

Schlussbericht

Vorstudie Kleinwasserkraftwerk an der Thur im Roos der Chemie-Faser Ebnat AG

Sanierung und Ausbau des bestehenden Niederdruck-Kraftwerk

ausgearbeitet durch
Josef Burri
Fernando Binder

IM Ingenieurbüro Maggia AG, Locarno

Chemie - Faser Ebnat AG
Kraftwerk an der Thur im Roos

A. Technischer Bericht

1. Einleitung	1
2. Unterlagen	3
2.1 Topographische Unterlagen	3
2.2 Hydrologische Unterlagen	3
2.3 Weitere Unterlagen	3
3. Hydrologie	5
3.1 Einzugsgebiet und Abflussmengen	5
3.2 Ausbau- und Nutzwassermenge	6
3.3 Restwassermengen	7
3.4 Hochwassermengen	7
4. Beschrieb der bestehenden Anlage und deren Zustandserfassung	9
4.1 Stauanlage	9
4.2 Wasserfassung und Werkkanal	9
4.3 Zentrale und elektromechanische Ausrüstung	11
5. Variantenstudium	13
5.1 Anlagekonzept	13
5.2 Variantenbeschrieb	13
5.2.1 Variante 1: Sanierung und Ausbau der bestehenden Anlage	14
5.2.2 Variante 2: Neubau des Kraftwerks	16
5.2.3 Variante 3: Erneuerung der bestehenden Anlageteile	18
5.3 Variantenvergleich und Wahl der Bestvariante	18
6. Projektbeschrieb	20
6.1 Anlagekonzept	20
6.2 Stauwehr und Wasserfassung	20
6.3 Oberwasserkanal	21
6.4 Zentrale	21
6.5 Auslaufbauwerk	23
7. Energieproduktion	24
8. Kostenschätzung und Bauprogramm	25
9. Wirtschaftlichkeit und Energiegestehungskosten	26
10. Hauptdaten	27
11. Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Umwelt	29
11.1 Landschaftsschutz	29
11.2 Naturschutz	29

11.3 Erhaltung der Wasserqualität	30
11.4 Grundwasserschutz	31
11.5 Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen	31
12. Zusammenfassung	32

B. Beilagen zum technischen Bericht

Beilage 1	Einzugsgebiet des Kraftwerks 1:100'000	111534.11-001
Beilage 2	Dauerkurve der Thur bei Ebnet Kappel	111534.11-002
Beilage 3	Situation der Kraftwerksanlage 1:500	111534.11-003
Beilage 4	Hydraulisches Längenprofil 1:500	111534.11-004
Beilage 5	Stauwehr und Wasserfassung, Grundrisse und Schnitte 1:200/100	111534.11-005
Beilage 6	Zentrale und Oberwasserkanal, Grundrisse und Schnitte 1:200	111534.11-006
Beilage 7	Zentralenschnitte 1:200	111534.11-007
Beilage 8	Bauprogramm	111534.11-008
Beilage 9	Elektrisches Prinzipschema	111534.11-009

A. TECHNISCHER BERICHT

1. Einleitung

Der Regierungsrat des Kantons St. Gallen erteilte am 27. Januar 1864 einem Textilbetrieb in Ebnat-Kappel die Konzession zur Nutzung der Wasserkraft der Thur auf einer Strecke von rund 350 m Länge im Bereich der Steinenbach-Mündung. Die ursprüngliche hölzerne Wehrschwelle wurde Ende 19. Jh. durch ein Hochwasser zerstört. Am 16. Dezember 1901 erlangte die Firma W. + A. Bösch & Cie eine Konzession für 50 Jahre zur Nutzung der Wasserkraft. Im Winter 1901/02 wurde ein Betonwehr erstellt (Projekt: Ingenieur L. Kürsteiner, St. Gallen). Damit verbunden war eine geringfügige Erhöhung des nutzbaren Gefälles auf 8.55 m. Die Krone des Betonwehres war mit Holz abgedeckt, ein Oberwasser-Betonkanal führte das Wasser in die Zentrale, wo es mit einer Girard-Turbine 45/50 PS genutzt und über einen Stollenauslauf der Thur zurückgegeben wurde. Die Maschinen der Weberei wurden damals über ein Umlenkgetriebe und mittels Transmission direkt angetrieben.

1915 wurde zusätzlich eine Francis-Turbine 120 PS eingebaut. Gleichzeitig wurde zur Stromerzeugung in der alten Schmiede ein Generator installiert. Er wurde über einen Treibriemen von der Francis-Turbine angetrieben; die Zuschaltung der Girard-Turbine war nur mittels Kupplung beider Turbinen über Getriebe und Riemen möglich.

Nach Ablauf der Konzession im Jahre 1951 wurde diese nicht mehr erneuert. Im Einvernehmen zwischen der Weberei Ebnat AG und der Verleihungsbehörde wurde die Konzessionserneuerung hinausgeschoben, da bereits über eine allfällige Handänderung verhandelt wurde. Dadurch sollte dem neuen Besitzer die Gelegenheit geboten werden, das Konzessionserneuerungsgesuch mit den neuen Verhältnissen und entsprechend seinen Bedürfnissen zu formulieren.

Die Chemie-Faser Ebnat AG hat die Fabrikliegenschaften samt der zugehörigen Wasserkraftanlage Kat. Nr. VI/33 an der Thur per 1. Januar 1972 übernommen.

Das Kraftwerk blieb noch einige Zeit ausser Betrieb. Nach verschiedenen Abklärungen hinsichtlich ihrem günstigen Einsatz wurde Anfang 1974 beim Amt für Gewässernutzung ein Gesuch um Konzessionserneuerung gestellt. 1977 wurde das Ingenieurbüro Spalt und Schäublin in St. Gallen mit der Erarbeitung der Unterlagen für ein Gesuch zur Konzessionserneuerung beauftragt. Eine Gesamterneuerung der Anlage fiel damals aus wirtschaftlichen Gründen ausser Betracht. Der Kraftwerksbetrieb konnte zu Beginn der achtziger Jahre wieder aufgenommen werden. Die alte Girard-Turbine war nicht mehr betriebsbereit.

Die heute bestehende Konzession läuft am 31. Dezember 2001 ab.

Die unbefriedigende Ausnutzung der anfallenden Wassermengen, der schlechte Wirkungsgrad der Maschinen und die ablaufende Konzession veranlasste die Chemie-Faser Ebnat AG Ende Juli 2000 die IM Ingenieurbüro Maggia AG mit der Erarbeitung einer Varianten- und Vorprojektstudie zu beauftragen.

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Resultate dieser Untersuchungen und beschreibt die Bestvariante in einem Vorprojekt.

Diese Arbeit ist mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

2. Unterlagen

Zur Ausarbeitung der Vorprojektstudie des Kraftwerks an der Thur im Roos standen folgende Unterlagen zur Verfügung.

2.1 Topographische Unterlagen

- Landeskarte 1:25'000 Blatt 1114 Nesslerau
- Landeskarte 1:50'000 Blatt 227 Appenzell
- Landeskarte 1:100'000 Blatt 33 Toggenburg

2.2 Hydrologische Unterlagen

- Hydrologische Jahrbücher der Schweiz
Eidg. hydrometrische Stationen:

Thur - Alt St. Johann	Periode 1917 bis 1928
Thur - Stein, Iltishag	Periode 1964 bis 1999
Thur - Bütschwil	Periode 1922 bis 1974
Thur - Jonschwil, Mühlau	Periode 1966 bis 1999
Thur - Halden	Periode 1965 bis 1999
- Hydrologische Jahrbücher des Kantons St. Gallen
Kantonale hydrometrische Stationen:

Thur - Alt St. Johann	Periode 1986 bis 1999
Thur - Wattwil	Periode 1987 bis 1999
- "Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern"; Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, 1974

2.3 Weitere Unterlagen

- Studie des Ingenieurbüro Spalt und Schäublin, Kesslerstrasse 1, 9000 St. Gallen
796/19.9.77

- Situationsplan 1:500 (Basis: Grundbuchplan)
 Längenprofil 1:500/100 mit Eintragung des NW-Standes vom 14. Oktober 1946
 Pläne vom 26. Oktober 1976, erstellt durch das Ingenieurbüro E. Lüber, 9630 Wattwil

- Baueingabepläne 1:100 des Erweiterungsbaus erstellt durch die Wäger + Partner Ing. & Vermessungs AG, 9652 Neu St. Johann vom 20. Dezember 1996
 - Untergeschoss 1:100 Plan Nr. 95072-11
 - Erdgeschoss 1:100 Plan Nr. 95072-12
 - Schnitte 1:100 Plan Nr. 95072-13
 - Fassaden 1:100 Plan Nr. 95072-14
 - Perspektiven Plan Nr. 95072-15

- Bau- und Konstruktionsplan Nr. 304276 der Firma Escher-Wyss & Cie des Maschinenhauses vom 29. Dezember 1915 (Verkleinerung des Originals 1:50)

- Studienbericht Nr. 3 des Bundesamtes für Wasserwirtschaft „Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz, Teil IIa, Oberes Toggenburg“ (1984)

3. Hydrologie

3.1 Einzugsgebiet und Abflussmengen

Das direkte Einzugsgebiet beim Kraftwerk an der Thur im Roos (siehe Beilage 1) hat eine Fläche von 175.3 km². Es ist zum grössten Teil bewachsen oder bewaldet, vergletscherte Zonen fehlen, ausgesprochen felsig sind nur die Gipfel und Grate im Säntis- und Churfirstengebiet oberhalb rund 1800 m ü. M. sowie die Gipfelpartien von Mattstock, Speer und Stockberg. Infolge der grossen Abhängigkeit der Abflüsse von den jeweiligen Niederschlägen weist die Thur grosse jahreszeitliche Schwankungen auf.

Die Abflussmengen für das Kraftwerk an der Thur im Roos lassen sich aus den eidgenössischen Stationen Bütschwil und Jonschwil, Mühlau sowie den kantonalen Stationen Alt St. Johann und Wattwil ermitteln. Die Abflussmessungen der Station Thur – Stein, Ittishag sind erfahrungsgemäss eher zu tief und werden deshalb nicht direkt für die Ermittlung der Dauerkurve verwendet.

Station	Messperioden	Einzugsgebiet
Alt St. Johann	1917 – 1928, 1986 – 1999	54.6 km ²
Stein, Ittishag	1964 – 1999	84.0 km ²
Wattwil	1987 – 1999	252.0 km ²
Bütschwil	1922 – 1974	303.0 km ²
Jonschwil, Mühlau	1966 – 1999	493.0 km ²

Aus den Dauerkurven der Abflussmengen dieser Messstationen lässt sich proportional zur Grösse des Einzugsgebietes, erweitert um einen Korrekturfaktor, die Dauerkurve für das Kraftwerk an der Thur im Roos mit folgender Formel ermitteln:

$$Q_{\text{Kraftwerk}} = Q_{\text{Referenzstation}} * \frac{E_{\text{Kraftwerk}}}{E_{\text{Referenzstation}}} * C$$

wobei:	$Q_{\text{Kraftwerk}}$	= Abflussmenge beim Kraftwerk
	$Q_{\text{Referenzstation}}$	= Abflussmenge der Referenzstation
	$E_{\text{Kraftwerk}}$	= Einzugsgebiet des Kraftwerks (175.3 km ²)
	$E_{\text{Referenzstation}}$	= Einzugsgebiet der Referenzstation
	$C = \frac{q_{m \text{ Ebnat-Kappel}}}{q_{m \text{ Referenzstation}}}$	= Korrekturfaktor, der die Variation der spezifischen mittleren Abflussmenge in Abhängigkeit der Grösse des Einzugsgebietes berücksichtigt

Mit eingesetzten Zahlenwerten lautet die Formel:

$$Q_{\text{Kraftwerk}} = 2.831 \cdot Q_{\text{Alt St. Johann}} \quad (q_m \text{ Alt St. Johann} = 3.29 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$0.728 \cdot Q_{\text{Wattwil}} \quad (q_m \text{ Wattwil} = 12.8 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$0.670 \cdot Q_{\text{Bütschwil}} \quad (q_m \text{ Bütschwil} = 13.9 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$0.444 \cdot Q_{\text{Jonschwil, Mühlaus}} \quad (q_m \text{ Jonschwil, Mühlaus} = 21.0 \text{ m}^3/\text{s})$$

Der Mittelwert aus diesen vier Dauerkurven ist die Grundlage für alle weiteren Berechnungen. Die Daten der Dauerkurven für ein Mitteljahr, ein nasses und ein trockenes Jahr lauten für das Kraftwerk an der Thur im Roos:

Tage	9	18	55	91	137	182	228	274	329	347
Nasses Jahr [m ³ /s]	49.8	38.6	25.6	18.7	13.1	7.23	4.72	3.39	2.05	1.63
Mitteljahr [m ³ /s]	37.3	28.2	16.8	12.1	8.46	5.93	4.05	2.74	1.67	1.33
Trockenes Jahr [m ³ /s]	25.4	17.4	10.1	7.72	5.16	3.81	2.93	2.17	1.58	1.30

Die Dauerkurve der Abflussmengen ist in der Beilage 2 aufgezeichnet.

3.2 Ausbau- und Nutzwassermenge

Aus der Dauerkurve für das Mitteljahr und einem eingehenden Variantenstudium von verschiedenen Ausbaumöglichkeiten, wurde die günstigste Ausbauwassermenge für das Kraftwerk bestimmt. Die Ausbauwassermenge für die Bestvariante beträgt 12 m³/s und wird durchschnittlich an 87 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten. Diese Ausbaugrösse entspricht dem heutzutage beim Bau von Laufwasserkraftwerken üblicherweise gewählten Wert.

Die nutzbare Wassermenge beträgt im Mitteljahr rund 200 Mio m³, wobei rund 25 % im Winter- respektive 75 % im Sommerhalbjahr anfallen. In einem nassen Jahr kann sich diese Nutzwassermenge bis zu 15 % erhöhen, während in einem ausgeprägten Trockenjahr eine Reduktion von bis zu 25 % in Kauf zu nehmen ist.

Die Verarbeitung der anfallenden Wassermengen erfolgt kontinuierlich entsprechend dem Wasseranfall aus dem Oberlauf der Thur.

3.3 Restwassermengen

Da die Thur ein Fischgewässer ist, ist gemäss dem Gewässerschutzgesetz (GschG) Art. 31 eine Restwassermenge abzugeben.

Für die Bestimmung der Restwassermenge ist die Wassermenge Q_{347} des natürlichen Abflusszustandes massgebend. Diese beträgt gemäss der in Abschnitt 3.1 ermittelten Dauerkurve für das Mitteljahr $1.33 \text{ m}^3/\text{s}$. Daraus resultiert gemäss Gewässerschutzgesetz :

„Bei Wasserentnahmen aus Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung muss die Restwassermenge mindestens betragen: ...für 500 l/s Abflussmenge Q_{347} ? 280 l/s und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q_{347} ? 31 l/s mehr...“

folgende Mindestrestwassermenge:

$$Q_{\text{Restwasser}} = 280 \text{ l/s} + 8.3 \cdot 31 \text{ l/s} = 540 \text{ l/s}$$

Das Restwasser wird über den bestehenden Fischpass und falls notwendig über eine zusätzliche Lockwasserleitung abgegeben.

Die Restwasserstrecke von der Wehrschwelle bis zur Wasserrückgabe des Kraftwerks beträgt je nach der gewählten Ausbauvariante 200 bis 325 m. Rund 120 m unterhalb der Wehrschwelle wird die minimale Restwassermenge durch die Einmündung des Steinenbachs erhöht und dem Mindestabfluss eine jahreszeitlich natürliche Abflussschwankung überlagert.

3.4 Hochwassermengen

Die Berechnung der Hochwassermengen für das Kraftwerk an der Thur im Roos erfolgte durch Umrechnung der Hochwasserwerte der Abflussmessstation Thur – Bütschwil (1922 – 1974, $E = 303 \text{ km}^2$). Mittels verschiedener statistischer Analysemethoden der maximalen jährlichen Abflussspitzen liessen sich die 2-, 5-, 10-, 50-, 100- und 1000-jährlichen Hochwassermengen bestimmen. Die Umrechnung auf das kleinere Einzugsgebiet erfolgte analog der im Kapitel 3.1 angegebenen Kriterien.

Ein Vergleich mit der hydrometrischen Station Stein, Ittishag (1964 – 1999, $E = 84 \text{ km}^2$) zeigt eine gute Übereinstimmung der Resultate.

Für das Kraftwerk ergeben sich folgende Hochwasserwerte:

HQ ₂	=	150 m ³ /s
HQ ₅	=	190 m ³ /s
HQ ₁₀	=	210 m ³ /s
HQ ₅₀	=	260 m ³ /s
HQ ₁₀₀	=	280 m ³ /s
HQ ₁₀₀₀	=	345 m ³ /s

Die Wasserfassung und das feste Wehr sind bei einem Neubau der Kraftwerksanlage auf ein 100-jährliches Hochwasser von 280 m³/s mit genügendem Freibord zu bemessen.

4. **Beschrieb der bestehenden Anlage und deren Zustandserfassung**

Die heutige Kraftwerksanlage an der Thur im Roos ist aus mehreren Umbauten hervorgegangen. Der Grossteil der Anlage stammt aus der Zeit zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Das alte Turbinenhaus wurde im Zuge eines Erweiterungsbaues 1997 abgerissen. Die Zentrale befindet sich im Untergeschoss dieses Erweiterungsbaues.

4.1 **Stauanlage**

Rund 120 m oberhalb der Steinenbach-Mündung wird die Thur durch ein auf einem anstehenden Felsriegel fundiertes Betonwehr mit einer Höhe von max 4.0 m über UK Fundament aufgestaut. Es ist mit einem Grundablass von 1.75 m Breite und max 2.0 m Höhe versehen, der durch eine Schützentafel verschlossen ist. Ca. 6 m vom linken Ufer entfernt ist eine mit Dammbalken verschliessbare Fischtreppe von 1.2 m Breite und 1.0 m Tiefe im Wehr eingelassen. Die Wehrkrone (Überfallsektion) ist mit Holzbohlen abgedeckt, zu deren besseren Befestigung eine Holzschwelle (8 bis 10 cm) aufgesetzt wurde. Dieses Überfallwehr dient der Stauhaltung auf Kote 640.08 m ü. M. und sorgt nach Überschreitung der Ausbauwassermenge des Kraftwerkes für die schadlose Hochwasserableitung.

Ein nutzbarer Stauraum ist nicht vorhanden, die Anlage kann nur im reinen Durchlaufbetrieb betrieben werden. Das Thurbett oberhalb der Stauanlage ist relativ stark verlandet.

4.2 **Wasserfassung und Werkkanal**

Das Betriebswasser für das Kraftwerk wird ca. 35 m oberhalb des Wehres am rechten Ufer in einer Wasserfassung der Thur entnommen.

Die Wasserfassung besteht aus einem Einlaufbauwerk und einem ca. 35 m langen Entsander. Vom Einlaufbauwerk (beim ersten Fallenhaus) gelangt das Betriebswasser unter einer Tauchwand zur Abweisung von Geschwemmsel hindurch in den offenen Entkieser und Entsander. An dessen Ende folgt das zweite Fallenhaus, welches zwei Schützentafeln zum Absperren des Werkkanales und zwei zur Entleerung, beziehungsweise Spülung des Entsanders enthält. Von den beiden Entsanderspülschützen ist nur noch eine betriebsbe-

reit. Vor dem zweiten Fallenhaus kann der Werkkanal mit Dammbalken verschlossen werden.

Die gesamte Wasserfassung weist zum Teil starke Alterungserscheinungen auf. Die Betonteile weisen grössere Risse auf und bröckeln zum Teil ab. Der Entsander ist im oberen Teil stark mit Thurkies verlandet. Seine Ufer sind stark bewachsen. Die Holzkonstruktionen sind baufällig und bedingen eine baldige Sanierung.

Der betonierte Oberwasserkanal führt am rechten Thurufer über eine Länge von ca. 200 m zur Zentrale. Ca. 50 m vor dem Rechengebäude, dem dritten Fallenhaus besitzt der Kanal einen Überlauf über die Mauerkrone und einen Spülschütz zur Entleerung beziehungsweise Spülung des Kanales. Bevor das Wasser in das dritte Fallenhaus fliesst, passiert es eine hölzerne Tauchwand, welche Blätter und Geschwemmsel abweist.

Die linke Seitenmauer des Werkkanales hat bis zu 5 cm breite Längsrisse, in denen zum Teil Wurzeln von Bäumen (Durchmesser 2 bis 3 cm) zu finden sind. Gewisse Abschnitte dieser Mauer wurden kürzlich wieder instandgestellt. Die rechte Seitenmauer weist an verschiedenen Stellen grössere Erosionen auf. In den Kurveninnenseiten ist der Kanal durch sandige Sedimente stark verlandet (geschätzte Wassertiefe < 50 cm). Der alte hölzerne Spülschütz ist undicht. Über den Überlauf fliesst stets Wasser in die Thur zurück.

Im dritten Fallenhaus wird überschüssiges Wasser über einen seitlichen Überlauf der Thur zurückgegeben. Dieser garantiert bei einer Turbinenabschaltung die sofortige Schwallentlastung in die Thur. Eine Schützentafel erlaubt die vollständige Entleerung beziehungsweise Spülung des Werkkanales. Ein Feinrechen, der manuell gereinigt wird, verhindert den Eintritt von Geschwemmsel in die beiden Turbineneinläufe. Hinter dem Rechen befinden sich die beiden Zulaufschützen, wovon jedoch nur noch eine in Betrieb ist.

Der Rechen und die Schützen sind in gutem Zustand. Der Beton des seitlichen Überlaufes und des dazugehörenden Ausflusses in die Thur ist sehr brüchig. Gewisse Teile der Holzkonstruktion sind baufällig.

Der rund 100 m lange Unterwasserkanal ist als Stollen ausgebildet und gibt das Wasser ca. 75 cm über dem mittleren Thurniveau wieder dem Fluss zurück. Er ist als ausgemauertes Hufeisenprofil mit einer Breite von ca. 2.50 m und einer Höhe von ca. 3.20 m ausgebildet.

Bei der Erstellung des Erweiterungsbaus 1997 ist während den Aushubarbeiten das Stollengewölbe an einer Stelle eingebrochen. Dies deutet auf eine geringe Reststabilität des über hundertjährigen Gewölbes hin.

4.3 Zentrale und elektromechanische Ausrüstung

Die Anlage läuft im Dauerbetrieb und speist die Energie in das elektrische Netz der Chemie-Faser Ebnat AG. In Abhängigkeit der erzeugten Leistung und dem aktuellen Leistungsbezug werden Maschinengruppen der Fabrikation von Hand zu- oder abgeschaltet. Die Unterschreitung eines minimalen Wasserstandes im Zulaufkanal (wenige cm unter der seitlichen Überfallkante vor dem Rechen) bedeutet Überlastung der Anlage und löst einen optisch-akustischen Alarm aus. Die Wahl über Eigen-/Fremdstrombezug erfolgt durch das Betriebspersonal.

Maschinendaten:

<u>Turbine:</u>	Typ:	Francisturbine
	Nr.:	5'659
	Hersteller:	Escher Wyss & Cie., Zürich
	Baujahr:	1915
	Nennleistung:	88 kW
	Nennwassermenge:	1.55 m ³ /s
	Nenngefälle:	8.65 m
	Nenndrehzahl:	200 U/min
<u>Generator:</u>	Typ:	W 36 a, 3 Phasen
	Nr.:	39'208
	Hersteller:	Brown Boveri & Cie., Baden
	Baujahr:	1936
	Nennleistung:	120 kVA
	Klemmenspannung:	530 V, 131 Amp
	Cos φ :	0.8
	Nenndrehzahl:	1000 U/min
<u>Keilriemenantrieb:</u>	Nenndrehzahl:	200 / 1000 U/min
<u>Mechanischer Regler:</u>	Typ:	Universal – Öldruck Regulator
	Nr.:	800 Serie 117
	Hersteller:	Escher Wyss & Cie., Zürich

Die Kupplung von Turbine und Generator erfolgt über Treibriemen.

Die horizontalachsige Francisturbine weist an der Oberfläche starke Korrosionsspuren auf, wie Rost und Abblätterung der Farbe. Aus der Einlaufspirale und der Laufradabdeckung rinnt Wasser und scheidet auf dem Turbinengehäuse Kalk aus.

Die alte Girard-Turbine der Firma Rieter befindet sich noch in ihrer ursprünglichen Position im Unterwasserkanal. Sie ist jedoch nicht mehr betriebsbereit.

Der Generator und der mechanische Regler scheinen soweit in gutem Zustand zu sein.

Beim Neubau des Erweiterungsbaus der Chemie-Faser Ebnat AG wurde 1997 der obere Teil des alten Zentralengebäudes abgebrochen. Dieser steht auf einer Betonplatte, welche die jetzige Zentralendecke bildet. Diese steht auf Pfeilern, die im Zentralenboden gründen.

5. Variantenstudium

5.1 Anlagekonzept

Im Rahmen eines Variantenstudiums waren verschiedenen Lösungsmöglichkeiten einer Sanierung der bestehenden Anlage oder eines Neubaus des Kraftwerkes an der Thur zu untersuchen. Dabei sollte eine optimale Nutzung der anfallenden Wassermengen gefunden werden. Das Konzept der bestehenden Anlage mit Wasserfassung, Werkkanal respektive Druckleitung und Zentrale bleibt dabei weitgehend erhalten.

5.2 Variantenbeschreibung

Im Variantenstudium wurden verschiedene Ausbaumöglichkeiten geprüft und durch Vergleich der Baukosten, Energieproduktion und Energiegestehungskosten die optimale Lösung für den Ausbau gefunden.

Folgende Varianten wurden untersucht:

- **Variante 1:** **Sanierung und Ausbau der bestehenden Anlage**
 Sanierung der Wasserfassung und der Seitenmauern des Werkkanals, Ausbaggern des Werkkanals und Neubau der Zentrale mit einer neuen doppeltregulierten Kegelrad-Rohrturbine ($Q_A = 11 \text{ m}^3/\text{s}$)

Variante 1a	Sanierung des Unterwasserkanales
Variante 1b	Abtiefen des Unterwasserkanales um 2 m zur Gewinnung von zusätzlichem Gefälle
Variante 1c	$Q_A = 12 \text{ m}^3/\text{s}$, Höherstau der Thur um 24 cm zum Ausgleich der im Oberwasserkanal auftretenden Energieverluste und neuer Auslauf direkt unterhalb der Zentrale
- **Variante 2:** **Neubau des Kraftwerks**

Neubau von Wasserfassung, Druckleitung, Zentrale mit einer neuen Kegelrad-Rohrturbine ($Q_A = 14.5 \text{ m}^3/\text{s}$) und neuer Auslauf direkt unterhalb der Zentrale

Variante 2a Nutzung des heute vorhandenen Gefälles

Variante 2b Höherstau beim Wehr um 80 cm

Variante 2c Höherstau beim Wehr um 80 cm, zusätzliche kleine Turbine zur Nutzung der kleinen Wassermengen in der wasserarmen Jahreszeit ($Q_A = 14.5 \text{ m}^3/\text{s} + 1.5 \text{ m}^3/\text{s} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$)

– **Variante 3:** **Revision der Turbine, Erneuerung der elektrischen Ausrüstung der Zentrale**

Einbau einer automatischen Rechenreinigungsanlage, Überholung der bestehenden Turbine ($Q_A = 1.55 \text{ m}^3/\text{s}$) und Erneuerung der elektrischen Ausrüstung der Zentrale, generelle Instandsetzung der übrigen Anlageteile

Diese drei Varianten werden im folgenden näher beschrieben.

5.2.1 Variante 1: Sanierung und Ausbau der bestehenden Anlage

	Variante 1a	Variante 1b	Variante 1c
Ausbauwassermenge:	$Q_A = 11 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_A = 11 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_A = 12 \text{ m}^3/\text{s}$
Bruttofallhöhe:	$H_B = 7.23 \text{ m}$	$H_B = 9.23 \text{ m}$	$H_B = 9.50 \text{ m}$
Nettofallhöhe:	$H_N = 6.95 \text{ m}$	$H_N = 8.95 \text{ m}$	$H_N = 9.26 \text{ m}$
Ausbauleistung:	$P_A = 638 \text{ kW}$	$P_A = 823 \text{ kW}$	$P_A = 928 \text{ kW}$
Mittlere jährliche Bruttoleistung:	$P_B = 333 \text{ kW}$	$P_B = 426 \text{ kW}$	$P_B =$
583 kW			

Stauwehr

In der Variante 1c wird das feste Wehr unter Beibehaltung der heutigen Konstruktionsform durch Aufbetonieren der Wehrkrone um 24 cm erhöht.

Wasserfassung

Die bestehende Wasserfassung wurde ursprünglich sehr grosszügig dimensioniert, sodass sie mit nur geringen Umbauten eine Wassermenge von etwa 11 m³/s respektive 12 m³/s fassen kann. Die Einlauföffnung ist leicht zu vergrössern. Zur Verbesserung der Anströmung und zur Erreichung eines möglichst geschiebefreien Fassungseinlaufes soll mit einer tiefliegenden linksufrigen Umlenkbohle das Wasser der Thur rechtsufrig werden.

Um das gefasste Wasser wirksam entkiesen und entsanden zu können, sind alle Schützen zu erneuern und zu automatisieren.

Fischpass

Der bestehende Fischpass bleibt erhalten. In der Variante 1c wird dieser wegen dem höheren Stauziel um 24 cm gegen das Oberwasser verlängert. Über diesen wird die gesetzlich vorgeschriebene Restwassermenge gemäss GschG abgegeben. Allenfalls ist ein Teil der Restwassermenge von 540 l/s über eine Lockwasserleitung ins Unterwasser des Wehres zu führen.

Oberwasserkanal und Einlauf

Das Nutzwasser gelangt nach dem Entsander in den Oberwasserkanal. Dieser ist auf der ganzen Länge zu spülen und auszubaggern. Damit die gesunde Betonoberfläche zum Vorschein kommt, wird die Oberfläche des Kanales mit Hochdruck gereinigt. Die schadhaften Stellen werden ergänzt und anschliessend der ganze Kanal mit einer netzarmierten Spritzbetonschale erneuert. Der undichte Spülschütz wird revidiert.

Für die seitliche Schwallentlastung im Falle einer plötzlichen Turbinenabschaltung ist das Streichwehr vor dem Einlauf mit einer automatischen Klappe zu ergänzen. Ein neuer Rechen mit einer Rechenreinigungsanlage sichert den automatischen Betrieb.

Zentrale

Die Zentrale bleibt im bestehenden Fabrikgebäude. Die Nutzung der Wasserkraft erfolgt mit einer doppelt regulierbaren Kegelradrohturbine (Kaplanturbine) von 11 m³/s respektive 12 m³/s Ausbauwassermenge, welche gute Wirkungsgrade im Teil- wie im Volllastbetrieb aufweist. Die elektromechanische Ausrüstung der Zentrale besteht weiter aus dem auf der Turbine aufgesetzten Synchrongenerator und den dazugehörigen Kommandoschränken. Die Anlage wird für den Parallelbetrieb, Eigenbedarfsdeckung und Einspeisung ins Netz der SAK ausgelegt.

Im Maschinenhaus ist eine 16 t Krananlage für Montage- und Revisionsarbeiten an der Turbine vorgesehen.

Unterwasserkanal

Der bestehende Unterwasserkanal wird wo nötig saniert. In Variante 1b ist eine Abtiefung der Sohle um 2 m und ein neues Auslaufbauwerk vorgesehen. Die Wasserrückgabe erfolgt an der gleichen Stelle wie heute.

Die Variante 1c sieht einen neuen Auslauf direkt unterhalb der Zentrale vor. Dieser kann so auf die grössere Ausbauwassermenge dimensioniert werden, dass die Wasserrückgabe auf der Höhe des Thurniveaus erfolgt. Somit kann das Gefälle zwischen Wehrschwelle und Unterwasserniveau voll ausgenützt werden. Kleinere Modifikationen im Thurbett wie seitliche Buhnen und das lokale Abtiefen der Sohle stellen die Wasser- und Geschiebeführung im Hochwasserfall sicher. Der alte Unterwasserkanal wird dabei ausser Betrieb genommen und zugemauert.

5.2.2 Variante 2: Neubau des Kraftwerks

	Variante 2a	Variante 2b	Variante 2c
Ausbauwassermenge:	$Q_A = 14.5 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_A = 14.5 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_A = 16 \text{ m}^3/\text{s}$
Bruttofallhöhe:	$H_B = 9.26 \text{ m}$	$H_B = 10.06 \text{ m}$	$H_B = 10.06 \text{ m}$
Nettofallhöhe:	$H_N = 8.80 \text{ m}$	$H_N = 9.55 \text{ m}$	$H_N = 9.44 \text{ m}$
Ausbauleistung:	$P_A = 1063 \text{ kW}$	$P_A = 1148 \text{ kW}$	$P_A = 1265 \text{ kW}$
Mittlere jährliche Bruttoleistung:	$P_B = 607 \text{ kW}$	$P_B = 659 \text{ kW}$	$P_B = 695 \text{ kW}$

Stauwehr

Das feste Wehr wird in den Varianten 2b und 2c um 80 cm erhöht.

Fischpass

Der bestehende Fischpass bleibt erhalten, ist aber infolge des höheren Stauziels zu verlängern. Über diesen wird die gesetzlich vorgeschriebene Restwassermenge gemäss GschG abgegeben. Wie bei der Variante 1 ist auch hier der Einbau einer Lockwasserleitung zu prüfen.

Wasserfassung

Am rechten Widerlager des Stauwehrs schliesst die vollständig neu zu erstellende Wasserfassung an. Eine Tauchwand vor dem Einlaufbauwerk sorgt im Hochwasserfall für die Abweisung des groben Geschwemmsels.

Hinter der Tauchwand ermöglicht eine grosse Grund- und Kiesablassschütze (3 x 3 m), das während Hochwassern im Stauraum abgelagerte Geschiebe ins Unterwasser weiterzugeben. Das anschliessende Einlaufbauwerk kann mit einem Einlaufschütz im Hochwas-

ser- oder Revisionsfall abgesperrt werden. Vor dem Entsandereinlauf sorgt ein Feinrechen mit automatischer Rechenreinigungsmaschine für die Abweisung von Geschwemmsel, Treibeis und anderen Schwimmstoffen. Der rund 25 m lange Entsander mit Spülschütz verhindert einen Transport von Sand und Kies bis zur Turbine. Die Hydraulikaggregate für die Einlauf-, Grundablass-, und Entsanderspülschützen sind in einer auf dem Entsander angeordneten Apparatkammer untergebracht.

Druckleitung

Anstelle des bestehenden Oberwasserkanales wird eine Druckleitung mit einem Durchmesser von 2.30 m aus Stahl, Beton oder Kunststoff erstellt. Diese wird im bestehenden Kanal verlegt, mit Erdmaterial überdeckt und das Trasse anschliessend bepflanzt.

Zentrale

Die Zentrale bleibt im bestehenden Maschinengebäude. Die Nutzung der Wasserkraft erfolgt wie bei der Variante 1 mit einer doppelt regulierbaren Kegelradrohturbine (Kaplanturbine). Die Variante 2c sieht zudem für die Abarbeitung der kleinen Wassermengen eine kleine horizontalachsige Durchströmturbine vor. Die elektromechanische Ausrüstung der Zentrale besteht weiter aus dem auf der Turbine aufgesetzten Synchrongenerator und den dazugehörigen Kommandoschränken. Die Anlage wird für den Parallelbetrieb Eigenbedarfsdeckung und Einspeisung ins Netz der SAK ausgelegt.

Im Maschinenhaus ist eine 16 t Krananlage vorgesehen.

Unterwasserkanal und Auslaufbauwerk

Das abgearbeitete Nutzwasser wird über einen neu zu erstellenden Unterwasserkanal und ein neues Auslaufbauwerk direkt unterhalb der Zentrale analog zur Variante 1c der Thur wieder zurückgegeben. Mit dieser Neugestaltung der Wasserrückgabe verkürzt sich die Restwasserstrecke um ca. 100 m.

Der alte Unterwasserkanal wird dabei ausser Betrieb gesetzt und zugemauert.

5.2.3 Variante 3: Erneuerung der bestehenden Anlageteile

	Varianter 3	
Ausbauwassermenge:	Q_A	= 1.55 m ³ /s
Bruttofallhöhe:	H_B	= 8.58 m
Nettofallhöhe:	H_N	= 8.58 m
Ausbauleistung:	P_A	= 123 kW
Mittlere jährliche Bruttoleistung:	P_B	= 112 kW

Fischpass

Der bestehende Fischpass bleibt erhalten. Über diesen wird die gesetzlich vorgeschriebene Restwassermenge gemäss GschG abgegeben. Wie bei der Variante 1 ist auch hier der Einbau einer Lockwasserleitung zu prüfen.

Wasserfassung und Oberwasserkanal

Für die Wasserfassung und den Oberwasserkanal sind generelle Instandsetzungsarbeiten wie Rodungsarbeiten, Spülung des Kanals, Reparaturarbeiten an den bestehenden Betonbauten und die Revision der Schützen vorgesehen.

Zentrale

Vor dem Turbineneinlauf wird ein neuer Rechen mit einer automatische Rechenreinigungsanlage installiert. Die bestehende Francisturbine wird komplett revidiert und mit einem neuen hydraulischen Regler ausgerüstet. Die elektrische Ausrüstung wird komplett erneuert. Dies betrifft den Generator, die Kommandoanlage und die Einspeisung ins Fabrik- beziehungsweise örtliche Netz.

Mit diesen Investitionen kann ein Kraftwerksbetrieb für die nächsten 10 bis 20 Jahre sichergestellt werden.

5.3 Variantenvergleich und Wahl der Bestvariante

Die möglichen Ausbauvarianten wurden aufgrund der Anlagekosten, der Energieproduktion und der Energiegestehungskosten beurteilt und zusammen mit dem technischen Vergleich die Bestvariante gewählt. In der folgenden Tabelle sind diese Werte zusammengestellt.

Variante	Q_A	Anlagekosten	Energieproduktion	Energiegestehungs- kosten
1a	11 m ³ /s	4.29 Mio CHF	2.91 Mio kWh	13.0 Rp./kWh
1b	11 m ³ /s	5.00 Mio CHF	3.76 Mio kWh	11.4 Rp./kWh
1c	12 m³/s	5.23 Mio CHF	4.10 Mio kWh	10.7 Rp./kWh
2a	14.5 m ³ /s	6.06 Mio CHF	4.24 Mio kWh	11.8 Rp./kWh
2b	14.5 m ³ /s	6.46 Mio CHF	4.62 Mio kWh	11.5 Rp./kWh
2c	16 m ³ /s	7.09 Mio CHF	4.88 Mio kWh	11.9 Rp./kWh
3	1.55 m ³ /s	0.85 Mio CHF	0.81 Mio kWh	11.8 Rp./kWh

Das Variantenstudium zeigt eindeutig, dass eine Erhöhung der Ausbauwassermenge auf 12 m³/s wirtschaftlich ist und zu einer Steigerung der heutigen Energieproduktion von rund 0.4 Mio kWh um einen Faktor 10 führt.

Ein Ausbau gemäss **Variante 1c** mit einer doppelt regulierbaren Kegelradrohrturbine (Kaplanturbine) von 12 m³/s Ausbauwassermenge darf unter den heutigen Voraussetzungen als optimale Ausbaulösung bezeichnet werden. Die komplette Neuanlage der Zentrale und der Wasserrückgabe in die Thur, sowie die Sanierung der Wasserfassung und des Oberwasserkanales erlaubt die wirtschaftlichste Nutzung der in der Thur anfallenden Wassermengen.

Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt ohne grössere Anpassungen an der Zentrale und dem Auslaufbauwerk in die Variante 2 umgebaut werden kann.

Für Kühlzwecke der Maschinen des Fabrikbetriebes wird weiterhin Wasser aus dem Oberwasserkanal entnommen. Im Zuge der weiteren Projektierung ist die Wasserkühlung mit einem geschlossenen System auf seine Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

In den folgenden Kapiteln wird die Bestvariante mit einer Ausbauwassermenge von 12 m³/s für die Erneuerung des Kraftwerks an der Thur im Roos näher beschrieben und dargestellt.

6. Projektbeschreibung

6.1 Anlagekonzept

(Beilagen 3 und 4)

Der in der vorliegenden Vorprojektstudie beschriebene Umbau des Kraftwerks an der Thur im Roos nutzt wie bis anhin das Gefälle der Thur im Bereich von Ebnat-Kappel. Der vorgeschlagene Ausbau beinhaltet den Umbau der Wasserfassung, eine Sanierung des Oberwasserkanals, die Erneuerung der Zentraleinrichtung mit einem Neubau des Auslaufbauwerks. Die Anlage an der Thur bleibt auch nach dem Umbau ein Niederdruckkraftwerk mit kontinuierlichem Laufbetrieb.

6.2 Stauwehr und Wasserfassung

(Beilage 5)

Das alte Betonwehr mit einer Holzabdeckung als Abrasionsschutz bleibt in seiner heutigen Erscheinungsform erhalten. Das Stauziel von 640.08 m ü. M. wird zur Kompensation der im Oberwasserkanal auftretenden Energieverluste um 24 cm auf 640.32 m ü. M. erhöht.

Der bestehende Fischpass bleibt erhalten und wird an die neue Staukote angepasst. Über diesen und eine eventuell zusätzliche Lockwasserleitung wird die Restwassermenge von $0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ gemäss GschG abgegeben.

Um die Anströmung und die Geschiebefreiheit der Wasserfassung zu verbessern ist linksufrig eine tiefliegende Umlenkbühne geplant. Die Einlauföffnung ist zu verbreitern. Eine Tauchwand vor dem Einlauf in den Oberwasserkanal sorgt für die Abweisung von Treibeis und grobem Geschwemmsel. Die Tauchwand und die Seitenmauer des Oberwasserkanals respektive Entsanders werden so hoch ausgebildet, dass eine schadlose Ableitung des 100-jährigen Hochwassers von $280 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einem Freibord von ca. 80 cm gewährleistet ist. Ein Hochwasser dieser Grösse bewirkt einen Überstau von ca. 2.40 m, was einer Kote von ca. 642.72 m ü. M. entspricht.

Die bestehende Grundablass- und Kiesablassschütze wird ersetzt und automatisiert. Sie dient weiterhin bei Hochwasser zur Ableitung des groben Geschiebes.

Der Oberwasserkanal muss im Bereich der Wasserfassung infolge der grösseren Ausbauwassermenge auf rund 5.5 m verbreitert werden. Dieser Kanalabschnitt dient als Entsander und Entkieser für das Betriebswasser. Abgelagertes Kies und Sand kann durch Öffnen der Spülschütze ins Unterwasser weitergegeben werden. Die vier bestehenden Schützen werden durch zwei neue Abschlussorgane ersetzt und für einen automatischen Betrieb ausgelegt. Mit der Regulierschütze wird die Wassermenge im Oberwasserkanal bei grossen Hochwassern reguliert. Zusätzlich verhindert die Schütze beim Spülen des Entsanders eine Entleerung des Oberwasserkanals. Die Steuerung und das Hydraulikaggregat für die Schützenantriebe werden in einem neuen kleinen Betriebsgebäude an der Stelle des Fallenhauses 2 eingebaut.

6.3 Oberwasserkanal

(Beilage 6)

Das Nutzwasser gelangt nach dem Entkieser und Entsander in den Oberwasserkanal. Die beiden bestehenden Tafelschützen zur Trockenlegung des Kanals werden durch eine neue automatische Regulierschütze ersetzt.

Nach einer gründlichen Spülung und Ausbaggerung des Oberwasserkanals wird dessen Oberfläche mit Hochdruck gereinigt. Die schadhaften Stellen mit Betonabplatzungen werden ergänzt und anschliessend wird der ganze Kanal mit einer netzarmierten Spritzbetonschale komplett saniert. Die seitlichen Kanalmauern sind an die neue höhere Staukote anzupassen. Der seitliche Spülschütz wird revidiert und als Grundablass des Werkkanals eingesetzt.

Für die seitliche Schwallentlastung der grösseren Ausbauwassermenge im Falle einer plötzlichen Turbinenabschaltung ist das Streichwehr vor dem Einlauf zusätzlich mit einer automatischen Klappe zu versehen. Die Öffnung mit dem seitlichen Spülschütz kurz vor dem bestehenden Einlaufrechen wird zubetoniert.

6.4 Zentrale

(Beilagen 6 und 7)

Die Zentrale befindet sich am gleichen Standort wie die bestehende. Der trichterförmige Turbineneinlauf wird mit einem Einlaufrechen zur Abweisung von Geschwemmsel, Treibeis und anderen Schwimmstoffen versehen. Die automatische Rechenreinigungsmaschine

sorgt für die periodische Reinigung. Das Rechengut wird in eine seitliche Geschwemmschulde gespült und von dort periodisch in eine regionale Kompostieranlage abgeführt.

Für das vorliegende Nettogefälle von 9.26 m und Wassermengen bis zu 12 m³/s erweist sich eine Kegelrad-Rohrturbine mit verstellbaren Leit- und Laufradschaufeln am vorteilhaftesten. Diese Ausführungsart mit geneigter Turbinenachse ist zudem hydraulisch äusserst günstig, da der Wasserstrom nur geringfügig umgelenkt wird. Die im Projekt vorgesehene Kegelrad-Rohrturbine mit 1450 mm Laufraddurchmesser hat eine Nennleistung von 1014 kW bei einer Drehzahl von rund 310 Umdrehungen pro Minute.

Diese doppeltregulierte Turbine kann in einem grossen Bereich von Gefälle und Wasserdurchfluss mit gutem Wirkungsgrad betrieben werden. Bis zu einer minimalen Wassermenge von etwa 1 m³/s ist der Turbinenbetrieb möglich.

Der auf der Turbine aufgesetzte Synchrongenerator ist über ein Getriebe mit der Turbinenwelle verbunden. Der Generator mit einer Nennleistung von 1300 kVA wird voraussichtlich auf eine Nennspannung von 420 kV und einer Nenndrehzahl von 750 Umdrehungen pro Minute dimensioniert. Die Kontrollschalttafeln und die Hilfseinrichtungen sind im Maschinenraum vorgesehen. Die produzierte Energie wird über die Schaltanlage ins Fabrik- respektive örtliche Netz eingespeisen. Das Kraftwerk ist für den vollautomatischen und unbemannten Betrieb eingerichtet.

Das elektrische Prinzipschema der Kraftwerksanlage kann der Beilage 9 entnommen werden.

Im Maschinenhaus ist eine 16 t Krananlage für Montage- und Revisionsarbeiten an der Turbine und an den elektromechanischen Einrichtungen vorgesehen.

Um den bestehenden Zentralenboden auf die projektierten Koten abzutiefen, ist vor die bestehenden Bruchsteinmauern des ursprünglichen Zentralenbaus eine Betonwand vorzubetonieren. Diese wird während den Aushubarbeiten laufen unterfangen und wenn nötig verankert. Somit kann die Stabilität des 1997 erstellten Erweiterungsbaus gewährleistet werden.

Der Zugang zum Maschinenraum erfolgt über die bestehenden Zugangstreppen der Fabrikanlage. Der Antransport der grossen Maschinenteile erfolgt über die bestehende Fabrikzufahrt. Ein normalerweise abgedeckter Montageschacht ermöglicht in diesem Fall den Zugang zum Maschinenraum.

6.5 Auslaufbauwerk

(Beilagen 6 und 7)

Von der Turbine gelangt das abgearbeitete Betriebswasser über einen rund 20 m langen neuen Unterwasserkanal direkt unterhalb der Zentrale zurück in die Thur. Dieser neue Auslauf ist mit Dammbalken verschliessbar.

Kleinere Modifikationen im Thurbett wie Buhnen und das lokale Abtiefen der Sohle stellen die Wasser- und Geschiebeführung im Hochwasserfall sicher. Mit dieser Neugestaltung der Wasserrückgabe verkürzt sich die Restwasserstrecke um ca. 100 m.

Der alte Unterwasserkanal wird nicht mehr gebraucht und deshalb zugemauert.

7. Energieproduktion

Die Energieproduktion der Bestvariante wurde aus der im Abschnitt 3 ermittelten Dauerkurve der Abflussmengen mit Berücksichtigung der gesetzlichen minimalen Restwassermenge, der Ausbauwassermenge, sowie den effektiven Gefällsverhältnissen ermittelt. Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung der hydraulischen Verluste und der massgebenden Turbinen- und Generatorwirkungsgrade, welche aufgrund von Lieferantenangaben und kürzlich ausgeführter Anlagen angenommen wurden.

Die Produktionsausfälle infolge stillstehender Turbine bei zu geringer Wasserführung der Thur wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die Ermittlung der nachfolgend aufgeführten Energieproduktion erfolgte für ein Durchschnittsjahr. In einem nassen Jahr erhöht sich diese Produktion um bis zu 15 %, während in einem sehr trockenen Jahr mit einer Reduktion von bis zu 25 % zu rechnen ist.

Die Aufteilung in Winter- und Sommerenergieproduktion erfolgte entsprechend den saisonal anfallenden Wasserfrachten für ein Mitteljahr. Die Hochtarifzeiten wurden wie folgt angenommen:

- Hochtarifzeiten: Montag bis Freitag: 0700 – 2200 Uhr
Samstag: 0700 – 1300 Uhr
- Niedertarifzeiten: übrige Stunden

Die Energieproduktion im Mitteljahr beträgt:

Winter	HT	0.49 Mio kWh	Total	1.02 Mio kWh	(25 %)
	NT	0.53 Mio kWh			
Sommer	HT	1.48 Mio kWh	Total	3.08 Mio kWh	(75 %)
	NT	1.60 Mio kWh			
Total Mitteljahr				4.10 Mio kWh	(100 %)

Ca. 3 - 4 % dieser Energiemenge (0.15 Mio kWh) sind zur Deckung des Eigenbedarfes der Kraftwerksanlage notwendig.

Mit der bestehenden Anlage wird heute im Durchschnitt ca. 0.4 Mio kWh pro Jahr produziert. Dies ist ca. $\frac{1}{10}$ der jährlich möglichen Energieproduktion.

8. Kostenschätzung und Bauprogramm

Die vorliegenden Kostenschätzungen basieren auf Erfahrungswerten kürzlich ausgeführter oder projektierter Anlagen, welche auf die Preisbasis 2000 umgerechnet wurden, beziehungsweise auf Richtpreisofferten für die elektromechanischen Einrichtungen.

Die Kostenschätzungen beinhalten alle für die Sanierung und Erneuerung des Kraftwerks an der Thur notwendigen Bauarbeiten. Darin sind auch alle Stahlwasserbauarbeiten enthalten.

Der elektromechanische Teil beinhaltet die ganze Zentralenausrüstung mit Kegelradrohr-turbine, Synchrongenerator und sämtlichen Hilfseinrichtungen.

Zu den Schätzungen der Kosten des baulichen und des elektromechanischen Teils wurden die üblichen Reserven von ca. 10 % für Verschiedenes und Unvorhergesehenes dazugerechnet. Die Kostenschätzung enthält ausser den reinen Baukosten auch die allgemeinen Aufwendungen für die Projektierung, Bau- und Montageleitung, Versicherungen, Gebühren, Bauzinsen und Finanzierungskosten von ca. 18 %.

Schätzung der Anlagekosten

A. Baukosten

Baulicher Teil	Fr.	2'450'000.—
Elektromechanischer Teil	Fr.	1'580'000.—
Verschiedenes und Unvorhergesehenes (ca. 10 %)	Fr.	403'000.—
Total Baukosten	Fr.	4'433'000.—

B. Allgemeine Kosten

Projektierung, Bau- und Montageleitung, Versicherungen, Finanzierung, Bauzinsen (ca. 18 % der Baukosten)	Fr.	797'000.—
--	-----	-----------

C. Anlagekosten KW an der Thur im Roos (exkl. MwSt.)

Fr. 5'230'000.—

In der Beilage 8 ist ein allgemeines Bauprogramm dargestellt, das einen möglichen Projektierungs- und Bauablauf darstellt.

Die eigentlichen Bauarbeiten dauern etwa 16 Monate, wobei die relativ lange Lieferfrist der Turbine das Bauprogramm eindeutig bestimmt.

9. Wirtschaftlichkeit und Energiegestehungskosten

Mit den in Abschnitt 7 angegebenen Energieproduktionen und den in Abschnitt 8 aufgeführten Anlagekosten lassen sich die mittleren Energiegestehungskosten bestimmen.

Der Energiegestehungspreis ergibt sich aus dem Quotient der Jahreskosten und der jährlichen Energieproduktion. Die Berechnung der Jahreskosten erfolgte aufgrund von Richtwerten; dieser liegt bei 8.4 % der Anlagekosten. Bei deren Berechnung wurde von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Konzessionsdauer 80 Jahre
- Annuitätsabschreibung über
 - 60 Jahre für bauliche Anlagen
 - 50 Jahre für Projektierung, Bauleitung, Bauzinsen und Stahlwasserbau
 - 40 Jahre für maschinelle Anlagen und Innenausbau des Maschinenhauses
 - 25 Jahre für Sanierungsmassnahmen, Hilfs- und Steuereinrichtungen
- Vollständige Amortisation der bestehenden Anlage (keine Restwerte)
- Verzinsung des Kapitals zu 5.5 %
- Vollautomatischer und unbemannter Betrieb des Kraftwerkes (Betriebspersonal nur zu Kontrollzwecken im Kraftwerk)
- Deckung der jährlichen Kosten aus Unterhalt, Material, Löhnen, Versicherungen und Steuern mit ca 1.5 % der Anlagekosten
- Kein Wasserzins (Anlagen unter 1 MW Bruttoleistung sind vom Wasserzins befreit)

Wirtschaftlichkeitsberechnung

1. Anlagekosten KW an der Thur im Roos Fr. 5'230'000.—

2. Jahreskosten

Ca. 8.4 % der Anlagekosten Fr. 440'000.—

3. Nettoenergieproduktion

Nach Abzug des Eigenbedarf von 0.15 Mio kWh 3.95 Mio kWh

4. Energiegestehungskosten im Mitteljahr

$$K = \frac{\text{Jahreskosten}}{\text{Energieproduktion}} = \frac{\text{Fr. 440'000}}{3.95 \text{ Mio kWh}} = 0.111 \text{ Fr./kWh}$$

Nettoenergiegestehungskosten KW an der Thur im Roos = 11.1 Rp. / kWh

5. Jahresertrag aus Energieproduktion bei 15 Rp./kWh

Rückliefertarif Fr. 592'500.—

10. Hauptdaten

– Einzugsgebiet	E	=	175.3	km ²
– Oberwasserspiegel			640.32	m ü. M.
– Unterwasserspiegel			630.82	m ü. M.
– Bruttogefälle	H _{br}	=	9.50	m
– Nettogefälle bei Q _A	H _N	=	9.26	m
– Ausbauwassermenge	Q _A	=	12.0	m ³ /s
– Restwassermenge	Q _R	=	0.54	m ³ /s
– Ausbautage			87	Tage
– Mittlere jährliche Bruttoleistung	P _B	=	583	kW
– Ausbauleistung	P _A	=	928	kW
– Energieproduktion: Sommer			3.08	Mio kWh
Winter			1.02	Mio kWh
Jahr			4.10	Mio kWh
Eigenbedarf			0.15	Mio kWh
Nettoenergieproduktion			3.95	Mio kWh
– Stauwehr als festes Überfallwehr				
– Überlaufkote			640.32	m ü. M.
– Breite	B _W	=	34.0	m
– Höhe (im Mittel)	H _W	=	3.50	m
– Ableitkapazität	HQ ₁₀₀₀	=	345	m ³ /s
– Überstau bei HQ ₁₀₀₀			2.75	m
– Wasserfassung und Entsander				
– Länge	L _K	=	50	m
– Breite	B _K	=	5.50	m
– Höhe (im Mittel)	H _K	=	3.30	m
– Mittlere Geschwindigkeit	v _K	=	0.60	m/s
– Mittleres Gefälle		=	2.4	‰
– Oberwasserkanal				
– Länge (im Mittel)	L _{OWK}	=	200	m
– Breite (im Mittel)	B _{OWK}	=	4.25	m

- Höhe (im Mittel) $H_{OWK} = 2.30 \text{ m}$
- Mittlere Geschwindigkeit $V_{OWK} = 1.35 \text{ m/s}$
- Mittleres Gefälle $= 4.5 \text{ ‰}$

- Turbine
 - Kegelrad-Rohrturbine
 - Kote Mitte Laufrad $= 629.32 \text{ m ü. M.}$
 - Laufraddurchmesser $D = 1.45 \text{ m}$
 - Nennwassermenge $Q_T = 12.0 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Nettogefälle bei Q_T $H_N = 9.26 \text{ m}$
 - Nennleistung $P_N = 1014 \text{ kW}$
 - Drehzahl der Turbine $n_T = 310 \text{ U/min}$

- Generator
 - Synchrongenerator (vertikal)
 - Nennleistung $P_G = 1300 \text{ kVA}$
 - $\cos \varphi = 0.80$
 - Nennspannung $U_G = 420 \text{ V}$
 - Nenndrehzahl $n_G = 750 \text{ U/min}$
 - Durchbrenndrehzahl $n_{GD} = 2200 \text{ U/min}$

- Transformator
 - Dreiphasen-Öltransformator
 - Nennleistung $P_{Tr} = 1300 \text{ kVA}$
 - Übersetzung $= 21 \pm 2 \times 2.5 \% / 0.42 \text{ kV}$

11. Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Umwelt

Die Sanierung und Erneuerung der Niederdruckanlage an der Thur bringt einige Veränderungen mit sich, welche sich direkt oder indirekt auf die Umgebung auswirken. Einige wichtige Aspekte sind im folgenden kurz wiedergegeben.

11.1 Landschaftsschutz

Wie in Kapitel 3.3 erwähnt, wird beim vorliegenden Erneuerungsprojekt der Restwasserstrecke eine Restwassermenge nach GschG für Fischgewässer von 540 l/s abgegeben. Damit wird gegenüber den heutigen Verhältnissen, wo kein Dotierwasser vorgeschrieben ist, eine wesentliche Verbesserung erzielt, indem der Flussquerschnitt ständig benetzt bleibt und sich ein Niederwassergerinne ausbilden kann. Dies gilt speziell an Tagen mit geringer Wasserführung, wo das Flussbett bis anhin entlang der Restwasserstrecke annähernd oder sogar ganz trocken fällt. Es gelingt mit dem Erneuerungsprojekt ganzjährig eine durchgehende Fliessstrecke herzustellen, was sich sicherlich positiv auf das Erscheinungsbild der Thur auswirkt.

Durch das leicht höhere Stauziel wird gegenüber heute die Fliessgeschwindigkeit im Bereich des Stauwehrs und der Wasserfassung leicht reduziert. Die Stauwurzel verschiebt sich leicht nach oben. Aus landschaftsschützerischer Sicht sind keine Veränderungen im Bereich des Stauraumes zu erwarten. Der Wert dieser schönen zum Teil noch wilden Flusslandschaft mit zahlreichen Kiesbänken oberhalb des Wehres wird somit als Naherholungsgebiet weitgehend erhalten.

Der Entsander und der nachfolgende Oberwasserkanal bleiben in ihrer offenen Form erhalten und erzeugen folglich keine wesentliche Änderung des Landschaftsbildes.

Die Fläche zwischen dem Oberwasserkanal und der Thur bleibt weiterhin vollständig der Natur überlassen.

11.2 Naturschutz

Im Projektperimeter liegen keine schützenswerte Biotope. Für den Umbau der Wasserfassung und die Sanierung des Oberwasserkanales müssen temporär einige Bäume und Gebüsche gerodet werden. Sie werden nach Vollendung der Bauarbeiten wieder angepflanzt.

Fische

Im genutzten Bereich der Thur leben Bachforellen. Ihr Lebensraum ist wegen der stark schwankenden Wasserführung und dem teilweise fehlenden Restwasser heute nicht optimal.

Die beim Stauwehr bereits vorhandene Fischtreppe und das projektierte Niederwassergebinne in der Restwasserstrecke ermöglicht allen im betreffenden Gewässer natürlicherweise angesiedelten Fischen den Aufstieg. Die Funktionstüchtigkeit der bestehenden Fischtreppe ist bereits heute nachgewiesen.

Wildtiere

Die projektierte Kraftwerksanlage entspricht in ihren Dimensionen der seit über hundert Jahren bestehenden Anlage. Sie bildet somit für die Wildtiere, welche den Zugang zur Thur suchen, keine neuen Hindernisse.

Die Wahrscheinlichkeit des Aufenthaltes von Wildtieren im Bereich der Chemie-Faser Ebnat AG und somit auch des Oberwasserkanales, welcher zusammen mit der Wasserfassung eingezäunt ist, ist relativ gering. Es ist eher anzunehmen, dass sie sich im Bereich der Flachwasserzonen des Stauraumes mit seinen angrenzenden Wäldern aufhalten. Durch die im Stauraum bereits schon stark vorangeschrittene Verlandung ist das Wasser nicht sehr tief. Im Bereich der Stauwurzel ist die Thur bei Niederwasser problemlos für Wildtiere überquerbar.

11.3 Erhaltung der Wasserqualität

Die Erneuerung und der Betrieb des Kraftwerks an der Thur führt zu keinen Veränderungen der Wasserqualität. Es werden keine Abwässer in die Thur eingeleitet. Das im Pumpensumpf des Maschinenhauses anfallende Leckagewasser wird über einen Ölabscheider ins Unterwasser geleitet.

Das beim Rechen vor dem Einlauf des Kraftwerks anfallende Geschwemmsel wird der Thur entnommen, in einer Geschwemmselgrube gestapelt und einer fachgerechten Entsorgung zugeführt.

11.4 Grundwasserschutz

Durch den um 24 cm höheren Staupegel im Bereich der projektierten Wehr- und Fassungsanlage kann das potentiell angrenzende Grundwasservorkommen verstärkt angereichert werden.

Unterhalb der Rückgabestelle bleiben die Wassermengen auch mit Bewirtschaftung einer grösseren Ausbauwassermenge dieselben wie heute.

11.5 Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen

Durch eine Erhöhung respektive Verminderung der Restwassermenge kann weniger beziehungsweise mehr Wasser für die Produktion elektrischer Energie genutzt werden. Dadurch verändern sich die Energiegestehungskosten des Kraftwerks an der Thur.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Energiegestehungskosten für folgende drei Fälle aufgeführt:

A: Restwassermenge nach GschG für Nichtfischgewässer

$$Q_R = 470 \text{ l/s}$$

B: Restwassermenge nach GschG für Fischgewässer

$$Q_R = 540 \text{ l/s} \quad (\text{Kap. 3.3})$$

C: Doppelte Restwassermenge

$$Q_R = 1080 \text{ l/s}$$

Fall	A	B	C
Restwassermenge	470 l/s	540 l/s	1080 l/s
Nettoenergieproduktion	3.98 Mio kWh	3.95 Mio kWh	3.67 Mio kWh
Nettoenergiegestehungskosten	11.06 Rp./kWh	11.14 Rp./kWh	11.99 Rp./kWh

12. Zusammenfassung

Durch den in diesem Variantenstudium und Vorprojekt dargestellten Ausbau des Kraftwerks an der Thur im Roos der Chemie-Faser Ebnat AG wird das Energiepotential in diesem Thurabschnitt optimal genutzt.

Mit der Erneuerung des Kraftwerks an der Thur in Ebnat-Kappel werden einzelne über 100 Jahre alte Anlageteile ersetzt und in eine neue moderne Anlage umgebaut. Mit der Erhöhung der Ausbauwassermenge und dem Einbau einer neuen Kegelrad-Rohrturbine kann die Stromproduktion praktisch verzehnfacht werden. Mit der Abgabe einer Restwassermenge über den bestehenden Fischaufstieg werden auch die Anliegen des Umwelt- und des Landschaftsschutzes verbessert und zeitgerecht umgesetzt.

Die installierte Leistung des Kraftwerks bei einer Ausbauwassermenge von 12.0 m³/s und einem Nettogefälle von 9.26 m beträgt 928 kW. Die mittlere jährliche Energieproduktion (mit Restwasserabgabe) beträgt 4.10 Mio kWh, wovon ca. 25 % auf das Winterhalbjahr und ca. 75 % auf das Sommerhalbjahr entfallen. Rund 48 % der Energie fallen zur Hochtarifzeit an.

Die Gesamtkosten der Anlage werden auf ca. 5.23 Mio Fr. geschätzt (Basis 2000). Damit betragen die mittleren Nettoenergiegestehungskosten 11.1 Rp./kWh.

Die Anlage kann in rund 1 ½ Jahren erstellt werden.

Durch die aufgezeigte Erneuerung erhält die Chemie-Faser Ebnat AG eine neue leistungsfähige Kraftwerksanlage, die wertvolle Mehrenergie zu kostendeckenden Bedingungen liefert.

IM Ingenieurbüro Maggia AG