



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FEIN-ELAST GRABHER AG - LICHTENSTEIG

Stauwehr / Schleusenbrücke / Wasserkraftanlage

Vorprojektstudie

Technischer Bericht



Ausgearbeitet durch

Markus Hintermann, dipl. Bauing. FH/SIA

HYDRO-SOLAR Engineering AG Bachmatten 9, 4435 Niederdorf

mario.conrad@hydro-solar.ch / www.hydro-solar.ch



Programm
Kleinwasserkraftwerke
www.kleinwasserkraft.ch

Impressum

Datum: 11.11.2008

Unterstützt vom Bundesamt für Energie

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

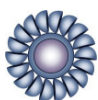
Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

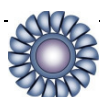
BFE-Bereichsleiter: bruno.guggisberg@bfe.admin.ch

Projektnummer: 102168

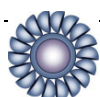
Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	6
1. Einleitung	8
2. Unterlagen	11
2.1 Topografische Unterlagen	11
2.2 Hydrologische Unterlagen	11
2.3 Weitere Unterlagen	11
3. Hydrologie	12
3.1 Einzugsgebiet	12
3.2 Dauerkurve und Abflussmengen	12
3.3 Ausbauwassermenge / Restwassermenge	14
3.4 Hochwassermengen	15
4. Hochwassersicherheit	16
4.1 Hochwassermengen	16
4.2 Abflusssimulationen	16
4.3 Abflussverhältnisse im Oberwasser	17
4.4 Abflussverhältnisse im Unterwasser	18
5. Bestehende Anlagen	19
5.1 Zufahrtsbrücke	19
5.2 Wehranlage	19
5.3 Wasserkraftwerk	21
6. Variantenstudium	22
6.1 Ziel der Variantenstudien	22
6.2 Varianten Zufahrtsbrücke	22
6.3 Festlegung Stauziel	23
6.4 Varianten Standort Wasserkraftwerk / Wehranlage	24
6.4.1 Variante 1: Kaplan S-Turbine, Zentrale angrenzend an Schleusenbrücke	25
6.4.2 Variante 2: Kaplan S-Turbine, Zentrale in Schleusenbrücke integriert	25



6.4.3	Variante 3: Kegelrad Rohrturbine, Zentrale unterhalb Wehranlage	26
6.4.4	Variante 4: Kaplan vertikal, Zentrale angrenzend an Schleusenbrücke	27
6.5	Variantenvergleich	28
6.6	Empfehlung	29
7.	Projektbeschreibung der empfohlenen Variante	30
7.1	Anlagenkonzept	30
7.2	Stauwehr	30
7.3	Grundablass	30
7.4	Einlaufbauwerk	31
7.5	Zentrale	31
7.6	Elektromechanische Ausrüstung	31
7.7	Transformator und Netzanschluss	32
7.8	Fischpass	32
7.9	Erschliessung und Umgebungsgestaltung	33
7.10	Grundstücksbeanspruchung	34
8.	Auswirkungen auf die Umweltaspekte	35
8.1	Restwasser	35
8.2	Grundwasser	35
8.3	Geschiebetransport	36
8.4	Gewässerökologie	37
8.5	Natur- und Landschaftsschutz	37
8.6	Geschwemmselkonzept	38
8.7	Lärmemissionen / Körperschall	38
9.	Energieproduktion	39
10.	Kostenschätzung	40
11.	Energiegestehungskosten, Wirtschaftlichkeit	41
12.	Bauablauf	43
13.	Zusammenfassung Hauptdaten	44



Fotodokumentation

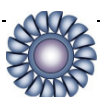
45

Verzeichnis Anhang

- Anhang 1: Hydrologie, Wasserwirtschaftliche Daten
- Anhang 2: Detaillierte Kostenschätzung
- Anhang 3: Hydrologisches Datenblatt Station SG 6301, Thur - Wattwil, Schomattensteg

Planbeilagen Vorprojektstudie

- Beilage 1: Querprofil 2.5 Km 34.516, Wehr / Schleusenbrücke 1:150
- Beilage 2: Längenprofil Thur bei Km 34.516 Wehr Schleusenbrücke 1:1000/100
- Beilage 3a: Standortvariante 1, Situation 1:200
- Beilage 3b: Standortvariante 1, Längenprofil 1:200
- Beilage 4a: Standortvariante 2, Situation 1:200
- Beilage 4b: Standortvariante 2, Längenprofil 1:200
- Beilage 5a: Standortvariante 3, Situation 1:250
- Beilage 5b: Standortvariante 3, Längenprofil 1:250
- Beilage 6a: Standortvariante 4, Situation 1:200
- Beilage 6b: Standortvariante 4, Längenprofil 1:200



Zusammenfassung

Die Fein-Elast Grabher AG betreibt eine firmeneigene Wasserkraftanlage in Lichtensteig (Kanton St. Gallen) an der Thur. Die Wasserkraftanlage besteht aus einer dreifeldrigen Wehranlage, einem Zulaufkanal und dem Zentralengebäude. Die Zufahrt zum Firmengelände ist nur über die in der Wehranlage integrierte Schleusenbrücke möglich.

Das ehehafte Wasserrecht dieses Standortes würde die Nutzung einer Wassermenge von $9.7 \text{ m}^3/\text{s}$ über eine Fällhöhe von 4.35 m erlauben. Die bestehende Wasserkraftanlage weist jedoch lediglich eine Ausbauwassermenge von $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ über eine Fällhöhe von 4.20 m auf und soll deshalb komplett erneuert und ausgebaut sowie für vollautomatischen Betrieb ausgelegt werden.

Die Vorprojektstudie hat folgende Erkenntnisse gebracht:

1. Die Hochwassersicherheit der bestehenden Wehranlagen speziell bei geschlossenen Wehrschützen genügt den heutigen Anforderungen nicht mehr. Das Bemessungshochwasser wurde auf $422 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt. Eine Anpassung der Wehranlage zur Verbesserung der Hochwassersicherheit ist unerlässlich. Die Erstellung eines 23.0 m breiten Wehrfeldes ohne Pfeilereinbauten zusammen mit einer modernen Stauklappe ermöglicht es die Anlage hochwassersicher zu gestalten.
2. Es besteht die Möglichkeit einer Stauzielerhöhung um 0.50 m. Die Stauwurzel verschiebt sich um rund 190 m flussaufwärts. Die topographischen Verhältnisse im Flusslauf weisen in diesem Bereich keine Besonderheiten auf. Der notwendige Uferschutz wird durch die Wasserspiegellage bei Hochwasserabfluss bestimmt.
3. Die bestehende Zufahrtsbrücke weist eine Lastbeschränkung auf 12 t auf und genügt den heutigen Anforderungen an die Logistik eines modernen, international tätigen Produktionsbetriebes nicht mehr. Die Brücke muss daher komplett ersetzt werden. Durch die konstruktive bedingte Abhängigkeit zwischen Wehranlage und Zufahrtsbrücke kann ein Ersatz der Brücke nur koordiniert mit dem Umbau der Wehranlage erfolgen.
4. Die eingeschränkten Platzverhältnisse haben eine detaillierte Standortanalyse notwendig gemacht. Da linksufrig keine baulichen Veränderungen zugelassen werden muss die Wasserkraftanlage inkl. Annexbauten zwingend rechtsufrig konzipiert werden. Die Untersuchung unterschiedlicher Standorte und Konzepte hat ergeben, dass



es sinnvoll ist, das neue Zentralengebäude mit Einlaufbauwerk unterhalb der neuen Zufahrtsbrücke vorzusehen. Zusammen mit den übrigen baulichen notwendigen Anlageteilen wie Stauwehr, Grundablass, Fischaufstiegshilfe kann so ein sehr kompaktes Bauwerk erstellt werden. Zudem ist die vollkommene Trennung von Zufahrtsbrücke und Kraftwerksbauten möglich.

5. Die vorgeschlagene Ausbauwassermenge von 16 m³/s kann am Besten mit einer doppeltregulierten Kaplanturbine verarbeitet werden. Vergleiche unterschiedlichster Aufstellungsmöglichkeiten haben aufgezeigt, dass der Einsatz einer doppeltregulierten Kaplan S-Turbine in horizontaler Wellenlage am Optimalsten ist.
6. Die Erneuerungen der Wasserkraftanlage ermöglicht eine Leistungssteigerung gegenüber dem heutigen Zustand von 160 auf 580 kW-e. Die Produktion kann damit von heute 900'000 kWh auf rund 2'540'000 kWh pro Jahr gesteigert werden. Es ist mit Investitionskosten von rund 4.9 Mio. Fr. zu rechnen. Die kostendeckende Einspeisevergütung ermöglicht ein positives Betriebsergebnis.
7. Die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für den Betrieb und Unterhalt der Objekte Wasserkraftwerk, Wehranlage und Zufahrtsbrücke müssen unter den Bauträgern neu überdacht und geregelt werden.

Empfehlung weiteres Vorgehen

Wir empfehlen die Ausarbeitung der Variante 1 zur einem genehmigungsfähigen Konzessions- und Bauprojekt. Im Rahmen der vertieften Bearbeitung sind folgende Gutachten einzuholen:

- 1. Gewässerökologische Gutachten**
- 2. Hydrogeologisches Gutachten**
- 3. Aussagen zur Denkmalpflege**

Parallel sind die offenen Fragen betreffend Trägerschaft Neubau Schleusenbrücke sowie Kostenbeteiligung an den Massnahmen zur Wehrerneuerung und der Verbesserung der Hochwassersicherheit zu beantworten.

Gleichzeitig empfehlen wir auf Basis der vorliegenden Studie resp. der vorgeschlagenen Ausbauvariante ein Vorprüfungsverfahren beim Kanton einzuleiten. Zudem ist das Gesuch betreffend KEV einzureichen.

Für die Bearbeitung des Konzessions- und Bauprojektes ist von einem Zeitrahmen vom 6 bis 8 Monaten auszugehen.



1. Einleitung

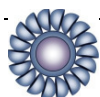
Die Fein-Elast Grabher AG hat im Juni 1993 von der Zwirnerei A. Niederer & Co deren Produktionsstätten übernommen und ist seitdem Eigentümerin der Wasserkraftanlage Stadtbrücke in Lichtensteig an der Thur. Die Wasserkraftanlage befindet sich bei Thur-km 34.516 auf rund 600 m. ü. M. Das bestehende ehehafte Wasserrecht für diesen Standort stammt aus dem Jahre 1820 und gilt als das erste registrierte Kleinwasserkraftwerk auf St.Galler Boden. Gemäss Erhebungsbogen des Bundesamts für Wasserwirtschaft aus dem Jahre 1983 beträgt die Ausbauwassermenge der Anlage $9.7 \text{ m}^3/\text{s}$ über eine Fällhöhe von 4.35 m.

In Folge eines Hochwassers im August des Jahres 1901 wurde das damalige hölzerne Gewerbewehr komplett weggerissen und die Wehranlage in der heutigen Form neu aufgebaut. Die Wasserkraft wurde damals mittels eine Girardturbine und zwei unterschlächtigen Wasserräder genutzt. Aus wasserbaulicher Sicht hatte das Wehr verschiedene Nachteile. Die Folge war, dass es im oberhalb gelegenen Gewässerabschnitt zu Überschwemmungen kam. Das Hochwasserereignis von 1910 zeigte dies deutlich auf. Im Zuge der Thurkorrektur im Gewässerabschnitt Wattwil und Lichtensteig baute das Perimeterunternehmen das Stauwehr aus Gründen des Hochwasserschutzes um. Im Wehrrücken wurde ein Durchlass von 2 x 9 m Breite und 2.0 m Höhe erstellt und darin bewegliche Tafelschützen eingebaut. Diese konnten sodann bei Hochwasser gezogen werden, um einen besseren Abschluss zu gewährleisten.

Gleichzeitig mit dem Wehrrumbau ersetzte das Perimeterunternehmen die damals bestehende alte Holzbrücke durch eine 3 m breite Stahlbrücke. Das Stauwehr bildet das Fundament dieser Brücke.

Im Laufe der Zeit wurden kleine Umbauten an der Anlage vorgenommen. So erfolgten zum Beispiel eine Kanalverbreiterung, eine Stauzielerhöhung und die Modernisierung der elektromechanischen Ausrüstung. Im heutigen Zustand ist die Anlage mit zwei vertikalachsigen Francis Turbinen mit Baujahr 1923 respektive 1978 bestückt, wobei die ältere der beiden Maschinen nicht mehr in Betrieb ist.

Wehranlage und Brücke befinden sich im Eigentum der Gemeinde Wattwil. Die Nutznießung der Wehranlage liegt jedoch beim Konzessionsnehmer. Die Strassenbrücke dient einzig zur Erschliessung von Gemeindegebiet Lichtensteig und hat für die Gemeinde Wattwil keinen weitergehenden praktischen Nutzen. Als eine Eigenart der Anlage in Lichtensteig



besteht zudem die untrennbare Verbundenheit der Wehranlage mit der Schleusenbrücke, welche als einzige Zufahrtsmöglichkeit zum Fabrikareal der Fein-Elast Grabher AG besteht. Aus statischer Sicht ist die Brücke als 4-Feldträger ausgebildet und jeweils auf den Trennpfeilern der Wehranlage abgestützt. Die Trennpfeiler sind jedoch zudem als Führungselemente der Stauorgane (Hubtore) ausgebildet und werden durch das horizontale Fachwerk der Brückenkonstruktion in Querrichtung ausgesteift. Die Schleusenbrücke genügt den heutigen Anforderungen bezüglich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit nicht mehr und ist mit einer Lastbeschränkung auf 12 t begrenzt. Diese Lastbeschränkung der Zufahrtsbrücke stellt eine einschneidende Beeinträchtigung des Betriebes der Firma Fein-Elast AG dar.

Die Tafelhubschützen der Wehranlage sind zwar elektrisch angetrieben jedoch nicht automatisiert. Das zugehörige Wehrreglement legt fest unter welchen Voraussetzungen die Tafelschützen durch den Wehrwärter zu ziehen sind. Dadurch besteht ein erhöhtes Hochwasserrisiko. Zudem besteht die Gefahr einer Verklausung der Stützpfeiler der Brücke, was in der Folge bis zu einer Zerstörung der Brückenkonstruktion führen könnte. Die bestehende Wehranlage mit dem Wehrreglement aus dem Jahre 1949 genügt somit den steigenden Anforderungen bezüglich Hochwassersicherheit nicht mehr.

Es ist das Ziel aller involvierten Parteien diese vor beinahe einem Jahrhundert geschlossenen Vereinbarungen zu entflechten und die Eigentums- und Nutzungsverhältnisse den heutigen gesetzlichen Regelungen anzupassen. Insbesondere sollen folgende Ziele erreicht werden:

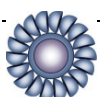
- Statische Trennung der Bauwerke Brücke, Wehr und Wasserkraftanlage
- Erhöhung der Nutzlast der Strassenbrücke auf 40 to
- Verbesserung der Hochwassersicherheit
- Regelung der Eigentumsverhältnisse
- Regelung der Unterhaltspflichten
- Verbesserung des Warenumschlages Fein-Elast Grabher AG
- Erneuerung und Erweiterung der Wasserkraftanlage

Die Wasserkraftanlage Stadtbrücke nutzt im heutigen Zustand lediglich eine Ausbauwassermenge von $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Gefälle von 4.20 m aus und erbringt noch rund 160 kW-e als maximalen Leistungs-Output. Die maximal mögliche Produktion liegt im Mittel bei 900'000 kWh pro Jahr.



Im Zuge der Änderung des Energiegesetzes (EnG) im Zusammenhang mit dem neuen Stromversorgungsgesetz (StromVG) ist die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) für Neuanlagen eingeführt worden. Dabei steht auch bestehenden Anlagen die erheblich erneuert oder erweitert werden die KEV zu. Beim vorliegenden Projekt handelt es sich sowohl um eine erhebliche Erneuerung als auch um eine erhebliche Erweiterung der Leistung und Produktion. Es darf damit gerechnet werden, dass die KEV für die erneuerte Anlage Stadtbrücke bei rund 21.5 Rp./kWh liegen dürfte. Damit wäre sichergestellt, dass eine neue Wasserkraftanlage kostendeckend betrieben werden kann.

Die Fein-Elast Grabher AG beauftragte die HYDRO-SOLAR Engineering AG mit der Ausarbeitung eines Vorprojektes mit Variantenvergleich für die Erneuerung der Wasserkraftanlage.



2. Unterlagen

Zur Ausarbeitung der Vorprojektstudie standen folgende Unterlagen zur Verfügung.

2.1 Topographische Unterlagen

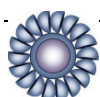
- Höhenkurvenplan des Projektperimeters, Vermessungsamt des Kantons St. Gallen
- Daten der amtlichen Vermessung des Projektperimeters, GEOINFO Wattwil AG
- Geländedaten der Thur, Längenprofil, Querprofile und Profilachsen des Projektperimeters, GEOINFO Wattwil AG

2.2 Hydrologische Unterlagen

- Datenblätter der hydrometrischen Messstation Thur – Wattwil, Schomattensteg; SG 6301
- Hydrologie Thur – Unterwasser bis Bischofszell, Hochwasserabflüsse, Baudepartement des Kanton St. Gallen, Juli 2008
- Schleuse Stadtbrugg – Untersuchung der flussbaulichen Auswirkungen eines Umbaus/Abbruches der Schleuse Stadtbrugg bei Wattwil, VAW der ETH, Zürich April 2000

2.3 Weitere Unterlagen

- Technischer Bericht: Rückbau Schleuse Stadtbrugg; km 34.52, vom, 27. März 2008, Huber & Partner Wattwil AG
- Technischer Bericht mit Kostenschätzung: Schleusenbrücke Lichtensteig, 28. Feb.07, Huber & Partner Wattwil AG
- Bestandesaufnahme Wasserkraftwerk „Niederer“, Lichtensteig, IFE Ingenieurunternehmen für Elektrotechnik AG, Juli 1997
- Diplomarbeit an der Fachhochschule Nordwestschweiz, Erneuerung des Wasserkraftwerks und des Wehres Stadtbrücke an der Thur in Lichtensteig / Kanton St. Gallen, 2007



3. Hydrologie

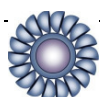
3.1 Einzugsgebiet

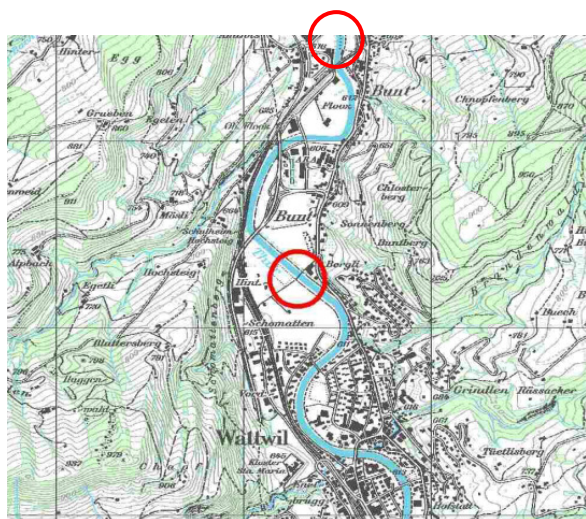
Das direkte Einzugsgebiet bei der Wehranlage des Kraftwerks Stadtbrücke erstreckt sich über eine Fläche von 252 km². Es ist zum grössten Teil bewachsen oder bewaldet, vergletscherte Zonen fehlen gänzlich. Ausgesprochen felsig sind nur die Gipfel und Grate im Säntis- und Churfirstengebiet oberhalb rund 1800 m. ü. M. sowie die Gipfelpartien von Mattstock, Speer und Stockberg. Die Abflüsse der Thur sind ausgesprochen stark von den jeweiligen Niederschlägen abhängig und weisen somit grosse jahreszeitliche Schwankungen auf.

Der Thur wird über mehrere Kilometer mit Hilfe von Steinblöcken der Verlauf in einem künstlichen Flussbett aufgezwungen. An einigen Stellen sind die Blöcke aus ihrer Position herausgerissen, was auf die enorme Kraft des Flusses schliessen lässt. Im Bereich der Wehrschwelle treten an beiden Flussufern natürliche Nagelfluhrücken an die Oberfläche. Der Felsen entlang des linken Ufers ist als schützenswertes Objekt eingestuft, was eine bauliche Veränderung dieser Stelle ausschliesst.

3.2 Dauerkurve und Abflussmengen

Die Abflussmengen für das Kraftwerk Stadtbrücke in Lichtensteig lassen sich in guter Genauigkeit aus den Daten der hydrometrischen Station Thur – Wattwil, Schomattensteg ermitteln. Die hydrometrische Messstelle Schomattensteg liegt nur unweit flussaufwärts vom Wehr in Lichtensteig und wurde vom Bauamt des Kantons St. Gallen über einen Zeitraum von 15 Jahren von 1987 bis 2001 betrieben. Vergleichsanalysen mit den heute an der Thur betriebenen hydrometrischen Messstellen zeigen, dass die Daten Wattwil für die wasser- und energiewirtschaftlichen Berechnungen mit ausreichender Genauigkeit übernommen werden können.





Standort Kraftwerk

Standort Messstelle

Einzugsgebiet 252 km²

Abbildung 1: Standortübersicht

Die Daten der Dauerkurven für ein Mitteljahr, ein nasses und ein trockenes Jahr lauten somit für das Kraftwerk Stadtbrücke:

Tage		1	3	6	9	18	36	55	73	91	114	137	160
Mitteljahr	m ³ /s	98.7	73.0	59.5	52.2	37.9	27.0	20.8	16.7	14.2	11.8	10.1	8.86
nasses Jahr	m ³ /s	137.0	98.7	84.4	66.0	46.4	36.5	30.5	25.8	22.4	19.3	16.6	14.9
trockenes Jahr	m ³ /s	66.8	60.0	52.6	38.8	28.8	17.9	12.7	10.5	8.66	6.87	5.74	4.78

Tage		182	205	228	251	274	292	310	329	347	356	362	365
Mitteljahr	m ³ /s	7.74	6.76	5.70	4.79	4.02	3.47	3.09	2.68	2.07	1.72	1.49	1.17
nasses Jahr	m ³ /s	13.2	11.7	10.1	9.02	7.53	6.94	5.69	4.49	3.10	2.55	2.23	2.16
trockenes Jahr	m ³ /s	4.29	3.92	3.57	3.35	3.20	3.09	2.99	2.92	2.86	2.79	2.72	2.66

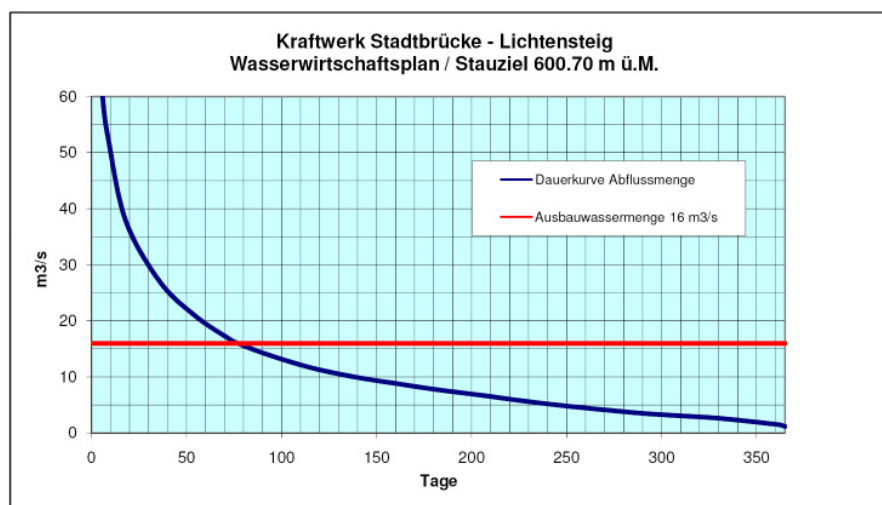
Tabelle 1: Wassermengenangaben im m³/s


Abbildung 2: Dauerkurve der Abflussmessungen

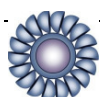


Die mittleren Abflussmengen für das Kraftwerk Stadtbrücke betragen:

- Mitteljahr 12.20 m³/s
- nasses Jahr (1995) 18.00 m³/s
- trockenes Jahr (2001) 8.18 m³/s

3.3 Ausbauwassermenge / Restwassermenge

Die Ausbauwassermenge für das Kraftwerk Stadtbrücke wird auf 16 m³/s festgelegt. Die Ausbauwassermenge wird an rund 75 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten. Die mittlere jährliche Nutzwassermenge beträgt 265 Mio. m³ oder 8.4 m³/s, wobei 40 % im Winter- und 60 % im Sommerhalbjahr anfallen. In einem nassen Jahr kann sich die Nutzwassermenge um 48 % erhöhen, während in einem ausgeprägten Trockenjahr eine Reduktion von bis zu 33 % in Kauf zu nehmen ist. Von der Nutzwassermenge in Abzug gebracht wurde die Dotation der Fischaufstiegshilfe mit einer Wassermenge von rund 250 bis 300 l/s. Da es sich um ein Wehrkraftwerk ohne Ausleitstrecke handelt ist eine Restwasserdotierung gemäss dem Gewässerschutzgesetz nicht erforderlich.



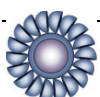
3.4 Hochwassermengen

Die Thur weist den Abflusscharakter eines Wildbaches mit grossen Hochwasserspitzen auf. Im Falle eines Hochwassers wird viel Geschiebe und Geschwemmsel mittransportiert.

Die Bemessungshochwassermengen für die Wehranlage und das Kraftwerk Stadtbrücke werden dem Bericht: Hydrologie Thur – Unterwasser bis Bischofszell, Hochwasserabflüsse des Baudepartement des Kanton St. Gallen entnommen. Diese Studie wurde durch das Baudepartement des Kantons St. Gallen in Auftrag gegeben, mit dem Ziel: einheitliche und umfassende Angaben über die Hochwasserabflüsse an der Thur auf dem Kantonsgebiet St. Gallen zu erhalten.

Für die Wehranlage und das Kraftwerk Stadtbrücke sind die Angaben zum Standort bei Thur-km 35.6 mit Rotenbach massgebend. Dazu sind folgende Werte angegeben:

-	HQ ₃₀	=	355 m ³ /s
-	HQ ₁₀₀	=	422 m ³ /s
-	HQ ₃₀₀	=	483 m ³ /s



4. Hochwassersicherheit

4.1 Hochwassermengen

Als Grundlage zur Berechnung der Hochwassersicherheit dienen die in Kapitel 3.4 aufgeführten Hochwassermengen und die topografischen Aufnahmen der Thur. Seitens des TBA sind bei der Auslegung der Wehranlage folgende Vorgaben zu berücksichtigen:

- $HQ_{100} = 422 \text{ m}^3/\text{s}$: Freibord unter der neuen Schleusenbrücke 1.0 m bis 1.5 m bei n-1 Wehröffnungen (Wehrsektion Grundablass geschlossen)
- $HQ_{300} = 483 \text{ m}^3/\text{s}$: Nachweis der Auswirkungen und Aufzeigen des Schadenspotentials, ohne Gefährdung von Sachwerten.

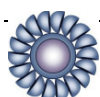
4.2 Definition Betriebszustand n-1

Die Geometrie des Durchflussquerschnittes im Bereich der Wehranlage ist aus Planbeilage 1, Querprofil 2.5 Km 34.516 Wehr / Schleusenbrücke 1:150, ersichtlich.

Die einzelnen Elemente der geplanten Wehranlage weisen darin folgende Breiten auf:

- | | |
|--|---------|
| - Wehranlage mit Stauklappe | 23.00 m |
| - Trennpfeiler | 1.00 m |
| - Grundablass, Tafelschütz mit aufgesetzter Klappe | 4.00 m |
| - Trennpfeiler Kraftwerk | 2.00 m |
| - Wasserfassung Kraftwerk | 9.54 m |

Die Stauklappe (2.65 m x 23.0 m) der Wehranlage ist mit zwei passiven Sicherheitssystemen versehen. Einerseits erfolgt das Absenken über ein einstellbares Überdruckventil, andererseits über ein wasserniveauabhängiges Schwimmerventil. Ein technisches Versagen der beiden Regulierorgane kann somit ausgeschlossen werden und ein Absenken der Klappe, auch bei Störfällen, ist jederzeit sichergestellt. Der Grundablass (4.70 m x 4.0 m) besteht aus einem Tafelschütz mit aufgesetzter Klappe. Die Klappe ist überdruckgesteuert und senkt sich auch bei einem technischen Versagen ab. Hingegen ist ein technisches Versagen beim Heben des Grundablasses nicht auszuschliessen, sodass bei den Berechnungen mit n-1-Öffnungen konkret ein Versagen der Grundablassöffnung berücksichtigt ist.



4.2 Abflusssimulationen

Zur Simulation der Abflussverhältnisse wurde die Thur mit dem numerischen Staukurvenprogramm HEC-RAS modelliert. Als Grundlage dienen die Querprofilaufnahmen des TBA vom Ober- und Unterwasserbereich aus dem Jahr 2005. Der Umfang der Berechnungen erstreckt sich über den gesamten Thurabschnitt von km 34.200 bis km 35.600, welcher durch das Kraftwerksprojekt beeinflusst wird. Der Rauigkeitskoeffizient für die Sohle und die Uferbereiche wurde einheitlich mit $k_{Str} = 33.3 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ angenommen. Dieser Wert entspricht einem stark geschiebeführenden Gebirgsfluss mit groben ruhendem Geröll, beziehungsweise rohem Fels, was der Thur in diesem Abschnitt entspricht. Die numerische Abflussberechnung basiert auf einem eindimensionalen Modell. Zweidimensionale Strömungseffekte infolge Kurven wurden nicht berücksichtigt.

4.3 Abflussverhältnisse im Oberwasser

Die Wasserspiegellinien im Oberwasser für den Fall n-1 Wehröffnungen können der Planbeilage 2 entnommen werden. Die Berechnungen zeigen, dass das Freibord unter der neuen Schleusenbrücke bei n-1 Wehröffnungen und einem Hochwasserabfluss von $HQ_{100} = 422 \text{ m}^3/\text{s}$ 1.30 m beträgt. Zusätzlich sind keine Pfeilereinbauten mehr vorhanden, ein Verklausen des Durchflussquerschnittes kann ausgeschlossen werden. Somit sind die Vorgaben des TBA bezüglich Freibord erfüllt. Für den Fall $HQ_{300} = 483 \text{ m}^3/\text{s}$ verringert sich das Freibord auf 0.92 m.

Diese Betrachtung zeigt auf, dass ein allfälliges Hochwasser problemlos durch die neue Wehranlage abgeführt werden kann. Weiter ist ersichtlich, dass für spätere Optimierungen in den Breitenverhältnissen von Wehranlage und Fassungsbauwerk noch Spielraum besteht.

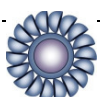
Bei einer Stauzielerhöhung um 0.50 m auf 600.70 m ü. M. verschiebt sich die Stauwurzel um rund 190 m flussaufwärts und kommt neu auf Thur-km 35.062 zu liegen. Die topographischen Verhältnisse im Flusslauf weisen in diesem Bereich keine Besonderheiten auf.

Im Falle eines Hochwassers ist die Stauklappe vollständig abgesenkt und gibt den Querschnitt gemäss Definition Betriebszustand n-1 für den Abfluss frei. Die berechneten Wasserspiegellagen für den Hochwasserfall werden somit durch die Stauzielerhöhung nicht beeinflusst. Eine Stauzielerhöhung ist somit möglich.



4.4 Abflussverhältnisse im Unterwasser

Die Pegelstände im Unterwasser können der Pegelrelationskurve (Anhang 1c) unmittelbar beim Profil der Wasserrückgabe entnommen werden. Die Pegelstände im Unterwasser werden durch das Wasserkraftwerk nicht beeinflusst.



5. Bestehende Anlagen

Bei Thurkilometer 34.516 befinden sich die Bauwerke Wehranlage „Stadtbrugg“, die Schleusenbrücke und das Kraftwerk der Fein-Elast Grabher AG. Die Schleusenbrücke, welche zur Erschliessung des Firmenareals der Fein-Elast Grabher AG und des Mehrfamilienhauses „Flötzli“ dient, ist im heutigen Zustand untrennbar mit der Wehranlage verbunden.

5.1 Zufahrtsbrücke

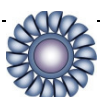
Die Brückenkonstruktion besteht aus einer 4-feldrigen Konstruktion mit einer Gesamtlänge von 40.60 m. Neben den beiden Brückenwiderlagern ist die Brücke auf den drei Pfeilern der Wehranlage (seitliche Führungskonstruktion der Hubtore) abgestützt. Die Haupttragkonstruktion der Brücke besteht aus zwei Stahlträgern HEB 400 mit dazwischenliegendem horizontalem Stahlfachwerk. Die Spannweiten des 4-Feldträgers betragen: 12.2 m, 9.0 m, 9.0 m und 10.0 m. Die Stahlkonstruktion ist mit einem Korrosionsschutzanstrich versehen. Die 3.05 m breite Fahrbahnplatte besteht aus vorfabrizierten Betonplatten (Stärke = 0.18 m, Elementlänge ca. 2.0 m), die auf den Stahlträgern aufgelagert sind. Als Abdichtung der Fahrbahn dient ein Gussasphaltbelag.

Die Tragkonstruktion der Brücke dient gleichzeitig als Aussteifkonstruktion der Wehranlage. Die Zufahrtsbrücke wurde 1977 saniert respektive erneuert, genügt jedoch den heutigen Anforderungen bezüglich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit nicht mehr und ist mit einer Lastbeschränkung auf 12 t limitiert.

Eine Bestandsaufnahme aus dem Jahre 1997 zeigt, dass der Zustand der Brücke und insbesondere der Zustand des linken Widerlagers bereits damals als schadhaft beurteilt wurden und eine Instandsetzung respektive eine Erneuerung der Brückenkonstruktion notwendig ist.

5.2 Wehranlage

Die Wehranlage „Stadtbrugg“ besteht aus drei, durch Pfeiler abgetrennte Feldern. Das linksufrige erste Feld besteht aus einem Streichwehr mit fixer Überfallkote auf 600.20 m ü. M. Die beiden mittleren Felder sind jeweils als Schützenkonstruktion ausgebildet und mit Tafelschützen versehen. Die Führungskonstruktionen der Schützen sind gleichzeitig die Zwischenabstützungen der Brücke. Es handelt es sich dabei um genietete Fachwerkskonstrukti-

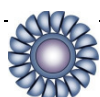


onen, die mit Stahlplatten verkleidet wurden. Das eigentliche Fachwerk ist nicht sichtbar. Die Wehranlage inklusive der Pfeilerkonstruktionen ist auf dem anstehenden Fels fundiert. Die Hubtore sind 9.0 m breit, 2.15 m hoch und werden mittels Zahnstangen und Elektroantrieb von der Brücke aus bedient. Die Anlage ist nicht automatisiert und muss durch den Anlagewart manuell vor Ort bedient werden. Bei einem Hochwasserereignis werden die Schleusen gemäss einem Wehrreglement aus dem Jahre 1949 bedient. Dadurch wird der Wasserspiegel abgesenkt und zusätzlich der Geschiebetrieb ermöglicht. Den Protokollen des Schleusenwerts kann entnommen werden, dass die Anlage in der Vergangenheit eher konservativ betrieben wurde. Die Hochwassersicherheit der Anlage ist speziell bei geschlossenen Tafelschützen ungenügend, zudem besteht an den Stützpfählern eine abflusshemmende Verklauungsgefahr. Die Sicherheit muss zwingend verbessert werden.

Eine Bestandsaufnahme aus dem Jahre 1997 zeigt, dass die sichtbare Stahlkonstruktion vor allem im Bereich der Plattenstösse und Nietungen teilweise starke Korrosionsschäden aufweist. Die eigentliche Tragkonstruktion ist nicht einsehbar und konnte nicht kontrolliert werden. Die Betonteile weisen gemäss der Untersuchung diverse Schadensbilder wie Auskolkungen, Abrasionsschäden (Ausbrüche), Ablösungen und Hohlstellen auf.

Die Wehranlage befindet sich im Eigentum der Gemeinde Wattwil welche für dieses Objekt auch Wasserbau- und Unterhaltspflichtig ist. Der Schleusenunterbau wurde im Oktober 2000 und im Oktober 2004 die Gemeinde Wattwil aufwendig saniert.

Als weiteres Element dient die Wehrschwelle der Sohlstabilisierung in der Thur und bildet einen Fixpunkt bezüglich Erosion der Flusssohle und Unterspülung der Ufersicherungen. Gemäss einer Studie der ETH Zürich aus dem Jahr 2000, würde sich die Sohle im Bereich der Schleusenbrücke, bei einem vollständigen Rückbau der Wehranlage, um ca. 1.30 m gegenüber der heutigen Kote der Wehrschwelle absenken. Die Wehranlage dient somit heute auch zu wasserbaulichen Zwecken und schützt oberliegende Flussquerungen vor einer Freilegung. Eine Absenkung der Wehrschwelle ohne weitergehende Sicherheitsmassnahmen im Oberwasserbereich ist daher nicht möglich. Die Hochwassersicherheit der Wehranlage sollte somit auf Basis der heutigen Schwellenkote sichergestellt werden.



5.3 Wasserkraftwerk

Das vierte Brückenfeld am rechten Thurufer überspannt den Einlaufkanal zum Wasserkraftwerk. Der Einlaufkanal ist 5.0 m breit, in Beton ausgebildet und weist seitlich ein Streichwehr auf. Zu Beginn befindet sich eine Einlaufschütze (Hubschütze) aus Holz. Dahinter der Einlaufrechen mit Rechenreinigungsanlage, eine Gegenschwelle und die Turbinenkammer mit Turbine. Der Auslaufkanal mündet direkt unterhalb der Wehranlage zurück in die Thur.

Eine Bestandsaufnahme aus dem Jahre 1997 zeigt, dass sich der Zulaufkanal und die Kraftwerksanlage generell in einem befriedigenden Zustand befinden. Die Absperrorgane und die Rechenanlage sind zu ersetzen. Die Turbine mit Generator sowie die Anlagensteuerung wurden 1983 ersetzt und sind in einem gebrauchstauglichen Zustand.

Das bestehende ehehafte Wasserrecht beinhaltet die Nutzung von 9.7 m^3 Wasser pro Sekunde über eine Fallhöhe von 4.35 m. Heutzutage beschränkt sich die Nutzung auf $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ über eine Fallhöhe von ca. 4.2 m. Die maximale Leistung beträgt dabei 160 kW-e und die jährliche Produktion liegt bei 900'000 kWh. Die elektromechanische Ausrüstung wurde im Jahre 1977 umfassend erneuert. Es gibt keine Restwasserverpflichtung.



6. Variantenstudien

6.1 Ziel der Variantenstudien

Um die eingangs definierten Zielsetzungen erreichen zu können, drängen sich Erneuerungs- und Ausbaumassnahmen am Wasserkraftwerk, der Wehranlage und der Zufahrtsbrücke zum Firmenareal der Fein-Elast Grabher AG auf. Alle Massnahmen dienen dazu, das vorhandene Wasserdargebot optimal zu nutzen, den Betriebsaufwand zu minimieren, die Hochwassersicherheit zu gewährleisten und die einwandfreie Erschliessung des Areals sicherzustellen.

Hierbei muss erwähnt werden, dass betreffend der Zufahrtsbrücke nur konzeptionelle Überlegungen in diese Vorprojektstudie eingeflossen sind.

6.2 Varianten Zufahrtsbrücke

Im Rahmen von Diplomarbeiten an der Fachhochschule Nordwestschweiz Muttenz wurden verschiedene Konzepte zur Gestaltung der Schleusenbrücke ausgearbeitet und überprüft. Das neue Brückenkonzept hat folgende Vorgaben zu erfüllen:

- Bemessung der Brücke auf 40 t Nutzlast
- Fahrbahnbreite 3.50 m
- Nutzung der Ufermauern der Wehranlage als Widerlager
- Statische Trennung zwischen Wehranlage und Brücke
- Trennung der Verantwortlichkeiten
- Sicherstellung der Zufahrt während der Bauzeit
- Minimale Einschränkungen für Bauablauf Wehr und Kraftwerk

Folgende Varianten wurden untersucht:

- Variante „Stahlfachwerk“: Eine 40.80 m lange Fachwerkbrücke in Stahl-Beton-Verbundbau überspannt die Thur als 1-Feld Träger ohne Zwischenabstützungen.
- Variante „Beton“: Eine vorgespannte Trogbrücke aus Ortbeton überspannt die Thur als 2-Feld Träger mit einer Zwischenabstützung. Die Spannweiten der Felder betragen 24.40 m respektive 16.40 m.



Die Variante Stahlfachwerk erfüllt die gestellten Voraussetzungen an die Brücke am Besten



und weist zudem geringe kostenmässige Vorteile auf. Speziell die freitragende Konstruktion ohne zusätzliche statischen Verbindungen mit der Wehranlage und dem Kraftwerksbau favorisieren in den weiteren Betrachtungen diesen Lösungsansatz. Bei den Standortvarianten für die Kraftwerksanlage wird von der Stahllösung ausgegangen.

Abbildung 3: Bestehende Stadtbrücke mit Fotomontage der neuen Zufahrtsbrücke in Stahl

6.3 Festlegung Stauziel

Im Rahmen dieses Vorprojektstudiums wurden beim Ausbau der Anlage auf Q_A 16 m³/s die Auswirkungen einer Stauzielerhöhung vom heutigen Stauziel 600.20 m ü. M. um 0.50 m auf 600.70 m ü. M. untersucht. Mit einer Erhöhung wird der Uferschutz im Oberwasserbereich nicht tangiert. Die Hochwassersicherheit wird durch die Stauzielerhöhung nicht beeinflusst (siehe Abschnitt 4.3). Die jährliche Stromerzeugung kann um 12% von 2.26 GWh auf 2.54 GWh gesteigert werden kann. Die Stauzielerhöhung ermöglicht zudem eine verbesserte Wasserentnahme mit reduzierten Fliessgeschwindigkeiten im Fassungsbereich. Eine Stauzielerhöhung ist betriebswirtschaftlich vorteilhaft und aus Sicht der Hochwassersicherheit unproblematisch. Bei den Standortvarianten für die Kraftwerksanlage wird somit von einer Stauzielerhöhung um 50 cm auf ein neues Stauziel von 600.70 m ü. M. ausgegangen. Wasserspiegellagen gemäss dem neuen Stauziel werden heute schon mehrfach pro Jahr während längerer Zeit erreicht oder überschritten, da die bestehenden Tafelschützen der Wehranlage erst ab einer Wassermenge von 40 m³/s gezogen werden.

Die Produktions- und Ertragsberechnung mit Stauzielerhöhung ist in Anhang 1 angefügt.

Im Rahmen der weiteren Planungsschritte sind zusätzlich gewässerökologische Detailuntersuchungen notwendig.



6.4 Varianten Standort Wasserkraftwerk / Wehranlage

Im Rahmen dieses Vorprojekts wurden 4 Varianten untersucht, das neue Wasserkraftwerk und die Wehranlage unter Berücksichtigung der sehr engen Platzverhältnissen zu gestalten. Das neue Anlagenkonzept hat folgende Vorgaben zu erfüllen:

- Stauziel 600.70 m ü. M.
- Ausbauwassermenge 16.0 m³/s
- Statische Trennung der Objekte
- Berücksichtigung des unter Deckmalschutz stehenden Fabrikgebäudes
- Schonung des linken Uferbereiches
- Erstellung einer Fischaufstiegshilfe
- Sicherstellung einer optimalen Weiterleitung des Geschiebes.

Folgende Varianten wurden untersucht:

- Variante 1: Turbinentyp: Kaplan S-Turbine
Standort: Rechenanlage und Turbineneinlauf unterhalb der Schleusenbrücke
- Variante 2: Turbinentyp: Kaplan S-Turbine
Standort: Rechenanlage und Turbineneinlauf oberhalb der Schleusenbrücke
- Variante 3: Turbinentyp: Kegelrad-Rohrturbine
Standort: Zentrale flussabwärts versetzt mit Rohrleitungsverbindung zum Einlaufbereich. Rechenreinigung und Turbineneinlauf liegen oberhalb der Schleusenbrücke
- Variante 4: Turbinentyp: vertikale Kaplan
Standort: Rechenanlage und Turbineneinlauf unterhalb der Schleusenbrücke

Bei allen Varianten bleibt der Standort der Wehranlage und die Stassenachse der Zufahrtsbrücke unverändert. Die neue Wehranlage wird dabei unterhalb der bestehenden Wehranlage erstellt. Die bestehende Wehranlage dient dabei teilweise zur Wasserhaltung. Linksufrig werden keine neuen Bauten erstellt.



6.4.1 Variante 1: Kaplan S-Turbine, Zentrale angrenzend an Schleusenbrücke

Diese Variante ist im Situationsplan und im Längenprofil der Planbeilage 3 dargestellt.

Der Einlauf zur Wasserfassung ist unmittelbar oberhalb der Schleusenbrücke angeordnet. Der Zulauf zur Turbine mit dem vorgelagerten Feinrechen und die Zentrale mit der Turbine befinden sich flussabwärts der Schleusenbrücke. Die Schleusenbrücke selbst ist nicht in das Fassungsbauwerk integriert. Der als Borstenfischpass ausgebildete Fischaufstieg ist grösstenteils im Mittelpfeiler integriert. Der weitere Verlauf im Unterwasser verläuft serpentinenförmig über dem Turbinenauslauf in einem künstlichen Gerinne.

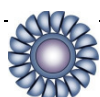
Die Anwendung einer S-Turbine ermöglicht eine Zentralenanordnung mit geringer Aushubtiefe im Bereich der geschützten Fabrikliegenschaft und in gestreckter Linie parallel zum Mittelpfeiler. Die angrenzenden Gebäulichkeiten der Fein-Elast Grabher AG werden bei dieser Bauweise kaum tangiert. Die Anordnung der Zentrale unterhalb der Schleusenbrücke ermöglicht zudem eine optimale Gestaltung des Einlaufbereiches. Es ist genügend Platz vorhanden eine hydraulisch günstig ausgebildete Spülrinne zum Grundablass hin auszubilden.

Die Zugänglichkeit zum Maschinenhaus ist über eine Aussentreppe möglich. Für die Montage der Anlageteile und im Falle von Revisionen ist die Bedienung des Maschinenhauses per Autokran über Montageöffnungen vorgesehen. Die Geschwemmselentsorgung erfolgt durch Rückspülung in die Thur. Die Reinigungsanlage kann auf dem Dach der zentrale angeordnet werden. Dadurch wird ein zusätzlicher Sortierplatz geschaffen.

6.4.2 Variante 2: Kaplan S-Turbine, Zentrale in Schleusenbrücke integriert

Diese Variante ist im Situationsplan und im Längenprofil der Planbeilage 4 dargestellt.

Im Gegensatz zur Variante 1 ist der Einlauf zur Wasserfassung weiter flussaufwärts angeordnet und der Zulauf zur Turbine mit dem vorgelagerten Feinrechen und die Zentrale mit der Turbine befinden sich oberhalb der Schleusenbrücke. Die Schleusenbrücke kann so um die Breite des Fassungsbauwerkes verkürzt werden. Die Decke des Fassungsbauwerkes wird dabei als Fahrbahn genutzt. Die Spannweite der Brücke verkürzt sich auf 28.0 m. Der als Borstenfischpass ausgebildete Fischaufstieg ist grösstenteils im Mittelpfeiler integriert.



Der weitere Verlauf im Unterwasser erfolgt serpentinenförmig über dem Turbinenauslauf in einem künstlichen Gerinne.

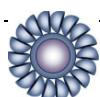
Die Anwendung einer S-Turbine ermöglicht analog der Variante 1 eine Zentralenanordnung mit gesamthaft geringer Aushubtiefe. Die angrenzenden Gebäulichkeiten werden jedoch bei dieser Bauweise im Eckbereich etwas tiefer unterfahren. Die Verschiebung des Einlaufbereiches Richtung Oberwasser erschwert die optimale Gestaltung des Einlaufbereiches. Die Platzverhältnisse sind eingeschränkt und die Grundablassschütze inklusive des Trennpfeilers müssen gegen Oberwasser verlängert werden. Der positive Einfluss der Wehranlage auf die Spülwirkung wird deutlich abgeschwächt. Eine hydraulisch günstige wirkende Spülrinne zum Grundablass hin auszubilden gestaltet sich schwierig.

Die Zugänglichkeit zum Maschinenhaus ist über eine Aussentreppe sichergestellt. Einlaufdecke, Fahrbahn und Zentralendecke bilden eine höhenmässige Einheit. Damit kann die Möglichkeit zur Geschwemmselentsorgung geschaffen werden. Die Bedienung des Maschinenhauses für Montage- und Revisionsarbeiten ist über Dachluken möglich. Für die Montage der Anlageteile und im Falle von Revisionen ist die Bedienung des Maschinenhauses per Autokran über die Montageöffnungen vorgesehen.

6.4.3 Variante 3: Kegelrad Rohrturbine, Zentrale unterhalb Wehranlage

Diese Variante ist im Situationsplan und im Längenprofil der Planbeilage 5 dargestellt. Bei dieser Variante ist das Zentralengebäude unabhängig von der Wasserfassung im Unterwasser der Wehranlage angeordnet. Über eine Druckleitung wird das Wasser zur Zentrale geleitet. Die Wasserfassung ist analog der Variante 2 konzipiert um die notwendigen Platzverhältnisse für eine Zufahrtstrasse zur Zentrale zu generieren. Die Spannweite der Brücke verkürzt sich auf 28.0 m. Der als Borstenfischpass ausgebildete Fischaufstieg ist grösstenteils im Mittelpfeiler integriert. Der weitere Verlauf im Unterwasser verläuft serpentinenförmig in einem künstlichen Gerinne. Der Einstieg ist beim Wehrkolk angeordnet und liegt damit ausserhalb der günstig wirkenden Turbinenabströmung. Die Auffindbarkeit des Einstieges ist erschwert.

Die Anwendung einer Kegelrad Rohrturbine ist für diese Anordnung sinnvoll und ermöglicht eine kompakte Bauweise der Zentrale mit geringer Aushubtiefe und direktem Anschluss an eine Druckrohrleitung. Die Trennung von Wasserfassung und Zentralengebäude bedingt die



Erstellung einer Zufahrtstrasse zur Zentrale, was mit einem erheblichem Aufwand und der Erstellung hoher wasserseitiger Stützmauern verbunden ist. Die angrenzenden Gebäulichkeiten der Fein-Elast Grabher AG werden bei dieser Bauweise kaum tangiert resp. unterfahren. Die Druckleitung kann praktisch in den bestehenden Zulaufkanal und Turbinenkammer verlegt werden. Die Einschränkungen infolge der Verschiebung des Einlaufbereiches Richtung Oberwasser sind analog der Variante 2 mit Schwierigkeiten in der einwandfreien hydraulischen Gestaltung verbunden.

Die Zugänglichkeit zum Maschinenhaus ist über eine Aussentreppe möglich. Für die Montage der Anlageteile und im Falle von Revisionen ist die Bedienung des Maschinenhauses per Autokran über die Montageöffnungen vorgesehen. Ein Richtung Unterwasser verschobener Zentralenstandort tangiert direkt spätere Umnutzungen auf dem Areal der Fein-Elast Grabher AG.

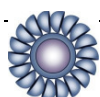
6.4.4 Variante 4: Kaplan vertikal, Zentrale angrenzend an Schleusenbrücke

Diese Variante ist im Situationsplan und im Längenprofil der Planbeilage 6 dargestellt.

Der Anlageteile sind Analog der Variante 1 angeordnet.

Die Anwendung einer Kaplan Turbine ermöglicht eine kompakte Bauweise der Zentrale. Die Breite der Zentrale und die Aushubtiefe vergrössern sich gegenüber dem Einsatz einer S-Turbine. Dadurch wird das Fabrikgebäude stärker tangiert. Es entsteht zudem ein Gebäudeaufbau der über das umgebende Terrain hinausragt und damit den denkmalgeschützten Teil des Fabrikareals zusätzlich tangiert. Die Anordnung der Zentrale unterhalb der Schleusenbrücke ermöglicht analog der Variante 1 eine kompakte Bauweise in der Längenausdehnung was zu einer optimalen Gestaltung des Einlaufbereiches, der Spülkanals sowie der Fischaufstiegshilfe führt.

Die Zugänglichkeit zum Maschinenhaus ist über eine Aussentreppe sichergestellt. Für die Montage der Anlageteile und im Falle von Revisionen ist die Bedienung des Maschinenhauses per Autokran über die Montageöffnungen vorgesehen. Maschinell besteht der Vorteil bei diesem Lösungsansatz im möglichen Einsatz eines langsam laufenden, direktgekoppelten Generators. Während sich die Kosten für die baulichen Massnahmen am Umfang der Variante 1 orientieren, so ist von einem erhöhten Aufwand für die EM-Ausrüstung auszugehen.



6.5 Variantenvergleich

Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt eine Übersicht über den Variantenvergleich, wobei die massgebenden Parameter qualitativ bewertet wurden.

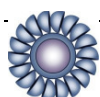
Parameter	Variante			
	1	2	3	4
	S-Turbine, unterwasserseitig Schleusenbrücke	S-Turbine, oberwasserseitig Schleusenbrücke	Kegelrad-Rohrturbine mit Druckleitung	Vertikale Kaplan turbine unterwasserseitig Schleusenbrücke
Hochwassersicherheit				
Statische Trennung Wehranlage und Brücke		Zufahrt auf Decke	Zufahrt auf Decke	
Gestaltung Wasserfassung / Spülwirkung		ev. Optimierung	ev. Optimierung	
Kompakte Bauweise der Anlage	Baulänge gegeben	Baulänge gegeben	Trennung Einlauf / Zentrale	
Gründungstiefe Bereich Fabrikgebäude		Auslaufbereich		Breite, tiefe Zentrale
Lärmissionen	Massnahmen erforderlich	Massnahmen erforderlich	KRT sehr laut	
Körperschall	Massnahmen erforderlich	Massnahmen erforderlich		Massnahmen erforderlich
Beeinträchtigung spätere Bauvorhaben			im Bauperimeter	
Tangierung Denkmalpflege	Anbau an Gebäude	Anbau an Gebäude		Hochbau vor Gebäude
Bedienung und Zufahrt Zentrale	verwinkelt		zus. Trasse erforderlich	verwinkelt
Funktionalität Fischaufstiegshilfe	Distanz zu Kolk		Einstieg weit entfernt	Distanz zu Kolk
Geschwemmselkonzept	Entsorgung erschwert			Entsorgung nicht möglich
Bauablauf		Brückenprov.	Brückenprov.	
Investitionskosten			Druckleitung	EM-Anteil höher
Energieproduktion	zus. Verluste Getriebe 2%	zus. Verluste Getriebe 2%	zus. Verluste DL	optimal wenn direktgetrieben
Wertung:	37	33	26	35

Legende:

3	2	1	Wertung
	eventuelles Ausschlusskriterium		
	absolutes Ausschlusskriterium		

Tabelle 2: Qualitativer Variantenvergleich

Der Variantenvergleich zeigt, dass bei den Varianten 2 und 3 erhebliche Nachteile zum Vorschein kommen. Einerseits ist die Gestaltung des Einlaufbereiches erschwert und dadurch die Spülwirkung deutlich abgeschwächt. Andererseits lässt sich das Kriterium „Statische Trennung der Objekte“ nicht bewerkstelligen. Im Bauablauf kommt die Lage des gegen Oberwasser verlegten Einlaufbauwerks negativ zum Vorschein. Das erforderliche Brückenprovisorium verdeckt wesentliche Anlagenteile und eine einwandfreie Wasserhaltung im Bauablauf lässt sich nur schwer bewerkstelligen. Zur Variante 3 kommt erschwerend hinzu, dass die Funktionalität der Fischaufstiegshilfe nicht gewährleistet ist. Als eigentliches Ausschlusskriterium



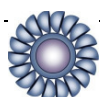
muss bei Variante 3 jedoch die Beeinflussung eines künftigen Bauperimeters gewertet werden. Gesamthaft schneiden die Varianten 2 und 3 deutlich schlechter ab als die Variante 1 und 4 und sind nicht weiter zu verfolgen.

Die Aushubtiefe einer vertikalen Kaplan Turbine (Variante 4) ist um einiges grösser als bei mit einer Kaplan S-Turbine (Variante 1). Es muss davon ausgegangen werden, dass der Baugrund bei der Kraftwerksanlage felsig ist und eine grössere Aushubtiefe mit Mehrkosten verbunden sein wird. Die Nähe zum bestehenden Fabrikgebäude darf auch nicht unterschätzt werden. Zudem sind die Aufwendungen für geeignete Wasserhaltungsmassnahmen erheblich von der Baugrubentiefe abhängig.

Als weiterer Faktor kommt hinzu, dass der Einsatz einer vertikalen Kaplanturbine mit direktgekoppeltem Generator eine grössere Raumhöhe notwendig macht. Es entsteht ein Gebäudeaufbau der über das umgebende Terrain hinausragt und damit den denkmalgeschützten Teil des Fabrikareals zusätzlich tangiert. Dies stellt für Variante 4 je nach Ansicht der Denkmalpflege ein mögliches Ausschlusskriterium dar. Die Entsorgung des entnommenen Geschwemmsels ist bei dieser Ausführung der Anlage (Variante 4) nicht mehr gegeben, es kommt nur eine Rückspülung in die Thur in Frage. Auch dieser Aspekt könnte zu einem Ausschlusskriterium werden.

6.6 Empfehlung

Das Variantenstudium zeigt klare Vorteile der Varianten 1 und 4 auf, wobei die Variante 4 nachteiliger beurteilt wird und mit möglichen Ausschlusskriterien belastet ist. Es wird die Ausführung der Wasserkraftanlage gemäss Variante 1 empfohlen. Im Rahmen der weiteren Planungsschritte darf jedoch eine Lösung mit vertikaler Kaplanturbine nicht gänzlich ausser Acht gelassen werden.



7. Kurzbeschreibung der empfohlenen Variante

7.1 Anlagenkonzept

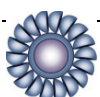
Das neue Kraftwerk Stadtbrücke nutzt wie bis anhin das Gefälle der Thur im Bereich des Firmen Areals der Fein-Elast Grabher AG in Lichtensteig. Die neue Kraftwerksanlage besteht aus einem 23 m langem Wehrfeld mit integrierter Stauklappe, einem anschliessend 4 m breiten Grundablass sowie dem Zentralengebäude mit vorgelagertem, ca. 10 m breitem Einlaufbereich. Die Anlage wird mit einer Fischaufstiegshilfe in Form eines Borstenfischpasses ergänzt. Die Fischaufstiegshilfe ist aus mangelnden Platzverhältnissen grösstenteils in das Bauwerk integriert.

7.2 Stauwehr

Die alte Wehrschwelle wird bis auf Kote OK = 598.05 m ü. M. abgebrochen. Ebenfalls werden die bestehenden Pfeilereinbauten entfernt. Am alten Standort, jedoch ca. 5.0 m in Fliessrichtung versetzt, wird eine neue Wehrschwelle mit einer lichten Durchflussbreite von 23.0 m erstellt. Die Überfallkote von 598.05 m ü. M. wird beibehalten. Eine hydraulisch angetriebene, aufgesetzte Stauklappe reguliert das Stauziel auf 600.70 m ü. M. Dies entspricht einer Stauzielerhöhung von 0.50 m gegenüber dem heutigen Zustand. Die Stauklappe ist mit zwei passiven Sicherheitssystemen versehen. Einerseits erfolgt das Absenken über ein einstellbares Überdruckventil, andererseits über ein wasserniveauabhängiges Schwimmerventil. Ein technisches Versagen der beiden Regulierorgane kann somit ausgeschlossen werden und ein Absenken der Klappe, auch bei Störfällen, ist jederzeit sichergestellt.

7.3 Grundablass

Der Grundablass ist 4.0 m breit und auf einer Sohlkote von 596.00 m ü. M. angeordnet. Über ihn wird das Geschiebe, welches sich bei Hochwasser vor dem Einlaufbauwerk und im OW-Flussbett ansammelt, ins UW gespült. Auf die hydraulisch angetriebene Schützentafel wird eine ca. 1 m hohe ebenfalls hydraulisch angetriebene Klappe aufgesetzt. Die Gesamthöhe dieses Organs beträgt 4.70 m. Über die Klappe kann das Geschwemmsel, welches von der Tauchwand des Einlaufbauwerks abgewiesen wird, ins UW abgeschwemmt werden. Die Klappe ist überdruckgesteuert und senkt sich auch bei einem technischen Versagen ab.



7.4 Einlaufbauwerk

Unmittelbar unterhalb der Stadtbrücke in Lichtensteig befindet sich rechtsufrig das Einlaufbauwerk zum neuen Kraftwerk. Das Einlaufbauwerk ist zu Beginn 10.0 m breit und verengt sich gegen den Einlaufrechen hin auf 7.0 m. Die Sohlkote des Einlaufbauwerks liegt auf 598.00 m ü. M. Bei Q_A beträgt die maximale Fliessgeschwindigkeit rund 0.7 m/s.

Eine Kragsschwelle beim Kanaleinlauf in Kombination mit einer sich absenkenden Wand ausgehend vom Trennpfeiler auf der linken Seite des Grundablasses, hält das Geschiebe fern und begünstigt die Spülwirkung durch den Grundablass. Oberhalb des Einlaufkanals ist eine L-förmige Tauchwand angeordnet, welche das oberflächliche Geschwemmsel abweist.

Der Feinrechen im Zulauf zur Turbine weist einen lichten Stababstand von 30 mm auf. Anfallendes Geschwemmsel und Treibeis werden darin zurückgehalten und werden mittels einer hydraulisch angetriebenen Rechenreinigungsmaschine in eine Spülrinne hochgezogen und seitlich abgeschwemmt.

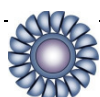
7.5 Zentrale

Aufbau und Abmessungen des Zentralengebäudes sind auf das absolut technisch Notwendige beschränkt. Die Zentrale bietet genügend Platz um die gesamte elektromechanische Ausrüstung für die Maschinengruppe, die Mittelspannungsanlage inkl. Trafo, sowie die Steuerungen und Hilfsaggregate der Nebenanlagen aufzunehmen.

Zur Ableitung der Abwärme erhält die Zentrale eine Lüftung. Die Zuluftsöffnungen mit Filterelementen sind in der UW-seitigen Fassade angeordnet, die Abluftöffnungen mit Ventilatoren können in die Abdeckhauben integriert werden.

7.6 Elektromechanische Ausrüstung

In der Zentrale ist eine langsam laufende, doppelt regulierte Kaplan-S-Turbine installiert. Die Turbine hat einen Laufraddurchmesser von ca. 1700 mm, eine Drehzahl von 257 U/min. und kann bis zu 16 m³ Wasser pro Sekunde verarbeiten. Sie ist über ein Getriebe mit dem Generator verbunden, womit die Drehzahl der langsam laufenden Turbine auf die Generator-drehzahl von 750 U/min. übersetzt wird.



Der Synchron-Generator hat eine Spannung von 420 V und eine Leistung von 650 kVA.

Die Turbinenregelung, die Generatorsteuerung und Schaltanlage, die Anspeisung der Hilfsbetriebe sowie die Steuerungen der Rechenreinigungsanlage, der Wehrklappe und des Spülschützes mit Klappe sind in einem vierfeldrigen Schrank untergebracht. Die Anlage ist für vollautomatischen, wartungsarmen Betrieb ausgelegt. Alle Hydraulikaggregate sind in der Zentrale platziert.

7.7 Transformator und Netzanschluss

Der Transformator mit einer Leistung von 1000 kVA und einer Übersetzung von 0.4/16 kV sowie die zugehörige Mittelspannungsanlage sind ebenfalls in der Zentrale untergebracht.

Der Netzanschluss erfolgt entsprechend den Vorgaben der SAK die bestehende Trafostation der Fein-Elast Grabher AG.

7.8 Fischpass

Als Fischaufstiegshilfe (FAH) ist ein moderner Borstenfischpass vorgesehen. Die FAH wird rechtsufrig serpentinenförmig bis über den Turbinenauslass geführt und im weiteren Verlauf in den massigen Mittelpfeiler integriert. Der Einstieg in den Fischpass erfolgt rechtsufrig rund 8 m unterhalb des Turbinenauslaufes. Turbinenwasser und Dotierwassermenge des Fischpasses stellen in jedem Betriebszustand eine ausreichende Lockströmung sicher um aufstiegswillige Fische zum Einstieg zu leiten. Der Ausstieg im Oberwasser erfolgt direkt aus dem Mittelpfeiler auf die Seite der Wehranlage. Die Ausbildung eines oberwasserseitigen Sohlanschlusses ist nicht möglich. Der Ausstieg kann bei Hochwasser automatisch geschlossen werden. Der Schieber weist eine Dotieröffnung auf, um ein Trockenlaufen der Anlage zu verhindern.

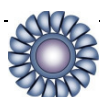




Abbildung 4: Borstenfischpass mit und ohne Wasser / Anlage Murkart – Frauenfeld / April 2008

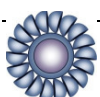
Die wichtigsten Kenndaten der Aufstiegshilfe sind:

- Bemessungswasserspiegel	600.70	m ü. M. (OW; Stauziel)
	595.68	m ü. M. (UW bei $Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Maximaler Höhenunterschied	5.02	m
- Länge	63.0	m
- Längsgefälle	8.0	%
- Breite	1.20	m
- Wassertiefe	0.40	m
- Dotierwassermenge	300	l/s

7.9 Erschliessung und Umgebungsgestaltung

Die Erschliessung des Firmenareals der Fein-Elast Grabher AG und des Mehrfamilienhauses „Flötzli“ erfolgt über eine Stahlfachwerkbrücke, welche auf 40 t Nutzlast ausgebaut werden soll. Statisch gesehen ist die neue Brücke von den übrigen Anlageteilen abgetrennt. Es drängt sich jedoch die gemeinsame Nutzung der Ufermauern und die Integration der Brückenwiderlager auf.

Das bestehende Zentralengebäude und der Zulaufkanal werden abgebrochen und das neue Wasserkraftwerk möglichst platzsparend mit guter Ausnutzung des ursprünglichen Raumes

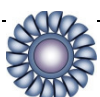


erstellt. Die Umgebung wird an das neue Wasserkraftwerk angeglichen. Die Ufermauern bis auf die Höhe des Vorplatzes hochgezogen. Der Vorplatz selber wird vergrößert.

Im Bereich des bestehenden Zentralgebäudes wird das Terrain auf die Höhe der Ufermauer (Kanalwand FAH) angeglichen und damit zusätzlich Platz geschaffen.

7.10 Grundstücksbeanspruchung

Die Beanspruchung der Grundstücksflächen verändert sich durch die Bauvorhaben nicht und beschränkt sich wie bisher auf das minimal Notwendige zur Erstellung der Wasserkraftanlage. Das Raumangebot schränkt eine spätere Umnutzung des Firmengebäudes nicht ein.



8. Auswirkungen auf die Umweltaspekte

Das Projekt unterliegt nicht der Pflicht einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP).

Massgebende Bewertungsparameter sind:

- Restwasser
- Grundwasser
- Geschiebetransport
- Gewässerökologie
- Natur- und Landschaftsschutz
- Geschwemmselkonzept
- Lärm / Körperschall

Der Umweltbereich ‚Luft‘ spielt im vorliegenden Fall keine Rolle, da das Bauvorhaben eine zu 100% CO₂-freie Stromproduktion aufweist.

8.1 Restwasser

Die Restwasserfrage nach Art. 31 des eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes (GSchG) stellt sich beim Schwellenkraftwerk Stadtbrücke-Elast an der Thur nicht. Das Wasser wird unmittelbar oberhalb der Schwelle in die Nebenanlage geleitet und der Thur unmittelbar unterhalb der Schwelle wieder zugeführt. Es entsteht keine Unterbrechung des Fliessgewässers im Sinne einer Wasserausleitung. Es erfolgt kein Schwall- und Sunkbetrieb, die anfallenden Wassermengen werden kontinuierlich genutzt und weitergeleitet.

8.2 Grundwasser

Im Projektgebiet ist ein geringmächtiger Grundwasserträger vorhanden. Es bestehen jedoch keine Wassernutzungen. Das Stauziel liegt im Bereich der heutigen Abflussschwankungen. Allfällige Auswirkungen der Stauzielerhöhung auf den Grundwasserpegel und Auswirkungen auf umliegende Gebäude sind nicht zu erwarten, müssen jedoch in einer nächsten Planungsstufe vertieft analysiert werden. Die Wasserkraftanlage und die Wehranlage sind auf Fels fundiert.



8.3 Geschiebetransport

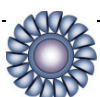
Dem Bericht Schleuse Stadtbrugg - VAW der ETH Zürich (2000) ist zu entnehmen, dass das Sohlmaterial flussaufwärts der Schleuse Stadtbrugg vereinfacht durch zwei Materialien charakterisiert werden kann. Es wird zwischen dem „laufenden Geschiebe“ mit einem mittleren Korndurchmesser $d_m = 3.5 \text{ cm}$ und dem „Sohlenmaterial“ mit einem $d_m = 7.0 \text{ cm}$ unterschieden. Nimmt man ein mittleres Gefälle in der Thur von ca. 3.0 ‰ an, so können für die oben genannten Korngrößen der Transportbeginn und der Erosionsbeginn definiert werden:

- Transportbeginn ($i = 3.0 \text{ ‰}$):	„laufendes Geschiebe“	40 – 60 (50)	m^3/s
	„Sohlenmaterial“	120 – 190 (155)	m^3/s
- Erosionsbeginn ($i = 3.0 \text{ ‰}$):	„laufendes Geschiebe“	100 – 170 (135)	m^3/s
	„Sohlenmaterial“	300 – 530 (415)	m^3/s

Der Transportbeginn stellt den Zustand dar, bei welchem der Weitertransport von bereits mobilisiertem oder von weiter flussaufwärts zugeführtem Geschiebe möglich ist. Der Erosionsbeginn charakterisiert den Zustand, bei welchem die Deckschicht aufgebrochen wird und Sohlerosion eintritt.

Erste Geschiebebewegungen in der Thur setzen demnach bei einem Abfluss von rund $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ein. Der Weitertransport des anfallenden Geschiebes erfolgt zu Beginn der Geschiebebewegungen über den Grundablass, später über die Wehrklappe. Ab $100 \text{ m}^3/\text{s}$ wird der Kraftwerksbetrieb eingestellt und die Stauklappe vollständig abgesenkt, sodass der Einstau im Oberwasser aufgehoben ist und sich Normalabflussbedingungen einstellen. Damit ist der volle Geschiebetrieb uneingeschränkt möglich und die Regeneration des Sohlsubstrates sichergestellt.

Wassermengen mit Geschiebetrieb (ab $50 \text{ m}^3/\text{s}$) werden in der Thur mehrmals pro Jahr erreicht. Das Sohlsubstrat im Staubereich wird somit bei Starkabflüssen stetig regeneriert. Stauraumpülungen sind nicht erforderlich.



8.4 Gewässerökologie

Die Natürlichkeit des Flussbettes im Oberwasser ist im Vergleich zum Unterwasser, wegen den vorhandenen Verbauungen, deutlich eingeschränkt. Die Auswirkungen einer Stauzielerhöhung um 0.50 m sind im Oberwasser nicht so tragisch wie im Unterwasserbereich. Für die nächsten Planungsschritte ist jedoch ein gewässerökologisches Gutachten einzuholen, welches die Auswirkungen einer Stauzielerhöhung auf den Lebensraum im Stauraum und im Bereich der Stauverlängerung aufzeigt.

Die genutzte künstliche Staustufe bei der Wehranlage „Stadtbrugg“ stellt in der heutigen Situation für die Lebewesen im Wasser ein unüberwindbares Hindernis dar. Durch den Bau einer Fischeufstiegshilfe wird die Längsvernetzung im Bereich der Wehranlage sichergestellt und die gewässerökologische Situation diesbezüglich drastisch verbessert.

8.5 Natur- und Landschaftsschutz

Das Projektgebiet grenzt im Unterwasser an das BLN-Gebiet 1414. Der Oberwasserbereich ist davon nicht betroffen und es sind im Oberwasser diesbezüglich keine speziellen Massnahmen vorzusehen. Weiter befindet sich das Projektgebiet im Richtplan Lebensraum Gewässer. Die südliche Grenze bildet die Eisenbahnbrücke über die Thur.

Seitens Natur- und Landschaftsschutz sollen die Anlageteile möglichst örtlich konzentriert erstellt werden, eine Verzettelung ist nicht erwünscht. Zur Beurteilung der Stauzielerhöhung durch den Natur- und Landschaftsschutz sind in einer nächsten Planungsphase die Auswirkungen bezüglich der tangierten Uferböschungen und des Landschaftsbildes darzustellen.



8.6 Geschwemmselkonzept

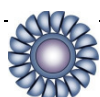
Untersuchungen in Sachen Geschwemmselentnahme haben gezeigt, dass Totholz, Falllaub und andere Wasserpflanzen, die als Geschwemmsel am Turbineneinlauf von Wasserkraftwerken angetrieben werden, strukturell und funktionell wichtige Bestandteile von Fließgewässer-Ökosystemen darstellen. Angeschwemmtes Falllaub stellt für Lebewesen im Gewässer ein quantitativ erhebliches Nahrungsreservoir dar. Mit der konsequenten Entnahme von Laub und Totholz wird somit eine wichtige Nahrungsgrundlage dem Gewässer entzogen.

Das Geschwemmselkonzept der neuen Wasserkraftanlage sieht die Anordnung einer Spülrinne vor. Das angeschwemmte Laub und Totholz wird mittels einer Rechenreinigungsmaschine aus dem Rechen gehoben und in die Spülrinne abgeworfen. Von dort aus wird die entnommene Fracht unterhalb des Grundablasses in die Thur zurückgespült. Diese Anordnung ermöglicht die direkte Rückgabe der entnommenen Fracht, und somit den direkten Weitertransport dieser Nahrungsgrundlage. Es ist vorgesehen, die Reinigungsmaschine auf dem Zentralendach anzuordnen und mit einer Greiferharke zu versehen. Dadurch ist im Bedarfsfall die Sortierung von Geschwemmsel auf dem Dach der Zentrale möglich.

Bei Hochwasserereignissen werden hauptsächlich grosse Totholzmassen transportiert. Dabei gelangen nur geringe Mengen in den Fassungsbereich. Die eigentlichen Holzfrachten können über die Wehrklappe abgeleitet werden.

8.7 Lärmemissionen / Körperschall

Die Emissionen durch Lärm (Luftschall) und Körperschall sind vor allem im Hinblick auf eine spätere Umnutzung des Firmenareals zu berücksichtigen. Während Luftschallemissionen durch entsprechende Schalldämmungen am und im Gebäude problemlos absorbiert werden können, ist dem Körperschall besondere Beachtung zu schenken. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der angrenzenden Gebäude entsprechende Massnahmen – wie konsequente Trennung der Gebäudeteile sowie den Einbau von Isolations- und Vibrationsmatten - vorzusehen sind. Diese massnahmen sind kostspielig, garantieren jedoch eine spätere problemlose Umnutzung des angrenzende Fabrikgebäudes.



9. Energieproduktion

Die Energieproduktion bestimmt sich aus den in Kapitel 3 ermittelten Dauerkurven der Abflussmengen in der Thur beim neuen Schwellenkraftwerk Stadtbrücke, der gewählten Ausbauwassermenge von 16 m³/s.

Die Berechnung erfolgt Aufgrund des effektiv vorhandenen Gefälles, der hydraulischen Verluste sowie dem Gesamtwirkungsgrad der elektromechanischen Ausrüstung und kann dem Anhang 1 entnommen werden.

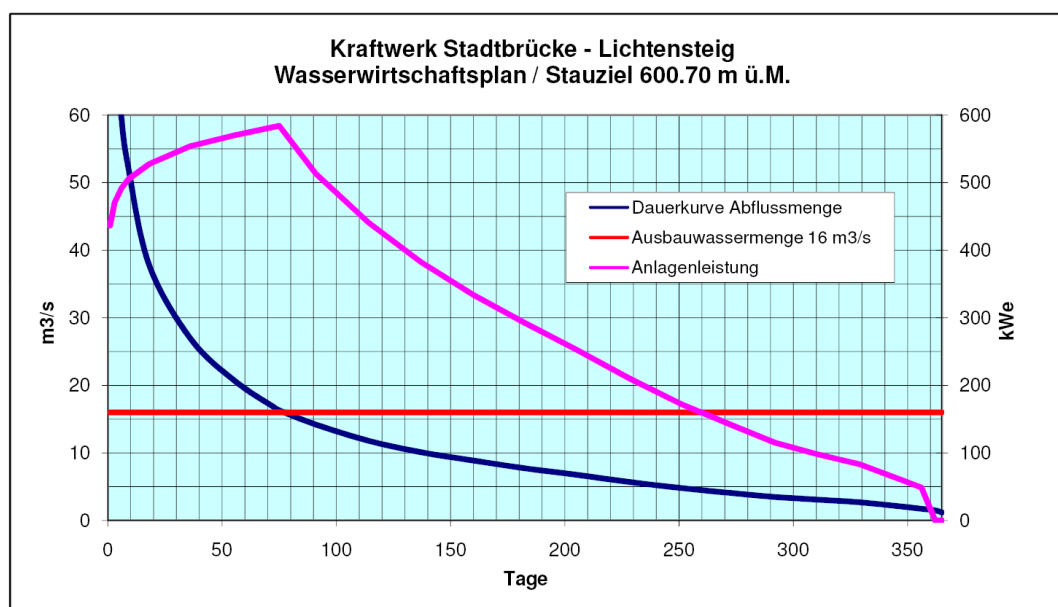


Abbildung 5: Wasserwirtschaftsplan KW Stadtbrücke

Energieproduktion mit Stauzielerhöhung:	- hydrologisch	2.70 GWh
	- kalkulatorisch	2.54 GWh
Energieproduktion ohne Stauzielerhöhung:	- hydrologisch	2.40 GWh
	- kalkulatorisch	2.26 GWh
Saisonale Aufteilung:	- Winterhalbjahr	40 %
	- Sommerhalbjahr	60 %

Die Berechnungen basieren auf einer Betrieblichen Verfügbarkeit von 94%. Damit sind Betriebsunterbrüche infolge Störungen, Hochwasser oder Unterhaltsarbeiten berücksichtigt.



10. Kostenschätzung

Die Kostenschätzung basiert auf Erfahrungswerten kürzlich ausgeführter oder projektierte Anlagen. Die Preisbasis ist 2008. Zusätzlich wurden Richtpreisofferten für die elektromechanischen Einrichtungen eingeholt.

Die Kostenschätzung beinhaltet alle für die Erneuerung des Wasserkraftwerks Stadtbrücke und dessen Wehranlage notwendigen Bauarbeiten, inkl. Stahlwasserbau. Die Erschwernisse der Bauarbeiten an der Thur mit den entsprechenden Massnahmen zum Schutz gegen allfällige Hochwasser sind berücksichtigt. Bei den mechanischen Anlagen sind die komplette Turbine sowie Grundablassschütze, Rechen mit Rechenreinigungsmaschine, Wehrklappe, Dammbalken und weitere mechanische Hilfsmittel eingerechnet. Die elektrischen Anlagen umfassen den Generator sowie die komplette Anlagensteuerung mit Überwachung, den Transformator, die Mittelspannungsanlage sowie die Energieableitung bis zum Anschlusspunkt.

Die Kosten für die Schleusenbrücke sind in der Zusammenstellung nicht enthalten.

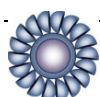
Zu den Schätzungen der Kosten des baulichen und des elektromechanischen Teils wurden die üblichen Reserven für Verschiedenes und Unvorhergesehenes mit 15% auf den baulichen und 10% auf den elektromechanischen Teil addiert. Genauigkeit +/- 10 %.

Zusammenfassung Baukosten:

1. Vorleistungen	Fr.	100'000.--
2. Baumeisterarbeiten	Fr.	1'685'000.--
3. EM-Ausrüstung und Einrichtungen	Fr.	1'290'000.--
4. Stahlwasserbau	Fr.	710'000.--
5. Allgemeine Kosten	Fr.	655'000.--
6. Projektreserven	Fr.	460'000.--

Total Investitionskosten	Fr.	4'900'000.--
---------------------------------	------------	---------------------

Eine detaillierte Kostenschätzung, nach NPK Kapitel gegliedert, ist in Anhang 2 aufgeführt.



11. Energiegestehungskosten, Wirtschaftlichkeit

Die mittleren Energiegestehungskosten lassen sich mit der ermittelten Energieproduktion (Abschnitt 9) und den in Abschnitt 10 aufgeführten Anlagekosten ermitteln. Zusätzlich werden die Betriebskosten berücksichtigt. Die Berechnung lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Konzessionsdauer	60 Jahre	
Annuitätsabschreibungen	Gesamtanlage	35 Jahre
	Kapitalverzinsung	5%
Nettoinvestition	4.90 Mio. Fr.	
Energieproduktion	2.54 Mio. kWh. (kalkulatorisch)	
Jahreskosten	Abschreibungen, Verzinsung	Fr. 299'000.--
	Betriebsaufwand	Fr. 70'000.--
	Total Jahreskosten	Fr. 369'000.--
Energiegestehungskosten		14.5 Rp./kWh

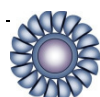
Per 1.1.2008 ist das Strom-Versorgungs-Gesetz (StromVG) in Kraft getreten. Darin festgehalten ist die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) für Kleinwasserkraftwerke bis 10 MW über einen Zeitraum von 25 Jahren ab Inbetriebsetzung der Anlage. Die Vergütung soll per 1.1.2009 eingeführt werden. Im vorliegenden Projekt kann von nachfolgend berechneter Vergütung ausgegangen werden.

Berechnung KEV:

Äquivalente Leistung / Puissance equivalent / Potenza equivalente	290.0 kW
Jahresproduktion / production annuelle / Produzione annua	2'540'000 kWh
Zeitstunden pro Kalenderjahr / heures par ans / Ore annue d'esercizio	8'760 h
Brutto-Fallhöhe / chute brut / Salto lordo	4.68 m
Gesamtinvestition / investition totale / Investimento totale	4'900'000 CHF
Wasserbaukosten / part de l'aménagement des eaux / Costi opere idrauliche	2'900'000 CHF
Berechnung der Vergütung / Calcul / Calcolo della remunerazione RIC	
Grundvergütung / rétribution de base / Rimunerazione di base:	15.66 Rp./kWh / cts/kWh
Druckstufenbonus / Bonus de niveau de pression / Bonus di dislivello	4.50 Rp./kWh / cts/kWh
Wasserbaubonus / Bonus d'aménagement des eaux / Bonus per le opere idrauliche	3.22 Rp./kWh / cts/kWh
TOTAL [Rp./kWh]	23.38 Rp./kWh / cts/kWh
Theoretische Investition für eine entsprechende Referenzanlage (EnV, Art. 3a, Bst. a)	
Investment en théorie pour une installation de référence (OEN, Art. 3a, lettre a)	CHF 6'525'714
Investimento teorico per un impianto di riferimento (OAEI, art. 3a, cps a)	

Abbildung 6: Berechnungshilfe kostendeckende Einspeisevergütung KEV - Kleinwasserkraft

→ Jahresertrag nach KEV Fr. 594'000.--

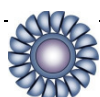


Die Wirtschaftlichkeit der Investition wird auf Basis einer Ertragswertberechnung nach der Discountet-Cashflow-Methode beurteilt. Die Berechnungsparameter sind in Angleichung zur KEV wie folgt festgelegt:

-	Betrachtungszeitraum	25	Jahre
-	Barwertzinssatz konstant	5%	
-	Betriebsertrag im Mitteljahr	Fr. 594'000.--	
-	Betriebsaufwand konstant	Fr. 70'000.-- / Jahr	
-	EBDIT konstant	Fr. 524'000.--/Jahr	
→	Ertragsbarwert	7.38 Mio. Fr.	

Der erzielbare Ertragsbarwert über einen Zeitraum von 25 Jahren ist mit 7.38 Mio. Fr. deutlich höher als die Investition mit 4.90 Mio. Fr. Es zeigt sich, dass die Anlage unter betriebswirtschaftlichen Aspekten kostendeckend erstellt werden kann. Die für den Zeitraum von 25 Jahren zugesicherte KEV ermöglicht die kostendeckende Realisierung des Projektes mit einer ausreichenden Investitionssicherheit.

Nach Ablauf der KEV in 25 Jahren ist der erzeugte Strom auf dem freien Markt abzusetzen. Im vorliegenden Fall ist trotz steigender Stromtarife jedoch davon auszugehen, dass der erzielbare Ertrag tiefer liegt als mit der KEV. Es ist daher angebracht, die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf den Zeitraum der KEV zu beschränken, im Wissen darum, dass bei einer Nutzungs- und Lebensdauer einer solchen Anlage von 40 bis 60 Jahren eine zusätzliche Beurteilungsreserve besteht.

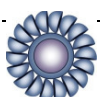


12. Bauablauf

Der Bauablauf der drei Objekte Wasserkraftwerk, Wehranlage und Schleusenbrücke hat koordiniert zu erfolgen. Um die Zufahrt zum Areal der Fein-Elast Grabher AG möglichst ununterbrochen zu gewährleisten, wird die neue Brücke als Provisorium neben der Bestehenden errichtet. Nach Erstellung der Wehranlage – Schleusenbrücke und alte Wehranlage dienen zur Wasserhaltung – wird die alte Schleusenbrücke abgebrochen, das Wasserkraftwerk mit dem Grundablass erstellt und dann die Schleusenbrücke an den vorgesehenen Standort verschoben.

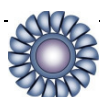
Während des Baues der Wehranlage erfolgt die Wasserableitung über den heutigen Zulaufkanal direkt ins Unterwasser. Die alte Anlage wird dazu ausser Betrieb gesetzt und die Anlageteile werden ausgebaut.

Die Hochwassersicherheit sowie das entsprechende Dispositiv sind im Rahmen der weiteren Planungsschritte auszuarbeiten. Es ist eine Baustellensicherheit für ein $HQ30 = 355 \text{ m}^3/\text{s}$ anzustreben.



13. Zusammenfassung Hauptdaten

- Einzugsgebiet		252	km ²
- Oberwasserspiegel		600.70	m ü. M. (Stauziel)
- min. Unterwasserspiegel		595.68	m ü. M. (bei Q = 2 m ³ /s)
- Unterwasserspiegel bei Q _A		596.02	m ü. M.
- Bruttofallhöhe bei Q _A		4.68	m
- Nettofallhöhe bei Q _A		4.43	m
- Ausbauwassermenge Q _A		16	m ³ /s
- Mittlerer Jahresabfluss		12.2	m ³ /s
- Dotierwassermenge Fischeaufstieg		300	l/s
- Ausbautage		75	Tage
- Installierte Leistung		584	kW
- Energieproduktion		2.54	10 ⁶ kW/Jahr
- Bemessungshochwasser HQ ₁₀₀		422	m ³ /s
- Stauklappe	Breite	23.00	m
	Stauhöhe	2.65	m
- Grundablass	Breite	4.00	m
	Kote Sohle	596.00	m ü. M.
- Turbine	Typ S-Turbine	4-flügelig	
	Laufreddurchmesser	1700	mm
	Ausbauwassermenge	16	m ³ /s
	Nennleistung	776	kW
	Nenndrehzahl	257	U/min.
- Generator	Typ Synchron		
	Nennspannung	420	V
	Nennleistung	650	kVA (cos phi 0.9)
	Nenndrehzahl	750	U/min
- Trafo	Nennleistung	1000	kVA
	Übersetzung	0.4/20	kV



Fotodokumentation



Bild 1: Übersicht bestehende Wasserkraftanlage mit Wehr und Zufahrtsbrücke



Bild 2: Bestehende Wasserkraftanlage mit Zulaufkanal



Bild 3: Bestehende Wehranlage / Schleusenbrücke Oberwasser Blickrichtung Lichtensteig





Bild 4: Bestehende Wehranlage / Schleusenbrücke Oberwasser Blickrichtung Wattwil



Bild 5: Bestehende Wehranlage / Schleusenbrücke Unterwasser Blickrichtung Wattwil

HYDRO-SOLAR Engineering AG
Niederdorf, 11.11.2008 / Hi / coma

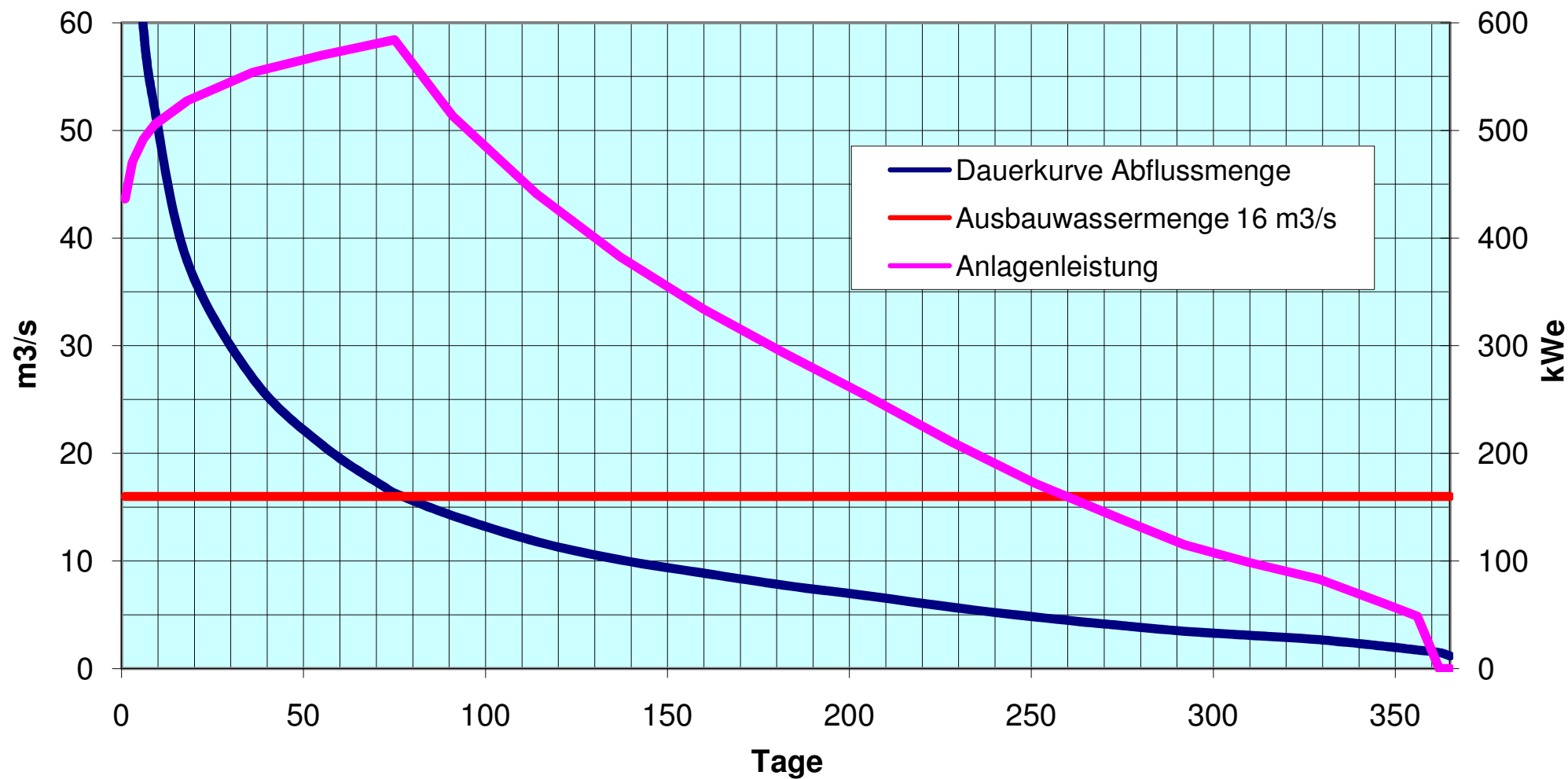


Fein-Elast Grabher AG
Kraftwerk Stadtbrücke Lichtensteig
Produktions- / Ertragsberechnung mit Stauzielerhöhung

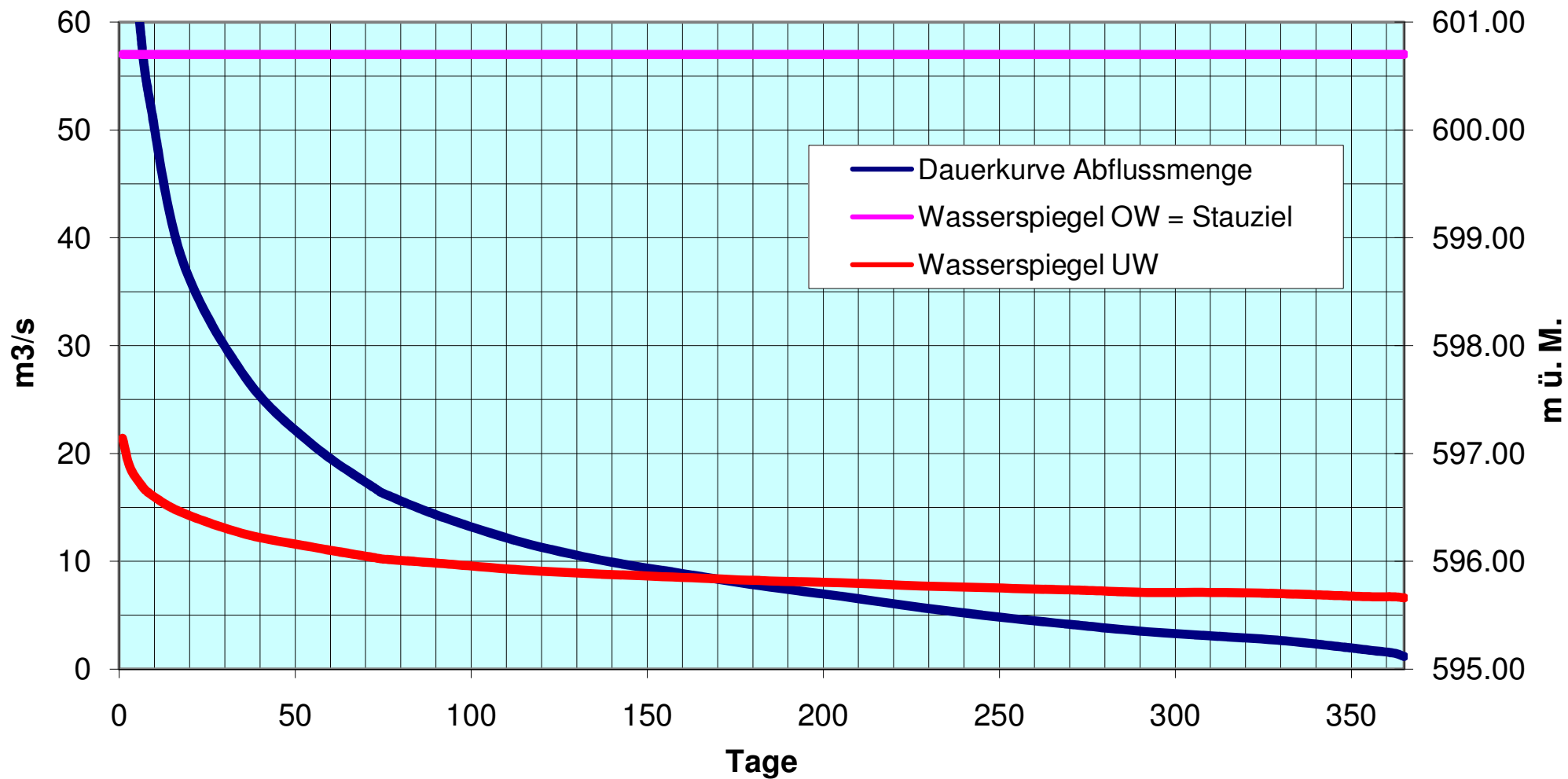
Tage	DK m3/s	Pegel OW m ü.M.	Pegel UW m ü.M.	Brutto Fallhöhe m	Q-Dot FAH m3/s	Q-Nutz Anlage m3/s	Turbine Beaufschl. %	Hydr. Verluste m	Netto Fallhöhe m	Wirkungsgr. Anlage %	Leistung kW	Produktion kWh
					Qa =	16.00						
1	98.70	600.70	597.14	3.56	0.30	16.00	100%	0.25	3.31	84%	436	10'474
3	73.00	600.70	596.88	3.82	0.30	16.00	100%	0.25	3.57	84%	471	21'770
6	59.50	600.70	596.72	3.98	0.30	16.00	100%	0.25	3.73	84%	492	34'649
9	52.20	600.70	596.62	4.08	0.30	16.00	100%	0.25	3.83	84%	505	35'883
18	37.90	600.70	596.45	4.25	0.30	16.00	100%	0.25	4.00	84%	527	111'495
36	27.00	600.70	596.25	4.45	0.30	16.00	100%	0.25	4.20	84%	554	233'526
55	20.80	600.70	596.13	4.57	0.30	16.00	100%	0.25	4.32	84%	570	256'120
73	16.70	600.70	596.03	4.67	0.30	16.00	100%	0.25	4.42	84%	583	248'905
75	16.30	600.70	596.02	4.68	0.30	16.00	100%	0.25	4.43	84%	584	28'004
91	14.20	600.70	595.98	4.72	0.30	13.90	87%	0.24	4.48	84%	513	210'667
114	11.80	600.70	595.92	4.78	0.30	11.50	72%	0.18	4.60	85%	441	263'374
137	10.10	600.70	595.88	4.82	0.30	9.80	61%	0.14	4.68	85%	382	227'298
160	8.86	600.70	595.85	4.85	0.30	8.56	54%	0.12	4.73	84%	334	197'638
182	7.74	600.70	595.82	4.88	0.30	7.44	47%	0.10	4.78	84%	293	165'449
205	6.76	600.70	595.80	4.90	0.30	6.46	40%	0.09	4.81	83%	253	150'712
228	5.70	600.70	595.77	4.93	0.30	5.40	34%	0.08	4.85	82%	211	127'976
251	4.79	600.70	595.75	4.95	0.30	4.49	28%	0.07	4.88	80%	172	105'608
274	4.02	600.70	595.73	4.97	0.30	3.72	23%	0.06	4.91	78%	140	86'035
292	3.47	600.70	595.71	4.99	0.30	3.17	20%	0.06	4.93	75%	115	55'025
310	3.09	600.70	595.71	4.99	0.30	2.79	17%	0.06	4.93	73%	99	46'113
329	2.68	600.70	595.70	5.00	0.30	2.38	15%	0.06	4.94	72%	83	41'392
347	2.07	600.70	595.68	5.02	0.30	1.77	11%	0.05	4.97	70%	60	30'986
356	1.72	600.70	595.67	5.03	0.30	1.42	9%	0.05	4.98	70%	49	11'769
362	1.49	600.70	595.67	5.03	0.30	0.00	0%	0.05	4.98	60%	0	3'496
365	1.17	600.70	595.66	5.04	0.30	0.00	0%	0.05	4.99	50%	0	0

Berechnung KEV	äkW	290										Total Prod. hydrologisch	2'704'363
Basiswert	Rp./kWh	15.66		Betriebsertrag mit KEV	sFr.	594'343						Total Prod. kalkulatorisch	2'542'102
Bonus Fallhöhe	Rp./kWh	4.50		Betriebsaufwand	sFr.	-70'000							
Bonus Wasserbau	Rp./kWh	3.22		EBDIT	sFr.	524'343							
Total KEV	Rp./kWh	23.38		Barwert nach DCF	sFr.	7'387'998							

Kraftwerk Stadtbrücke - Lichtensteig Wasserwirtschaftsplan / Stauziel 600.70 m ü.M.

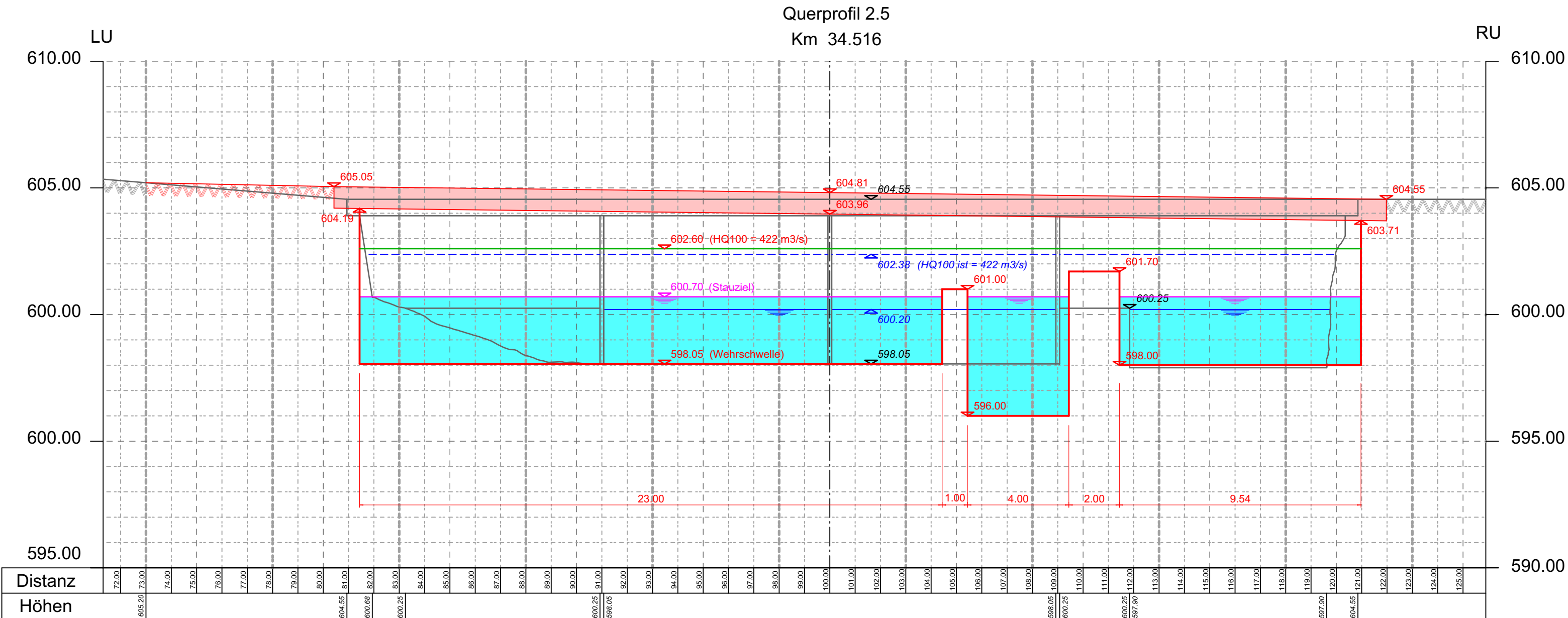


Kraftwerk Stadtbrücke - Lichtensteig Pegelrelation / Stauziel 600.70 m ü.M.



Fein - Elast Grabher AG						
Kraftwerk Stadtbrücke - Lichtensteig						
Kostenschätzung Vorprojekt Neubau Kraftwerk und Wehranlage						
NPK-Nr.		Bezeichnung der Leistungen und Lieferungen		Kosten-		Anteil
				voranschlag		Wasserbau
				Allgemeines	Bau / Handwerker	nach KEV
				Lieferung		
000	Vorleistungen			100'000.00		
100	Vorbereitung, Spezialtiefbau, Umgebung					
110	Vorbereitungs-, Rodungs- und Abbrucharbeiten					
	113	Baustelleinrichtungen, Plätze		120'000.00		120'000.00
	117	Abbruch Wehranlage		30'000.00		30'000.00
150	Bauarbeiten für erdverlegte Leitungen					
	151	Bauarbeiten für E-Werkleitungen		10'000.00		
160	Baugrubensicherung und Wasserhaltung					
	161	Wasserhaltung		60'000.00		60'000.00
	162	Baugrubenabschlüsse / Aussteifungen		100'000.00		100'000.00
180	Umgebungsgestaltung					
	183	Zäune, Abschränkungen, Tore		20'000.00		
200	Tiefbauarbeiten Zentrale, Wehr					
210	Erdarbeiten und Aushub					
	211	Erdarbeiten		30'000.00		30'000.00
	212	Baugrubenaushub, Felsabbruch		70'000.00		70'000.00
	213	Gewässerkorrektur, Wasserbau OW		90'000.00		90'000.00
220	Oberbauarbeiten					
	221	Uebergangs- und Foundationsschichten		10'000.00		
	222	Pflästerungen und Abschlüsse		10'000.00		
	221	Belagsarbeiten		20'000.00		
300	Rohbauarbeiten Zentrale, Wehr					
310	Baumeisterarbeiten					
	313	Beton- und Stahlbetonarbeiten Zentrale, Fischaufstieg		590'000.00		540'000.00
		Beton- und Stahlbetonarbeiten Wehranlage, Grundablass		380'000.00		380'000.00
	314	Maurerarbeiten		20'000.00		20'000.00
350	Spenglerarbeiten					
	357	Blitzschutzanlagen, Erdung		10'000.00		
360	Bedachungsarbeiten, Montageöffnungen			30'000.00		30'000.00
380	Aussentüren, Tore, Fenster			10'000.00		10'000.00
400	Sanitär-, Lüftungsanlagen					
420	Sanitärinstallationen			15'000.00		
460	Raumluftechnische Anlagen			15'000.00		
600	Ausbauarbeiten					
610	Metallbauarbeiten (Schlosserarbeiten)			25'000.00		
670	Oberflächenbehandlung					
	672	Malerarbeiten		5'000.00		
	673	Plattenarbeiten		15'000.00		
700	Einrichtungen und Ausrüstungen					
790	Spezielle Ausrüstungen					
	791	Stahlwasserbauteile				
		791.1 Rechenanlage		140'000.00		140'000.00
		791.2 Entsorgungseinrichtungen		inkl.		inkl.

Fein - Elast Grabher AG						
Kraftwerk Stadtbrücke - Lichtensteig						
Kostenschätzung Vorprojekt Neubau Kraftwerk und Wehranlage						
NPK-Nr.	Bezeichnung der Leistungen und Lieferungen			Kosten-		Anteil
				voranschlag		Wasserbau
				Allgemeines	Bau / Handwerker Lieferung	nach KEV
		791.3	Dammbalken OW		60'000.00	60'000.00
		791.4	Dammbalken UW		40'000.00	40'000.00
		791.6	Grundablassschütz mit Klappe		150'000.00	150'000.00
		791.7	Stauklappe Wehr		290'000.00	290'000.00
		791.8	Diverse Schieber / Schützen		30'000.00	30'000.00
	792	Elektromechanische Ausrüstung				
		792.1	EM-Ausrüstung inkl. Montage und IBS		980'000.00	
		792.3	Gen.-Schalt- und Steueranlage, EB-Versorgung		110'000.00	
		792.4	Maschinensaalkran		40'000.00	
	793	Elektroanlagen				
		793.1	Elektroinstallationen, Verkabelung		40'000.00	
		793.4	MS-Schaltanlage / Messung		40'000.00	
		793.4	Trafo 1000 kVA, inkl. Zubehör		40'000.00	
		793.4	Netzanschluss		15'000.00	
		793.5	Brandmeldeanlage		2'000.00	
		793.6	Telefonanschluss, Modem, Installationen		3'000.00	
		793.7	Fernüberwachung / Visualisierung		20'000.00	
	800 Uebrige Aufwendungen					
	820	Bewilligungen und Gebühren				
		822	Bewilligungen	10'000.00		
		823	Gebühren ESTI	5'000.00		
	830	Baunebenkosten				
		833	Vervielfältigungen und Plankopien	50'000.00		
		835	Versicherungen	30'000.00		
		837	Reisespesen, div. Nebenkosten	10'000.00		
	860	Finanzierung				
		862	Finanzierung ab Baubeginn	90'000.00		
	870	Honorare				
		876	Honorare Spezialisten			
		876.1	Honorare Geometer, Vermessung	20'000.00		
		876.2	Honorare Experten	30'000.00		
		877	Honorar Gesamtplaner, inkl. Nebenkosten			
		877.2	Bauingenieurleistungen SIA 103		280'000.00	250'000.00
		877.3	EM-Ing.-Leistungen, Stahlwasserbau SIA 108		130'000.00	50'000.00
	880	Ausgleichkonto KEV				
		881	Wasserbau 1/3 von Allgemein Pos 820 bis 876.2			80'000.00
	890	Unvorhergesehenes, Diverses				
		891	Baumeisterarbeiten, Professionisten 15%		260'000.00	260'000.00
		892	EM-Ausrüstung, Stahlwasserbau übriger Lieferumfang 10%		200'000.00	70'000.00
				345'000.00	4'555'000.00	
						Anteil Wasserbau
Total Anlagekosten				4'900'000.00		2'900'000.00



Fein - Elast Grabher AG

Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig

Vorprojektstudie

Querprofil 2.5 Km 34.516

Wehr / Schleusenbrücke

1 : 150

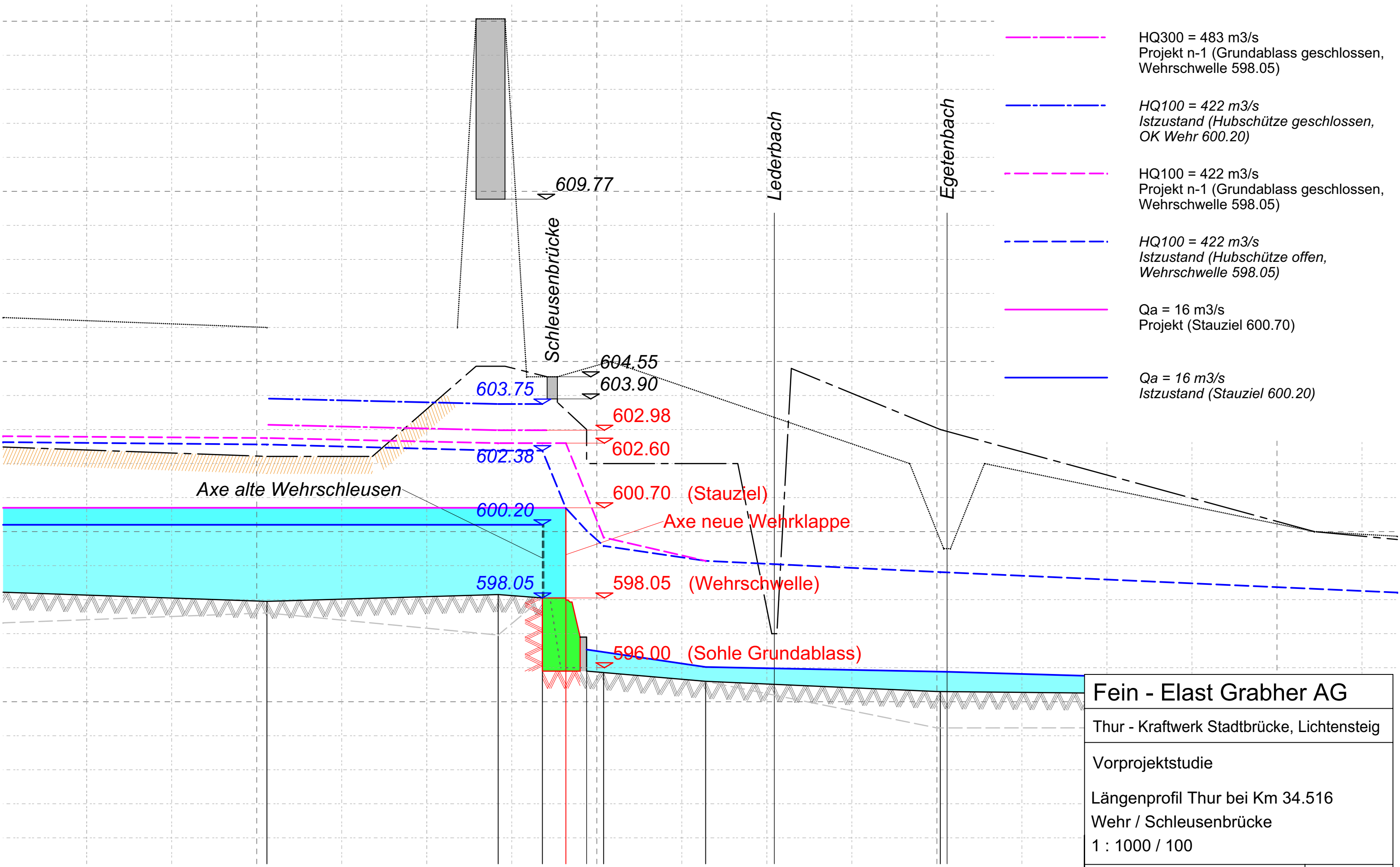
HYDRO-SOLAR
Engineering AG

BACHMATTEN 9
4435 NIEDERDORF

TEL.: 061 / 963 00 33
FAX: 061 / 963 00 35

Datum: 10.11.08

Gez: coma



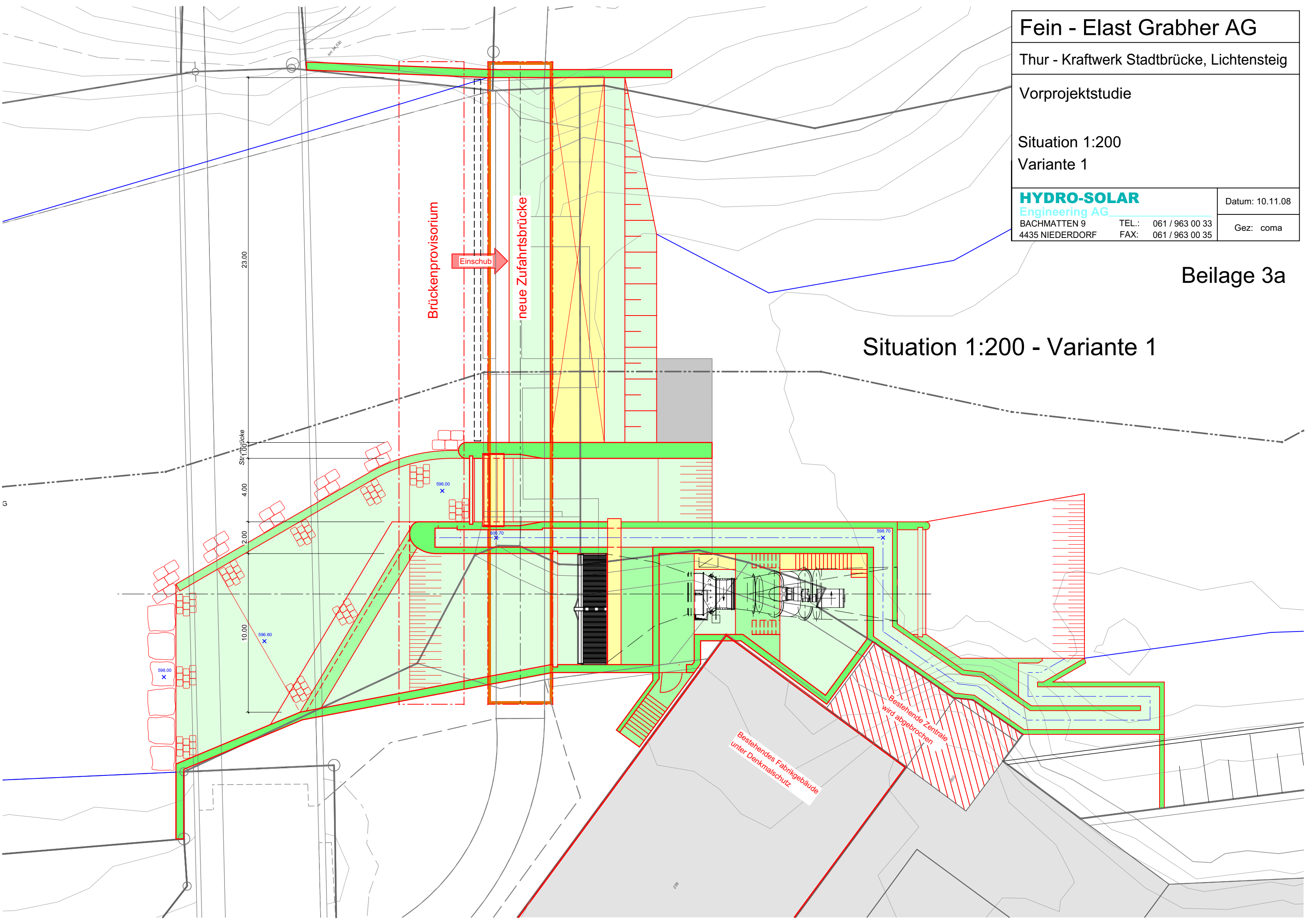
- HQ300 = 483 m3/s
Projekt n-1 (Grundablass geschlossen,
Wehrschwelle 598.05)
- HQ100 = 422 m3/s
Istzustand (Hubschütze geschlossen,
OK Wehr 600.20)
- HQ100 = 422 m3/s
Projekt n-1 (Grundablass geschlossen,
Wehrschwelle 598.05)
- HQ100 = 422 m3/s
Istzustand (Hubschütze offen,
Wehrschwelle 598.05)
- Qa = 16 m3/s
Projekt (Stauziel 600.70)
- Qa = 16 m3/s
Istzustand (Stauziel 600.20)

Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Längenprofil Thur bei Km 34.516	
Wehr / Schleusenbrücke	
1 : 1000 / 100	
HYDRO-SOLAR Engineering AG BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	Datum: 10.11.08 Gez: coma TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35

Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Situation 1:200 Variante 1	
HYDRO-SOLAR Engineering AG	
BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35
Datum: 10.11.08	
Gez: coma	

Beilage 3a

Situation 1:200 - Variante 1

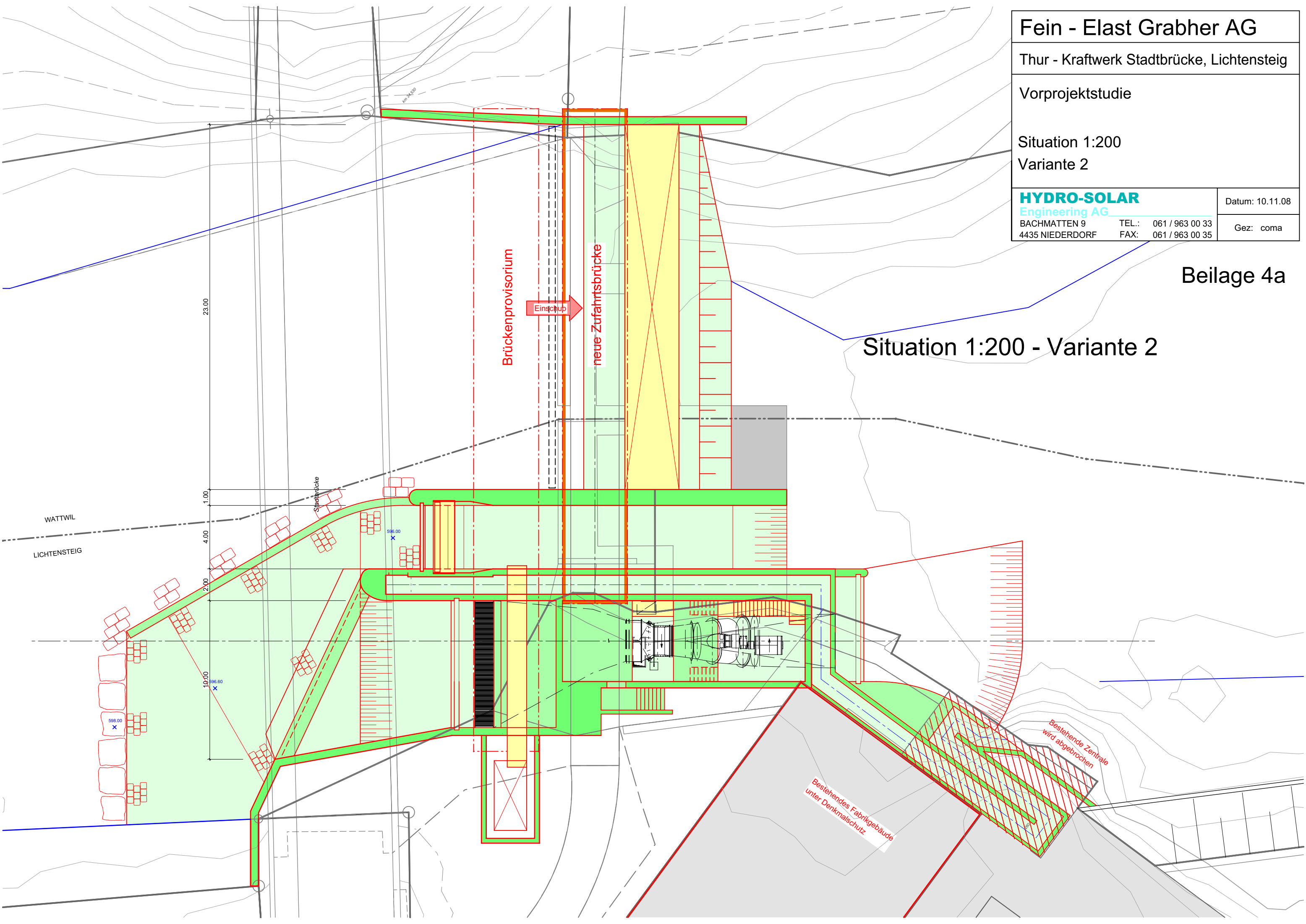


Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Schnitt Wehranlage, Längenprofil 1:200	
Variante 1	
HYDRO-SOLAR Engineering AG BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	Datum: 10.11.08 Gez: coma
TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35	

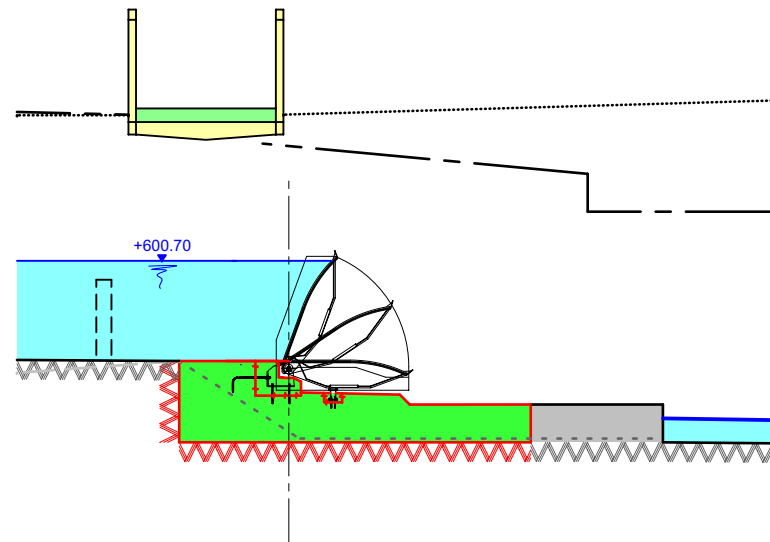
Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Situation 1:200 Variante 2	
HYDRO-SOLAR Engineering AG	
BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35
Datum: 10.11.08	
Gez: coma	

Beilage 4a

Situation 1:200 - Variante 2



Schnitt Wehranlage 1:200 - Variante 2



Fein - Elast Grabher AG

Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig

Vorprojektstudie

Schnitt Wehranlage, Längenprofil 1:200
Variante 2

HYDRO-SOLAR
Engineering AG

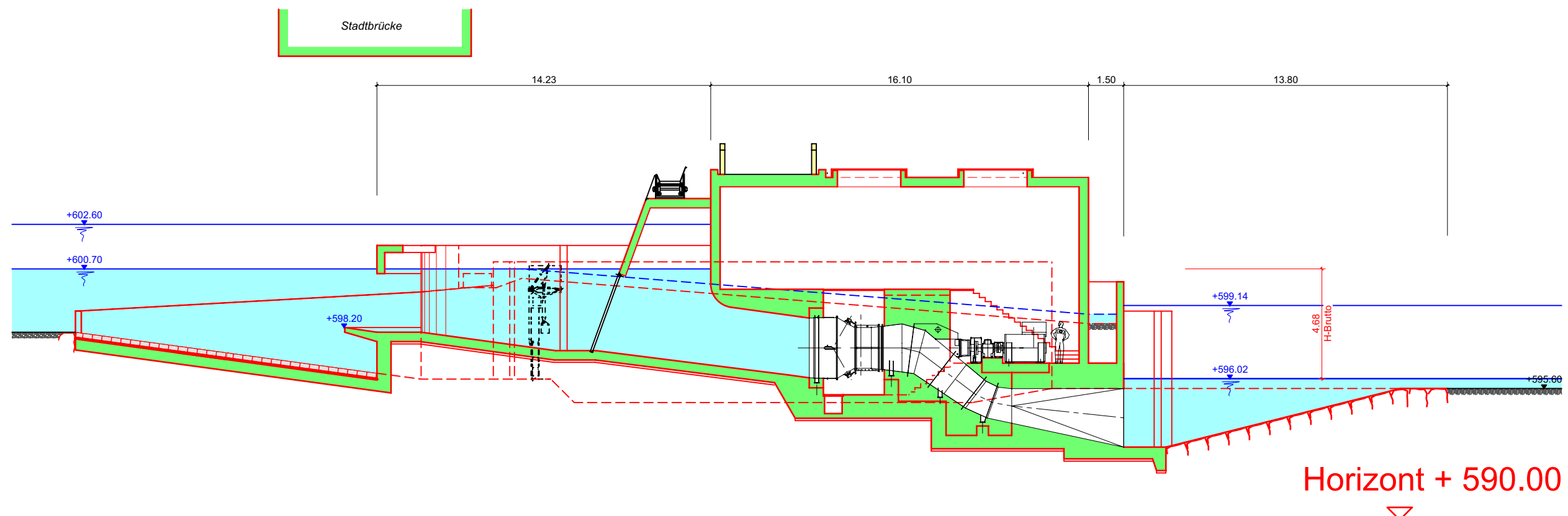
BACHMATTEN 9 TEL.: 061 / 963 00 33
4435 NIEDERDORF FAX: 061 / 963 00 35

Datum: 10.11.08

Gez: coma

Beilage 4b

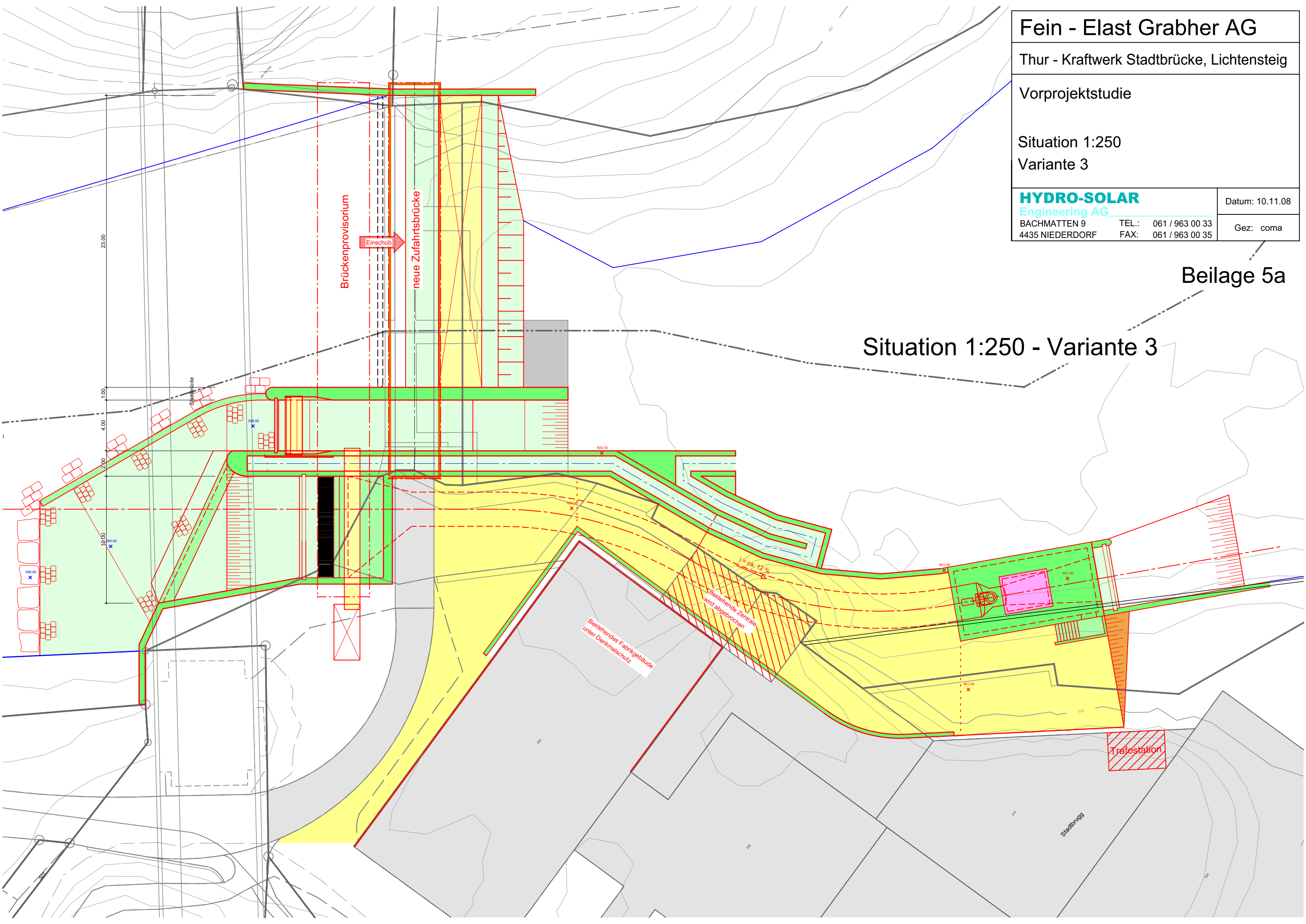
Längenprofil 1:200 - Variante 2



Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Situation 1:250	
Variante 3	
HYDRO-SOLAR Engineering AG	
BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35
Datum: 10.11.08	
Gez: coma	

Beilage 5a

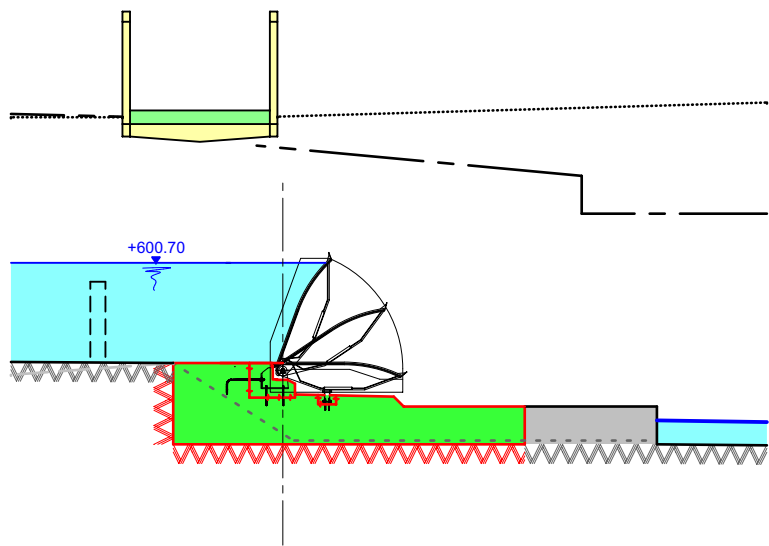
Situation 1:250 - Variante 3



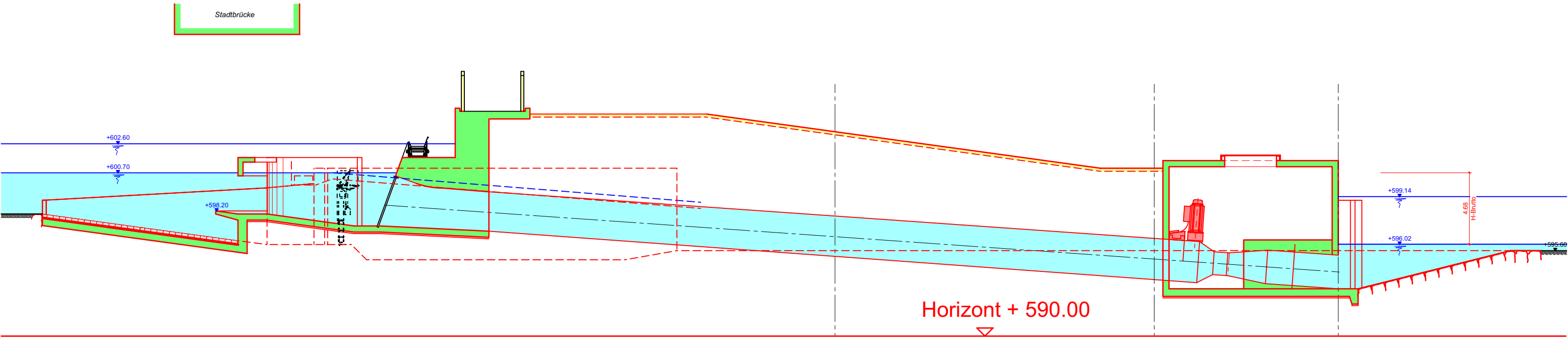
Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Schnitt Wehranlage 1:200, Längenprofil 1:250 - Variante 3	
HYDRO-SOLAR Engineering AG BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	Datum: 10.11.08 Gez: coma
TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35	

Beilage 5b

Schnitt Wehranlage 1:200 - Variante 3



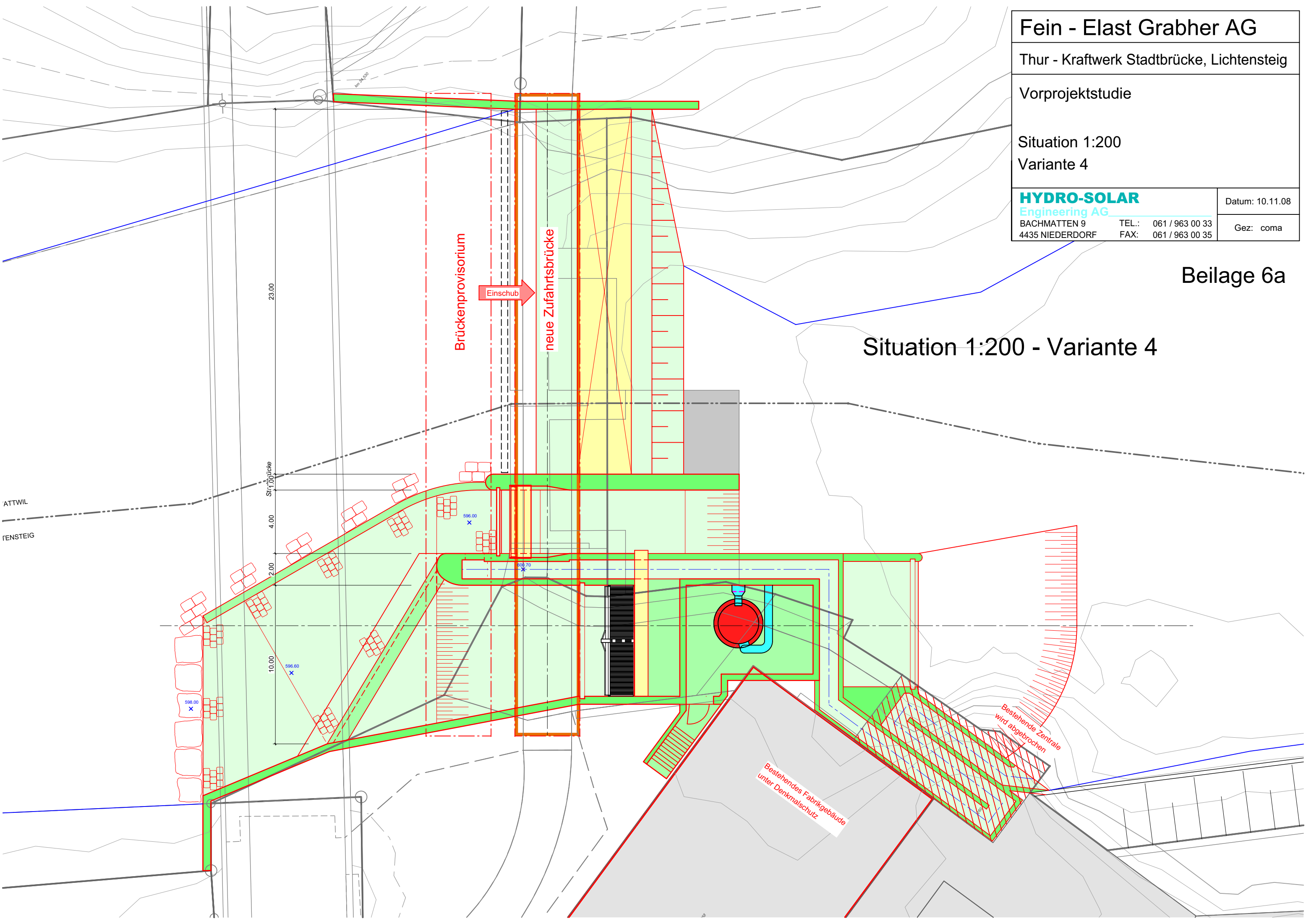
Längenprofil 1:250 - Variante 3



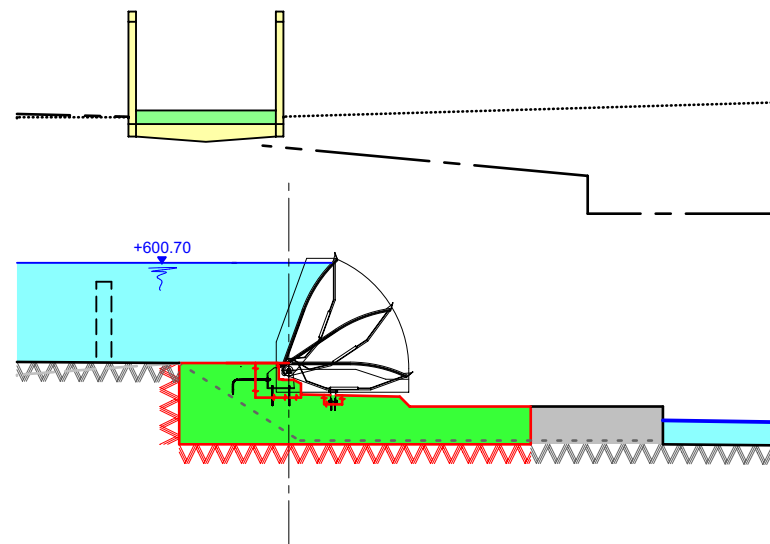
Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Situation 1:200	
Variante 4	
HYDRO-SOLAR Engineering AG	
BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	TEL.: 061 / 963 00 33 FAX: 061 / 963 00 35
Datum: 10.11.08	
Gez: coma	

Beilage 6a

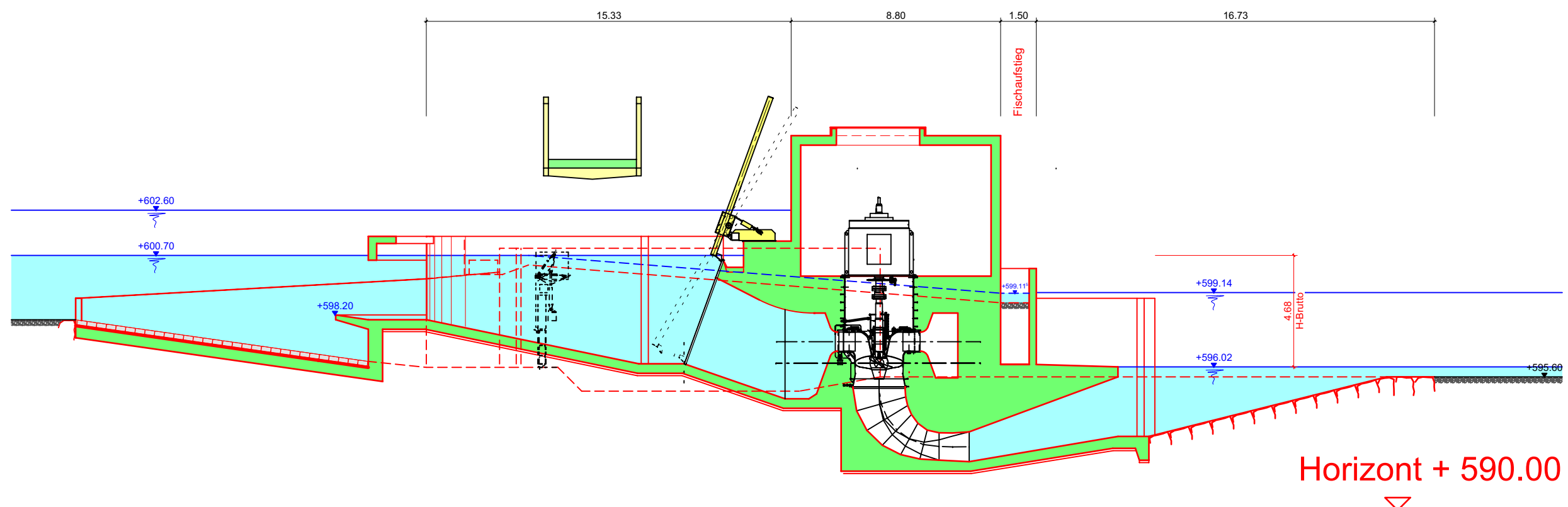
Situation 1:200 - Variante 4



Schnitt Wehranlage 1:200 - Variante 4



Längenprofil 1:200 - Variante 4



Fein - Elast Grabher AG	
Thur - Kraftwerk Stadtbrücke, Lichtensteig	
Vorprojektstudie	
Schnitt Wehranlage, Längenprofil 1:200 Variante 4	
HYDRO-SOLAR Engineering AG BACHMATTEN 9 4435 NIEDERDORF	Datum: 10.11.08
	Gez: coma

Beilage 6b