

Schlussbericht Februar 2003

Kraftwerk Treppe

Erneuerung und Erweiterung der bestehenden Anlage

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

IM Ingenieurbüro Maggia AG, via S. Franscini 5, 6601 Locarno

Autoren:

Fernando M. Binder

Josef Burri

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energie und Umwelt“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Vertrieb: BBL, Vertrieb Publikationen, 3003 Bern · www.bbl.admin.ch/bundespublikationen

A.	Technischer Bericht	
1.	Einleitung	1
2.	Unterlagen	2
2.1	Topographische Unterlagen	2
2.2	Hydrologische Unterlagen	2
2.3	Weitere Unterlagen	3
3.	Hydrologie	4
3.1	Einzugsgebiet und Abflussmengen	4
3.2	Ausbau- und Nutzwassermenge	5
3.3	Restwassermengen	6
3.3.1	Festlegung der Restwassermenge nach Gewässerschutzgesetz	6
3.3.2	Ermittlung der Notwendigkeit einer Erhöhung der Restwassermenge	7
3.4	Hochwassermengen	8
4.	Beschrieb der heutigen Anlage und deren Zustandserfassung	9
4.1	Stauanlage	9
4.2	Wasserfassung und Druckleitung	9
4.3	Zentrale und elektromechanische Ausrüstung	11
4.3.1	Mechanische Ausrüstung	11
4.3.2	Elektrische Ausrüstung	12
5.	Variantenstudium	15
5.1	Anlagekonzept	15
5.2	Variante 1: Erneuerung der bestehenden Anlage	15
5.3	Variante 2: Ausbau auf 1 MW Bruttoleistung	15
5.4	Variante 3: maximale Ausnützung des Wasserkraftpotentials	16
5.5	Variantenvergleich und Wahl der Bestvariante	16
6.	Projektbeschreibung	18
6.1	Anlagekonzept	18
6.2	Stauwehr und Wasserfassung	18
6.3	Druckleitung	20
6.4	Zentrale	20
6.5	Unterwasserkanal	21
7.	Energieproduktion	22
8.	Kostenschätzung und Bauprogramm	23
9.	Wirtschaftlichkeit und Energiegestehungskosten	24
10.	Hauptdaten	25
11.	Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Umwelt	27
11.1	Landschaftsschutz	27
11.2	Naturschutz	27
11.3	Erhaltung der Wasserqualität	28
11.4	Grundwasserschutz	28
11.5	Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen	29
12.	Zusammenfassung	30

B. Photodokumentation**C. Beilagen zum Technischen Bericht**

Beilage 1	Situation 1:25'000	111630.11-901
Beilage 2	Einzugsgebiet des Kraftwerks 1:100'000	111630.11-902
Beilage 3	Dauerkurve der Thur bei der Wasserfassung	111630.11-903
Beilage 4	Situation 1:500	111630.11-904
Beilage 5	Längenprofil 1:200	111630.11-905
Beilage 6	Wasserfassung, Grundriss und Schnitte 1:200/100	111630.11-906
Beilage 7	Zentrale, Grundriss und Schnitte 1:100	111630.11-907
Beilage 8	Bauprogramm	111630.11-908

A. TECHNISCHER BERICHT

1. Einleitung

Bei Trepel unterhalb von Krummenau, unmittelbar beim Zufluss des Bendelbaches, fällt die Thur über eine erste Felskaskade von ca. 8 m Höhe. Die gesamte Gefällsstufe zwischen den beiden eher flachen Flussabschnitten von Krummenau und Ebnat-Kappel weist eine Höhendifferenz von rund 25 m auf. Am oberen Rand dieser Gefällsstufe befindet sich seit vielen Jahren eine Textilfabrik mit zugehörigem Wasserkraftwerk. Dieses nutzt eine Wassermenge von ca. 2.60 m³/s über ein Gefälle von rund 23 m.

Die Konzession für die heutige Kraftwerksanlage läuft am 31. Dezember 2008 ab.

Im März 2002 beauftragte die Kraftwerk Trepel AG die IM Ingenieurbüro Maggia AG mit der Ausarbeitung einer Variantenstudie und eines Vorprojektes für eine bessere Nutzung des vorhandenen Wasserkraftpotentials in einer wirtschaftlichen Kraftwerksanlage.

Der vorliegende Bericht mit Planbeilagen beinhaltet eine Übersicht über die Variantenstudie und umschreibt die bis auf Stufe Vorprojekt weiterbearbeitete Bestvariante.

2. Unterlagen

Zur Ausarbeitung des Vorprojektes des Kraftwerks Trempe standen folgende Unterlagen zur Verfügung.

2.1 Topographische Unterlagen

- Landeskarte 1:25'000 Blatt 1114 Nesslau
- Grundbuchplan der Gemeinde Krummenau
 - Situation 1:1000
- Daten der Thur – Vermessung vom Amt für Wasser- und Energiewirtschaft, letzte durchgeführte Vermessung: Sommer 1996
 - Situation der Thur 1:2000, Vermessung km 46.000 – 47.800
 - Längenprofil der Thur 1:5000/100, Krummenau – Ebnat (km 48.0 – 44.7)
 - Querprofile der Thur 1:100

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 2001
Thur - Bütschwil	Periode 1922 bis 1974
Thur - Jonschwil, Mühlau	Periode 1966 bis 2001
- "Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern"; Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, 1974
- "Beurteilungshilfe für die Erhöhung der Restwassermenge" Bau- und Finanzdepartement des Kantons St. Gallen, Amt für Umweltschutz, 2000

- "Angemessene Restwassermengen – wie können sie bestimmt werden?" Wegleitung 2000, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

2.3 Weitere Unterlagen

- Druckleitungs- (N^o 345 384), Zentralen- (N^o 805 835) und Maschinenplan (N^o 805 914) der EWC aus dem Jahre 1924
- Längenprofil 1:100/500 Z-1180 vom 27.01.1977 und Situationsplan 1:1000 Z-1181 vom 28.01.1977
- Protokoll des Regierungsrates des Kantons St. Gallen Nr. 804 vom 6. Juni 1978 betreffend der Konzessionserneuerung des Kraftwerks Trempel
- Studienbericht Nr. 3 des Bundesamtes für Wasserwirtschaft „Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz, Teil IIa, Oberes Toggenburg“ (1984)
- Bestandesaufnahme, Zustandskontrolle und Revisionsempfehlung der Francis Turbinen der IM Ingenieurbüro Maggia AG, Locarno vom April 2002

3. Hydrologie

3.1 Einzugsgebiet und Abflussmengen

Das direkte Einzugsgebiet bei der Wasserfassung des Kraftwerks Trempe (siehe Beilage 2) hat eine Fläche von 165 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 Trempe lassen sich aus den eidgenössischen hydrometrischen Stationen Stein - Iltishag, Bütschwil und Jonschwil - Mühlau ermitteln.

Station	Messperioden	Einzugsgebiet
Thur - Stein, Iltishag	1964 – 2001	84.0 km ²
Thur - Bütschwil	1922 – 1974	303.0 km ²
Thur - Jonschwil, Mühlau	1966 – 2001	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 Trempe mit folgender Formel ermitteln:

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

wobei:	$Q_{\text{Kraftwerk}}$	=	Abflussmenge beim Kraftwerk
	$Q_{\text{Referenzstation}}$	=	Abflussmenge der Referenzstation
	$E_{\text{Kraftwerk}}$	=	Einzugsgebiet des Kraftwerks (165.0 km ²)
	$E_{\text{Referenzstation}}$	=	Einzugsgebiet der Referenzstation
	$C = \frac{q_m \text{ Krummenau}}{q_m \text{ Referenzstation}}$	=	Korrekturfaktor, der die Variation der spezifischen mittleren Abflussmenge in Abhängigkeit der Grösse des Einzugsgebietes berücksichtigt

Mit eingesetzten Zahlenwerten lautet die Formel:

$$Q_{\text{Kraftwerk}} = \begin{array}{ll} 1.96 \cdot Q_{\text{Stein, Iltishag}} & (q_m \text{ Stein, Iltishag} = 4.03 \text{ m}^3/\text{s}) \\ 0.54 \cdot Q_{\text{Bütschwil}} & (q_m \text{ Bütschwil} = 13.9 \text{ m}^3/\text{s}) \\ 0.33 \cdot Q_{\text{Jonschwil, Mühlau}} & (q_m \text{ Jonschwil, Mühlau} = 21.2 \text{ m}^3/\text{s}) \end{array}$$

Aus diesen Beziehungen lassen sich folgende Dauerkurven ermitteln:

Tage	9	18	55	91	137	182	228	274	329	347
Aus Stein [m ³ /s]	30.6	24.8	15.2	10.7	7.35	4.85	3.01	1.85	1.04	0.81
Aus Bütschwil [m ³ /s]	30.9	23.4	13.4	9.64	6.97	4.91	3.38	2.25	1.25	0.94
Aus Jonschwil [m ³ /s]	29.0	21.3	12.1	8.84	6.19	4.59	3.33	2.38	1.37	1.05

Die aus der Messstation Stein – Iltishag ermittelte Dauerkurve zeigt im Vergleich mit derjenigen der Messstation Jonschwil – Mühlau höhere Spitzenabflusswerte und tiefere Niedrigwasserabflusswerte. Die Werte, welche von der Messstation Bütschwil abgeleitet wurden, liegen zwischen den beiden erwähnten Dauerkurven.

Für die weiteren Berechnungen des Kraftwerks Trempel wird der Mittelwert dieser drei Dauerkurven verwendet. Die Dauerkurven für ein nasses beziehungsweise trockenes Jahr wurden aus der Umrechnung der entsprechenden Daten der Station Thur – Bütschwil gewonnen. Als trockenes Jahr ist hier 1949 und als nasses 1970 aufgeführt. Das Jahr 1970 wurde bis 1998 auch bei der Station Thur – Jonschwil, Mühlau als nasses Jahr aufgeführt. Die Daten der Dauerkurven für ein Mitteljahr, ein nasses und ein trockenes Jahr lauten somit für das Kraftwerk Trempel:

Tage	9	18	55	91	137	182	228	274	329	347
Nasses Jahr [m ³ /s]	38.1	30.6	19.8	14.1	9.75	6.81	4.96	3.51	1.91	1.51
Mitteljahr [m³/s]	30.2	23.1	13.6	9.74	6.84	4.78	3.24	2.16	1.22	0.93
Trockenes Jahr [m ³ /s]	19.7	15.8	9.26	6.32	3.92	2.61	1.74	1.11	0.75	0.54

Die Dauerkurve der Abflussmengen ist in der Beilage 3 aufgezeichnet.

3.2 Ausbau- und Nutzwassermenge

Aus der Dauerkurve für das Mitteljahr und einem eingehenden Variantenstudium von verschiedenen Ausbaugrößen, wurde die günstigste Ausbauwassermenge für das Kraftwerk bestimmt. Die Ausbauwassermenge für die Bestvariante beträgt 6.60 m³/s und wird durchschnittlich an 140 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten.

Die nutzbare Wassermenge beträgt im Mitteljahr rund 129.6 Mio m³, wobei rund 45 % im Winter- respektive 55 % im Sommerhalbjahr anfallen. In einem nassen Jahr kann sich die-

se 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

3.3.1 Festlegung der Restwassermenge nach Gewässerschutzgesetz

Da die Thur eindeutig 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 $0.93 \text{ m}^3/\text{s}$. Daraus resultiert gemäss Art. 31 Abs. 1 GSchG:

„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:

$$Q_{\text{Restwasser}} = 280 \text{ l/s} + 4.3 * 31 \text{ l/s} = 415 \text{ l/s}$$

Das Restwasser wird bei der Wasserfassung über eine Überfallöffnung im Wehr abgegeben. Die Breite dieser Öffnung ist so gewählt, dass bei einem Wasserstand von 701.27 m ü. M. 415 l/s ins Unterwasser der Thur fließen.

Mit der Konstanthaltung des Stauziels durch die Wasserstandsregulierung des Kraftwerkes (kein Wehrüberfall) ist die dauernde und konstante Restwasserabgabe über den Jahresverlauf gewährleistet. Der Pegel der Stauhaltung wird bei der Wasserfassung laufend aufgezeichnet. Somit kann die abgegebene Restwassermenge jederzeit kontrolliert und nachvollzogen werden.

Die Länge der Restwasserstrecke von der Wehrschwelle bis zur Wasserrückgabe des Kraftwerkes beträgt ca. 150 m .

3.3.2 Abschätzung der Notwendigkeit einer Erhöhung der Restwassermenge

In diesem Abschnitt geht es darum abzuklären, ob die in Abschnitt 3.3.1 nach Art. 31 Abs. 1 GSchG ermittelte Restwassermenge zu erhöhen ist.

Erhaltung seltener Lebensräume und –gemeinschaften (Art. 31 Abs. 2 Bst. c GSchG)

Der vom Kraftwerk genutzte Thurabschnitt gehört nicht zu den inventarisierten Schutzgebieten.

Der Fischbestand setzt sich hauptsächlich aus Bachforellen und einigen wenigen Groppen zusammen. Es besteht keine hohe Biodiversität der Fischfauna. Arten, die vom Aussterben bedroht, stark gefährdet oder gefährdet sind, sind keine vorhanden.

Die Morphologie des genutzten Thurabschnittes zeichnet sich in dieser Steilstrecke durch grosse Pools und grössere Abstürze aus (siehe Photodokumentation), welche durch die minimale Restwassermenge ausreichend dotiert wird. Das Überleben der Fischfauna ist bereits heute mit einer wesentlich geringeren Dotierwassermenge sichergestellt. Aus Gründen der Erhaltung seltener Lebensräume und –gemeinschaften ist die Mindestrestwassermenge nicht zu erhöhen.

Gewährleistung der für die freie Fischwanderung erforderlichen Wassertiefe (Art. 31 Abs. 2 Bst. d GSchG)

Die beiden je ca. 8 m hohen Felskaskaden unterbrechen die freie Fischwanderung auf eine natürliche Art und Weise, somit wird das Kriterium der freien Fischwanderung hinfällig. Die Wassertiefe in den Pools zwischen den Steilabfällen ist ausreichend. Eine Erhöhung der Mindestrestwassermenge drängt sich aus diesem Grund nicht auf.

Erhaltung der Funktion als Aufzuchtgebiete oder Laichstätten von Fischen in Gewässern unterhalb 800 m ü. M., die eine Abflussmenge $Q_{347} < 40$ l/s aufweisen (Art. 31 Abs. 2 Bst. e GSchG)

Die Abflussmenge Q_{347} ist mit $0.93 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mitteljahr deutlich grösser als 40 l/s . Die Aufzuchtgebiete für Jungfische befinden sich gemäss Auskunft des örtlichen Fischereiaufsehers primär in den Seitenbächen der Thur. Es werden lediglich Sömmerlinge ausgesetzt. Aus diesen Gründen muss die Mindestrestwassermenge nicht erhöht werden.

Aufgrund dieser ersten Grobbeurteilung und dem Umstand, dass die vorhandenen Felsrippen ein natürliches Hindernis für die freie Fischwanderung bilden, wird eine Erhöhung der Mindestrestwassermenge als nicht notwendig erachtet.

3.4 Hochwassermengen

Die Thur ist ein Wildbach mit grossen Hochwasserspitzen, bei welchen viel Geschiebe mittransportiert werden.

Die Berechnung der Hochwassermengen für das Kraftwerk Trempel erfolgte durch Umrechnung der Hochwasserwerte der Abflussmessstation Thur – Jonschwil, Mühlau (1966 – 2001, $E = 493.0 \text{ km}^2$). Mittels verschiedener statistischer Analysemethoden der maximalen jährlichen Abflussspitzen liessen sich die 2-, 5-, 10-, 50-, und 100-jährlichen Hochwassermengen bestimmen. Die Umrechnung auf das kleinere Einzugsgebiet erfolgte analog der im Kapitel 3.1 angegebenen Kriterien.

Für das Kraftwerk ergeben sich folgende Hochwasserwerte:

HQ ₂	=	105 m ³ /s
HQ ₅	=	135 m ³ /s
HQ ₁₀	=	155 m ³ /s
HQ ₂₀	=	175 m ³ /s
HQ ₅₀	=	210 m ³ /s
HQ ₁₀₀	=	235 m ³ /s

Die Berechnung der Dimensionierungshochwassermenge für das Kraftwerk Trempel erfolgte gemäss Weisungen des Tiefbauamtes St. Gallen nach der empirischen Formel von Müller (1943):

$$\mathbf{DHQ} = E * \Psi_0 * \frac{43}{\sqrt[3]{E}} = 165.0 * 0.27 * \frac{43}{\sqrt[3]{165.0}} = \mathbf{350 \frac{m^3}{s}}$$

Die Wasserfassung und das feste Wehr sind bei einem Neubau der Kraftwerksanlage auf ein Hochwasser von 350 m³/s mit genügendem Freibord zu bemessen.

4. Beschrieb der heutigen Anlage und deren Zustandserfassung

Die heutige Kraftwerksanlage im Trempe ist aus mehreren Umbauten hervorgegangen. Der Grossteil der Anlage stammt aus dem Jahre 1924.

4.1 Stauanlage

Die Thur wird bei der Wasserfassung durch ein auf einem anstehenden Felsriegel fundiertes Betonwehr mit einer Höhe von max 1.0 m über OK Fels aufgestaut. Die Breite der Wehrkrone beträgt ca. 27 m. Dieses Überfallwehr dient der Stauhaltung auf Kote 701.27 m ü. M. und sorgt nach Überschreitung der Ausbauwassermenge des Kraftwerkes für die schadlose Hochwasserableitung.

In der rechten Wehrhälfte ist ca. 6 m vom Einlaufbauwerk entfernt eine mit Dammbalken verschliessbare Öffnung im Wehr eingelassen. Über diese wird heute eine minimale Restwassermenge abgegeben. Im Protokoll des Regierungsrates des Kantons St. Gallen von der Sitzung vom 06. Juni 1978 kann dazu folgendes nachgelesen werden:

“10. Der Thurstrecke zwischen Wasserentnahme- und Wasserrückgabestelle ist jederzeit genügend Wasser zuzuführen, damit die Existenz der Fische in diesem Abschnitt gesichert ist.“

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

4.2 Wasserfassung und Druckleitung

Das Betriebswasser für das Kraftwerk wird unmittelbar oberhalb des Wehres am rechten Ufer mit einer Wasserfassung der Thur entnommen.

Die Wasserfassung besteht aus einem Einlaufbauwerk und einem ca. 40 m langen Oberwasserkanal, welcher gleichzeitig als Entkieser dient.

Das Einlaufbauwerk beim Fallenhaus ist mit einer Tauchwand zur Abweisung von Geschwemmsel und einer Einlaufschütze zur Regulierung der Zuflüsse ausgerüstet. Anschliessend gelangt das Betriebswasser in den offenen Entkieser. Dieser hat eine Breite von ca. 2.15 m und eine Tiefe von 1.50 m. Daraus lässt sich bei der Ausbauwassermenge

von $Q_A = 2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ eine mittlere Fließgeschwindigkeit von 0.8 m/s ableiten. Dies erlaubt dem Betriebswasser theoretisch Kieskomponenten bis rund 4 mm Durchmesser zu entnehmen.

Der Oberwasserkanal verfügt beidseitig auf seiner ganzen Länge über einen Überfall zur Ableitung von überschüssigem Betriebswasser. Die Kote des thurseitigen Überfalls ist leicht tiefer als diejenige des bergseitigen. Thurseitig wird laufend Wasser in die Thur zurückgegeben, was zur Folge hat, dass der Entkieser immer mit zuviel Wasser beschickt wird, was zu einer Fließgeschwindigkeit von über 0.8 m/s führt. Dies bedeutet, dass der Entkiesungseffekt vermutlich noch um einiges schlechter als theoretisch berechnet ist. Am unteren Ende ermöglicht eine manuell betriebene Spülschütze die periodische Spülung des Entkiesers.

Danach folgen das Rechenhaus mit einer automatischen Rechenreinigungsanlage und das Einlaufbauwerk in die Druckleitung.

Die gesamte Wasserfassung ist gut unterhalten und befindet sich in einem guten baulichen Zustand. Beim Einlaufbauwerk sind durch die hohe Zulaufgeschwindigkeit turbulente Strömungsverhältnisse festzustellen, welche immer wieder Äste und anderes Geschwemmsel in den Oberwasserkanal reissen.

Die älteren Betonteile sind aufgrund der vorhandenen Feuchtigkeit und des Spritzwassers zum Teil stark mit Algen bewachsen oder vermoost. Der Oberwasserkanal ist im oberen Teil stark mit Thurkies verlandet.

Die Druckleitung mit einem Durchmesser von 1000 mm besteht aus Stahl. Sie ist über die ganze Länge von 86 m frei verlegt. Zwei Fixpunkte und die dazwischenliegenden Rohrsättel halten und lagern das Druckleitungsrohr.

Am 6. März 2002 brachen auf der rechten Thurseite im Gebiet Trempel nahe der Gemeindegrenze zu Krummenau einige Molassenagelfluhblöcke aus dem oberen Hangbereich ab. Die Abbruchstelle liegt im oberen Steilhangbereich unmittelbar am Rand des Fabrikareals. Der Felsabbruch zerstörte die Druckleitung über eine Länge von ca. 40 m sowie die Holztreppe des Thurwanderweges beziehungsweise den Zugang zur untenliegenden Zentrale. Anlässlich dieses Schadenfalls wurde in den Monaten April bis Juni 2002 der Hang gesichert und die Druckleitung im beschädigten Abschnitt mit einem neuen Stahlrohr von 1600 mm Durchmesser und zwei Übergangskonussen ersetzt.

4.3 Zentrale und elektromechanische Ausrüstung

Das Zentralengebäude steht direkt an der Thur unterhalb der Felswand, welche steil zum Areal der Fabrikliegenschaft Trempe aufsteigt. Es ist geräumig und hat eine Breite von 9.5 m und eine Länge von 12 m. Die Wände bestehen aus Beton und Mauerwerk und das Flachdach, in welchem eine Montageöffnung eingelassen ist, aus Stahlbeton.

Ein kurzer Unterwasserkanal leitet das abgearbeitete Betriebswasser wieder zurück in die Thur.

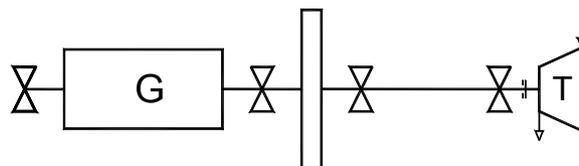
Die Anlage läuft im Dauerbetrieb und speist die Energie in das elektrische Netz der Fabrikliegenschaft Trempe ein. Von da aus gelangt der Strom ins Netz der SAK.

Die bestehende Anlage hat heute eine mittlere jährliche Energieproduktion von rund 2.5 Mio kWh.

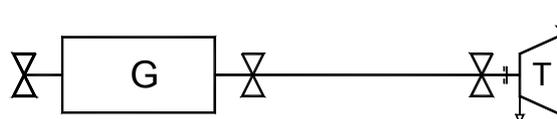
4.3.1 Mechanische Ausrüstung

Im Kraftwerk Trempe sind zwei horizontale Maschinengruppen mit Francis-Turbinen eingebaut.

Die Maschinengruppe 1 ist 4-fach gelagert und verfügt noch über ein Schwungrad. Das Turbinenlager ist als kombiniertes Achsial- und Führungslager ausgeführt.



Die Maschinengruppe 2 ist 3-fach gelagert. Das Schwungrad wurde vor einigen Jahren ausgebaut. Das Turbinenlager ist als kombiniertes Achsial- und Führungslager ausgeführt.



Maschinendaten

	Turbine 1	Turbine 2
Hersteller:	Escher-Wyss-ZH	Wyss-Giezendanner-Uzwil
Fabrikations-Nr.:	7279	
Baujahr:	1924	1946
Daten:	Plan EWC Nr. 805914 v. 9.7.24	Ing. Wyss v. 12.10.46
Nenngefälle:	21,5 / 22 m	20 m / 22 m
Nennwassermenge:	1340 / 1360 l/s	1300 / 1250 l/s
Nennleistung:	300 / 315 PS (220.5 / 231.6 kW)	310 / 270 PS (228 / 198 kW)
Nenndrehzahl:	500 U/min	750 U/min
Lauftrad:	Alubronce	Schwarzer Stahlguss

Regler Ölhydraulikaggregat

Die beiden Turbinen wurden 1985 revidiert und mit neuen elektronischen Turbinenreglern der Firma Disag/Ammann in Marbach und mit einem für beide Turbinen gemeinsamen Ölhydraulikaggregat ausgerüstet.

Turbinenabsperrorgane

Beide Turbinen verfügen über je einen Keilschieber als Absperrorgan. Die Schieber sind mit Elektroantrieben mit Riemenantrieb und Winkeluntersetzungsgetriebe ausgerüstet.

Hebezeuge

Als Hebezeuge sind über jeder Maschinenachse Einschienen-Handkettenzüge mit einer Tragfähigkeit von je 1 t vorhanden.

4.3.2 Elektrische Ausrüstung

Im Maschinenhaus sind die beiden horizontalachsigen Synchrongeneratoren je mit einer Francisturbine direkt gekoppelt. Der Leistungsteil des Elektro-Schaltzschrankes besteht aus zwei getrennten Sammelschienen, welche mit einem Kabelabgang zum entsprechenden Generator und dem Verteilschrank der Industrieliegenschaft verbunden sind. Auf den Sammelschienen sind Hochleistung-Schmelzsicherungen montiert.

Im Verteilschrank der Industrieliegenschaft Trempe, welche ca. 100 m von der Zentrale entfernt ist, sind die Generatorenschalter untergebracht. Diese sind vom Typ Leistungsschalter und werden im automatischen Betrieb durch das Synchronisiergerät eingeschaltet. Daneben ist der Niederspannungs-Transformator-Leistungsschalter installiert. Die Sammelschienen des Verteilschranks sind mit der Hauptverteilung der Industrieliegenschaft

verbunden. Im Nebenraum stehen der Verteiltransformator, die Spannungs- und Stromwandler der Messung sowie der Leistungsschalter mit dem Kabelabgang zur 20 kV Freileitung.

Technische Daten der Generatoren

	Generator 1	Generator 2
Typ:	Synchrongenerator	Synchrongenerator
Hersteller:	Hitzinger	Alstom
Baujahr:	1981	1988
Leistung:	268 kVA, S1	232 kVA, S1
Leistungsfaktor:	0.8	0.8
Nennspannung:	400 / 230 V	400 / 230 V
Nennstrom:	387 A	335 A
Nenndrehzahl:	500 U/min	750 U/min
Spannungsregler:	Basler, SCP 250-G-50	A.C.E.O

<u>Turbinenregler:</u>	Hersteller:	Ammann Marbeg
	Baujahr:	1985
	Ausführung:	Einschubtechnik, bestückt mit 4 elektronischen Karten für beide Maschinen

Die einfache Steuerung ist ebenfalls im Turbinenregler integriert.

<u>Maschinentafel:</u>	Hersteller:	Nicht bekannt, alt
	Baujahr:	Nicht bekannt, alt

<u>Niederspannungsverteilung:</u>	Hersteller:	Nicht bekannt, alt
	Baujahr:	Nicht bekannt, alt
	Generatorschalter:	S&S, Leistungsschütze 600 A, alt
	Transformatorschalter:	SACE, Bergamo
	Abgänge:	Gardy Sicherungsuntersätze und NH Sicherungen

<u>Hochspannungsanlage:</u>	Transformator 400 kVA:	ABB, 1986
	Schalter, Sprecher Energie:	1989
	SAK Energiemesseinrichtung:	1989

Betrieb

Es besteht ein halbautomatischer Betrieb. Zuerst sind vom Betriebspersonal die motorisierten Turbinenschieber zu öffnen, bei Erreichen eines bestimmten Wasserspiegels im Einlaufbecken startet dann der Turbinenregler die Maschine, welche dann durch das Synchronisiergerät ans Netz zugeschaltet wird. Der Wasserstandsregler regelt den Wasserzufluss zu den Turbinen und hält das Niveau im Entkieserbecken konstant. Senkt sich der Wasserspiegel unter ein gewisses Niveau, wird die Turbine automatisch gestoppt. Bei Netztrennung werden die Turbinen über ein Notschlussventil kontrolliert abgestellt.

Lebensdauer

Prinzipiell sind nur Anlageteile, welche älter als 25 Jahre sind, kritisch. Die alten Verteilschranke entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Die neuen Vorschriften für den Personenschutz bei elektrischen Anlagen werden nur noch zum Teil eingehalten. Kurz- bis mittelfristig sind der Einbau von neuen Generatorleistungsschaltern in die Maschinentafel des Kraftwerks empfohlen.

Mit einer konsequenten Durchführung aller notwendigen Unterhaltsarbeiten kann die Kraftwerksanlage ohne weiteres noch bis ans Ende der Konzession betrieben werden.

5. Variantenstudium

5.1 Anlagekonzept

Im Rahmen eines Variantenstudiums wurden verschiedene Ausbauvarianten untersucht. Dabei war eine optimale und möglichst wirtschaftliche Nutzung der anfallenden Wassermengen zu finden. Die Beurteilung und der Vergleich der verschiedenen Varianten bezüglich Anlagekosten, Energieproduktion und Wirtschaftlichkeit führte schliesslich zur Wahl der Bestvariante.

Das Konzept der bestehenden Anlage mit Wasserfassung, Druckleitung und Zentrale bleibt dabei weitgehend erhalten.

5.2 Variante 1: Erneuerung der bestehenden Anlage

Ausbauwassermenge	Q_A	=	2.60	m^3/s
Nettofallhöhe	H_N	=	23.26	m
Ausbauleistung	P_A	=	515	kW

Das Kraftwerk Treppe bleibt in seiner heutigen Grösse erhalten. Die veralteten Anlageteile werden wie folgt erneuert:

- Die Wasserfassung wird umgebaut, so dass sie das Betriebswasser turbulenzfrei und mit kleinerer Geschwindigkeit fasst. Zudem wird eine Kiesspülschütze zur periodischen Freispülung der Wasserfassung in die Wehrschwelle eingelassen.
- Der Entsander wird vergrössert, sodass er dem Betriebswasser alles Geschiebe bis zu einem Grenzkorn $< 1\text{mm}$ Durchmesser entnimmt.
- Die elektromechanische Ausrüstung wird erneuert.

5.3 Variante 2: Ausbau auf 1 MW Bruttoleistung

Ausbauwassermenge	Q_A	=	6.60	m^3/s
Nettofallhöhe	H_N	=	23.93	m
Ausbauleistung	P_A	=	1350	kW

Das Kraftwerk Trepel wird auf 1 MW Bruttoleistung ausgebaut. Dies hat zur Folge, dass sämtliche Anlageteile wie folgt erneuert werden müssen:

- Die Wasserfassung wird umgebaut, so dass sie das Betriebswasser turbulenzfrei fasst. Eine Tauchwand sorgt für eine wirksame Abweisung des Geschwemmsels. Zudem wird eine Kiesspülschütze zur periodischen Freispülung der Wasserfassung in die Wehrschwelle eingelassen.
- Der Entsander wird vergrößert, sodass er dem Betriebswasser alles Geschiebe bis zu einem Grenzkorn $< 1\text{mm}$ Durchmesser entnimmt.
- Eine neue Rechenreinigungsanlage mit Entnahme des Geschwemmsels wird vor dem Entsander installiert.
- Die Druckleitung wird erneuert, wobei der Durchmesser von DN 1000 auf DN 1600 vergrößert wird.
- Die elektromechanische Ausrüstung wird komplett erneuert.

5.4 Variante 3: maximale Ausnützung des Wasserkraftpotentials

Ausbauwassermenge	Q_A	=	11.00 m ³ /s
Nettofallhöhe	H_N	=	24.04 m
Ausbauleistung	P_A	=	2250 kW

Das Kraftwerk Trepel wird auf die maximale Ausnützung des vorhandenen Wasserkraftpotentials ausgebaut. Dies hat zur Folge, dass sämtliche Anlageteile zu erneuern sind.

5.5 Variantenvergleich und Wahl der Bestvariante

In der folgenden Tabelle sind die Anlage- und Jahreskosten, die Energieproduktion sowie die Energiegestehungskosten für die drei oben beschriebenen Varianten zusammengestellt.

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
Anlagekosten	Fr.	5'250'000	7'650'000	9'100'000
Jahreskosten	Fr.	525'000	765'000	910'000
Energieproduktion	kWh	3.42 Mio	6.93 Mio	9.03 Mio
Energiegestehungskosten	Rp/kWh	15.35	11.04	10.08

Aus dem Variantenvergleich geht hervor, dass die Variante 3 mit der maximalen Ausnützung des Wasserkraftpotentials mit 10.08 Rp./kWh den günstigsten Energiegestehungspreis aufweist. Die Bruttoleistung liegt mit ca. 1.3 MW über der Grenzbruttoleistung von 1 MW. Das Kraftwerk erhält für die produzierte Energie keine Sondertarife gemäss der Empfehlung des Bundesamtes für Energie respektive des UVEK. Dies bedeutet, dass sich die Rückliefertarife nach den Marktbedingungen richten, welche heute in der Grössenordnung der resultierenden Energiegestehungskosten liegen.

Die Variante 2 mit einem Ausbau des Kraftwerkes auf 1 MW Bruttoleistung und einer Ausbauwassermenge von 6.60 m³/s weist Gestehungskosten von 11.04 Rp/kWh auf und stellt für die Kraftwerk Trempel AG als unabhängigen Energieproduzenten die interessanteste Lösung dar. Die Energieabnahme bleibt durch Energiegesetz, Energieverordnung und den vom UVEK festgelegten Rückliefertarifen gesichert.

Die Anlagedisposition mit einer Druckleitung vom Entsander bis zur Zentrale erlaubt einen einfachen und unterhaltsarmen Kraftwerksbetrieb. Ein Gestehungspreis von 11.04 Rp/kWh ist wirtschaftlich interessant. Die Erhöhung der Energieproduktion und der Leistung des Kraftwerks ist aus energiepolitischen Gründen absolut sinnvoll.

In den folgenden Kapiteln wird die Bestvariante 2 mit einer Ausbauwassermenge von 6.60 m³/s näher beschrieben und dargestellt.

6. Projektbeschreibung

6.1 Anlagekonzept

(siehe Beilagen 4 bis 7)

Der im Vorprojekt beschriebene Umbau des Kraftwerks Treppe nutzt wie bis anhin das Gefälle der Thur im Bereich vom Treppe. Der vorgeschlagene Ausbau beinhaltet den Neubau der Wasserfassung, der Druckleitung, eine Erneuerung der elektromechanischen Anlagen im bestehenden Zentralengebäude, sowie einem neuen Auslaufbauwerk. Die Anlage bleibt auch nach dem Umbau ein Niederdruckkraftwerk mit kontinuierlichem Laufbetrieb.

6.2 Stauwehr und Wasserfassung

(siehe Beilage 6)

Stauwehr

Das alte Betonwehr bleibt in seiner heutigen Erscheinungsform unverändert erhalten. Die heutige und auch zukünftige Stauhöhe beträgt 701.27 m ü. M.

Über die durch die neue Fassungskonstruktion auf ca. 28 m verbreiterte Wehrkrone stellt sich bei Überschreitung der Ausbauwassermenge des Kraftwerks ein selbsttätiger Überfall ein. Dank der hohen Absturzhöhe bleibt der Überfall bei allen Wassermengen hydraulisch vollkommen. Die freie Durchflussbreite von 28 m erlaubt eine schadlose Ableitung des Dimensionierungshochwassers DHQ von 350 m³/s (siehe Kapitel 3.4). Der Wasserspiegel liegt dabei ca. 3.10 m über der Wehrkrone.

Rechtsseitig wird ein neuer Spülkanal für den Grundablass unter der Wehrschwelle hindurchgeführt. In diesem Bereich wird der Wehrkörper neu gebaut. Zudem wird ein neuer Dotierwasserauslauf in die Schwelle eingebaut. Dieser besteht aus einer Vertiefung in der Wehrschwelle, welche so ausgeführt wird, dass bei einem Wasserstand von 701.27 m ü. M. in der Stauhaltung gerade die Restwassermenge von 415 l/s ins Unterwasser weitergegeben wird.

Fischaufstieg

Es ist kein Fischaufstieg vorgesehen, da der Wasserfall ein natürliches Hindernis für die freie Fischwanderung darstellt.

Einlaufbauwerk

Die Wasserfassung funktioniert nach dem Prinzip einer Umlenkfassung und ist an der Kurvenaussenseite der Thur angeordnet. Die Grundablassschütze und der der Fassungsöffnung vorgelagerte Kanal erlauben es zukünftig den Stauraum so freizuspülen, dass das Einlaufbauwerk optimal angeströmt wird.

Eine Tauchwand vor dem Einlauf in den Entsander sorgt für die Abweisung von Treibeis und grobem Geschwemmsel. Die Kiesschwelle vermindert die Anzahl und Grösse der Kieskomponenten, welche durch die Strömung in die Wasserfassung gelangen. Die nachfolgende Einlaufschütze erlaubt die Ausserbetriebsetzung der Kraftwerksanlage im Revisions- wie auch im Hochwasserfall. Ein Feinrechen säubert das Betriebswasser von kleinem Geschwemmsel, bevor es in den Entsander gelangt. Dieser Rechen wird von einer automatischen Rechenreinigungsmaschine periodisch gereinigt. Das Rechengut wird wegen der fehlenden Zufahrt zur Wasserfassung der Thur wieder zurückgegeben.

Der Entsander besteht aus einer geschlossenen leicht unter Druck stehenden Betonkonstruktion. Auf der Decke steht die Apparatkammer mit dem Ölhydraulikaggregat und den Kommandoschränken zur Steuerung der Wasserfassung. Die grossen Fenster erlauben es dem Betriebspersonal an der Steuertafel immer Sichtkontakt zur Wasserfassung zu haben. Eine Leitmauer schützt im Hochwasserfall die mechanischen Einrichtungen des Entsanders vor einer Überflutung. Diese Mauer wird entlang des Bendelbaches weitergezogen, sodass ein seitliches Umfliessen des Fassungs- und Entsandungsbauwerk ausgeschlossen werden kann.

Entsander

Der Entsander und Entkieser entnimmt dem Betriebswasser durch einen Sedimentationsprozess alle Komponenten grösser als 0.4 mm. Abgelagertes Kies und Sand kann durch Öffnen der Spülschütze ins Unterwasser weitergegeben werden. Während des Spülvorganges kann mit der Einlaufschütze die zuströmende Wassermenge entsprechend dosiert werden, sodass ein ca. 10 cm hoher schießend abfliessender Wasserstrahl das abgelagerte Material abtransportieren kann.

Nach der Entsanderkammer fliesst das Betriebswasser über eine Schwelle in die Druckleitung.

6.3 Druckleitung

(siehe Beilagen 4 und 5)

Die neue Druckleitung wird in das bestehende Trasse verlegt. Die Leitung besteht aus Stahlrohren DN 1600. Ein Teil der Leitung wurde anlässlich der Reparaturarbeiten infolge des Felssturzes vom März 2002 bereits auf DN 1600 erweitert. Dieser wird in das hier vorgestellte Projekt integriert.

Im oberen Teil wird die Leitung erdverlegt und verschweisst. Im unteren Teil wird sie auf Sockeln frei geführt. Aufgrund der Umstände, dass sich in Zukunft weitere Felsbrocken lösen können, werden die einzelnen Rohrschüsse mit Flanschen versehen und verschraubt. Zusammen mit der Expansion ermöglicht dies eine rasche Reparatur im Schadenfall. Eine spezielle Leckageüberwachung der Druckleitung garantiert ein sofortiges Schliessen der Einlaufschütze (auch im stromlosen Zustand) im Versagensfall der Druckleitung.

6.4 Zentrale

(siehe Beilage 7)

Die Zentrale kommt in das bestehende Gebäude zu liegen. Die Nutzung der Wasserkraft erfolgt mit einer Compact Axial Rohrturbine mit einer Ausbauwassermenge von $6.60 \text{ m}^3/\text{s}$, welche gute Wirkungsgrade im Voll- wie auch im Teillastbetrieb aufweist. Bei einem Nettogefälle für Q_A von 23.93 m ergibt sich eine Ausbauleistung von 1350 kW für die Anlage. Die Turbine treibt einen luftgekühlten vertikalachsigen Synchrongenerator von rund 1550 kW an. Durch die gleiche Drehzahl von Turbine und Generator von 600 U/min kann auf ein Getriebe verzichtet werden. Die Turbine wird für automatischen Dauerbetrieb ausgelegt und wird nach dem konstanten Stauziel im Entsander reguliert.

Die Turbine mit aufgesetztem Generator befindet sich in einem ca. 7 m tiefen Schacht, welcher über ein Treppenhaus erschlossen ist. Auf der Höhe des Generators befindet sich eine demontierbare Plattform. Das Ölhydraulikaggregat für den Leitapparat der Turbine ist in diesem Schacht platziert.

Entlang der bergseitigen Wand in der Zentrale befinden sich der 1600 kVA Transformator, die Mittelspannungsanlage und die Niederspannungsanlage. Daneben stehen die Kommando- und Steuerungsschränke für die gesamte Kraftwerksanlage. Ein begehbare Kabelkanal unter der Bodenplatte verbindet diese Anlageteile miteinander und ermöglicht eine einfache Kabelführung.

Die produzierte Energie wird von der Mittelspannungsanlage auf der 20 kV Ebene an die SAK abgegeben. Der Eigenbedarf der Kraftwerksanlage wird ab der Niederspannungsverteilung auf der 400 V Ebene versorgt.

Der Zugang zum Maschinenraum erfolgt über den Thurweg. Grössere Komponenten werden mit einem Pneukran durch eine Montageöffnung im Dach der Zentrale abgesenkt. Anschliessend können sie mit dem Maschinensaalkran in ihre definitive Position gehoben werden.

6.5 Unterwasserkanal

(siehe Beilage 7)

Von der Turbine gelangt das abgearbeitete Betriebswasser über einen kurzen Unterwasserkanal in die Thur zurück. Der Turbinenauslauf ist am Ende des Saugrohres mit Damm-balken verschliessbar.

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 ($Q < 10\% Q_A = 600 \text{ l/s}$) 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	1'503'600 kWh	Total	3'118'500 kWh	(45 %)
	NT	1'614'900 kWh			
Sommer	HT	1'837'700 kWh	Total	3'811'500 kWh	(55 %)
	NT	1'973'800 kWh			
Total Mitteljahr				6'930'000 kWh	(100 %)

8. Kostenschätzung und Bauprogramm

Die vorliegenden Kostenschätzungen basieren auf Erfahrungswerten kürzlich ausgeführter oder projektierter Anlagen, welche auf die Preisbasis 2003 umgerechnet wurden, beziehungsweise auf Richtpreisofferten für die elektromechanischen Einrichtungen.

Die Kostenschätzungen beinhalten alle für die Erneuerung des Kraftwerks Trempe! notwendigen Bauarbeiten. Darin sind auch alle Stahlwasserbauarbeiten enthalten.

Der elektromechanische Teil beinhaltet die ganze Zentralenausrüstung mit Turbine, Synchrongenerator und sämtlichen Hilfseinrichtungen.

Zu den Schätzungen der Kosten des baulichen und des elektromechanischen Teils wurden die üblichen Reserven von ca. 15 % 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. 20 %.

Schätzung der Anlagekosten

A. Baukosten

Baulicher Teil	Fr.	2'940'000.—
Stahlwasserbau	Fr.	680'000.—
Elektromechanischer Teil	Fr.	1'940'000.—
Verschiedenes und Unvorhergesehenes (ca. 15 %)	Fr.	840'000.—
Total Baukosten	Fr.	6'400'000.—

B. Allgemeine Kosten

Projektierung, Bau- und Montageleitung, Versicherungen, Finanzierung, Bauzinsen (ca. 20 % der Baukosten)	Fr.	1'250'000.—
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	-------------

C. Anlagekosten Kraftwerk Trempe! (exkl. MwSt.) **Fr. 7'650'000.—**

In der Beilage 8 ist ein allgemeines Bauprogramm dargestellt, das einen möglichen Projektierungs- und Bauablauf darstellt. Die eigentlichen Bauarbeiten dauern etwa 18 Monate, wobei die relativ lange Lieferfrist der Turbine das Bauprogramm eindeutig bestimmt.

9. Wirtschaftlichkeit und Energiegestehungskosten

Mit der in Abschnitt 7 angegebenen Energieproduktion 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 10 % der Anlagekosten. Bei deren Berechnung wurde von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Konzessionsdauer 80 Jahre
- Annuitätsabschreibung über
40 Jahre für bauliche Anlagen
40 Jahre für Projektierung, Bauleitung, Bauzinsen und Stahlwasserbau
40 Jahre für maschinelle Anlagen und Innenausbau des Maschinenhauses
25 Jahre für Sanierungsmassnahmen, Hilfs- und Steuereinrichtungen
- Verzinsung des Kapitals zu 6 %
- 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. <u>Anlagekosten</u> Kraftwerk Trempe	Fr.	7'650'000.—
2. <u>Jahreskosten</u> ca. 10 % der Anlagekosten	Fr.	765'000.—
3. <u>Energieproduktion</u>	kWh	6'930'000
4. <u>Energiegestehungskosten</u> im Mitteljahr		

$$K = \frac{\text{Jahreskosten}}{\text{Energieproduktion}} = \frac{765'000 \text{ Fr.}}{6'930'000 \text{ kWh}} = 0.1104 \text{ Fr./kWh}$$

Energiegestehungskosten Kraftwerk Trempe = 11.04 Rp. / kWh

10. Hauptdaten

– Einzugsgebiet	E	=	165	km ²
– Oberwasserspiegel			701.27	m ü. M.
– Unterwasserspiegel			676.40	m ü. M.
– Bruttogefälle	H _{br}	=	24.87	m
– Nettogefälle bei Q _A	H _N	=	23.93	m
– Ausbauwassermenge	Q _A	=	6.60	m ³ /s
– Restwassermenge	Q _R	=	415	l/s
– Ausbautage			140	Tage
– Mittlere jährliche Nutzwasserfracht	V	=	129.6	Mio m ³
– Mittlere jährliche Nutzwassermenge		=	4.10	m ³ /s
– Mittlere jährliche Bruttoleistung	P _B	=	1000	kW
– Ausbauleistung	P _A	=	1350	kW
– Energieproduktion: Sommer			3'811'500	kWh
– Energieproduktion: Winter			3'118'500	kWh
– Energieproduktion: Jahr			6'930'000	kWh
– Stauwehr als festes Überfallwehr				
– Überlaufkote			701.27	m ü. M.
– Breite	B _W	=	28.0	m
– Höhe (im Mittel)	H _W	=	0.80	m
– Ableitkapazität	DHQ	=	350	m ³ /s
– Überstau bei DHQ			3.10	m
– Wasserfassung und Entsander				
– Länge	L _K	=	37.00	m
– Breite	B _K	=	4.00	m
– Höhe (im Mittel)	H _K	=	6.00	m
– Mittlere Geschwindigkeit	v _K	=	0.28	m/s
– Grenzkorn	d	=	0.4	mm
– Mittleres Gefälle		=	3.20	‰

- Druckleitung
 - Länge $L_{DL} = 130 \text{ m}$
 - Durchmesser $D_{DL} = 1.60 \text{ m}$
 - Mittlere Geschwindigkeit $v_{DL} = 3.28 \text{ m/s}$

- Turbine
 - Compact Axial Rohrturbine
 - Kote Mitte Laufrad $= 674.30 \text{ m ü. M.}$
 - Laufraddurchmesser $D = 1.00 \text{ m}$
 - Nennwassermenge $Q_T = 6.60 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Nettogefälle bei Q_T $H_N = 23.93 \text{ m}$
 - Nennleistung $P_N = 1450 \text{ kW}$
 - Drehzahl der Turbine $n_T = 600 \text{ U/min}$

- Generator
 - Synchrongenerator (vertikal)
 - Nennleistung $P_G = 1550 \text{ kVA}$
 - Nennspannung $U_G = 400 \text{ V}$
 - Nenndrehzahl $n_G = 600 \text{ U/min}$
 - Durchbrenndrehzahl $n_{GD} = 1500 \text{ U/min}$

- Transformator
 - Dreiphasen-Öltransformator
 - Nennleistung $P_{Tr} = 1600 \text{ kVA}$

- Unterwasserkanal
 - Länge $L_{UWK} = 10 \text{ m}$
 - Breite $D_{UWK} = 3.30 \text{ m}$

11. Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Umwelt

Die 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 Art. 31 Abs. 1 GschG für Fischgewässer von 415 l/s abgegeben. Damit wird gegenüber den Verhältnissen beim bestehenden Kraftwerk, wo nur wenig Dotierwasser vorgeschrieben war, insofern eine Verbesserung erzielt, als dass der Bachquerschnitt ständig benetzt bleibt. Dies speziell an Tagen mit geringer Wasserführung, wo das Bachbett heute annähernd oder sogar ganz trocken war. Es gelingt somit, ganzjährlich eine Flie!sstrecke herzustellen. Durch die nicht vollkommene Ausnutzung des Wasserkraftpotentials am Trempe! ist durchschnittlich an ca.140 Tagen des Jahres mit einer gro!seren Wassermenge als der Restwassermenge unterhalb des Wehres zu rechnen.

Der Staubereich hinter dem Wehr bildet nach wie vor ein kleiner Weiher. Der geschlossene Entsander wird in Sichtbeton erstellt. Auf diesem steht eine Leitmauer, welche bei Hochwasser die mechanischen Anlageteile vor der Überflutung schtzt. Die Apparatekammer wird mit Holz verkleidet und bekommt ein mit Ziegeln gedecktes Satteldach.

Durch die erdverlegte Linienführung der Druckleitung im oberen Teil und der offenen im unteren nicht einsehbaren Teil wird das Landschaftsbild nicht gross tangiert und bleibt optisch gegenüber heute unverändert.

Der Wert dieser zum Teil noch wilden Bachlandschaft bleibt somit weitgehend erhalten.

11.2 Naturschutz

Im Projektperimeter liegen keine inventarisierten Schutzgebiete und auch keine schtzenswerte Biotope, die seltene Lebensräume oder -gemeinschaften enthalten.

Für den Neubau der Wasserfassung und die Verlegung der Druckleitung müssen temporär einzelne Bäume und Gebusche gerodet werden. Sie werden nach Vollendung der Bauarbeiten wieder angepflanzt oder durch standortgerechte Bäume ersetzt.

Fische

Die Restwasserstrecke zählt nicht zu den Aufzuchtgewässern für Fische.

Im durch das Kraftwerk genutzten Bereich der Thur leben vor allem Bachforellen und einige Groppen.

Die beiden unterhalb des Stauwehrs liegenden Felskaskaden von je ca. 8 m Höhe bilden ein natürliches Hindernis für die freie Fischwanderung.

Wildtiere

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

Der künstliche See bei der Wasserfassung ist infolge des vorhandenen grossen Geschlechtsbetriebes der Thur bereits verlandet. Der Spüleffekt des Grundablasses wird erfahrungsgemäss nur den Nahbereich des Einlaufbauwerks frei spülen. Die bestehenden Flachwasserzonen können auch in Zukunft den Wildtieren als Übergang über den Fluss dienen.

11.3 Erhaltung der Wasserqualität

Die Erneuerung und der Betrieb des Kraftwerks Trempel führt zu keiner Veränderung der Wasserqualität. Es werden im Projektperimeter heute und in Zukunft keine Abwässer in die Thur eingeleitet.

Das beim Rechen bei der Wasserfassung anfallende Geschwemmsel wird der Thur zurückgegeben. Dies dient auch der Natur, denn das Geschwemmsel, welches hauptsächlich aus Laub und Ästen besteht, enthält Nährstoffe für verschiedenste Flusslebewesen, welche sonst fehlen würden.

11.4 Grundwasserschutz

Durch die Stauhaltung, welche nicht verändert wird, entstehen keine Veränderungen des Grundwasserhaushaltes.

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

Es ist mit keiner Veränderung der heutigen Situation zu rechnen.

11.5 Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen

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

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

A: Halbe Restwassermenge	$Q_R = 210 \text{ l/s}$
B: Restwassermenge nach GschG für Fischgewässer	$Q_R = 415 \text{ l/s}$ (Kap. 3.3)
C: Doppelte Restwassermenge	$Q_R = 930 \text{ l/s}$

Fall	A	B	C
Restwassermenge	210 l/s	415 l/s	930 l/s
Nettoenergieproduktion	7'150'000 kWh	6'930'000 kWh	6'390'000 kWh
Nettoenergiegestehungskosten	10.70 Rp./kWh	11.04 Rp./kWh	11.97 Rp./kWh

12. Zusammenfassung

Durch die in diesem Vorprojekt dargestellte Erneuerung des Kraftwerks Trempe wird das Energiepotential in diesem Bachabschnitt wirtschaftlich optimal genutzt.

Das im vorliegenden Bericht dargestellte Erneuerungsprojekt sieht ein automatisch funktionierendes Kraftwerk vor. Die vorgeschlagene Ausbauwassermenge Q_A von $6.60 \text{ m}^3/\text{s}$ erlaubt eine Jahresenergieproduktion von $6'930'000 \text{ kWh}$. Bei einer Investition von 7.65 Mio Franken resultieren Gesteungskosten von 11.04 Rp./kWh . Bei einem Rücklieferarif von maximal 15 Rp./kWh gemäss Empfehlung UVEK (Bundesamt für Energie) ist ein gewinnbringender und wirtschaftlicher Betrieb möglich.

Für die Erneuerungsarbeiten ist eine Bauzeit von rund 18 Monaten vorgesehen.

Durch die aufgezeigte Erneuerung des Kraftwerks Trempe entsteht eine neue leistungsfähige Kraftwerksanlage, die wertvolle Mehrenergie zu kostendeckenden Bedingungen liefert. Der Gesteungspreis pro Kilowattstunde von 11.04 Rp./kWh ist wirtschaftlich interessant und der Ausbau der Anlage aus energiepolitischen Gründen absolut sinnvoll. Im Sinne des Bundesprogramms "Energie Schweiz" leistet das Erneuerungsprojekt einen bemerkenswerten Beitrag zur Erhaltung und Sicherstellung von sauberen und regenerierbaren Energiequellen.

IM Ingenieurbüro Maggia AG

Locarno, 07. Februar 2003

Bu/Bi I:\111609\11\Technischer Bericht.doc

PHOTODOKUMENTATION

Photodokumentation Kraftwerk Trepel



Bild 1: Stauwehr des Kraftwerks Trepel



Bild 2: Oberwasserkanal mit nachfolgendem Entkieser, im Hintergrund ist das Rechenhaus erkennbar. Die Stahlkonstruktion gehört zum Thurweg.



Bild 3: Rechenhaus mit Einlaufbauwerk in die Druckleitung: Im Vordergrund geht die Druckleitung mit DN 1000 in Richtung Zentrale weg.

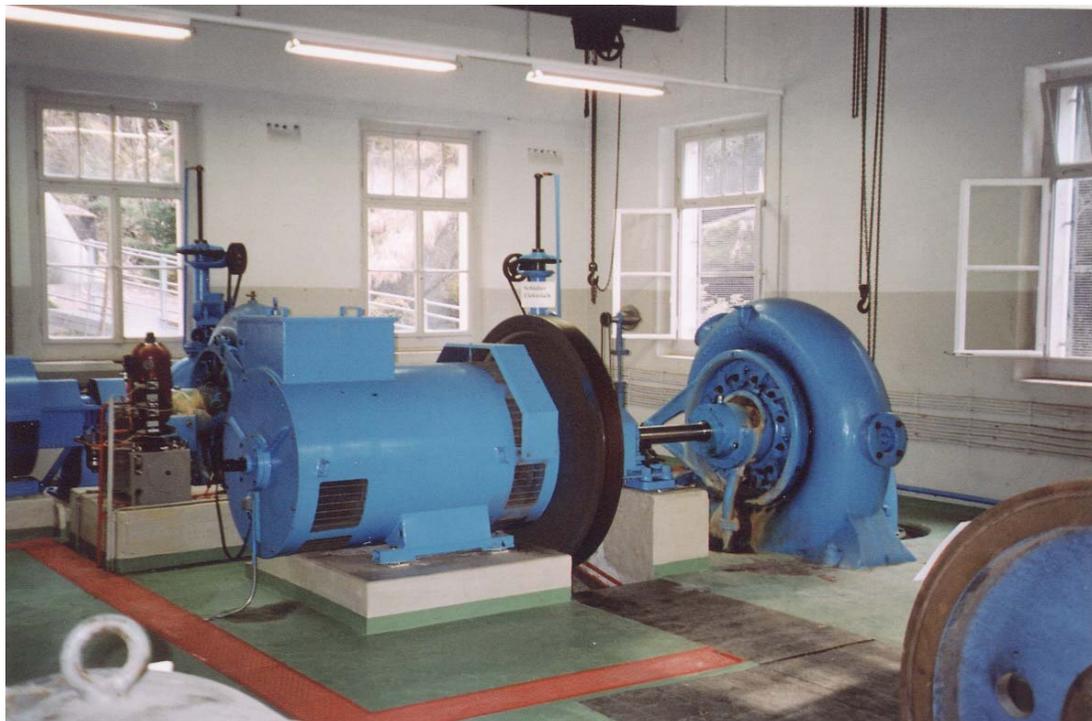


Bild 4: Maschinensaal der Zentrale mit der elektromechanische Einrichtungen



Bild 5: Restwasserstrecke in der Thur



Bild 6: Thur unterhalb der Wasserrückgabe

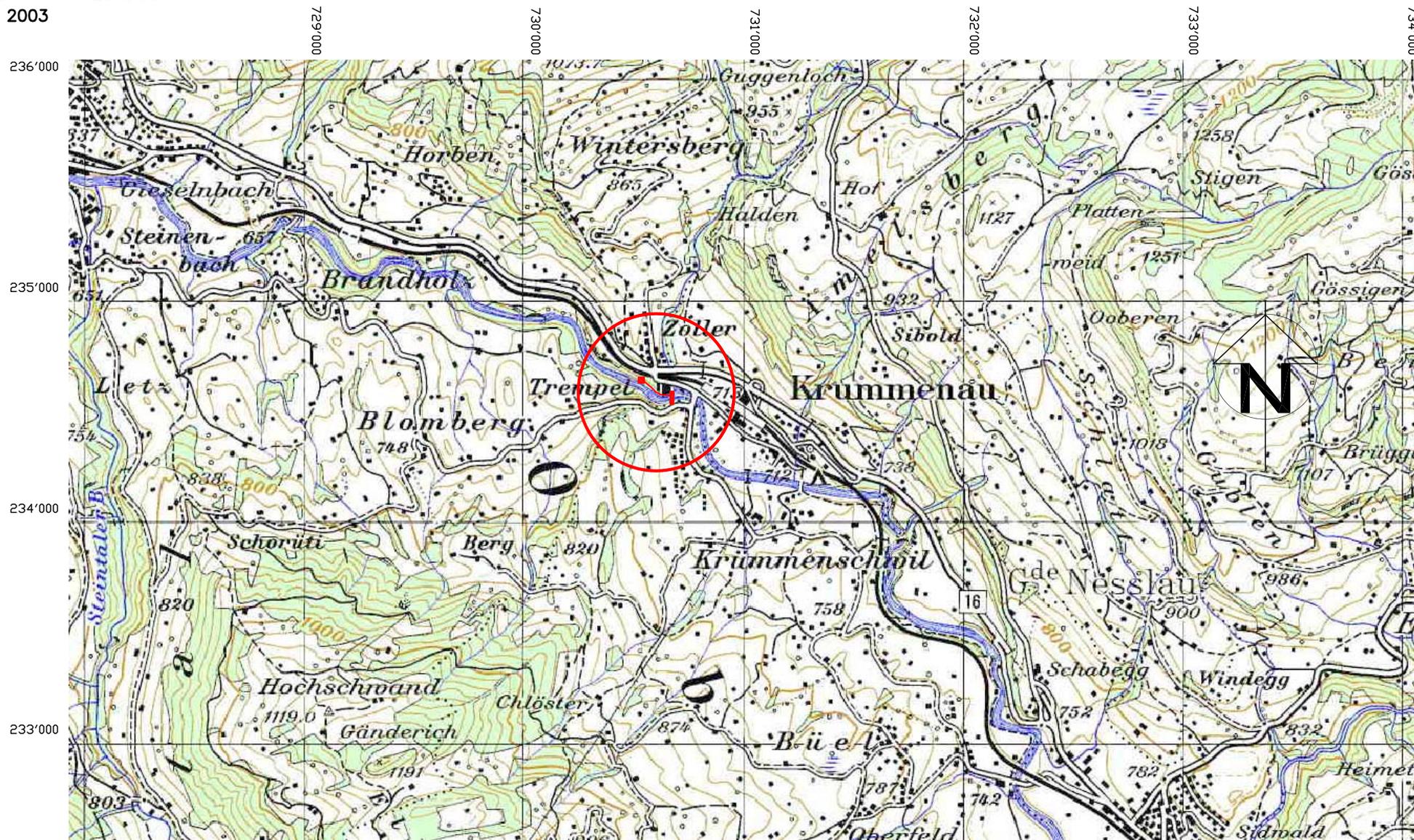
BEILAGEN

Kraftwerk Trepel

Erneuerung und Erweiterung der bestehenden Anlage

Situation 1 : 25'000

Februar 2003



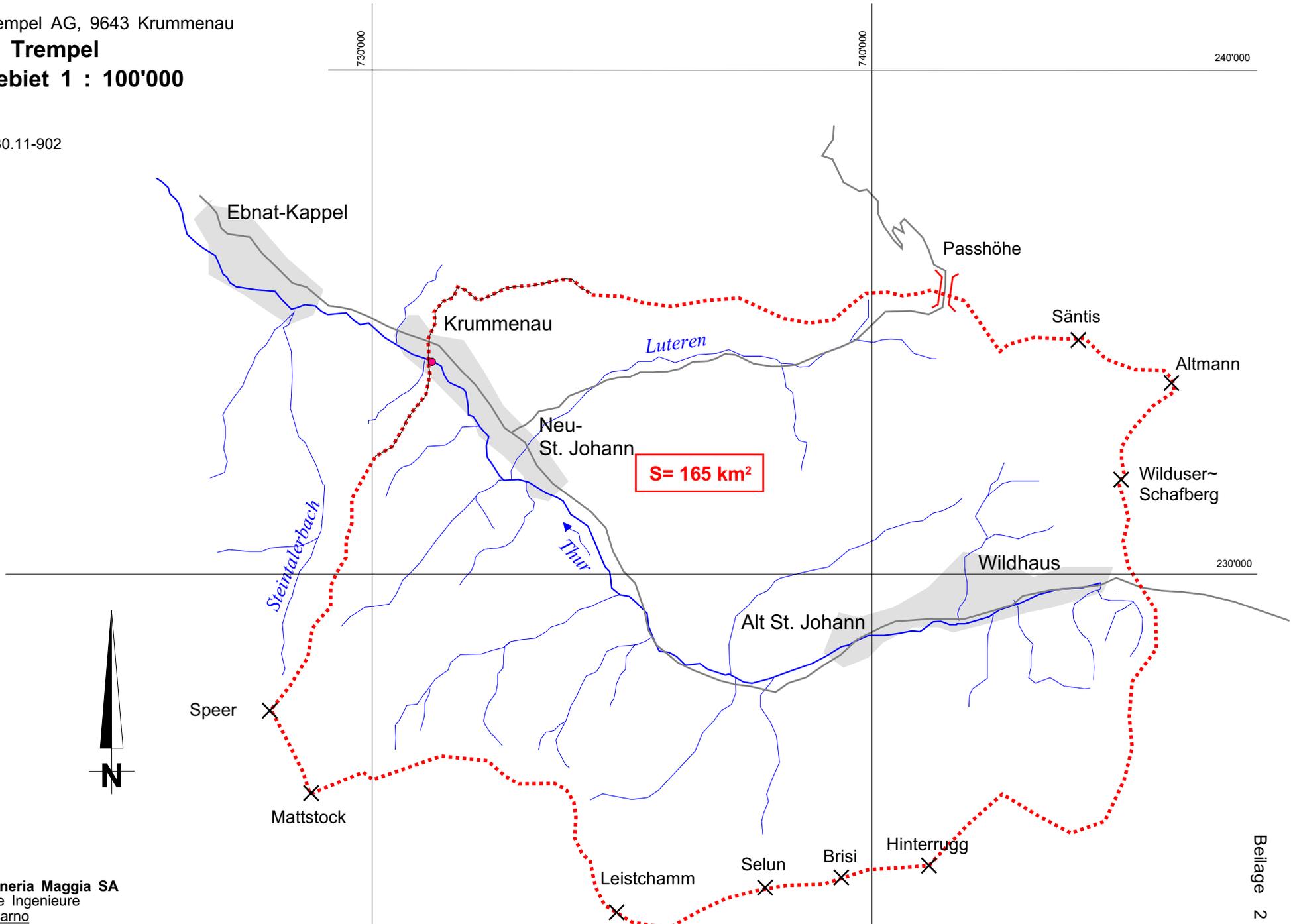
Kraftwerk Trepel AG, 9643 Krummenau

Kraftwerk Trepel

Einzugsgebiet 1 : 100'000

Februar 2003

Plan Nr. 111630.11-902



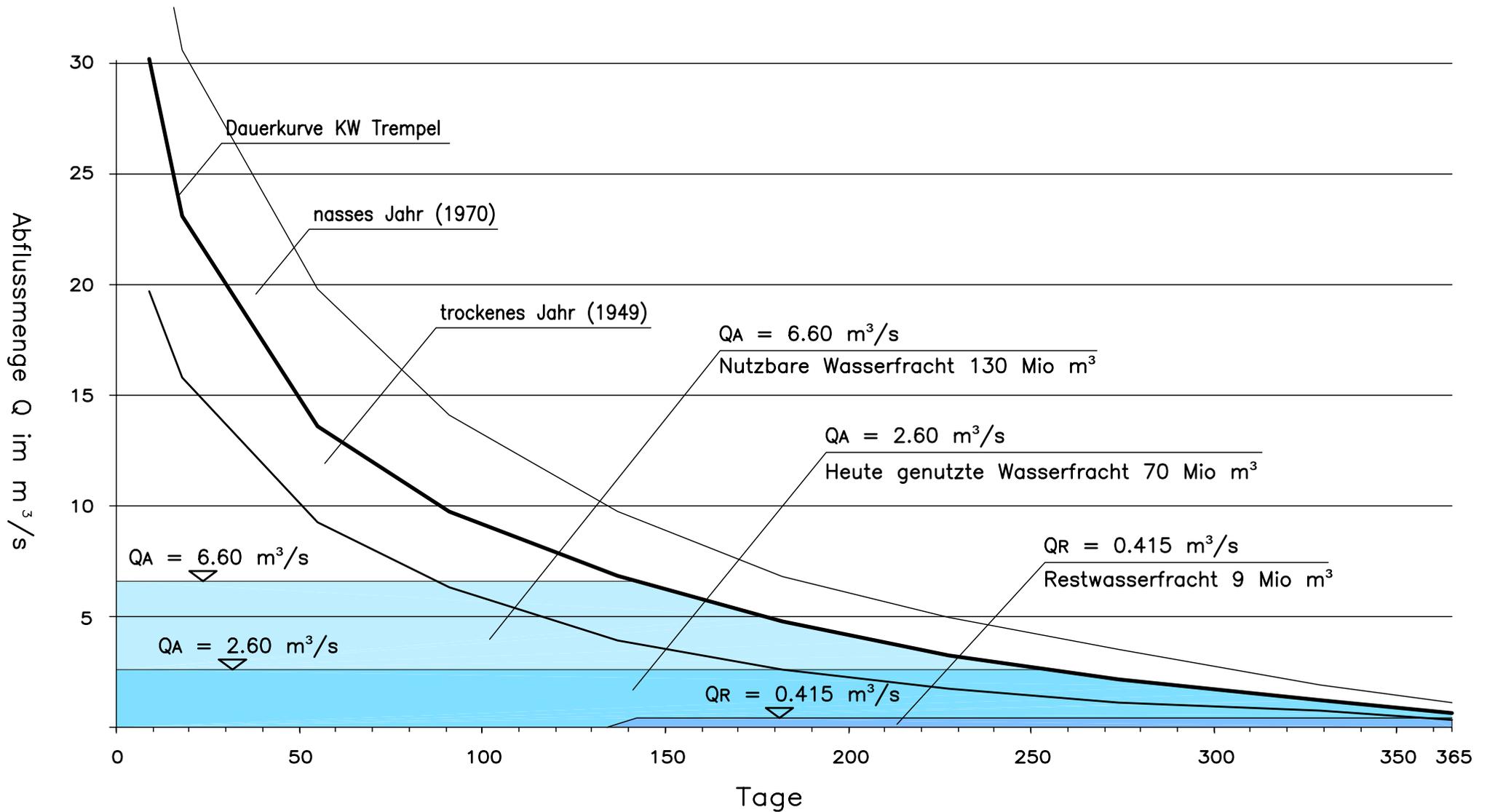
Kraftwerk Trempel

Erneuerung und Erweiterung der bestehenden Anlage

Vorprojekt

Februar 2003

Dauerkurve Thur – Krummenau (E = 165.0 km²)



Kraftwerk Tempel

Erneuerung und Erweiterung der bestehenden Anlage

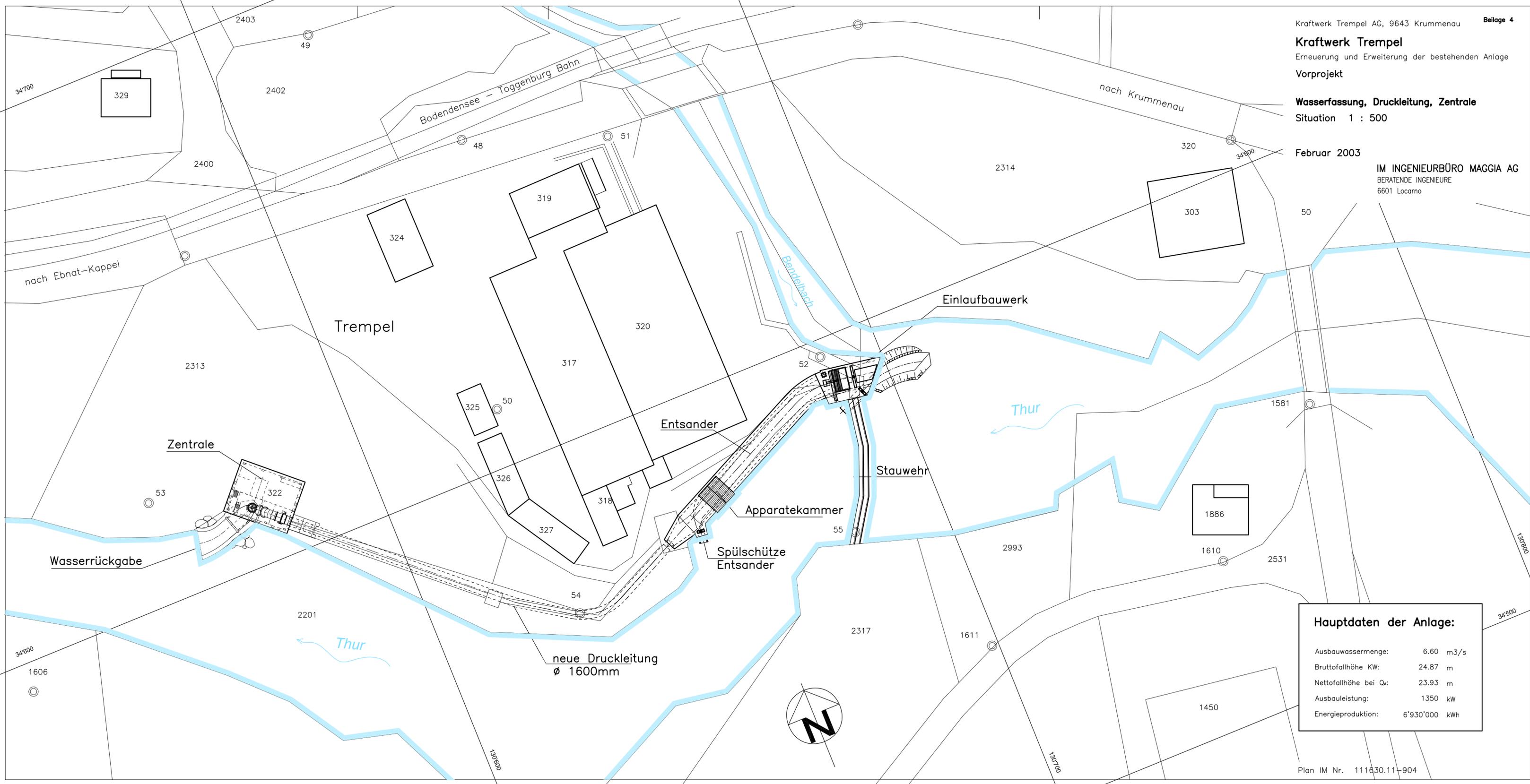
Vorprojekt

Wasserrfassung, Druckleitung, Zentrale

Situation 1 : 500

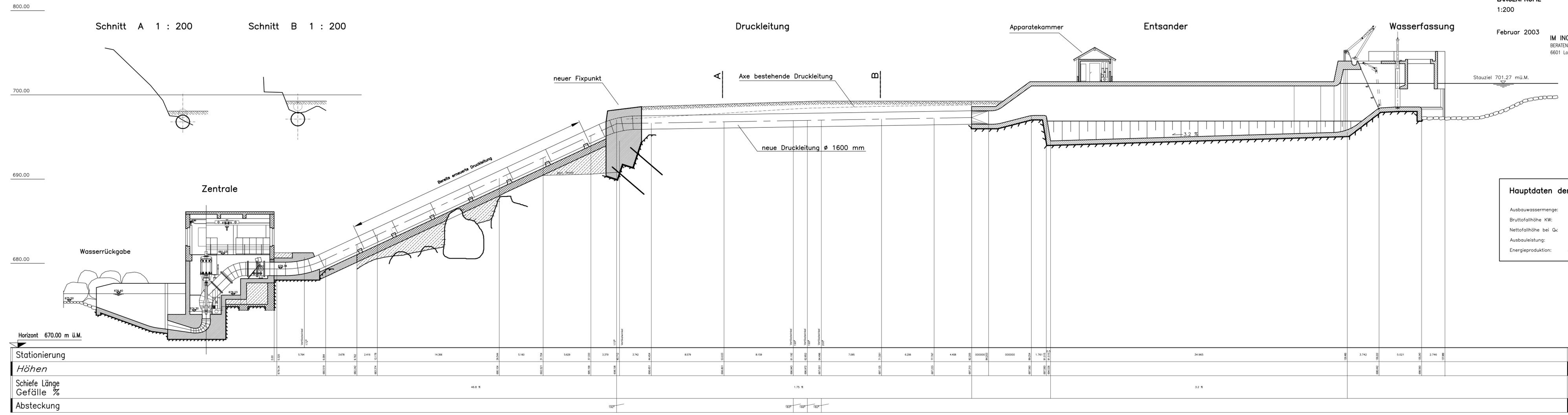
Februar 2003

IM INGENIEURBÜRO MAGGIA AG
BERATENDE INGENIEURE
6601 Locarno



Hauptdaten der Anlage:	
Ausbauwassermenge:	6.60 m ³ /s
Bruttofallhöhe KW:	24.87 m
Nettofallhöhe bei Q _n :	23.93 m
Ausbauleistung:	1350 kW
Energieproduktion:	6'930'000 kWh

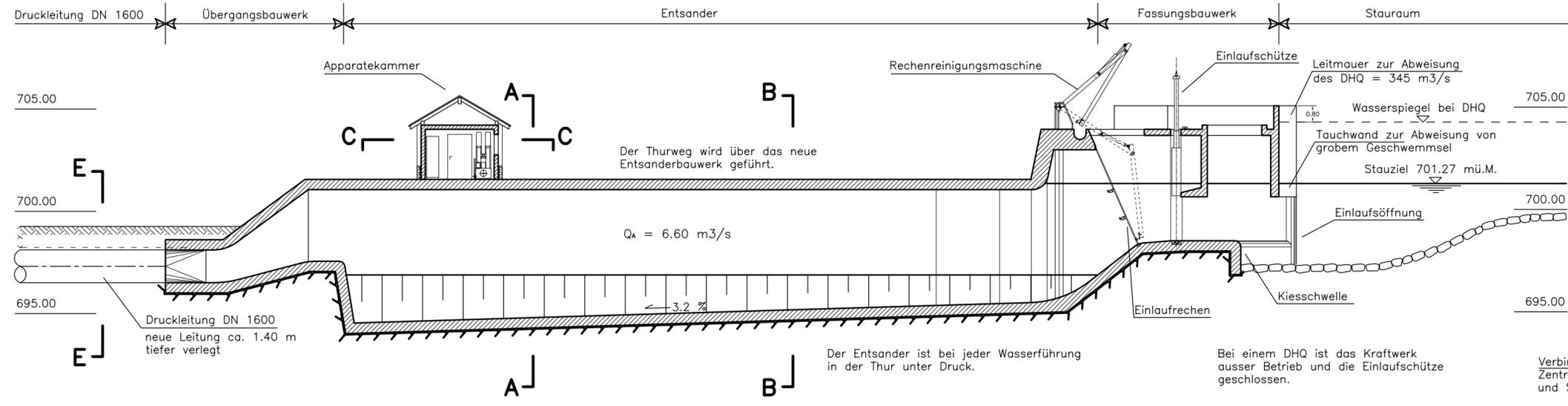
Längenprofil 1 : 200



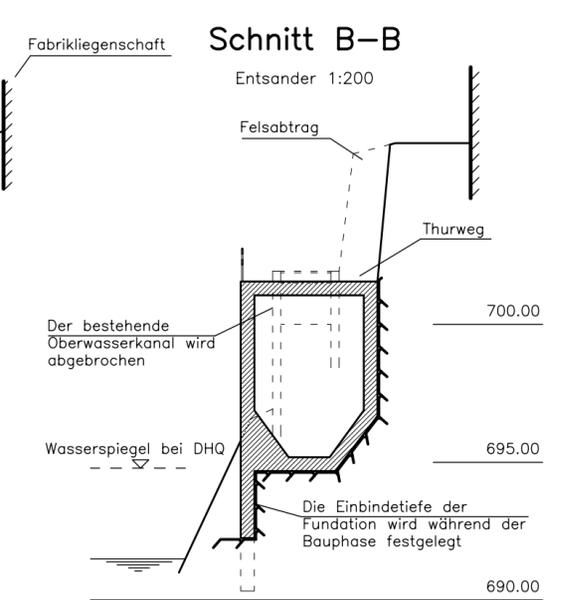
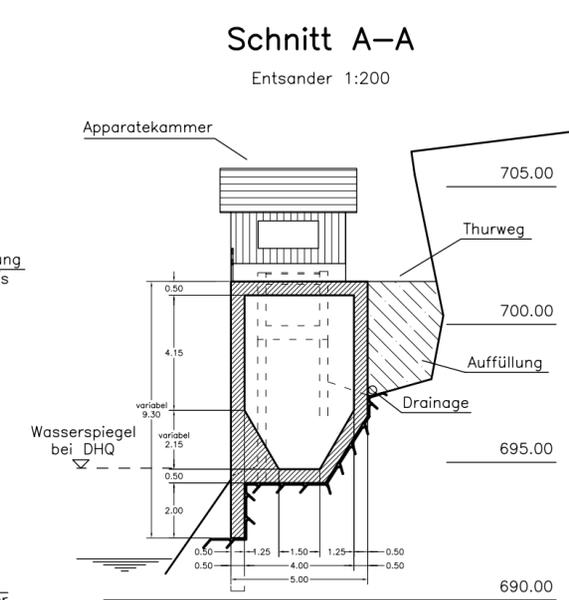
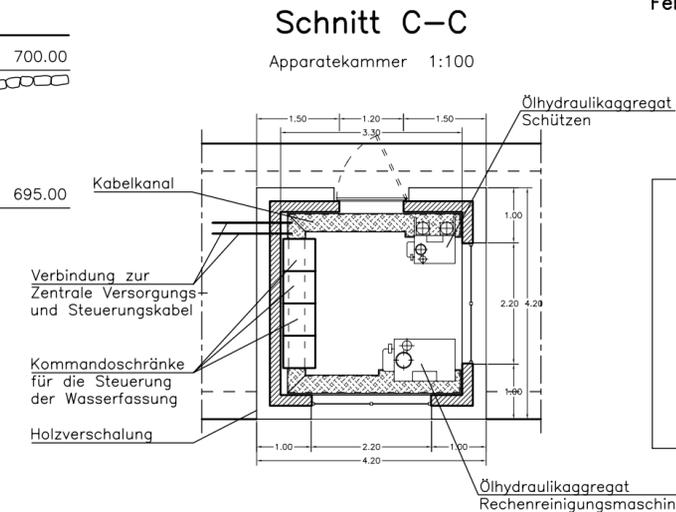
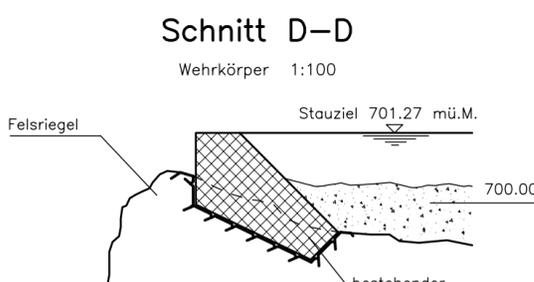
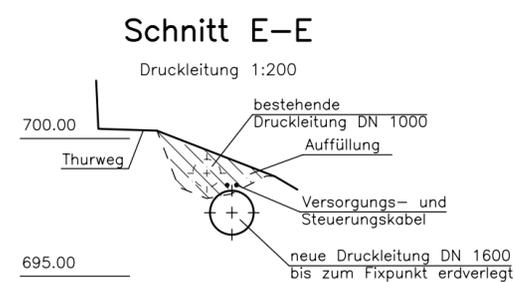
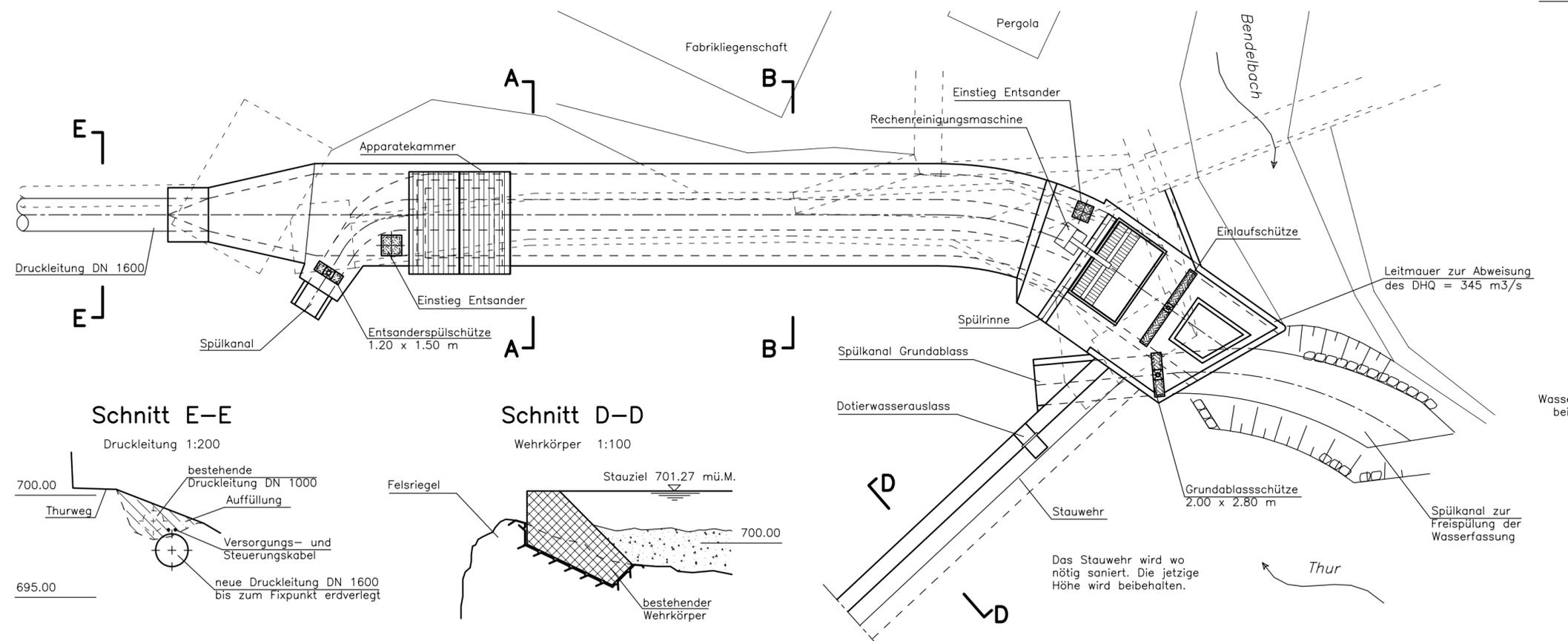
Hauptdaten der Anlage:

Ausbauwassermenge:	6.60 m ³ /s
Bruttofallhöhe KW:	24.87 m
Nettofallhöhe bei Q _n :	23.93 m
Ausbauleistung:	1350 kW
Energieproduktion:	6'930'000 kWh

Längsschnitt durch den Entsander



Situation des Entsanders



Hauptdaten der Anlage:

Ausbauwassermenge:	6.60 m ³ /s
Bruttofallhöhe KW:	24.87 m
Nettofallhöhe bei Q _a :	23.93 m
Ausbauleistung:	1350 kW
Energieproduktion:	6'930'000 kWh

Kraftwerk Tempel AG, 9643 Krummenau **Beilage 6**

Kraftwerk Tempel

Erneuerung und Erweiterung der bestehenden Anlage

Vorprojekt

Wasserfassung

Grundriss und Schnitte 1:200/100

Februar 2003

IM INGENIEURBÜRO MAGGIA AG

BERATENDE INGENIEURE

6601 Locarno

Kraftwerk Treppe

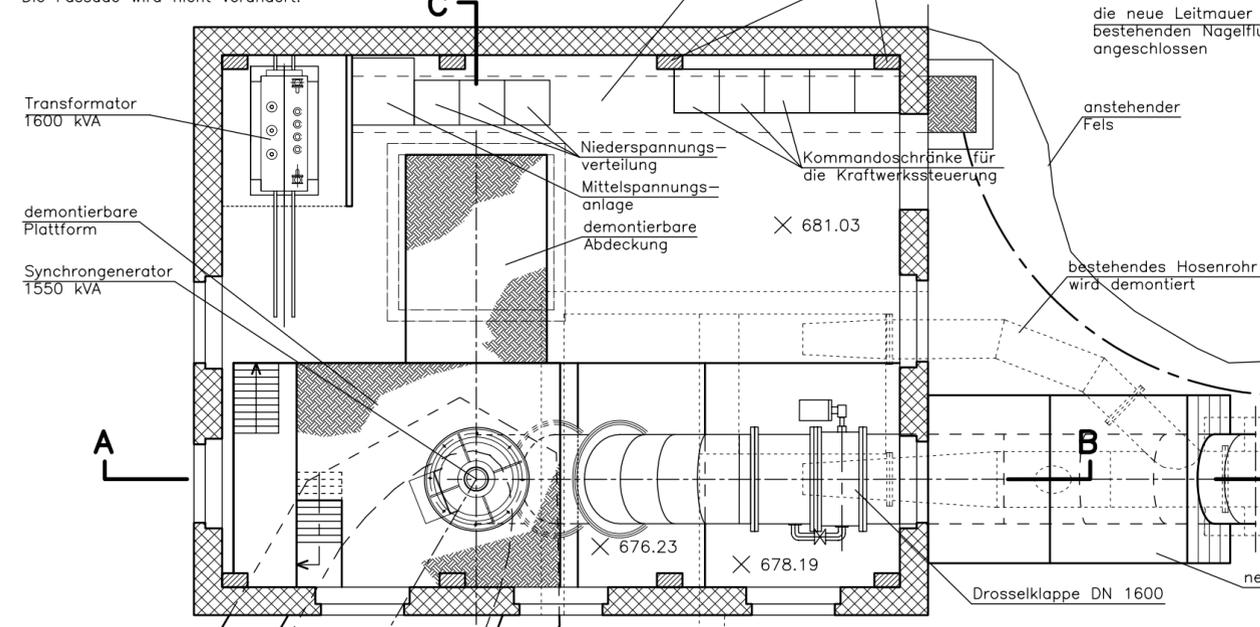
Erneuerung und Erweiterung der bestehenden Anlage
Vorprojekt

Zentrale
Grundriss und Schnitte 1:100

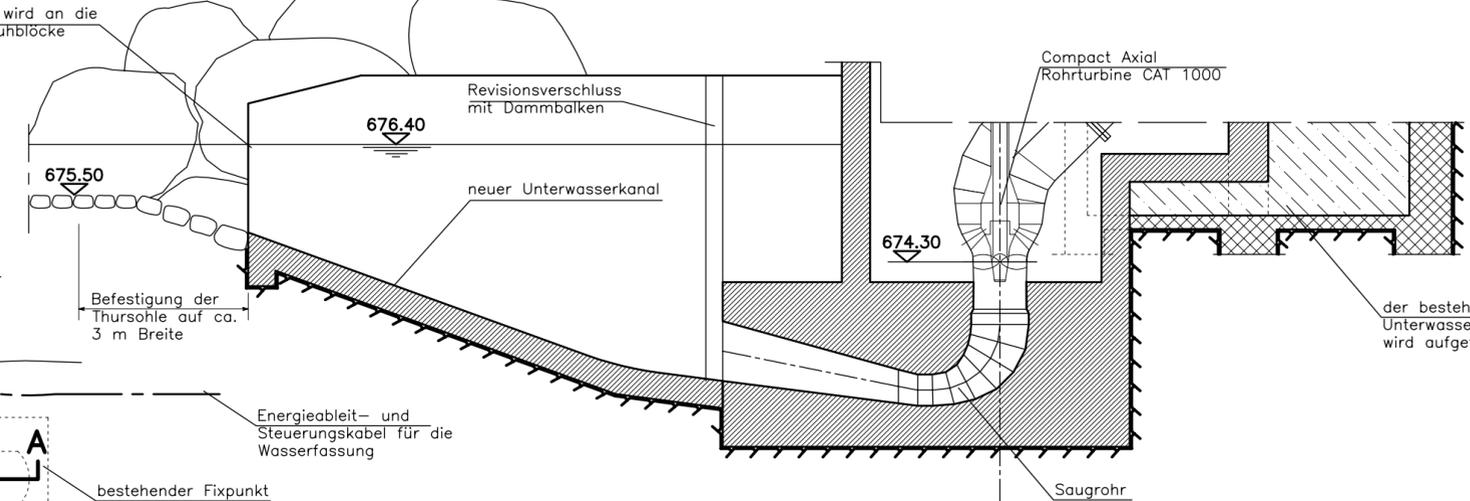
Februar 2003
IM INGENIEURBÜRO MAGGIA AG
BERATENDE INGENIEURE
6601 Locarno

Das bestehende Zentralengebäude bleibt in seinen heutigen Abmessungen bestehen. Die Fassade wird nicht verändert.

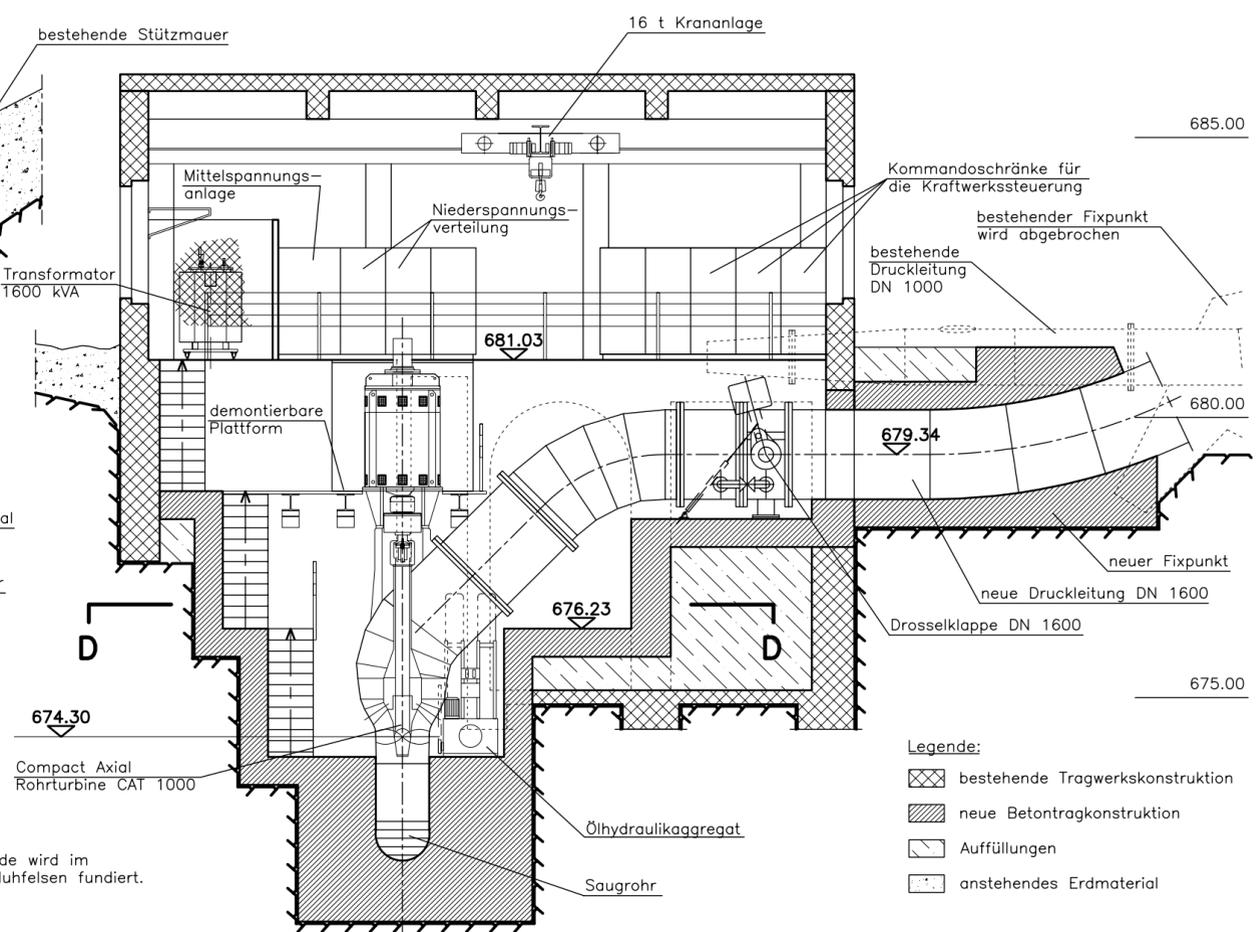
Grundriss



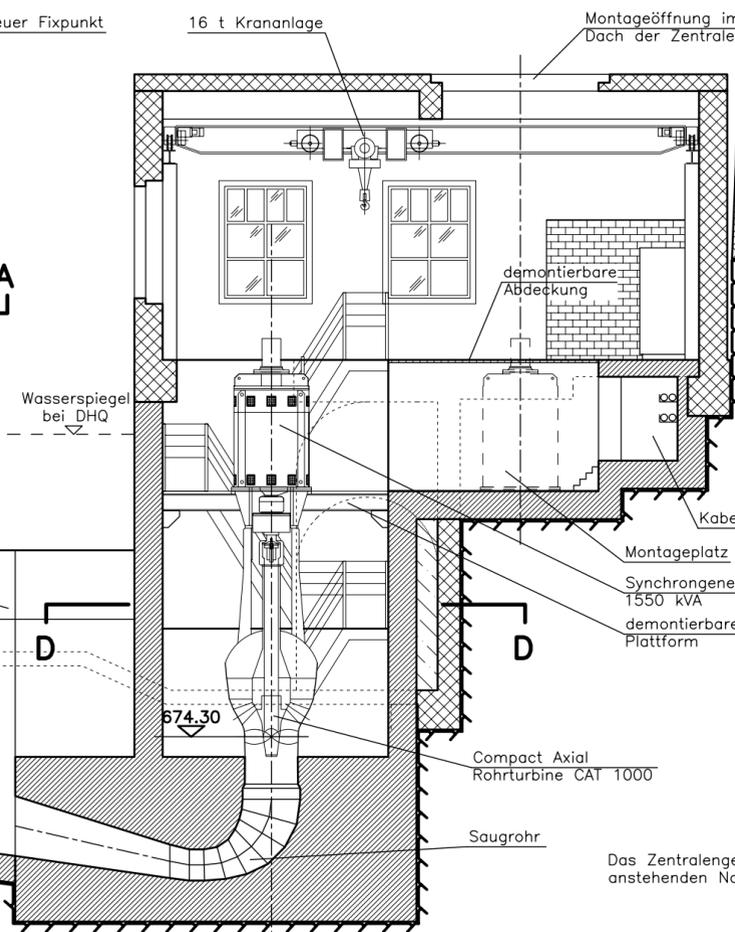
Schnitt B-B



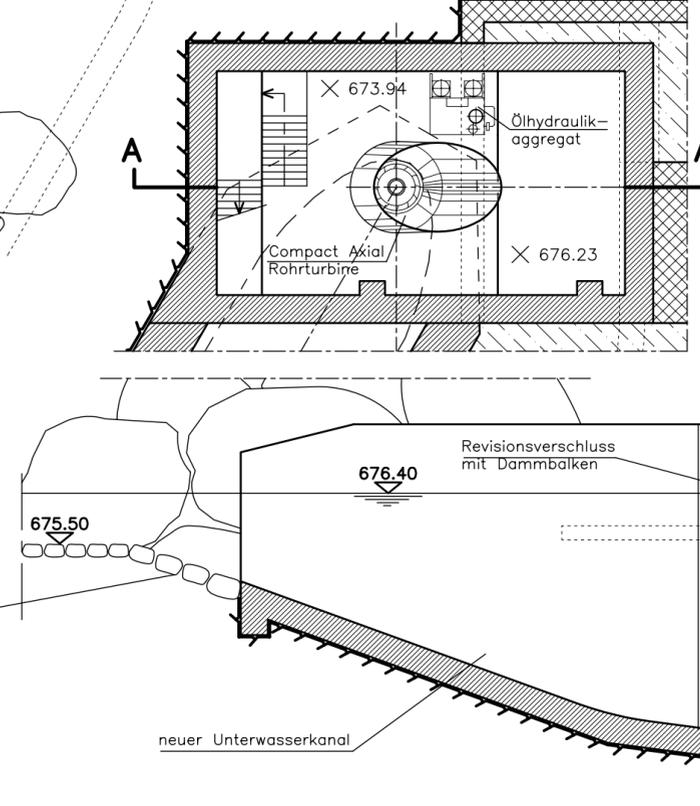
Schnitt A-A



Schnitt C-C



Schnitt D-D



- Legende:
- ⊗ bestehende Tragwerkskonstruktion
 - ▨ neue Betontragkonstruktion
 - ▨ Auffüllungen
 - ▨ anstehendes Erdmaterial

Kraftwerk Trepel AG

9643 Krummenau

Kraftwerk Trepel

Allgemeines Projektierungs- und Bauprogramm

Plan Nr. 111630-11-908

IM Ingenieurbüro Maggia AG

Beratende Ingenieure

6601 Locarno 1

