau einer einzigen Maschinengruppe kann die Gebäudebreite um etwa 3.0 m verringert werden. Dies hat noch den Vorteil, dass der vorliegende Engpass der Thur beim Maschinenhaus etwas erweitert wird und somit der Hochwasserschutz leicht verbessert werden kann. Ausserdem wird das Erscheinungsbild des Maschinenhauses in der geschützten Landschaft dadurch stark verbessert.

- **Turbinentyp und Lieferant**

Die Anordnung des Maschinenhauses ist abhängig vom Turbinentyp und vom Lieferant der Maschinengruppe. Dies wirkt sich auch auf die Kosten der Turbine, auf den Wirkungsgrad (Unterschiede bis zu 5%) und auf die Baumeisterarbeiten (Anordnung des Maschinenhauses) aus.

Gemäss Empfehlung des Variantenstudiums sieht das Vorprojekt folgende Turbine vor: Kegelradturbine mit einem Laufraddurchmesser von 1.70 m; Ausbauwassermenge von 16 m³/s (Beilage 2-4).

Kenndaten	Neue Maschinegruppe
Ausbauwassermenge Q_A	: 16 m ³ /s
Bruttofallhöhen	: 2.8 – 5.2 m
Turbine	: Kegelradtrubine KRT 1700 – 4
Turbinenlieferant	: Sulzer-Hydro
Getriebe	: Kegelradgetriebe
Generator	: Synchrongenerator 650 kVA
Optimaler Gesamtwirkungsgrad μ	: 0.88
Max. Leistung	: 635 kW
Mittlere jährliche Energieproduktion E	: 3.6 Mio. kWh

Der Vorteil einer Kegelradturbine gegenüber einer S-Turbine sind die Platzverhältnisse in der Längsrichtung und der gute Wirkungsgrad der Turbine.

- **Rechen, Rechenreinigungsmaschine und Geschwemmselbeseitigung**

Der Übergang vom OW-Kanal ans Maschinenhaus wird neu erstellt. Somit werden auch die Rechen, die Rechenreinigungsmaschine und die Geschwemmselbeseitigung neu errichtet.

Der Stababstand des Rechens wird in Abhängigkeit des Turbinentypes und – Lieferanten bestimmt und mit der Fischerei abgesprochen. Bei den vorgesehenen Turbinentypen (Kegelrad- oder S-Turbine) des Vorprojekts sind die Mortalitätsraten für die Fische relativ klein, und es kann mit einem Rechenabstand von etwa 40 - 50 mm gerechnet werden. Eine Optimierung folgt im Bauprojekt. Die Neigung des Rechens beträgt 75°.

Das Konzept der Rechenreinigungsmaschine und der Geschwemmselbeseitigung wird auf Wunsch des Bauherrn beibehalten. Mit andern Worten, die Beseitigung erfolgt über eine Rechenreinigungsmaschine und einer Spülrinne mit Pumpe direkt in die Thur. Im Vorprojekt wurde ein weiteres Konzept mit Container und Entsorgung untersucht. Diese Alternative führt zu höheren Baukosten und die jährlichen Unterhaltsarbeiten sind relativ gross.

Aus diesen Gründen wird das bestehende Konzept beibehalten und in die Baukosten eingerechnet.

- **Dambalken-Konzept**

Für Unterhaltsarbeiten der Maschinengruppe wird ein Dammtafel-Verschluss im Unterwasser vorgesehen. Dies hat den Vorteil, dass die Arbeiten an der Turbine und im Saugrohr sicher zu jeder Jahreszeit durchgeführt werden können. Je nach Turbinentyp und Lage der Achse kann auf eine Schütze verzichtet werden, aber mit dem Nachteil, dass der Zugang ins Saugrohr nicht mehr möglich ist und dass die Revisionsarbeiten der Turbine nur bei Niederwasser durchgeführt werden können.

Aus diesen Gründen sind Dammtafeln im Unterwasser in den Baukosten eingerechnet worden. Im Oberwasser werden keine Dammtafeln benötigt, da man den Kanal jederzeit mit der Tafelgleitschütze (Falle 2) schliessen und über die Spülschützen (Falle 3 und 4) entleeren kann.

- **Kran / Hebevorrichtung**

Der bestehende Kran mit einer Traglast von 3.2 t wird beibehalten. Dieser genügt den Anforderungen bei kleineren Unterhaltsarbeiten an der Maschinengruppe. Für eine Totalrevision mit vollständigen Ausbau der Turbine wird eine temporäre Öffnung im Dach erstellt und mit einem mobilen Kran kann die Maschine ausgebaut werden. Das schwerste Teil einer kompletten Kegelradturbine ist etwa 20 Tonnen schwer. Eine Totalrevision mit einem Vollausbau der Turbine ist im Normalfall alle 20 Jahre

notwendig. Aus wirtschaftlichen Gründen lässt sich der Einbau eines neuen Krans mit einer bedeutend erhöhten Traglast nicht vertreten.

- **Elektrische Einrichtungen**

Die Anpassungen an den elektrischen Einrichtungen wurden von der ENERGIE AG Kirchberg untersucht und die Kosten ermittelt. Eingeschlossen sind die Niederspannungsverteilung und eine Steuerung für das Wasser- und Betriebsregime.

3.3 Sanierung der Wehranlage

Der aktuelle Zustand der Wehranlage ist nicht zufriedenstellend. Wie bereits erwähnt stellen sich die Klappen erst verspätet bei tiefen Wasserspiegel wieder auf (Produktionseinbussen) und die beiden Grundablässe sind undicht. Generell sind die Stahlwasserbauelemente sanierungsbedürftig. Aus diesem Grund sind folgende Arbeiten vorgesehen :

- Mechanische Revision der Klappen.
- Mechanische Revision der beiden Grundablassschützen, inklusive Antriebe.
- Korrosionsschutzerneuerung der Klappen und Schützen, inklusive Führungen.
- Kleine Ausbesserungen des Betons bei den Führungen (Baumeisterarbeiten).
- Anpassung der Regulierung des Klappwehres mittels spezifischer Steuerung bzw. Regulierung der Grundablässe (Einbau Stellungsrückmeldung des Klappwehres und dementsprechende Regulierung der Schützen).

Die Arbeiten sollten bei Niederwasser durchgeführt werden. Für die Ausführung braucht es kleinere lokale Baugrubenabschlüsse und provisorische Zugänglichkeiten zum Klappwehr. Die Arbeiten dauern bei guten Wetterbedingungen rund 3 Monate. Die Baustelleninstallation wird direkt beim Wehr auf der rechten Seite errichtet.

3.4 Sanierung der Fassung

Mit der Erhöhung der Ausbauwassermenge auf 16 m³/s können grössere Ablagerungen von Geschiebe auftreten und die Funktionstüchtigkeit der Fassung beeinträchtigen. Aus diesem Grund wird die Fassung komplett saniert (Beilage 5).

Der aufgezeigte Ausbauvorschlag der Wasserfassung mit Spülrinne, muss im Zuge der weiteren Projektierungsarbeiten im Detail noch überprüft werden. Eine ausstehende Geschiebetriebabschätzung wird zeigen, ob ein Ausbau der Wasserfassung erforderlich sein wird.

3.5 Sanierung des OW - Kanals

Der mittlere Teilabschnitt des OW-Kanals hat auf der rechten Seite keine Böschungssicherung. In diesem Abschnitt ist der Querschnitt ebenfalls sehr eng. Die hydraulische Überprüfung des OW-Kanals hat gezeigt, dass die Reibungsverluste mit einer Ausbauwassermenge um $16 \text{ m}^3/\text{s}$ relativ gross sind. Aus diesem Grund wird das mittlere Teilstück auf beiden Seiten komplett mit seitlichen Ufermauern versehen. Die Querschnitt wird wie im oberen bzw. unteren Abschnitt rechteckig ausgebildet.

Die undichten Schützen im Kanal müssen saniert werden. Die beiden Spülschützen (Falle 1 und 3) und die grosse Tafelgleitschütze (Falle 2) werden gereinigt und mit einem neuen Korrosionsschutz versehen. Die Führungen, die Sohlen und die Antriebe werden revidiert.

4 BAUPROGRAMM

4.1 Maschinenhaus

Der Umbau der Anlage besteht grundsätzlich aus folgenden Phasen :

- Baustellenerschliessung und Werkleitungsverlegungen
- Erstellen eines kompletten, wasserseitigen Baugrubenabschlusses (Spundwände)
- Abbruch des bestehenden Maschinenhauses (inklusive Maschinengruppen) mit Ausnahme der Eingangshalle
- Vertiefung der Baugrube; Aushub im Fels
- Neuaufbau des Maschinenhauses mit Einbau der Maschinengruppe
- Anpassungsarbeiten an den Oberwasserkanal mit neuem Turbineneinlauf, Rechen, Rechenreinigungsmaschine, Geschwemmselbeseitigung, Rechenboden, Spülschütze bzw. Hochwasserentlastung vor Einlauf
- Fertigstellungsarbeiten, Sanierung des Vorplatzes

Die Erschliessung des Maschinenhauses erfolgt über die bestehende Zufahrt von der Strassenverbindung „Bazenheid – Unterrindal“. Vor dem Maschinenhaus befindet sich ein Vorplatz auf der linken Seite des OW-Kanals (Beilage 1). Dieser Platz kann für Baustelleninstallation einschliesslich Kran benützt werden. Falls der Vorplatz nicht ausreicht, können entlang der Zufahrtsstrasse weitere Installationseinrichtungen platziert werden.

Ein Zugang zum Maschinenhaus, zu den Steuerschränken und zum mobilen Notstromaggregat sollte für das Betriebspersonal der ENERGIE AG Kirchberg offengehalten werden. Im Bauprojekt sollte dieser Punkt mit dem Bauherr noch definiert werden.

Betreffend Werkleitungen sind gemäss vorhandenen Plänen nur die Steuerkabel für die Regulierung des Wehres, die zwischen dem OW-Kanal und der Restwasserstrecke verlaufen, temporär umzuleiten. Die Leitungen werden vor dem Maschinenhaus auf die linke Seite des OW-Kanals verlegt und direkt in die Eingangshalle eingeleitet. Somit kann die Wehranlage auch während den Umbauten gesteuert werden. Die Zu- und Ableitungen des Kraftwerkes auf der Westseite des Maschinenhauses werden nicht tangiert, da dieser Bauteil (Eingangshalle) bestehen bleibt.

Der Baugrubenabschluss ist mit Spundwänden vorgesehen. Die Höhe des Baugrubenabschlusses ist im nächsten Projektierungsschritt zu definieren, da Daten wie Wasserspiegellagen bei Hochwasser, Topographie und Geologie noch nicht vorliegen. Anhand der geschätzten Wasserspiegel im Unterwasser kann der Abschluss

bis etwa auf die Höhe von 539.00 m ü.M. zu liegen kommen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Thur eine relativ stark variierende Wasserführung hat und Hochwasserspitzen fast alle Monate auftreten können.

Der Umbau des Maschinenhauses kann in rund einem Jahr ausgeführt werden. Der Betriebsausfall beträgt etwa 10 Monate.

Der Zeitpunkt des Baubeginns spielt nicht eine wesentliche Rolle, da es keine ausgeprägte Nieder- oder Hochwasserperioden gibt. Anhand der Abflussverteilungen der letzten Jahre ist der Spätsommer ein guter Zeitpunkt, da im Winter kleinere Monatsmittel als im Sommer zu erwarten sind.

4.2 Sanierung Wehr, Fassung und OW-Kanal

Diese Sanierungsarbeiten beim Wehr und im OW-Kanal können unabhängig von den Umbauten beim Maschinenhaus erfolgen und habe eine kurze Ausführungszeit (3 Monate).

Die Erstellung des Spülkanals vor der Fassung erfordert einen grösseren Aufwand mit einem kleinen Baugrubenabschluss (z.B. mit Spundwänden). Die Arbeiten dauern rund 2 Monate.

Damit kein zusätzlicher Betriebsausfall anfällt, sind die Arbeiten während des Umbaus zu realisieren. Wie beim Baugrubenabschluss des Maschinenhauses sollte man beachten, dass die Thur sehr unregelmässige Abflüsse führt und dass die Arbeiten besser bei Niederwasser ausgeführt werden können.

5 ANLAGEKOSTEN

5.1 Baukosten

Für die Berechnung der Baukosten wurde folgenden Annahmen getroffen :

- Eingeschlossen in den Kosten sind neben dem Umbau des Maschinenhauses auch die Sanierung der restlichen Anlagen (OW-Kanal, Fassung und Wehr).
- Alle Preise sind exklusiv Mehrwertsteuer bzw. Teuerung und basieren auf dem Preisniveau von 2001.
- Die Kosten für die elektrischen Arbeiten sind von der ENERGIE AG Kirchberg erstellt worden.
- Für die Baukosten (Baumeisterarbeiten, elektromechanischer Teil und Stahlwasserbau) sind Unvorhergesehenes und Regie eingerechnet.

5.2 Allgemeine Kosten

In den allgemeinen Kosten sind folgende Punkte eingeschlossen :

- Ingenieurleistungen für Bauprojekt, Ausführung und Garantie
- Honorare für Spezialisten wie Geologe, Architekt etc. (abgeschätzt)
- Topographische Aufnahmen (abgeschätzt)
- Konzession und Bewilligungsverfahren (abgeschätzt)
- Bauzinsen für ein Jahr Bauzeit, Zinssatz 4% (Verzinsung von 6 Monaten)
- Energieausfall während der Bauzeit, rund 10 Monate

5.3 Anlagekosten

Die Summen der Baukosten und den allgemeinen Kosten ergeben die Anlagekosten von etwa 4.3 Mio. Fr (exkl. MwSt.).

6 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

6.1 Jahreskosten

Für die Berechnung der Jahreskosten wurden folgenden Annahmen getroffen:

- Kapitaldienst : 1. Zinsen : Zinssatz $i = 4,0\%$
2. Amortisation : Zinssatz $i = 4,0 \%$
Periode $n = 25$ Jahre
- Betrieb und Unterhalt : Anhand der effektiven Betriebs- und Unterhaltskosten der Jahren 1992 –1996 (Daten von ENERGIE AG) wurde ein Mittelwert bestimmt.
- Wasserrechtabgabe : Gemäss Entwurf der Verleihung des Wasserrechtes entfällt der Wasserzins; es bleibt die Katastergebühr von 1'000 Fr. pro Jahr.
- Versicherungen, Steuer, Verwaltung usw. : ca. 0.5% der Anlagekosten.

6.2 Energiegestehungskosten

Die Bestimmung des Gestehungspreises der Jahresenergie wurde nach der Annuitätsmethode mit folgender Formel durchgeführt :

$$\text{Gestehungspreis der Jahresenergie [Rp./kWh]} : \frac{100 \times \text{Jahreskosten [Fr.]}}{\text{Jahresproduktion [kWh]}}$$

Die mittlere jährliche Jahresproduktion wurde auf der Basis der Abflüsse der Periode 1966 – 1994, abzüglich der Restwassermenge von 1'000 l/s (Beilagen 7 und 8), berechnet.

Bei der Berechnung der mittleren jährlichen Jahresproduktion ist zu beachten, dass die Gesamtwirkungsgrade anhand von Erfahrungswerten und Angaben des Turbinenlieferanten bestimmt worden sind. Diese Wirkungsgrade variieren sehr stark (bis zu 5%) gemäss Turbinentyp und – Lieferant. Bei unseren Berechnungen liegt der optimale Gesamtwirkungsgrad bei 88%.

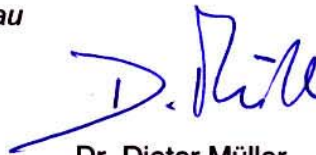
Die totalen Jahreskosten belaufen sich mit den oben erwähnten Annahmen auf etwa 350'000.- Fr. Der Gestehungspreis für den Ausbau beträgt somit etwa 9.8 Rp/kWh.

Baden, den 11. Februar 2002

Colenco Power Engineering AG
Wasserkraftanlagen und Wasserbau

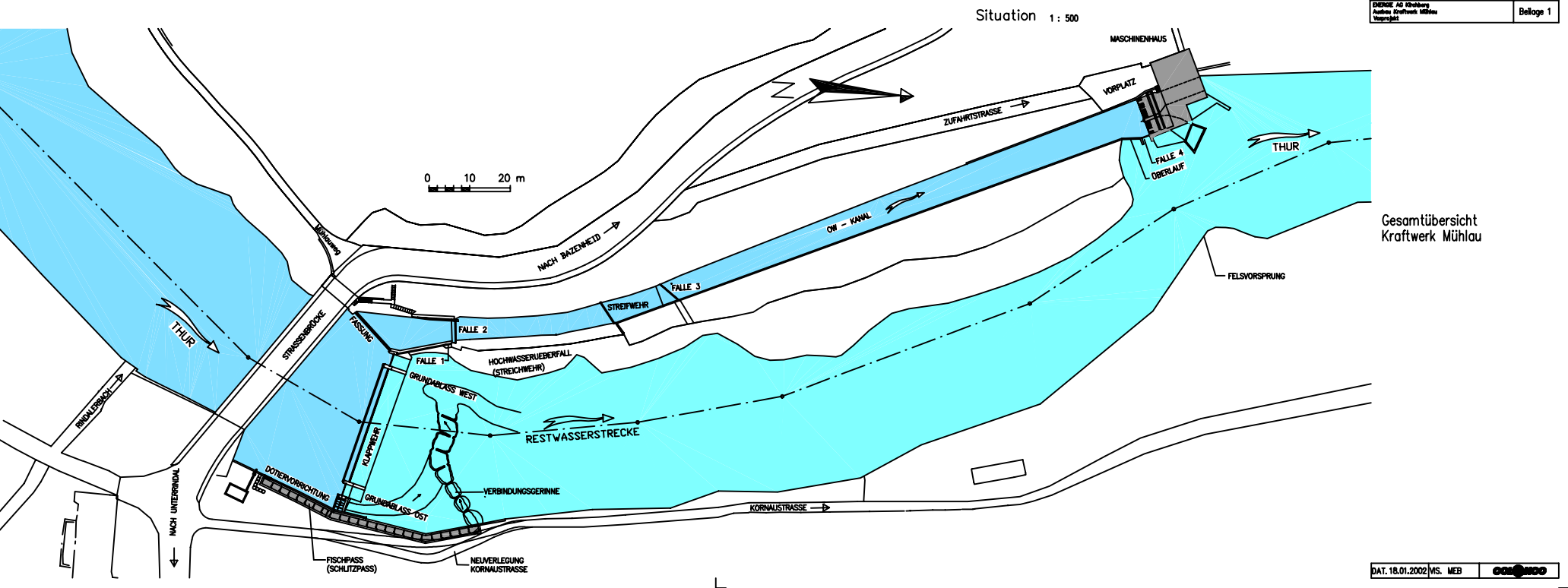


Felix Hansmann
Projektleiter



Dr. Dieter Müller
Leiter Geschäftsbereich Wasserbau

BEILAGEN

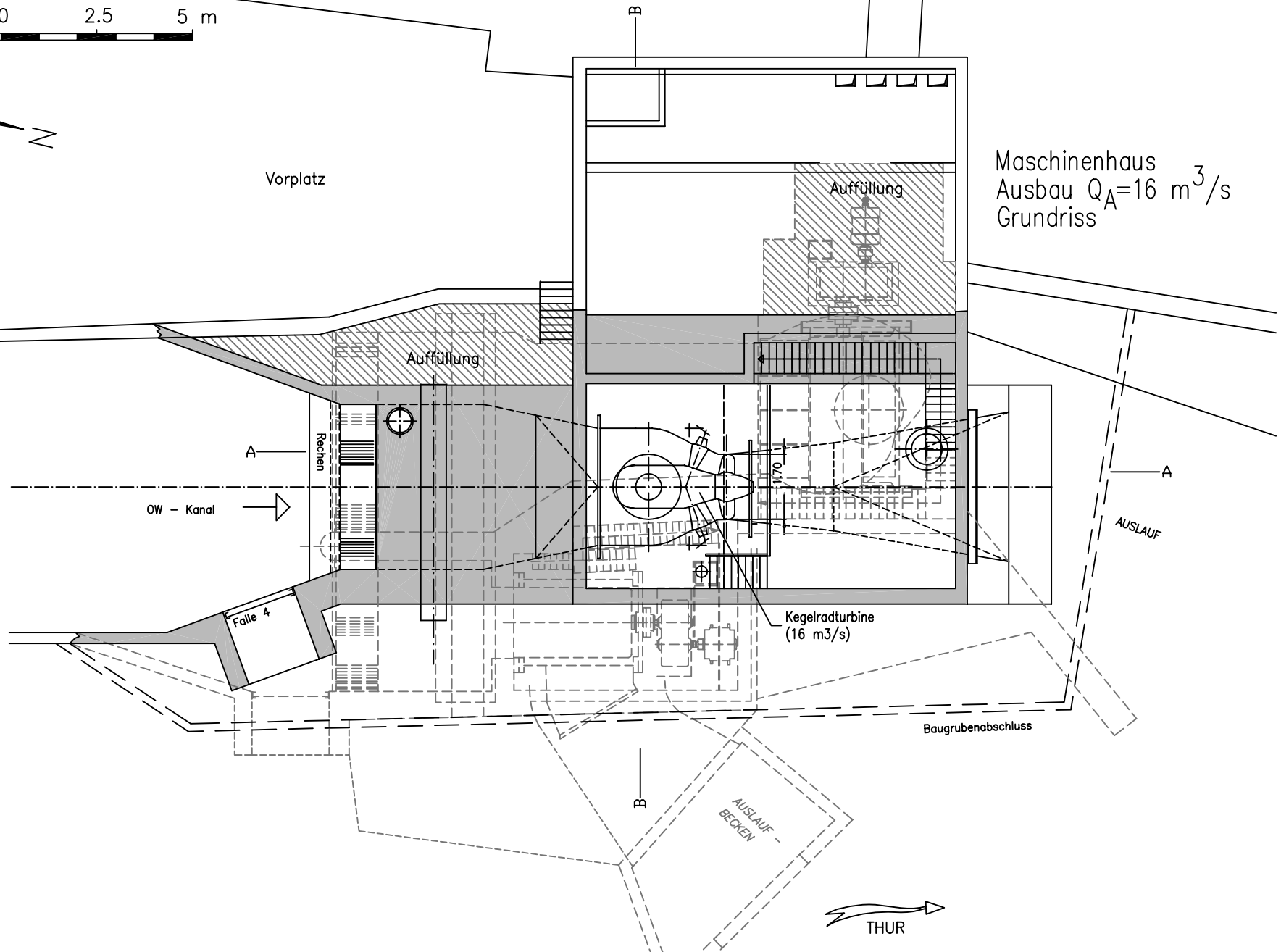


Zufahrt

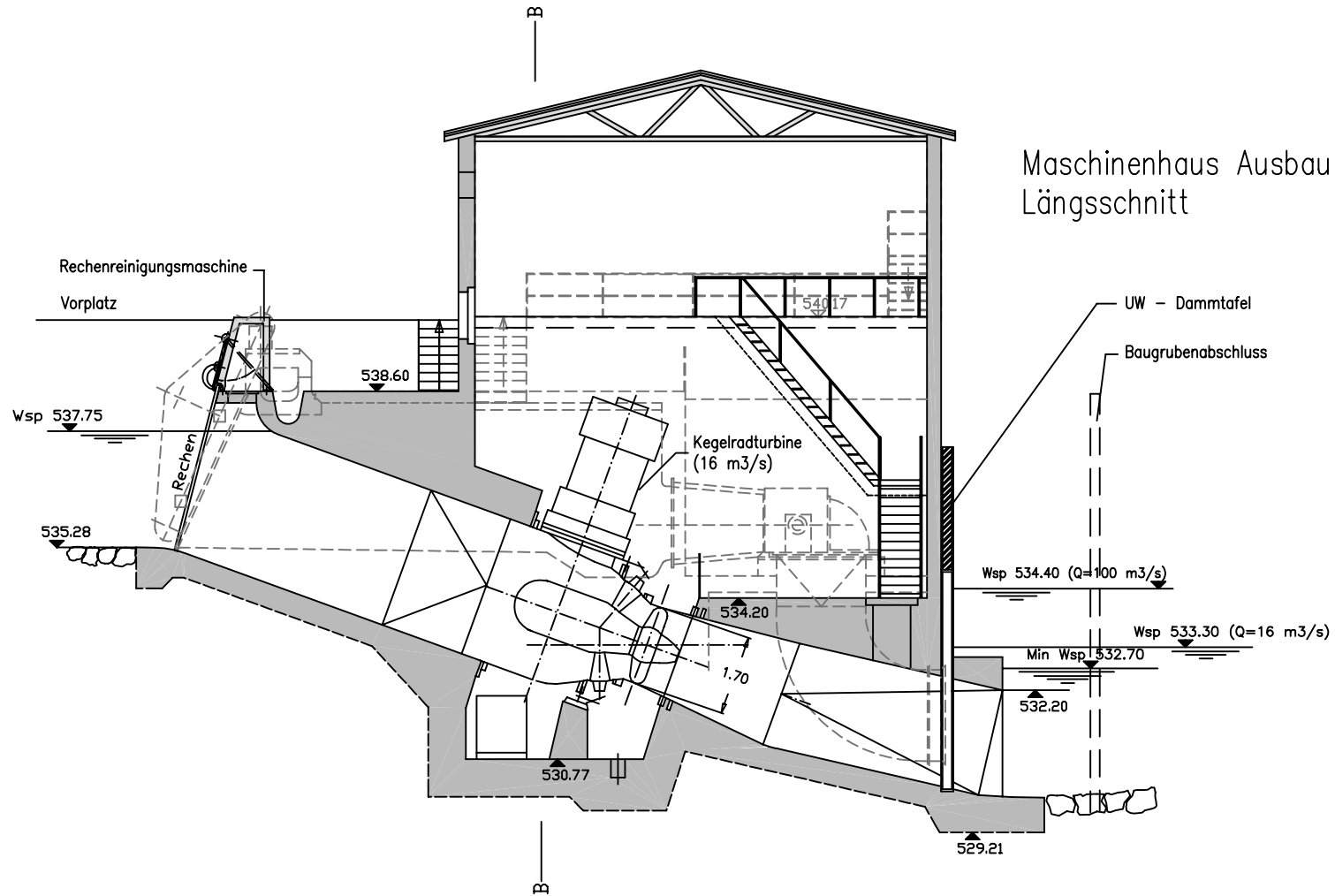
0 2.5 5 m

Vorplatz

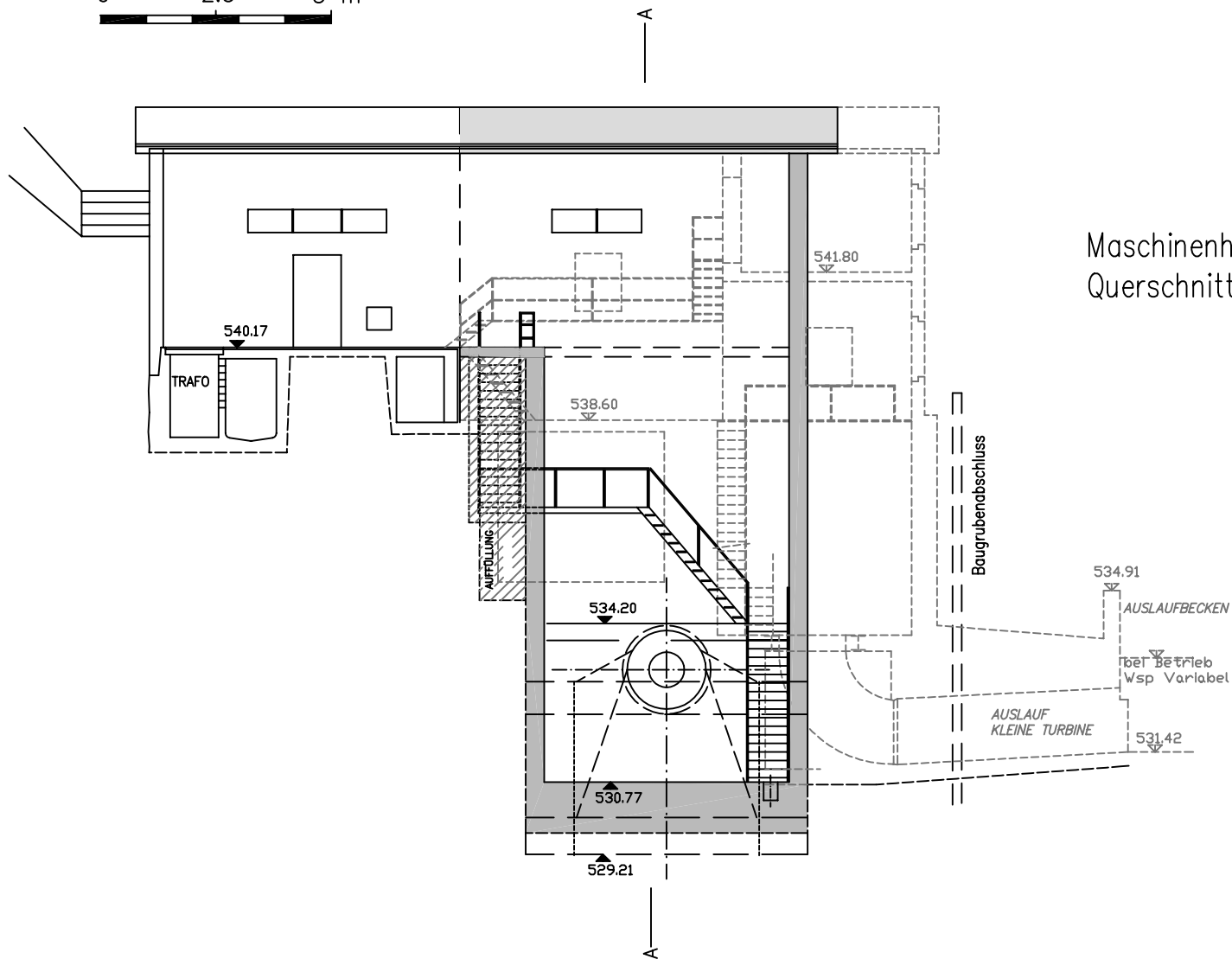
Maschinenhaus
Ausbau $Q_A = 16 \text{ m}^3/\text{s}$
Grundriss



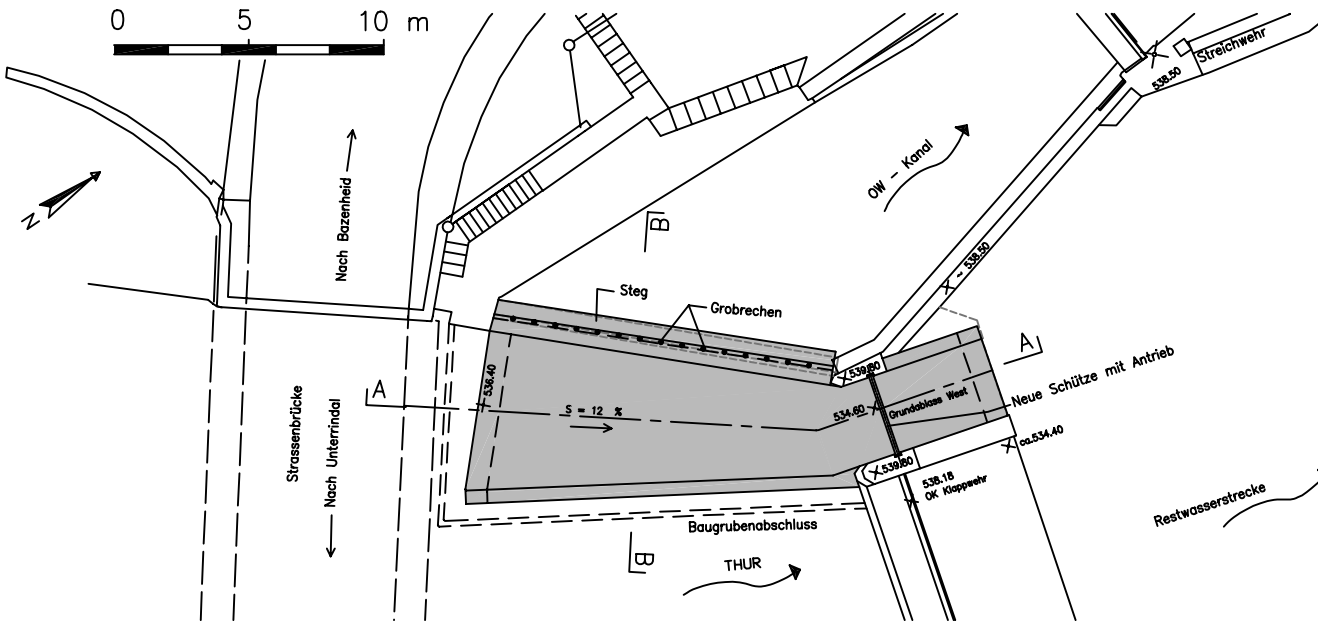
0 2.5 5 m



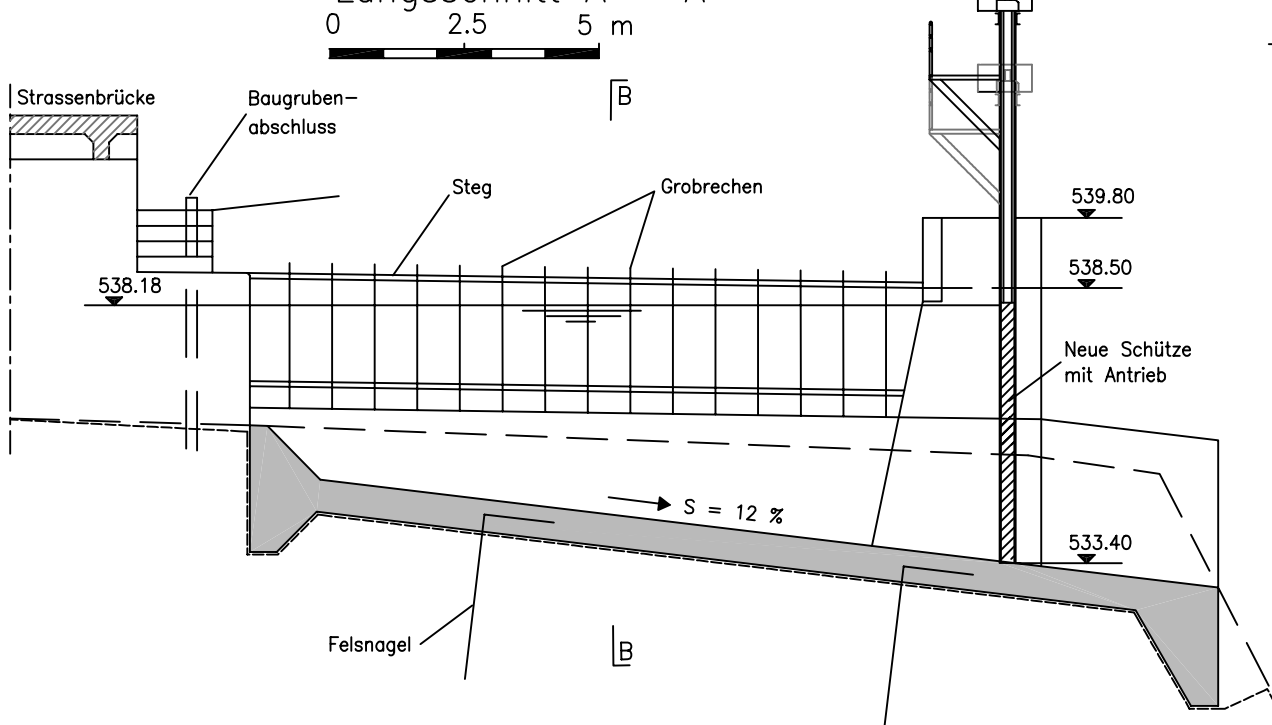
Maschinenhaus Ausbau $Q_A=16 \text{ m}^3/\text{s}$
Längsschnitt



Situation Fassung

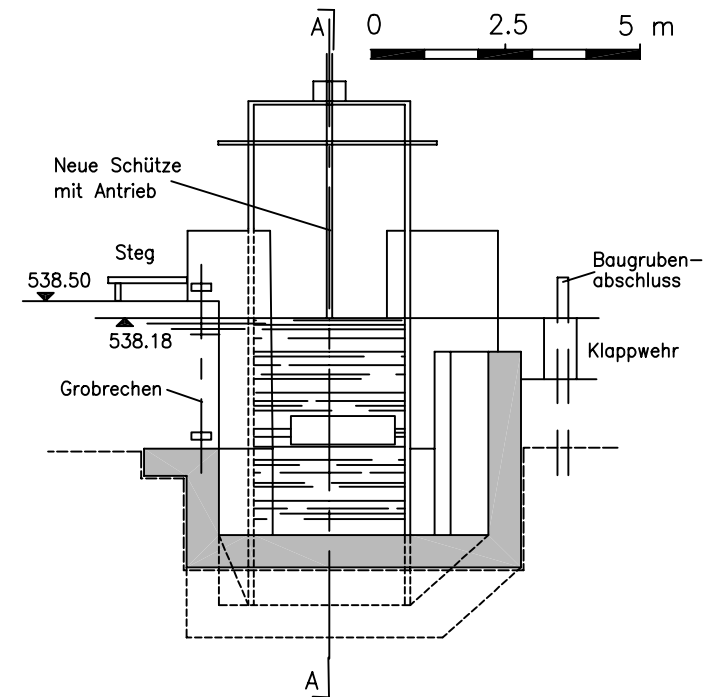


Längsschnitt A - A



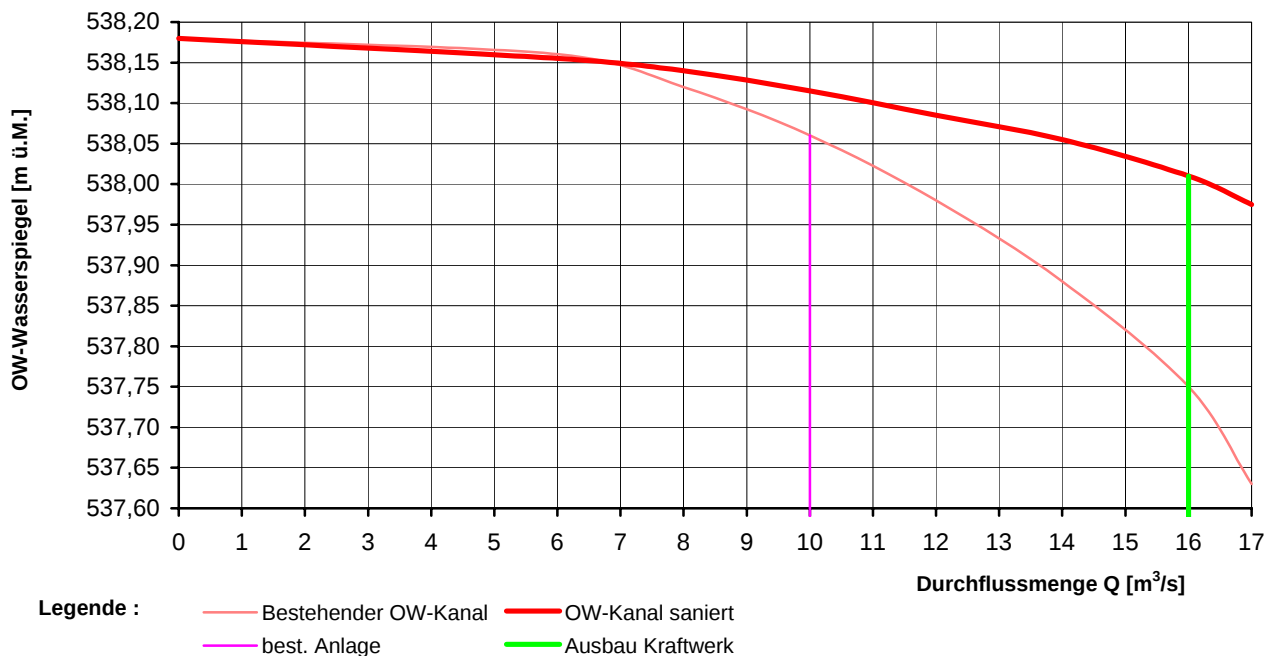
Sanierung Fassung mit Spülkanal Grundriss u. Schnitte

Schnitt B - B

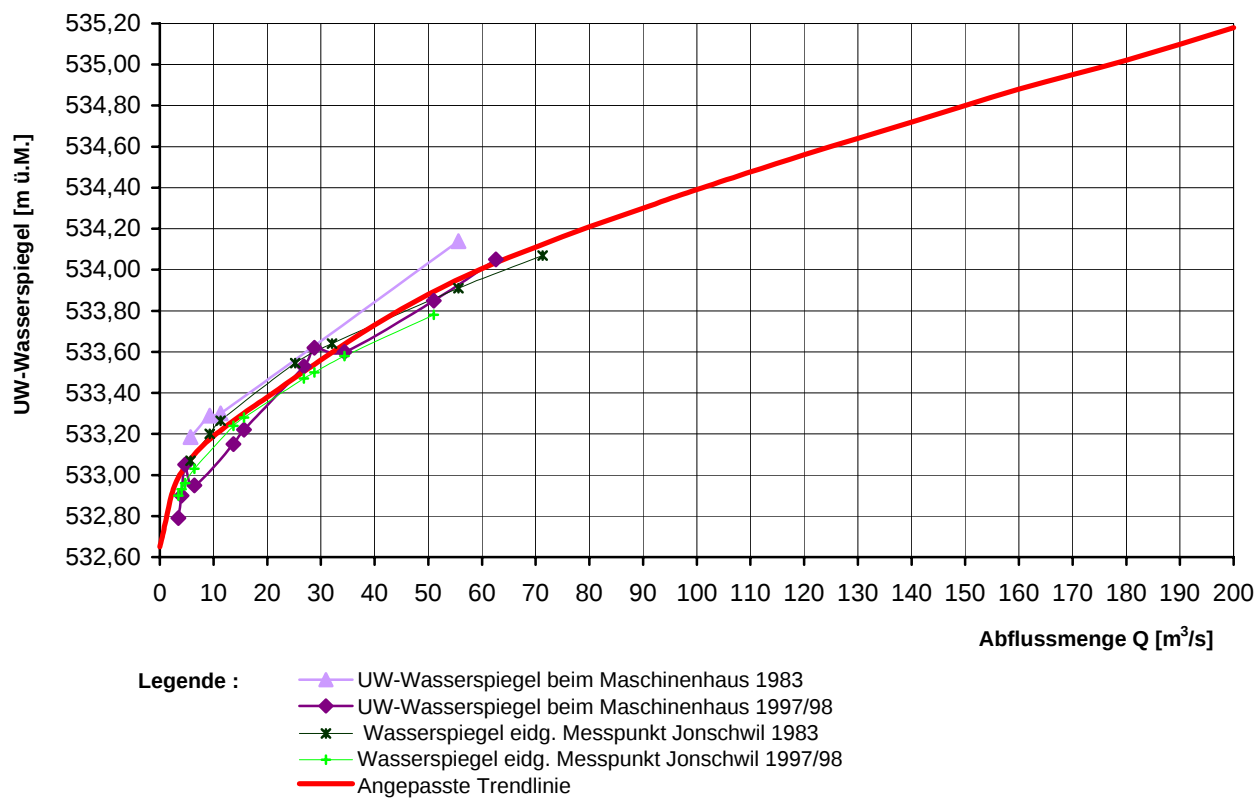


OW- bzw. UW- Wasserspiegel beim Maschinenhaus

OW - Wasserspiegel beim Turbineneinlauf



UW - Wasserspiegel beim Turbinenauslauf



P:\2931_ew\Vorprojekt Ausbau\WSP_Dauerkurve_Energie.xls\Abflussmes

Mittlere jährliche Energieproduktion

Bestehende Maschinengruppen

"Dotierwassermenge" = "Undichte Schützen" : 0,50 m³/s
Verluste des Einlaufes, des Rechen und dem Auslauf : Δ = 5 cm
Ausbauwassermenge Maschinengruppe 1 : Q_A = 2,60 m³/s
Ausbauwassermenge Maschinengruppe 2 : Q_A = 7,20 m³/s

Neue Maschinengruppe (Kegelradturbine)

Restwassermenge = Wasser für Fischpass + Dotierwasser : Q_R = 1,00 m³/s
Allgemeine Reibungs- und Formverluste im Einlauf und Auslauf : Δ = 4 cm
Ausbauwassermenge : Q_A = 16,00 m³/s

Dauer der Ablüsse (erreicht oder überschritten) Periode 1966-1999 [m ³ /s]			Einlauf- höhe	Auslauf- höhe	Brutto- fall- höhe H_B	Netto-fall- höhe H_N	Wirk- ungs- grad μ	Leistung P_1	Leistung P_2	Energie- produktion total E_{tot}
Tag	Q_{brutto}	Q_{netto}	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m]	[m]	[-]	[kW]	[kW]	[kW*Tag]
1	175,00	174,50	538,06	534,95	3,11	3,06	0,590	128	46	174
3	127,00	126,50	538,06	534,60	3,46	3,41	0,590	142	51	367
6	99,90	99,40	538,06	534,38	3,68	3,63	0,590	151	55	599
9	86,10	85,60	538,06	534,27	3,79	3,74	0,600	158	57	632
18	63,10	62,60	538,06	534,05	4,01	3,96	0,608	170	61	2013
36	45,80	45,30	538,06	533,81	4,25	4,20	0,620	184	66	4337
55	35,90	35,40	538,06	533,66	4,40	4,35	0,640	197	71	4921
73	30,40	29,90	538,06	533,55	4,51	4,46	0,641	202	73	4881
91	26,20	25,70	538,06	533,49	4,57	4,52	0,642	205	74	4981
114	21,70	21,20	538,06	533,40	4,66	4,61	0,649	211	76	6514
137	18,30	17,80	538,06	533,32	4,74	4,69	0,657	218	79	6714
160	15,70	15,20	538,06	533,28	4,78	4,73	0,665	222	80	6884
182	13,50	13,00	538,06	533,23	4,83	4,78	0,655	221	80	6639
205	11,50	11,00	538,06	533,19	4,87	4,82	0,646	220	79	6906
228	9,87	9,37	538,08	533,18	4,90	4,85	0,637	218	66	6708
251	8,44	7,94	538,12	533,14	4,98	4,93	0,628	219	22	6039
274	7,07	6,57	538,16	533,09	5,06	5,01	0,619	200	0	5074
292	5,99	5,49	538,16	533,06	5,10	5,05	0,615	167	0	3306
310	5,06	4,56	538,17	533,02	5,14	5,09	0,610	139	0	2757
329	4,05	3,55	538,17	532,98	5,19	5,14	0,610	109	0	2358
347	3,11	2,61	538,17	532,92	5,25	5,20	0,610	81	0	1714
356	2,61	2,11	538,18	532,88	5,29	5,24	0,610	66	0	663
362	2,00	1,50	538,18	532,75	5,43	5,38	0,600	48	0	341
365	1,28	0,78	538,18	532,65	5,53	5,48	0,600	25	0	109

min. Höhe : 3,06 max.P : 222 80 85632

max. Höhe : 5,48

Total bestehende Anlagen [Mio kWh] : **2,06**

Q_{netto}	Einlauf- höhe	Auslauf- höhe	H_B	H_N	Wirk- ungs- grad μ	Leistung P	Energie- produktion
[m ³ /s]	[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m]	[m]	[-]	[kW]	[kW * Tag]
174,00	538,01	534,95	3,06	3,02	0,845	401	401
126,00	538,01	534,60	3,41	3,37	0,845	447	848
98,90	538,01	534,38	3,63	3,59	0,845	476	1385
85,10	538,01	534,27	3,74	3,70	0,845	491	1450
62,10	538,01	534,05	3,96	3,92	0,845	520	4548
44,80	538,01	533,81	4,20	4,16	0,845	552	9645
34,90	538,01	533,66	4,35	4,31	0,843	570	10659
29,40	538,01	533,55	4,46	4,42	0,860	597	10502
25,20	538,01	533,49	4,52	4,48	0,868	610	10863
20,70	538,01	533,40	4,61	4,57	0,870	624	14196
17,30	538,01	533,32	4,69	4,65	0,873	637	14504
14,70	538,04	533,28	4,76	4,72	0,880	599	14216
12,50	538,08	533,23	4,85	4,81	0,875	516	12266
10,50	538,11	533,19	4,91	4,87	0,868	436	10948
8,87	538,13	533,18	4,95	4,91	0,863	369	9253
7,44	538,14	533,14	5,00	4,96	0,856	310	7804
6,07	538,16	533,09	5,06	5,02	0,842	252	6461
4,99	538,16	533,06	5,10	5,06	0,821	203	4098
4,06	538,17	533,02	5,14	5,10	0,800	163	3294
3,05	538,17	532,98	5,19	5,15	0,743	114	2633
2,11	538,17	532,92	5,25	5,21	0,678	73	1688
1,61	538,18	532,88	5,30	5,26	0,605	50	555
1,00	538,18	532,75	5,43	5,39	0,555	29	239
0,28	538,18	532,65	5,53	5,49	0,510	8	56

min. Höhe : 3,02 max.P : 637 152510

max. Höhe : 5,49

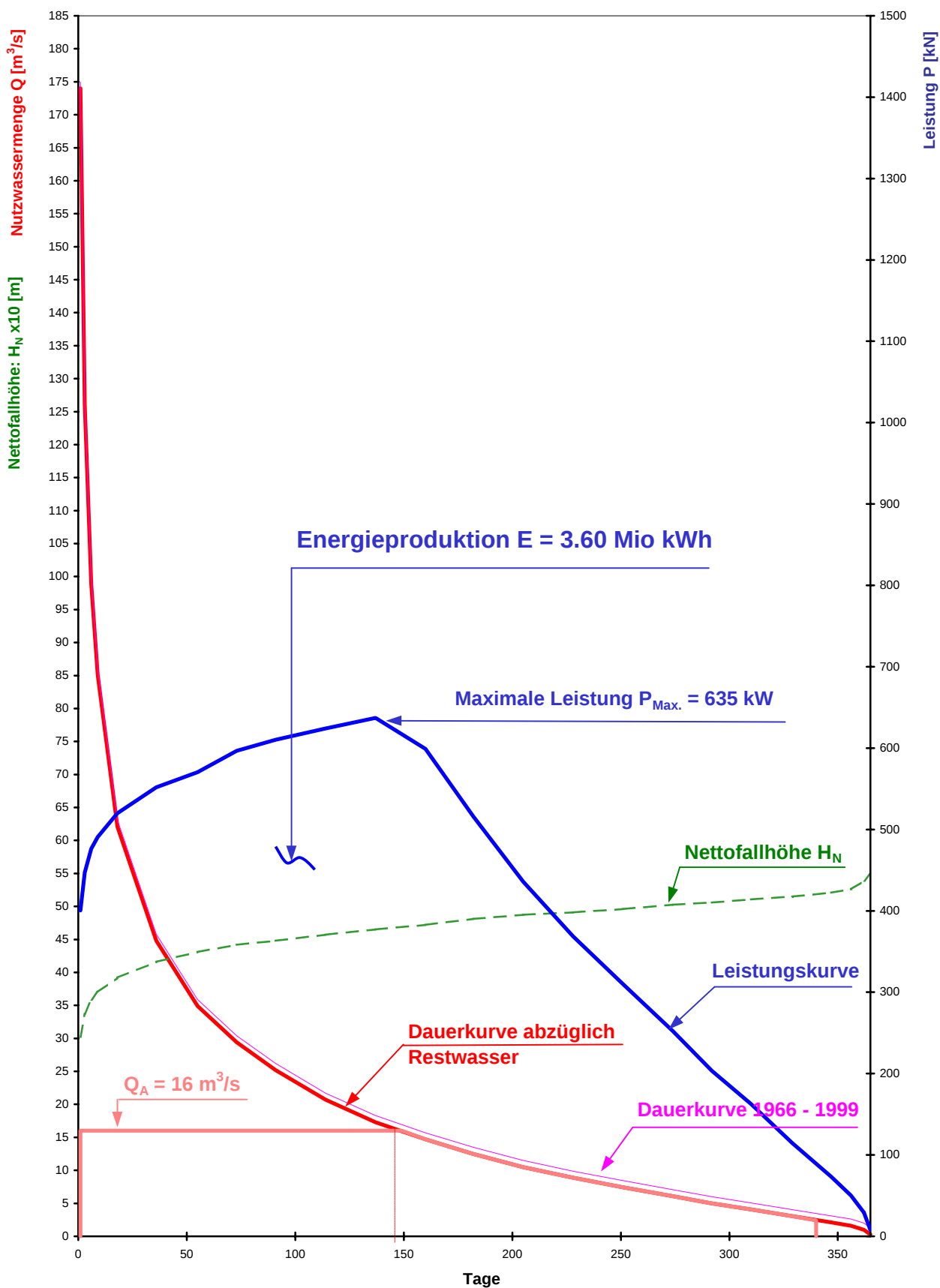
Neue Maschinengruppe [Mio. kWh]: **3,66**

Abzüglich Ausserbetriebsetzung der Anlage (7 Tage/ Jahr = 2% der Energieproduktion) :

Mittlere jährliche Energieproduktion, netto [Mio. kWh] : **2,00**

3,60

Energieproduktion - Dauerkurve und Leistungsdiagramm für neue Maschinengruppe ($Q_a = 16 \text{ m}^3/\text{s}$)



ANHANG

"Vorprojekt Ausbau
Wasserkraftwerk Mühlau -
Gewässer- und fischökologische
Auswirkungen",
BGF, Heinz Marrer



ENERGIE AG
Kirchberg SG

Vorprojekt Ausbau Wasserkraftwerk Mühlau

Gewässer- und fischökologische Auswirkungen

Februar 2002



Büro für Gewässer- und Fischereifragen AG
CH-4500 Solothurn, Wassergasse 17A, Telefon 032 622 99 07, Fax 032 622 29 85

1 Einleitung

1.1 Auflage und Zielsetzung

Seit 1965 nutzen die ENERGIE AG Kirchberg die Wasserkraft der Thur zwischen Bazenheid und Unterrindal in einem noch aus dem letzten Jahrhundert stammenden Kraftwerk, das seither immer wieder saniert und erneuert wurde. Das Wasser wird von der Wehranlage über einen Oberwasserkanal dem Maschinenhaus zugeleitet (Kanalkraftwerk), wodurch in der Thur eine rund 230 m lange Ausleitungsstrecke entstand. Nach geltender Wasserrechtsverleihung vom 20. Mai 1999 dürfen maximal 10 m³/s verarbeitet werden, wobei die mittlere nutzbare Wassermenge 8.0 m³/s beträgt (1966-99). Die beiden Durchströmturbinen haben zusammen ein Schluckvermögen von 9.8 m³/s. Die grössere der beiden Turbinen nähert sich dem Ende ihrer technischen Lebensdauer und muss in den nächsten Jahren ersetzt werden.

Der Kraftwerksbetreiber ist verpflichtet, jederzeit eine Wassermenge von mindestens 900 l/s zur Dotation der Restwasserstrecke abzugeben. Minimal 300 l/s dieser Menge müssen über einen Fischaufstieg abfliessen. Der Fischpass befindet sich gegenwärtig im Bau. Gleichzeitig werden die technischen Voraussetzungen zur Abgabe der Restdotation über das Wehr geschaffen (Ueberlaufsektion).

1.2 Ausbaurahmen

Das Vorprojekt für die Sanierung und den Ausbau des Kraftwerkes Mühlau schlägt aufgrund eines Variantenstudiums (COLENCO, 1998) eine Erhöhung der Ausbauwassermenge auf ca. 16 m³/s und den Ersatz der beiden alten Turbinen durch eine Kegelradturbine vor (Variante A). Die Begrenzung der maximalen Nutzwassermenge ergibt sich aus der Zuflusskapazität des Oberwasserkanals, die durch bauliche Anpassungen zur Verminderung der Reibungsverluste gegenüber heute auf die genannte Durchflussmenge gesteigert werden kann. Dadurch erhöht sich unter Berücksichtigung der zu erwartenden Dotierauflage (s. Kap. 2.1) der Ausbaugrad des Kraftwerkes von heute 216 auf künftig 149 Tage pro Jahr (LHG, 1999; Thur - Jonschwil, Mühlau, 1966-99), was immer noch unter der üblichen Ausnützungsziffer von Kleinwasserkraftwerken liegt. Die mittlere nutzbare Wassermenge beträgt nach dem Ausbau 11.0 m³/s, also 3 m³/s mehr als bisher.



2 Gewässer- und fischökologische Auswirkungen

2.1 Mindestrestwassermenge

Nach Artikel 31 Absatz 1 des Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG) ist das numerische Restwasserminimum aus der Abflussmenge Q_{347} zu bestimmen. Als solche gilt jene Abflussmenge, die, gemittelt über zehn Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist (Art. 4 GSchG). Der Dekadenmittelwert für Q_{347} muss gemäss dieser Definition einer abszissengemittelten Dauerkurve entnommen werden (ASCHWANDEN, 1992). Diese entsteht durch die Klassierung der Tagesmittelwerte über die betrachtete zehnjährige Periode. Dabei entspricht die massgebende Abflussmenge Q_{347} dem Ordinatenwert bei einer Ueberschreitungsdauer von 3470 Tagen. An 180 Tagen war der Abfluss kleiner. Diese Art der Bestimmung bringt es mit sich, dass trockene Jahre stärker zum Dekadenmittelwert für Q_{347} beitragen als nasse. Gerade in Zeiten mit grösseren Abweichungen vom langjährigen Mittel, wie wir sie seit einigen Jahren erleben, ist es sinnvoll, die Beobachtungsperiode auch dann einzugrenzen, wenn Abflussdaten über einen wesentlich längeren Zeitraum als zehn Jahre verfügbar sind. Im vorliegenden Fall handelt es sich um die Dekade 1990-99 der eidg. hydrometrischen Station Thur - Jonschwil, Mühlau (LHG, 1990-99; s. Abb. 1).

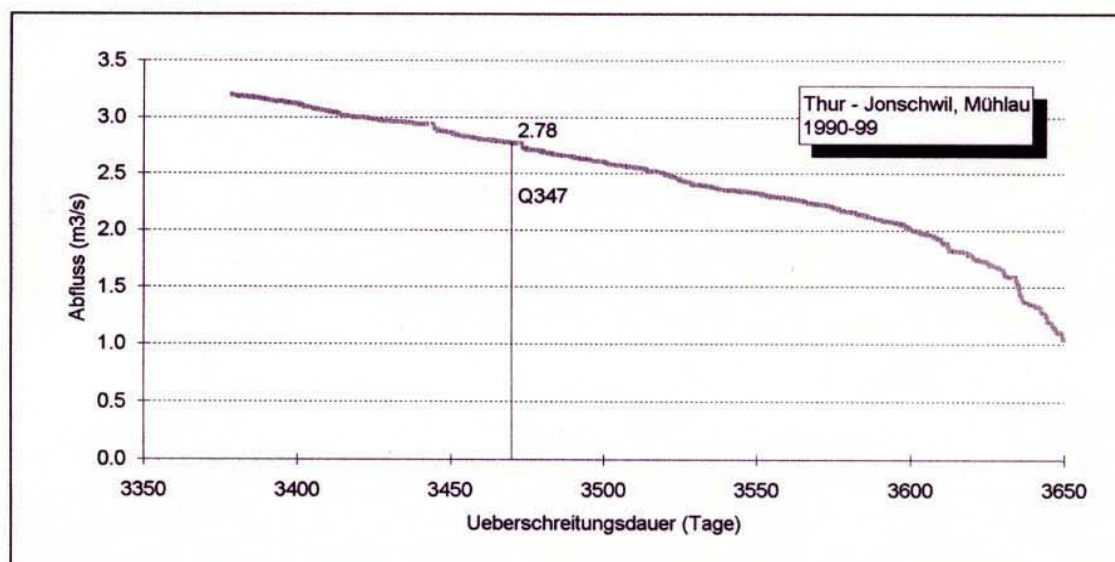


Abb. 1 Abszissengemittelte Dauerkurve der Niederwasserabflüsse der Periode 1990-99 für die Station Thur - Jonschwil, Mühlau mit Bezeichnung des Dekadenmittelwertes für Q_{347}



Die hydrometrische Station liegt rund 130 m unterhalb des Maschinenhauses. Auf dem Flussabschnitt bis zur Fassung verstärken mit Ausnahme bescheidener Hangwassermengen keine Zuflüsse die Wasserführung der Thur. Auch sind keine relevanten Versickerungen anzunehmen, so dass die in Abbildung 1 bestimmte Abflussmenge Q_{347} von $2.78 \text{ m}^3/\text{s}$ auch für den Fassungsquerschnitt massgebend ist. Daraus errechnet sich nach Artikel 31 Absatz 1 GSchG eine Mindestrestwassermenge von $0.96 \text{ m}^3/\text{s}$. Dieser Wert ist demnach 60 l/s (6.7 %) höher als die geltende Auflage von 900 l/s .

Reicht aus Gründen ungenügender Wasserqualität (aufgrund von Abwassereinleitungen), der Alimentation wichtiger Grundwasservorkommen, des Schutzes seltener Lebensräume und -gemeinschaften oder zur Sicherstellung der freien Fischwanderung die nach Absatz 1 berechnete Restwassermenge nicht aus, dann ist sie gestützt auf Absatz 2 (Art. 31 GSchG) zu erhöhen. Vor einer derartigen Entscheidung sind aber auch die öffentlichen und wirtschaftlichen Interessen für die Wasserentnahme in Erwägung zu ziehen und die Gewässerschutzanliegen um jene des Landschafts- und Naturschutzes sowie der Fischerei und Landwirtschaft (Bewässerung) zu erweitern (Art. 33 Abs. 2 und 3 GSchG). Erst dann, d.h. nach Abwägung der verschiedenen Interessen, entscheidet die zuständige Behörde über eine allfällige Erhöhung der Mindestwassermenge und deren Ausmass (Art. 33 Abs. 1 GSchG).

Die Restwasserstrecke liegt fast vollständig im felsigen Flussabschnitt mit dem tief eingeschnittenen Talweg-Graben. Sie ist morphologisch durch zwei Querprofile aus dem Jahre 1994 dokumentiert. Das erste Profil (Fluss-km 19.895) liegt rund 35 m und das zweite (Fluss-km 19.800) ca. 130 m unterhalb des Wehrs (BWW, 1994). Aus dem Längenprofil kann zudem entnommen werden, dass der Wehrkolk mindestens 2 m tiefer ist und bei Niederwasser (Mindestdotations ca. $1 \text{ m}^3/\text{s}$, entspr. Wasserspiegellage von 533.10 m ü.M.) eine Ueberstauhöhe von etwa 5.5 m aufweist. Für die beiden Profile lassen sich mittlere Fliessgeschwindigkeiten um 0.1 m/s für den minimalen Restwasserabfluss errechnen. Dies zeigt, dass sich mit der Dotations die Strömung nicht in einem ökologisch relevanten Ausmass beeinflussen lässt. Weil sich zudem der Wasserspiegel je m^3 Abflusszunahme um lediglich etwa 4 cm erhöht und die Böschungen steil sind, bleiben Dotationsverstärkungen auch hinsichtlich der benetzten Breiten ohne erkennbare Auswirkungen. Abflussabhängige Temperaturveränderungen sind wegen der grossen Wassertiefe selbst im Hochsommer nicht zu erwarten und die Ansprüche von strömungsliebenden Wasserwirbellosen an die sohlennahe Mindestfliessgeschwindigkeit sind mit einem Dotierregime vernünftigerweise nicht einhaltbar bzw. werden auch bei ungeschmälertem Abfluss meist unterschritten.

Die Restwasserstrecke ist deshalb gegenüber der Wasserableitung aus der Sicht der Gewässer- und Fischökologie, aber auch des Landschafts- und Naturschutzes, relativ unempfindlich, so dass sich in einer ersten Beurteilung keine zwingenden Ansprüche an eine



Dotierwasserabgabe rechtfertigen lassen, die über das Minimum gemäss Artikel 31 Absatz 1 GSchG hinausgehen.

Mit der um rund 6 m³/s erhöhten Ausbauwassermenge verlängert sich zwangsläufig die Dauer des minimalen Restwasserabflusses, bezogen auf die Periode 1966-99 von 149 auf 216 Tage, also um durchschnittlich 67 Tage pro Jahr (s. Abb. 2). Sie wird sich deshalb künftig verstärkt auf die Monate August/September und eingeschränkt auch auf März und Juli ausdehnen. Dies dürfte in dieser Zeit die Fischwanderung etwas verzögern, indem sich die aufsteigenden Fische vorerst nach dem deutlich akzentuierten Turbinenausfluss orientieren werden, bevor sie weiter Richtung Wehr ziehen, wo ihnen der noch zu erstellende Fischpass den Weg ins Oberwasser weist.

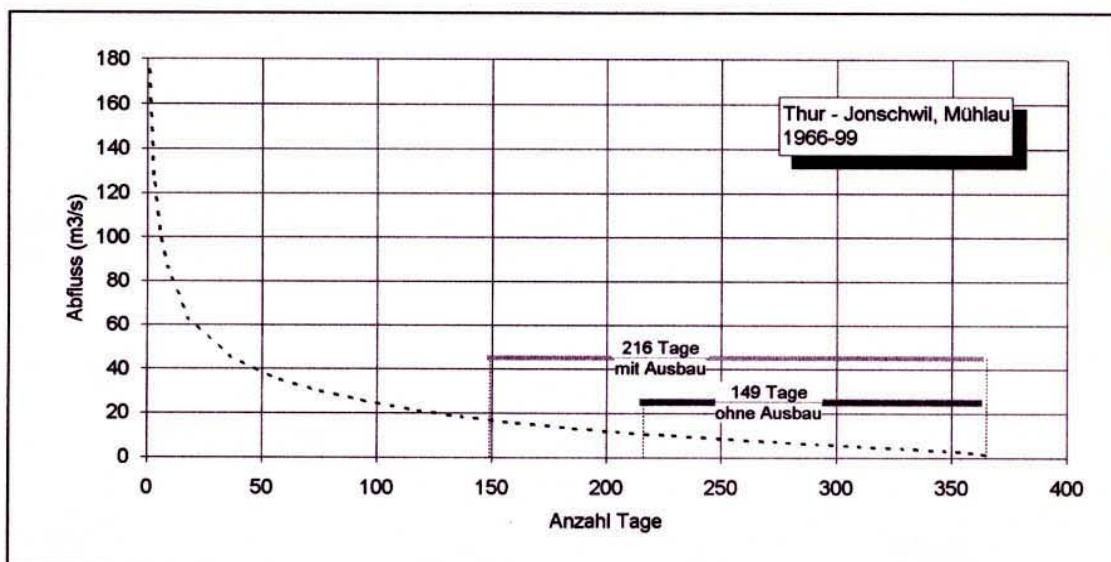


Abb. 2 Dauer der Mindestrestwasserführung mit und ohne Ausbau (Erhöhung der Ausbauwassermenge), ausgedrückt als Mittel der Periode 1966-99

Die Zusatzdotierung beim Wehr ist von 600 auf 660 l/s zu vergrössern, was durch eine entsprechende Ausweitung der Abflusssektion zwischen Grundablass Ost und rechter Ufermauer geschehen wird. Sollte zum Zeitpunkt der Erstellung des Fischpasses die Bewilligung zur Erhöhung der Ausbauwassermenge für das Kraftwerk noch nicht vorliegen, wird der Sektor gleichwohl auf das Sollmass dimensioniert und durch eine demontierbare Blende auf einen Minimaldurchfluss von 600 l/s eingengt. Das Verbindungsgerinne wurde im unteren



Abschnitt indessen bereits bei der Planung auf die Mindestdotations von 960 l/s ausgelegt (vgl. COLENCO/BGF, 2001).

2.2 Fischmortalität bei der Turbinenpassage

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fisch bestimmter Länge von einer Schaufel des Laufrades einer Turbine vom Kaplan-Typ getroffen wird und dabei möglicherweise tödliche Verletzungen erleidet, ist im wesentlichen eine Funktion des mittleren Flügelabstandes (MONTEN, 1995; LARINIER & DARTIQUELONGUE, 1989). Dies bedeutet, dass die Sterblichkeit von Fischen in erster Linie durch den Durchmesser des Turbinenrades und die Anzahl der Schaufeln bestimmt wird. Der vorgesehene Ersatz der beiden alten Turbinen durch eine grössere ähnlicher Bauart ist deshalb für die Fische grundsätzlich vorteilhaft. Dieser Pluspunkt wird aber durch die Verlängerung der Niederwasserzeit, während der den Fischen praktisch nur der Abstiegsweg über den Oberwasserkanal und die Turbine offen steht, teils wieder ausgeglichen. Weil die Spezifikationen der neuen Turbine heute noch nicht genügend genau bekannt sind, ist eine Abschätzung der künftig zu erwartenden Mortalitätsraten und damit ein Vergleich mit den aktuellen Verhältnissen nicht möglich. Es wird hier aber bereits die *Zielsetzung* formuliert, dass die *Fischmortalität bei der Turbinenpassage künftig gesamthaft nicht zunehmen darf*.

Solothurn, 4. Februar 2002

H. Marrer



Quellenverzeichnis

- Aschwanden H. (1992): Die Niedrigwasserabflussmenge Q347 - Bestimmung und Abschätzung in alpinen schweizerischen Einzugsgebieten. Mitt. Nr. 18 der Landeshydrologie und -geologie, 62 pp. + Anh.
- BGF, Büro für Gewässer- und Fischereifragen AG (1999): Wasserkraftwerk Mühlau - Ausbau- und Stilllegungsvarianten - Gewässer- und fischökologische Auswirkungen sowie zu erwartende diesbezügliche Auflagen. Bericht zh Technische Betriebe Kirchberg/SG, 5 pp.
- BWW, Bundesamt für Wasserwirtschaft (1994): Querprofile Thur km 19.895 und km 19.800 M 1:100 und Längenprofil km 24.805 - 19.600 M 1:5000/100
- Colenco, Power Consulting AG, Baden (1998): Sanierung und Ausbau Kraftwerk Mühlau - Vorprojekt i.A. der Technischen Betriebe - Elektrizitätsversorgung Kirchberg SG, 22 pp. + 18 Beil.
- Colenco/BGF (2001): Kraftwerk Mühlau - Bauprojekt Fischpass, April 2001
- Larinier M., Dartiquelongue J. (1989): La circulation des poissons migrateurs: le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques. Bull. Fr. Pêche Piscic. 312/313, 90 pp.
- LHG, Landeshydrologie und -geologie (1966-99): Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz, Abflüsse bei der Station Thur - Jonschwil, Mühlau 1966-99
- Montén E. (1985): Fish and turbines. Vatterfall, 111 pp.

