

Schlussbericht November 2001

# Vorprojektstudie Kraftwerk Cerneux Gorgé Moutier, La Birse

Erneuerung der Konzession

ausgearbeitet durch

HYDRELEC Ingénieurs  
Arnold Engel, Mandach, Projektleitung, Konzept, Elektromechanik  
Erwin Weber, Bienne, Beratung, Übersetzung  
Daniel Zimmermann, Bauprojekt

unterstützt von

# Kraftwerk Cerneux Gorgé, Moutier

## Vorprojektstudie, Erneuerung der Konzession 2001

### Inhalt:

1. Einleitung
2. Projektbeschreibung
3. Umweltaspekte
4. Wasser- und Energiewirtschaft
5. Kostenschätzung, Wirtschaftlichkeit
6. Zusammenfassung

### Anhang:

Projektgebiet: Ausschnitt aus Landeskarte der Schweiz 1:25'000

Situation 1:500

Längenprofil 1:500 / 50

Wehranlage, Wasserfassung 1:100

Kraftwerk horizontale S-Turbine 1:100

Kraftwerk vertikale S-Turbine 1:100

Fischtreppe 1:500 / 50

Energieberechnung  $Q = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Energieberechnung  $Q = 3,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Energieberechnung  $Q = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Energieberechnung  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Das Konzessionsprojekt 2001 ist in französischer Sprache abgefasst.

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

# Kraftwerk Cerneux Gorgé, Moutier

## Vorprojektstudie, Erneuerung der Konzession 2001

### 1. Einleitung

#### Vorgeschichte, bestehende Anlagen:

Es gibt Hinweise auf die Wasserkraftnutzung an der Birse bei "Cerneux Gorgé" aus früheren Jahrhunderten. Eine Konzession für die Nutzung von 10 Pferdestärken stammt von 1834. Die heute vorhandenen Anlagen gehen auf die Konzession vom 12. April 1926 zurück. Der Betrieb der Sägerei wurde 1982 eingestellt. Der neue Eigentümer der Anlagen beschloss 1992 die Anlagen wieder in Betrieb zu nehmen und die erzeugte Energie an das öffentliche Netz der Gemeinde Moutier abzugeben.

Eine Bruchsteinbogenmauer von 3 m Höhe und 16 m Breite, 700 m flussabwärts von Moutier, sperrt die Birse bei Cerneux Gorgé. Der Stauraum ist bis an die Mauerkrone mit Geschiebe gefüllt. Das Wasser wird am linken Flussufer gefasst und in einer 80 cm Zementrohrleitung von 60 m Länge der Francis-Schachtturbine zugeführt. Die Wasserrückgabe erfolgt über einen Unterwasserkanal von 35 m Länge. Gefälle und Wassermenge werden nicht optimal genutzt. Die Nutzwassermenge von 650 l/s der alten Turbine lässt während 330 Tagen im Jahr einen vollen Betrieb zu, bei gleichzeitiger Dotierung der Ausleitungsstrecke mit 400 l/s. Die Restwasserdotierung entspricht den Vorschriften des neuen Gewässerschutzgesetzes vom 17. Mai 1992.

#### Projekt 2000: Erneuerung des Kanalkraftwerkes

Der Betrieb der alten Anlage deckte einige Schwächen auf, die anlässlich der Konzessionserneuerung 2001 zu beheben sind. Häufig drangen erhebliche Mengen von Geschiebe in die Druckleitung ein und verursachten aufwändige Reinigungsarbeiten. Die Turbinenlager und die Riemenübertragung auf den Generator verursachten hohe Reparaturkosten.

Es bestand anfänglich die Absicht, die Zementrohrleitung in einen offenen Oberwasserkanal umzubauen und die Schachtturbine durch eine neue Kaplan Turbine mit 1,5 m<sup>3</sup>/s Schluckfähigkeit und 5m Gefälle zu ersetzen.

#### Konzessionsprojekt 2001

Nach einer erneuten Handänderung der Anlagen wurde eine umfassende Optimierung des verfügbaren Energiepotentials angestrebt. Es zeigte sich, dass die Sanierung der alten Bruchsteinbogenmauer den Aufbau einer neuen Schwelle erfordert, was gleichzeitig den Einbau eines neuen Schlauchwehres ermöglicht. Durch die Fassung des Nutzwassers bei höherem Stauziel, den Einbezug des unvollständig genutzten Gefälles im Unterwasser bei gleichzeitiger Erhöhung der Nutzwassermenge besteht die Absicht das Energiepotential und die Leistung erheblich zu steigern.

#### Nutzungspotenzial:

Ein Variantenstudium mit Nutzwassermengen von 2,5 bis 3,5 m<sup>3</sup>/s zeigt, dass grössere Nutzwassermengen bis 3,5 m<sup>3</sup>/s wirtschaftlich vorteilhaft sind. Die definitive Auslegungswassermenge wird nach dem Vorliegen von Turbinenofferten festgelegt.

Das Konzessionsgesuch wird für die grösste der untersuchten Varianten gestellt. Bei 7 m Bruttogefälle und 3,5 m<sup>3</sup>/s Ausbauwassermenge wird eine Klemmenleistung von 180 kWe und eine Energieproduktion von 920'000 kWh/Mitteljahr möglich.

## 2. Projektbeschreibung

Das Projektgebiet liegt in einem seit dem Mittelalter intensiv genutztes Gefälleabschnitt der Birs in der Schlucht unterhalb von Moutier. Der Ursprung der Bogenmauer, die den Aufstau des Nutzwassers zur Energieerzeugung ermöglicht, ist nicht nachweisbar, dürfte aber ebenfalls in die Anfänge der Wasserkraftnutzung zurückgehen. Die bestehenden Anlagen prägen die Flusslandschaft nachhaltig. Der Neubau der Anlagen nach dem vorliegenden Projekt verändert die Umwelt geringfügig.

### Wehranlage

Eine neue, automatisch regulierende Schlauchwehranlage ersetzt den bis anhin unregulierten Abfluss der Birs über die Bruchstein-Bogenstaumauer. Die stark erodierte Betonkrone der Bogenmauer wird durch eine neue Betonschwelle von 2,5 m Breite und 0,5 m Stärke überspannt. Sie wird beidseits durch eine leicht geneigte Flankenmauer begrenzt. Linksufrig wird eine Spülrinne mit einer Grundablassschütze eingebaut. Über die ganze Schwellenlänge verteilt werden sieben Geschiebespülöffnungen installiert, die das Abspülen von Sand und Geschiebe vor dem Schlauchwehr bei Bedarf ermöglicht. Die Schwellenkronen und die Flankenmauern enthalten Befestigungsanker für den Gummischlauch und Speiseleitungen für die Schlauchregulierung. Die Wehranlage wird von einem neuen Steg überbrückt um den Zugang zur Fischtreppe durch Bevollmächtigte zu erleichtern. Der Steg wird nicht öffentlich zugänglich sein.

Das Schlauchwehr kann Hochwasser bis 36 m<sup>3</sup>/s ohne Überstau ableiten. Bei grösseren Hochwasserereignissen wird zunehmend ein Überstau entstehen:

HQ <sub>3</sub> = 36 m <sup>3</sup> /s	Überstau H <sub>Ü</sub> = 0,00 m	Wehrbreite = 15,5 m	c <sub>0</sub> = 2,0 m/s
HQ <sub>20</sub> = 58 m <sup>3</sup> /s	Überstau H <sub>Ü</sub> = 0,13 m	Wehrbreite = 20,0 m	c <sub>0</sub> = 2,5 m/s
HQ <sub>100</sub> = 70 m <sup>3</sup> /s	Überstau H <sub>Ü</sub> = 0,29 m	Wehrbreite = 20,0 m	c <sub>0</sub> = 2,8 m/s
EHQ = 105 m <sup>3</sup> /s	Überstau H <sub>Ü</sub> = 0,70 m	Wehrbreite = 20,0 m	c <sub>0</sub> = 3,2 m/s

Die Geschiebespülschütze am linken Ufer wird zusätzlich 3,0 m<sup>3</sup>/s ableiten. Zwecks Sicherung der Kantonsstrasse wird die bestehende Ufermauer auf 1 m über Stauziel erhöht, womit ein Freibord von 0,3 m bei EHQ = 105 m<sup>3</sup>/s besteht.

Die Schlauchwehrregulierung erfolgt mit sauberem Grundwasser, das im Stauraum der Bogenstaumauer unter der Geröllschicht gefasst wird. Steigt der Wasserspiegel im Stauraum an, so wird der Schlauch durch den erhöhten Aussendruck zusammengepresst. Ein Teil des Wasserinhaltes im Schlauch wird über ein Standrohr ausgestossen. Das Standrohr kontrolliert den Innendruck des Schlauches und hält diesen in aufgeplähtem Zustand. Sinkt der Aussendruck durch Verminderung des Hochwasserstandes ab, so sinkt der Innendruck des Schlauches und der Wasserspiegel im Standrohr sinkt ab. Ein Niveausignal schaltet die Schlauchspeisepumpe ein und hebt den Schlauch wieder auf die Sollhöhe an. Zu Beginn der Überströmung des Schlauches bei rasch ansteigendem Hochwasser steigt der Oberwasserspiegel um ca. 20 cm an und stellt sich im Verlauf einer Viertelstunde auf das Soll-Stauziel ein. Bei Verminderung des Abflusses über den Schlauch (z.B. beim Start der Turbine) sinkt das Stauziel ab und wird durch die Wasserspeisepumpe in kurzer Zeit wieder auf das Sollniveau zurückgeführt. Die Hysterese zwischen Hochwasserentlastung und Wiederherstellung des Soll-Stauziels ist typisch für wasserregulierte Schlauchwehre. Die Niveaudifferenz dient als Stellgrösse für die Selbstregulierung der Schlauchkronenhöhe. Schlauchwehre zeichnen sich durch grosse passive Sicherheit aus. Die (n-1) Klausel, die bei festen Wehranlagen üblich ist, ist bei Schlauchwehranlagen nicht notwendig.

### Wasserfassung

Am linken Ufer vor der Wehranlage wird die Wasserfassung mit einem geneigten Lochblech-Feinrechen installiert. Natürliches Schwemmgut wird von einer Rechenreinigungsmaschine in horizontaler Richtung abgeschoben und verbleibt im Wasser. Schwebendes Schwemmgut fliesst durch den Grundablass ins Unterwasser ab. Schwimmendes Geschwemmsel wird über eine Klappe an der Grundablassschütze periodisch abgespült. Grundablass, Spülklappe und Fischtreppe

gewährleisten gemeinsam das gesetzlich vorgeschriebene Restwasser von 400 l/s. Organisches Schwemmgut ist Teil der Nahrungskette für Kleintiere und Fische und wird dem Wasser nicht entnommen. Anorganische Abfälle werden dem Wasser entnommen und entsorgt.

Aus der Wasserfassungskammer wird Nutzwasser bis maximal 3,5 m<sup>3</sup>/s mittels einer Druckleitung von 1,5 m Durchmesser ins Kraftwerk abgeleitet. Je nach Marktlage ist der Einbau von gebrauchten Stahlrohren oder Kunststoffrohren vorgesehen.

### **Fischaufstieg**

Am rechten Ufer ca. 10 m vor der Wehranlage befindet sich der obere Einstieg in die Fischtreppe. Mit Blöcken wird ein Rauherinne erstellt, das eine Abfolge von Ruhebecken und Gefällestufen mit je 15 cm Stufenhöhe aufweist. Das oberste Becken wird so ausgebildet, dass Schwemmgut den Zufluss zur Fischtreppe nicht behindern kann. Das durchgehend mit Geschiebe belegte Rauherinne erhält ein mittleres Gefälle von 10%. Das Gesamtgefälle von 4,2 m bei mittlerem Abfluss der Birs von 3,5 m<sup>3</sup>/s erfordert eine Fischtreppenlänge von 42 m. Geschützte Ruhebecken sind so dimensioniert, dass sich diese als mässig durchflossene Laichbecken entwickeln werden. Die Fischtreppe führt entlang einer natürlichen Rinne und in einer U-Schleife zurück ins Tosbecken der Bogenmauer. Sie wird bei Normalwasserstand mit 200 l/s dotiert. Bei Hochwasserstand wird der Abfluss bei maximalem Überstau auf ca. 500 l/s zunehmen. Das Rauherinne wird für den seltenen Hochwasserzustand dimensioniert und befestigt. Die Detailgestaltung der Fischtreppe wird durch das Fischereinspektorat mitbestimmt und vom örtlichen Fischereiaufseher beaufsichtigt.

### **Kraftwerk**

Am Ende der Druckrohrleitung, am linken Ufer innerhalb des privaten Grundstückes ist der Bau eines neuen Kraftwerkes geplant. Im Turbinenraum wird eine horizontalachsige, doppelt regulierte S-Rohrturbine mit 180 kWe Leistung eingebaut, die direkt mit einem Asynchrongenerator gekuppelt wird. Die Frage nach dem bestgeeigneten Turbinentyp wird nach erfolgter Offertausschreibung entschieden. Denkbar ist auch eine vertikalachsige S-Rohrturbine mit einem Saugrohrkrümmer. Die doppelt regulierte Turbine kann Nutzwassermengen zwischen 0,35 und 3,5 m<sup>3</sup>/s bei einem Bruttogefälle von 7,0 m verarbeiten. Die geplante Ausbauwassermenge erlaubt während 90 Tagen im Jahr einen Vollastbetrieb.

Der Zutritt zum Kraftwerk erfolgt über eine Treppe vom Vorplatz auf eine hochwassersicher angeordnete Terrassenplatte und von dort durch eine Türe in den Turbinenraum. Auf der Zutrittsenebene wird eine Schalt- und Steuertafel an der Wand befestigt. Sie erlaubt den automatischen Betrieb der Anlage nach dem verfügbaren Wasser im Stauraum mittels einer Niveausteuernng. Die Steuerung wird für den fernüberwachten Betrieb vorbereitet. Ein interner Treppenabgang führt ins Turbinengeschoss. Das Podest der Zutrittsenebene hat eine demontierbare Öffnung, die eine gute Zugänglichkeit für Unterhaltsarbeiten an der Turbine gewährleistet. Die Turbine und der Asynchrongenerator werden mittels eines Mobilkrans ein- und ausgebaut. Zu diesem Zweck kann das Dach entfernt werden. Für kleinere Unterhaltsarbeiten und Reparaturen dient ein leichtes Hebezeug im Inneren des Turbinenraumes.

### **Turbinenausritt, Wasserrückgabe**

Der Saugrohrausritt ist mit einem Dammbalken absperrbar. Nach dem Kraftwerk folgt eine 15 m lange Unterwasserrinne deren Querschnitt für die Ableitung der maximalen Nutzwassermenge von 3,5 m<sup>3</sup>/s mit geringen Gefälleverlusten dimensioniert wird. Die Trennung der Unterwasserrinne vom Flusslauf erfolgt mittels eines Blockwalls. Zur Ableitung eines grossen Hochwassers steht das volle Flussquerprofil uneingeschränkt zur Verfügung.

Der Blockwall wird durch Gruppierung der vorhandenen Blöcke im Bach und durch Zufuhr von neuen Blöcken erstellt. Zur Vermeidung von Schäden in der Bachfauna wird die Umgruppierung von Blöcken mit dem Fischereinspektorat abgesprochen und vom lokalen Fischereiaufseher beobachtet.

### 3. Umweltaspekte

#### Allgemeines

Die aus dem Mittelalter stammenden Anlagen zur Wasserkraftnutzung an der Birs in der Schlucht unterhalb von Moutier prägen die Flusslandschaft nachhaltig. Die Bogenstaumauer quer zum Fluss hat dem Flusslauf eine neue Identität verliehen. Das Geschiebe von Jahrhunderten liegt im Stauraum und ist bezüglich der natürlich gewachsenen Ufervegetation nicht mehr wegzudenken. Die Flusslandschaft mit der Bogenstaumauer ist zu einem festen Bestandteil der Schlucht geworden. Die geplante Erneuerung der Anlagen verändert die Flusslandschaft geringfügig.

Es ist das Ziel der Bauherrschaft und der Projektverfasser eine optimale Energieerzeugungsanlage zu schaffen. Da keine Nachbarschaftsrechte durch das vorliegende Projekt verletzt werden, wurde die grösste mögliche Nutzung der Wasserkraft angestrebt. Das Ziel der Projektverfasser ist:

- Schonung des Flusslaufes und der Uferbestockung.
- Unauffällige Integration der Anlagen in die bestehende Umgebung.
- Erstellung einer naturnahen Fischtreppe, was die Durchgängigkeit der bis anhin unüberwindbaren Bogenstaumauer ermöglicht.
- Optimierte Anlagenkapazität

#### Einfluss von Hochwasserereignissen

Der Aufbau einer Betonschwelle auf die beschädigte Mauerkrone dient der Stabilisierung und Sicherung der Bodenstaumauer. Gleichzeitig erlaubt sie die Installation eines Schlauchwehres. Im Gegensatz zur bisherigen festen Mauerkrone passt sich das Schlauchwehr der jeweiligen Abflussmenge in der Birs an und hält den Oberwasserspiegel innerhalb der Hysteresegrenzwerte von +20 bis -10 cm konstant. Die Auengebiete und die Uferbestockung werden durch mittlere Hochwasserabflüsse bis  $HQ_5 = 40 \text{ m}^3/\text{s}$  deutlich weniger belastet als bisher. Bei  $HQ_{100} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$  ist die maximale Überflutung der Uferpartien lediglich 0,29 m gegenüber heute 1,5 m. Das Schlauchwehr dient der Beruhigung der Hochwasserabflüsse im Projektgebiet.

#### Einfluss der Ausbauwassermenge

Der höhere Ausbau auf  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  reduziert die Überlaufdauer über die Wehranlage auf 90 Tage pro Jahr. Während 275 Tagen pro Jahr wird die Ausleitstrecke von 120 m Länge mit Restwasser dotiert. Bei der Abflussmenge der Birs  $Q_{347} = 0,88 \text{ m}^3/\text{s}$  errechnet sich die minimale Restwassermenge gemäss Art. 31 des Gewässerschutzgesetzes:

für die ersten 500 l/s Abflussmenge $Q_{347}$ der Birs	Restwassermenge	280	l/s
für weitere 100 l/s Abflussmenge $Q_{347}$	31 l/s mehr		
für weitere 880 - 500 l/s Abflussmenge $Q_{347}$	$Q_R = 380 * 31/100$	117,8	l/s
	Restwassermenge	397,8	l/s
	gerundet	400	l/s

Das  $Q_{347} = 0,88 \text{ m}^3/\text{s}$  stellt den Durchschnitt der Betrachtungsperiode 1912 bis heute dar. Der Durchschnitt enthält mehrere Trockenabflussjahre und Jahre mit reichlichen Abflüssen. Eine viel beobachtete Tendenz zu geringeren Abflussmengen ist in den letzten Jahren nicht feststellbar. Der für die Bestimmung der Restwassermenge angewendete Abfluss  $Q_{347} = 0,88 \text{ m}^3/\text{s}$  ist richtig.

#### Einfluss der Stauzielerhöhung

Die beabsichtigte Stauzielerhöhung wird eine Verschiebung der Stauwurzel um ca. 70 m flussaufwärts bewirken. Die Erfahrung nach dem Einbau einer Holz-Querschwelle im Jahre 1992 zeigt, dass der Bach das erhöhte Stauvolumen sehr bald mit Geschiebe aufgefüllt hat. Eine vermehrte Schlammablagerung im Stauvolumen konnte nicht festgestellt werden. Die Verweildauer von trübem Wasser im Stauraum ist zu kurz für eine nachhaltige Ablagerung von Feinstoffen.

Im Gegensatz zum heute bestehenden Stauraum, wo Geschiebe dauerhaft bis zum Kronenniveau ansteht, wird Geschiebe und Schlamm bei jedem mittelgrossen Hochwasserabfluss bis auf das Niveau der Schlauchwehrschwelle sofort abgespült. Die Wassertiefe im Stauraum bleibt selbst bei geringen Abflussmengen bestehen.

### **Einfluss der Ausleitstrecke**

Die Erfahrung bezüglich Restwassermenge in der Ausleitstrecke zeigt, dass 400 l/s in der stark von Blöcken belegten Flussole eine sehr gute und reichhaltige Gewässerfauna ermöglicht. In der Ausleitstrecke ist das Nahrungsangebot für Fische dauerhaft und gross, was den grossen Bestand an Sömmerlingen erklärt. Untersuchungen bei ähnlichen Ausleitstrecken zeigen vergleichbare Bestandesresultate an anderen Gewässern (Bestandeskontrolle Kraftwerk Wannenfluh, Emme).

Das Flussgefälle in der Ausleitstrecke beträgt 2,3% was Totwasserzonen mit grosser Sicherheit ausschliesst. Umgekehrt ist die Flussole sehr rau, so dass das Wasser in kleinen Stufen über die ganze Flussbreite verteilt abfließt. Die Verwendung der im Bach reichlich vorhandenen Blöcke für den Bau der Fischtreppe wird in Absprache mit dem Fischereinspektorat erfolgen.

### **Einfluss der Fischtreppe**

Die Fischtreppe schafft die Durchgängigkeit der Birs für Fische. Die in der Ausleitstrecke feststellbare einheitliche Längensklasse für Forellen wird mit der Betriebsaufnahme der Fischtreppe verbreitert. Zudem ist eine Abwanderung aus dem Unterwasser ins Oberwasser zu erwarten. Fischereibiologisch gesehen hat das neue Kleinwasserkraftwerk eher vorteilhafte Auswirkungen auf den Flussabschnitt im Projektgebiet.

Die festgestellte Konzentration von Fischen im Kolk der Bogenstaumauer dürfte sich mit der Inbetriebnahme der Fischtreppe auflösen. Die Einleitung der Fischtreppe in den Kolk wird zu einer raschen Belebung der Fischtreppe führen.

### **Einfluss des Projektes auf die Fische**

Es ist bekannt, dass Fische beim Durchgang durch Turbinen Schaden nehmen können. Die projektierte Wasserfassung ist mit einem Lochblechrechen mit Lochdurchmessern von 20 mm versehen. Die Erfahrungen mit gleichartigen Lochblechrechen in den Kraftwerken Wannenfluh und Sursee zeigen, dass für Sömmerlinge und grössere Fische der Rechen eine absolute Barriere darstellt. Zudem ist die Durchströmgeschwindigkeit durch die Lochblechrechen mit 0,3 m/s sehr gering und eine Verletzungsgefahr für die Fische ist nicht feststellbar.

Organisches Schwemmgut ist Teil der Nahrungskette für Kleintiere und Fische und wird dem Wasser nicht entnommen. Anorganische Abfälle (Plastik, Glas und PET-Flaschen) werden dem Wasser entnommen und entsorgt.

### **Lärmemissionen**

Die Turbine im Kraftwerkgebäude ist eine mässige Lärmquelle. Ausserhalb des Turbinenraums sind die Lärmemissionen von Strasse und Bahn dominierend. Geringere Überlaufmengen am Wehr verursachen weniger Fliessgeräusche. Insgesamt sind Lärmemissionen des neuen Kraftwerkes in einer an sich schon lärmigen Umgebung kein Problem.

### **Unfallgefahr**

Das Projekt weist im Vergleich zu den bisherigen Anlagen eine leichtere Zugänglichkeit zu gefährlichen Objekten auf. Die alte Ufermauer entlang der Birs, die Bereiche um die Wehranlage und das Kraftwerk könnten eine Gefahr für Abstürze bedeuten. Das Projekt sieht Abschränkungen in Bereichen vor, wo sich Publikum aufhalten kann. Der Steg über die Wehranlage dient der Funktionskontrolle der Fischtreppe und wird nicht öffentlich zugänglich sein.

Die Kraftwerksanlagen werden nach den Vorschriften für Unfallverhütung der SUVA erstellt.

#### 4. Wasser- und Energiewirtschaft

Die Energieberechnungen basieren auf den Daten der hydrologischen Jahrbücher der Schweiz für die Messstelle Birse Moutier, La Charrure. Die Nähe der Messstelle zum Projektgebiet erlaubt die Übernahme der unveränderten Daten:

Einzugsgebiet	183	km <sup>2</sup>
Mittlere Höhe des Einzugsgebietes	930	mÜM
Mittlere Jahresabflussmenge 1912 - 1997	3,26	m <sup>3</sup> /s
Grösstes Jahresmittel 1939	5,35	m <sup>3</sup> /s
Kleinstes Jahresmittel 1921	1,46	m <sup>3</sup> /s
Auslegungswassermenge $Q_A$ an 91 Tagen/Jahr vorhanden	3,98	m <sup>3</sup> /s
Minimal nutzbare Wassermenge nach Abzug von $Q_R = 0,4$ m <sup>3</sup> /s	0,35	m <sup>3</sup> /s

Das Einzugsgebiet gilt mit einer spezifischen Abflussmenge von 17,8 l/s km<sup>2</sup> als mässig niederschlagsreich. Ein grosser Teil der Niederschläge versickert in den weiten Karstgebieten des Juras. Geringe Teile der Niederschlagsmengen fliessen direkt in Flüsse ab. Oberflächliche Rückhalte-speicher (Seen) fehlen im Einzugsgebiet der Birs. Grosse Karsthöhlen die regelmässig fliessende Quellen speisen, beeinflussen die Abflussmengen der Birs positiv. Die Birs gilt als ausgeglichenes Gewässer mit guter Hydraulizität und mässigen Hochwasserabflüssen. 53,6% der Abflussmengen fallen im Winterhalbjahr an.

Energiewirtschaftliche Berechnungen mit Ausbauwassermengen von

2,5 m <sup>3</sup> /s, Klemmenleistung 123 kWe, Energieproduktion von 743'000 kWh/Mitteljahr
3,0 m <sup>3</sup> /s, Klemmenleistung 158 kWe, Energieproduktion von 866'000 kWh/Mitteljahr
3,2 m <sup>3</sup> /s, Klemmenleistung 168 kWe, Energieproduktion von 893'000 kWh/Mitteljahr
3,5 m <sup>3</sup> /s, Klemmenleistung 181 kWe, Energieproduktion von 920'000 kWh/Mitteljahr

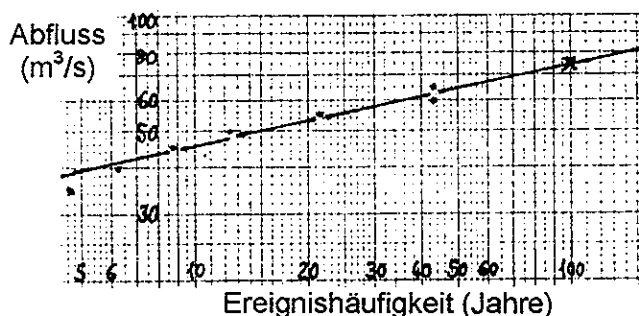
zeigen, dass der Energieertrag der grössten Variante die Mehrkosten die für die grössere Anlage zu decken vermag.

Die Bauherrschaft ersucht um Erteilung einer Wasserkraft-Konzession mit einer Ausbauwassermenge von 3,5 m<sup>3</sup>/s bei 7 m Bruttogefälle. Eine Turbinen / Generatorengruppe mit 180 kWe Klemmenleistung ermöglicht eine jährliche Energieproduktion von 920'000 kWh bei 100% Betriebsverfügbarkeit. Bei ähnlichen Kleinwasserkraftwerken mit einer Maschine wird mit einer Betriebsverfügbarkeit von 96 bis 98% gerechnet.

#### Hochwasser

Aufgrund von ca. 160 Hochwasserereignissen in der Periode 1912 bis 1997 wurde  $HQ_{100}$  ermittelt:

Abfluss	Ereignisse	Häufigkeit
> 20 m <sup>3</sup> /s	120	1 x 0,71 Jahren
> 35 m <sup>3</sup> /s	18	1 x 4,77 Jahren
> 40 m <sup>3</sup> /s	14	1 x 6,14 Jahren
> 45 m <sup>3</sup> /s	10	1 x 8,60 Jahren
> 50 m <sup>3</sup> /s	7	1 x 12,2 Jahren
> 55 m <sup>3</sup> /s	4	1 x 21,5 Jahren
> 60 m <sup>3</sup> /s	2	1 x 43,0 Jahren
> 65 m <sup>3</sup> /s	2	1 x 43,0 Jahren



daraus errechnet sich  $HQ_{100} = 75$  m<sup>3</sup>/s. Frühere Studien haben das  $HQ_{100}$  mit 70 m<sup>3</sup>/s beziffert. Dieser Wert gilt bei allen kantonalen Behörden als verbindlich. Neu ist der Nachweis zu erbringen, dass Extremhochwasser ( $1,5 \times HQ_{100} = 105$  m<sup>3</sup>/s) keine Schäden verursachen. Entsprechende Berechnungen belegen, dass Extremhochwasser ohne Schäden abgeleitet werden kann.

Die grosse Anzahl der statistisch erfassten Hochwasserereignisse erlaubt mit grosser Sicherheit die Bestimmung des Bemessungshochwassers  $HQ_{100} = 70$  m<sup>3</sup>/s. Als Extremhochwasser wird von den kantonalen Behörden  $EHQ = 105$  m<sup>3</sup>/s empfohlen.

## 5. Kostenschätzung, Wirtschaftlichkeit

Die nachstehende Kostenschätzung basiert auf Preisen des Jahres 2001. Die Schätzung erfolgte ohne Offertanfragen:

Bauarbeiten	Franken	
Wehrschwelle, Grundablass, Wasserfassung mit Seiteneinlauf	150'000	
Fischtreppe erstellen, teils mit vorhandenen und neuen Blöcken	40'000	
50 to Blöcke bis 2000 kg Stückgewicht liefern und einbauen	15'000	
105 m Grabarbeiten für Druckleitung 1,5 m Durchmesser	25'000	
Kraftwerk, Auslaufkanal, Holzaufbau, Dach	165'000	395'000
Stahlwasserbau		
Rechenanlage 10 x 2 m mit automatischer Rechenreinigung	50'000	
Schlauchwehr 15,5 x 1,0 m mit Schlauchregulierung	45'000	
Grundablass Klappe 1,0 x 2,0 m	20'000	
105 m Stahl-Druckleitung Ø 1,50 m verlegen (Occasion Rohre)	40'000	
Bedienungssteg über Wehranlage 20 m Länge 1 m Breite	25'000	180'000
Elektromechanische Anlagen		
S-Typ-Kaplan Turbine, 180 kW	150'000	
Asynchron-Generator 180 kW	50'000	
Schalt- und Steuerschrank	30'000	
Elektroinstallationen	25'000	
Anschluss an 400 V Gemeindefnetz Moutier	30'000	285'000
Projektnebenkosten		
Projektierung, Ingenieurarbeiten	90'000	<u>90'000</u>
Gesamtprojektkosten ohne Unvorhergesehenes		950'000
Unvorhergesehenes		pro Memoria

In Kostenschätzungen werden üblicherweise ca. 10% Gesamtprojektkosten für Unvorhergesehenes eingerechnet. Die vorliegende Kostenschätzung ohne Unvorhergesehenes dient als Richtvorgabe für ein straffes Kostenmanagement für Bauherrschaft und Planer. Leichtfertige Projektänderungen mit Kostenfolgen sollen damit vermieden werden.

Bei Investitionen von 950'000 Franken und 920'000 kWh Energieproduktion errechnen sich die Jahreskosten und die Energiegestehungskosten wie folgt:

9,31% Annuität	für Amortisation und Verzinsung des eingesetzten Kapitals	Franken
	bei Amortisationszeit von 15 Jahren und 5% Kapitalverzinsung	88'445
4,50% Annuität	der Investitionssumme für Betrieb, Unterhalt und Reparaturen	<u>42'750</u>
	Jahreskosten	131'195
	Energiegestehungspreis Fr.131'195 / (920'000 kWh * 0,95)	15,01 Rp./kWh
	bei 95% Betriebsverfügbarkeit	

Eine kurze Amortisationszeit und reichlich dotierte Kosten für Betrieb, Unterhalt und Reparaturen schliessen eine nichtamortisierbare Fehlinvestition aus. Das Projekt ist wirtschaftlich interessant.

## 6. Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt für ein Ausleitkraftwerk an der Birs unterhalb von Moutier ist wirtschaftlich und energiepolitisch interessant. Das Projekt fügt sich in die bestehende gewerbehistorische Umgebung ein, mit positiven Folgen für die Gewässerfauna. Die energetische Nutzung der Birs darf als ausserordentlich günstig beurteilt werden. Die Erhöhung des Gefälles von 4,5 auf 7,0 m und die Erhöhung der Auslegungswassermenge von 0,6 auf 3,5 m<sup>3</sup>/s ermöglichen eine Erhöhung des Nutzungspotentials von knapp 100'000 auf 920'000 kWh. Aus wirtschaftlichen Gründen ist die grösstmögliche Auslegung gewählt worden. Das Projekt passt ideal zur Initiative des Bundes von "energie suisse", dem Nachfolgeprogramm von "Energie 2000".

Der Projektstandort setzt keine Grenzen für die Anlagengrösse. Die aus der Frühzeit der Wasserkraftnutzung stammende Bogenstaumauer wird mit dem Aufbau einer Schlauchwehrschwelle nachhaltig saniert. Eine Fischtreppe wird die bislang nicht überwindbare Staumauer für Fische durchgängig machen und die bisher unterbrochene Fischwanderung aufheben. Vom Projekt wird das sichtbar bleiben, was schon bisher sichtbar war. Das Kraftwerk wird am unteren Parzellenrand kaum auffallen und die hohe Leistungsfähigkeit zurückhaltend präsentieren. Die Wehranlage wird durch ein Schlauchwehr so reguliert, dass selbst ein Extremhochwasser der Kantonsstrasse und dem ehemaligen Sägereilagerplatz keinen Schaden zufügen kann. Die linksufrige Wasserfassung mit Lochblech-Feinrechen mündet in eine im Lagerplatz vergrabene Druckleitung, die das Nutzwasser dem Kraftwerk zuführt.

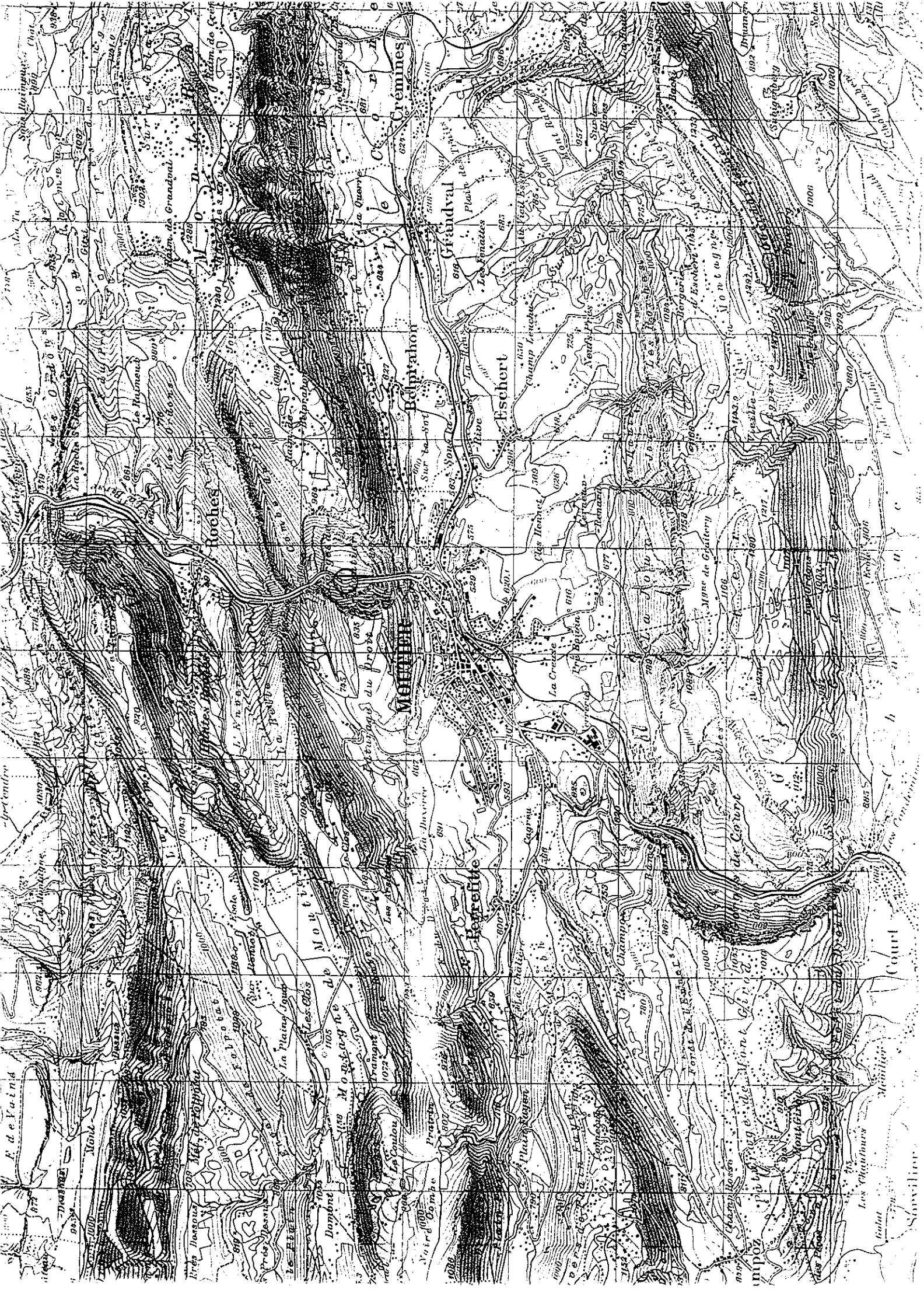
Das alte Sägereigebäude wird vollständig einer erweiterten gewerblichen Nutzung zur Verfügung stehen. Die alten Kraftwerksanlagen enthalten keine schutzwürdigen Einrichtungen und werden abgebrochen.

HYDRELEC Ingénieurs



Moutier, Mandach, 30. November 2001 AE

Die vorliegende Vorstudie ist mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Energie entstanden. Für Inhalt und Schlussfolgerungen sind die Autoren verantwortlich.



**MOURVIEH**

**Belpatahon**

**Grandval**

**Eschert**

**Crémennes**

**Roche**

**Reyreffite**

**Mont de Courte**

**Courte**

**F. de Vaind**

**Les Chantours**

**Maillet**

**Sauvillier**

**Saint-Martin**

**Grandval**

**Belpatahon**

**Grandval**

**Eschert**

**Crémennes**

**Roche**

**Reyreffite**

**Mont de Courte**

**Courte**

**F. de Vaind**

**Les Chantours**

**Maillet**

**Sauvillier**

**Saint-Martin**

**Grandval**

**Belpatahon**

**Grandval**

**Eschert**

**Crémennes**

**Roche**

**Reyreffite**

**Saint-Martin**

**Grandval**

**Belpatahon**

**Grandval**

**Eschert**

**Crémennes**

**Roche**

**Reyreffite**

**Mont de Courte**

**Courte**

**F. de Vaind**

**Les Chantours**

**Maillet**

**Sauvillier**

**Saint-Martin**

**Grandval**

**Belpatahon**

**Grandval**

**Eschert**

**Crémennes**

**Roche**

**Reyreffite**

**Mont de Courte**

**Courte**

**F. de Vaind**

Moutier, la Birse, Usine Cerneux Georgé  
Projet de Concession, November 2001

Situation 1 : 500

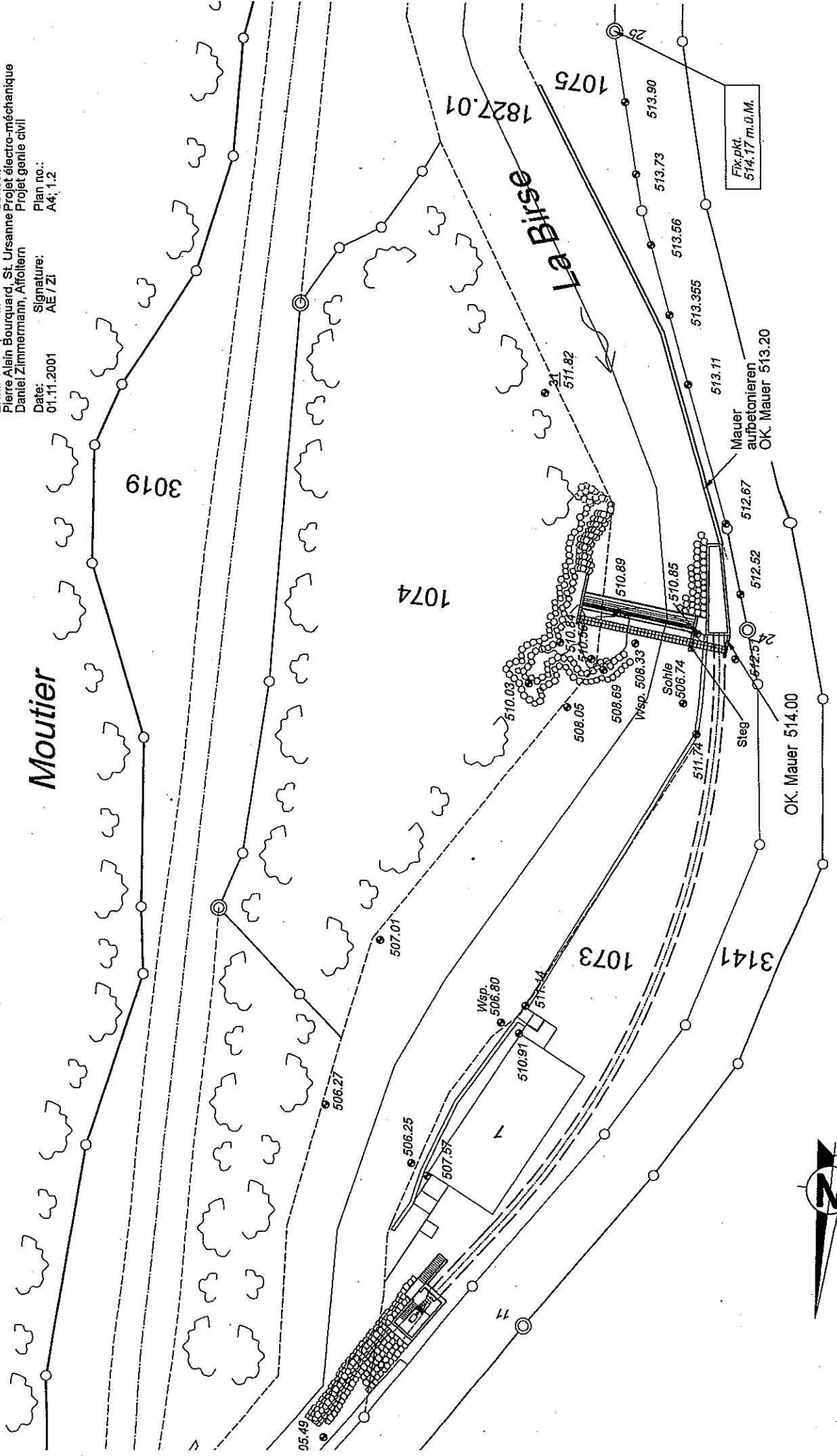
Situation 1 : 500

HYDRELEC Ingénieurs

Arnold Engel, Mandach  
Erwin Weber, Biemme  
Pierre Alain Bourquard, St. Ursanne  
Daniel Zimmermann, Alflollern  
Projet génie civil

Direction de Projet  
Conseil

Date: 01.11.2001  
Signature: AE / ZI  
Plan no.: A4, 1.2



Fix.pkt.  
514.17 m.ü.M.

Mauer  
aufbetonieren  
OK. Mauer 513.20

OK. Mauer 514.00





Profil en longe 1 : 500 / 50

503.00

Best. Sohlenhöhe	504.55	504.95	505.25	505.25	505.36	504.09	505.31	505.45	508.93	505.98	509.02	506.38
Projekthöhen												
Gefälle Projekt	1.68%		1.73%		-6.57%	15.06%	3.5%	47.03%	0.31%			
Distanzen		23,74	17,33		17,65	8,10	3,97	7,40				27,83

505.00

509.02	506.38	509.29	506.29	508.90	510.85
0.30%		0.31%			
					59,53

Moutier, la Birse, Usine Cerneux Georgé  
 Projet de Concession, November 2001

Profil en long 1 : 500/50

HYDRELEC Ingénieurs

Arnold Engel, Mandach

Erwin Weber, Blenne

Pierre Alain Bourquard, St. Ursanne

Daniel Zimmermann, Aflheim

Date: 01.11.2001

Signature: AE/ZI

Direction de Projet

Conseil

Projet electro-mécanique

Projet genre civil

Plan no.:

A3, 1,3

505.00

514.00	514.08	513.29
EHO	Best. Sohlenhöhe	513.29
513.20	Projekthöhen	513.29
	Crues EHQ	514.74
	Distanzen	70.55
		114.37
511.04		
510.35		
511.34		
12.30		

Niveau amont  
512.50

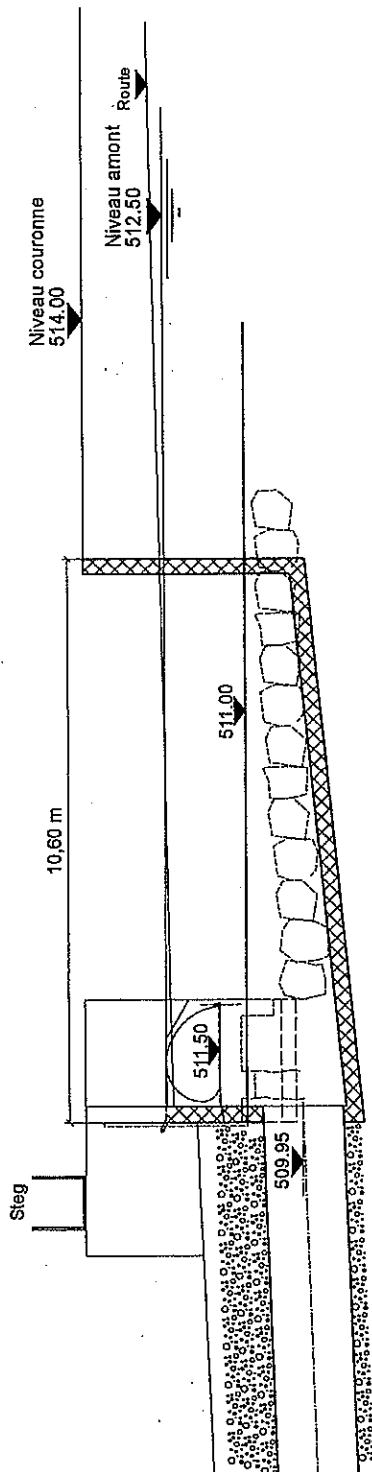
Bestehende Flussohle

Alte Flussohle

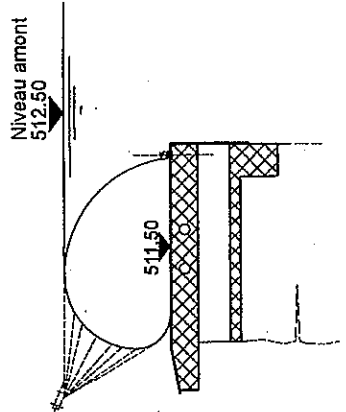
514.00  
EHO  
513.20

513.35

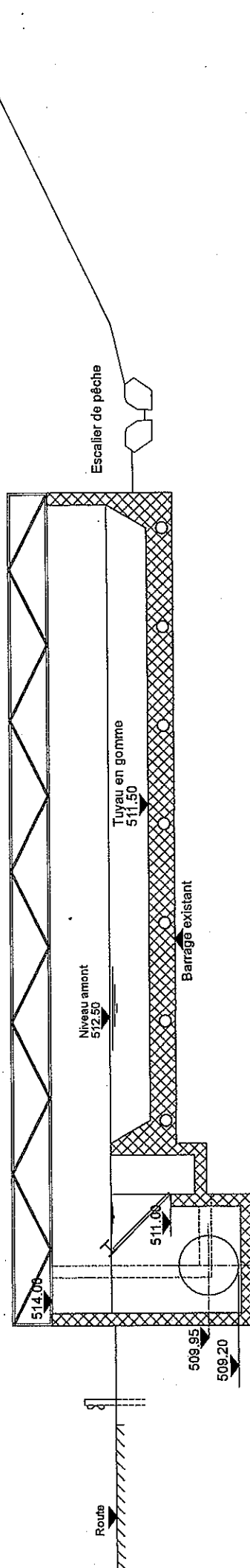
# Prise d'eau 1 : 100



# Tuyau en gomme 1 : 50



# Coupe Prise d'eau 1 : 100



Moutier, la Birse, Usine Cemeux Georgé  
Projet de Concession, November 2001

Barrage, Prise d'eau 1 : 100

HYDRELEC Ingénieurs

Arnold Engel, Mandach

Erwin Weber, Blenne

Pierre Alain Bourquard, St. Ursanne

Daniel Zimmermann, Alfoiern

Date: 01.11.2001

Direction de Projet

Conseil

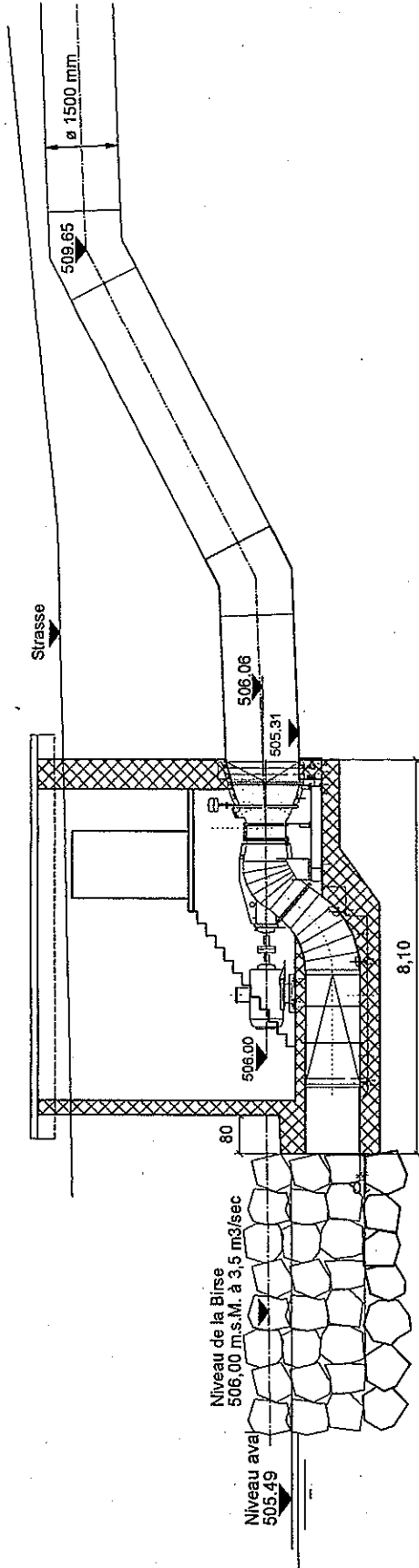
Projet électro-mécanique

Projet génie civil

Plan no.: A3, 1,6

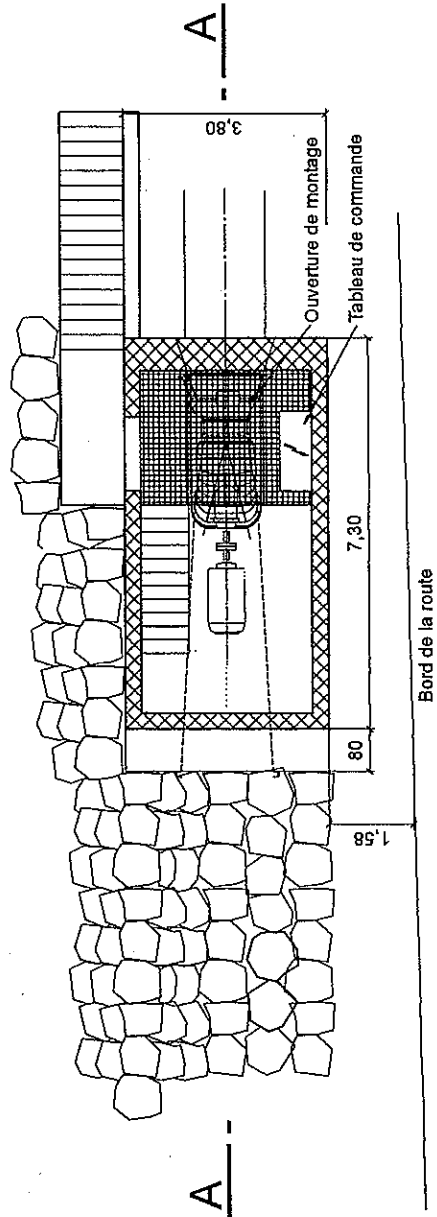
Signature: AE/ZI

# Coupe A-A 1 : 100



Débit nominal 3,5 m³/sec  
 Chute brut 7,0 m  
 Puissance 180 kW  
 Production 900 000 kWh/a

# Plan 1 : 100



Moutier, la Birse, Usine Cerneux Georgé  
 Projet de Concession, November 2001

Usine 1 : 100

HYDRELEC Ingénieurs

Arnold Engel, Mandach

Erwin Weber, Biemme

Pierre Alain Bourquard, St. Ursanne

Daniel Zimmermann, Alfoitem

Date: 01.11.2001

Signature: AE / ZI

Direction de Projet

Conseil

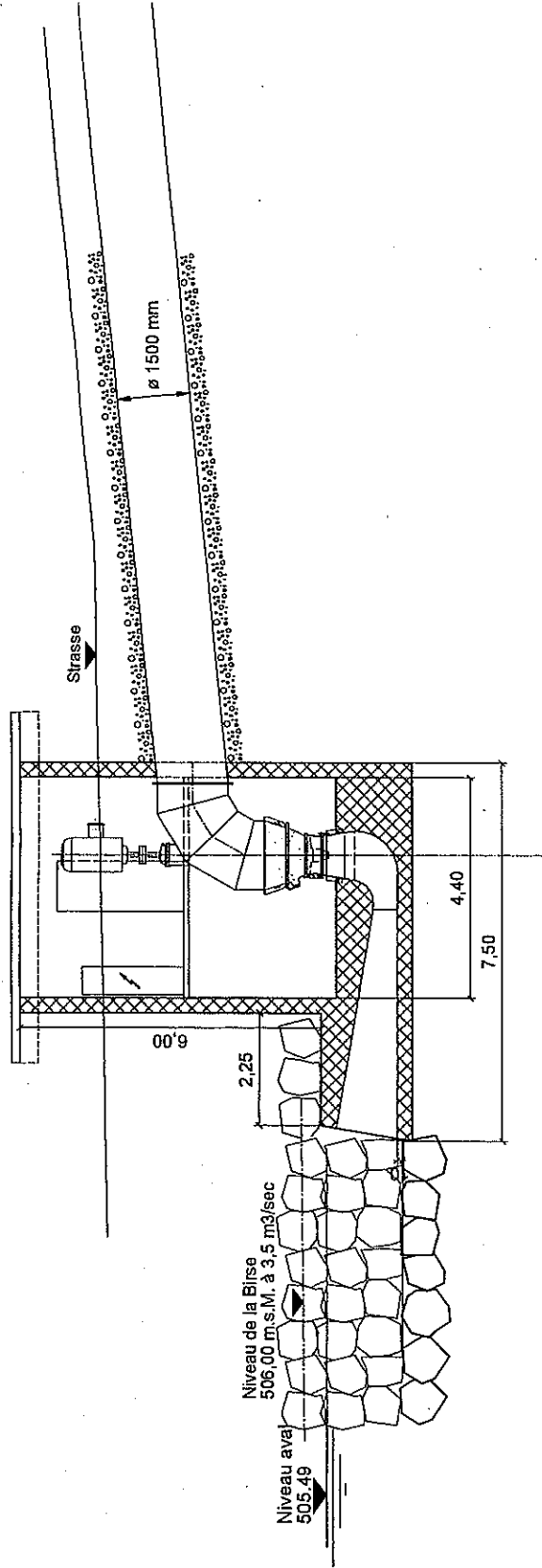
Projet électro-mécanique

Projet génie civil

Plan no.:

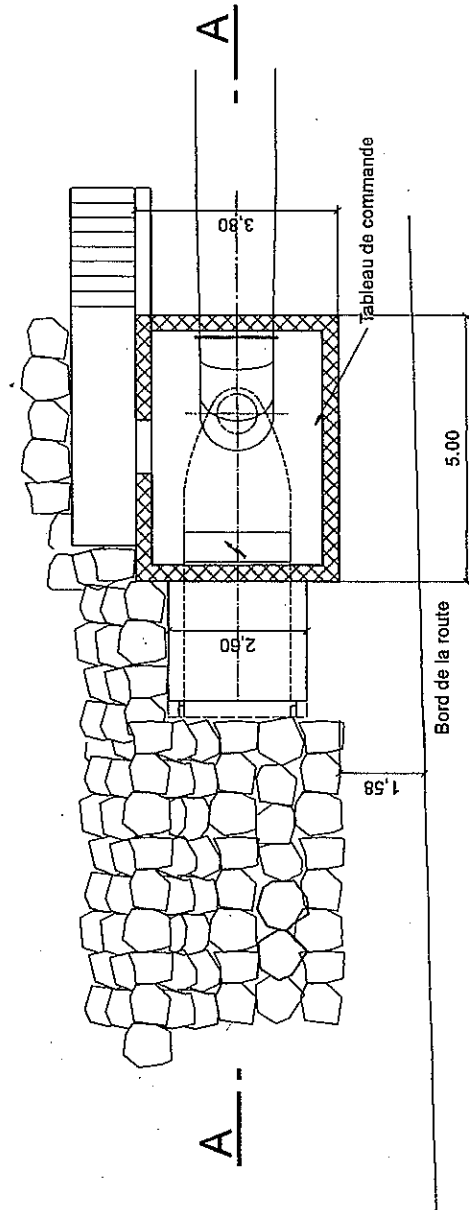
A3: 1.5

# Coupe A-A 1 : 100



Débit nominal 3.5 m<sup>3</sup>/sec  
 Chute brut 7.0 m  
 Puissance 180 kW  
 Production 900'000 kWh/a

# Plan 1 : 100



Moutier, la Birse, Usine Cerneux Georgé  
Projet de Concession, November 2001

Usine 1 : 100

HYDRELEC Ingénieurs

Arnold Engel, Mandach

Erwin Weber, Biègne

Pierre Alain Bourquard, St. Ursanne  
Daniel Zimmermann, Alfoltern

Projet électro-mécanique  
Projet génie civil

Date: 01.11.2001

Signature: AE/ZJ

Plan no.: A3, 1.5

Direction de Projet

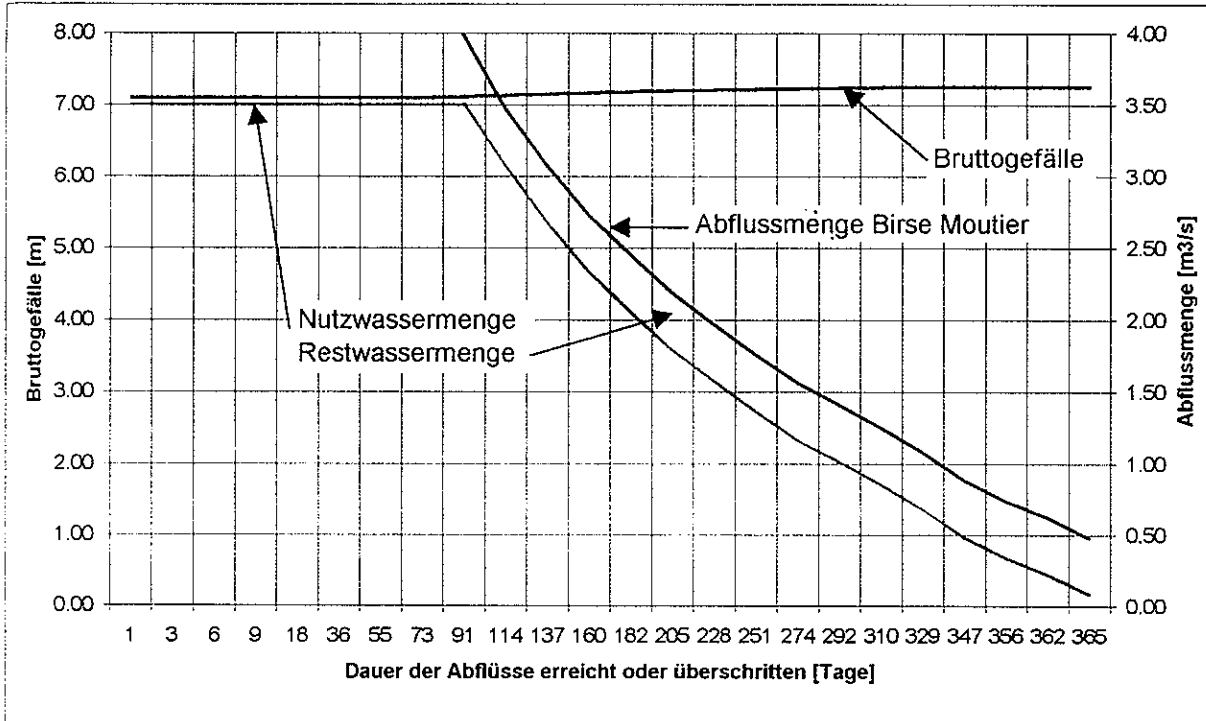
Corisell

Projet électro-mécanique  
Projet génie civil

Plan no.:

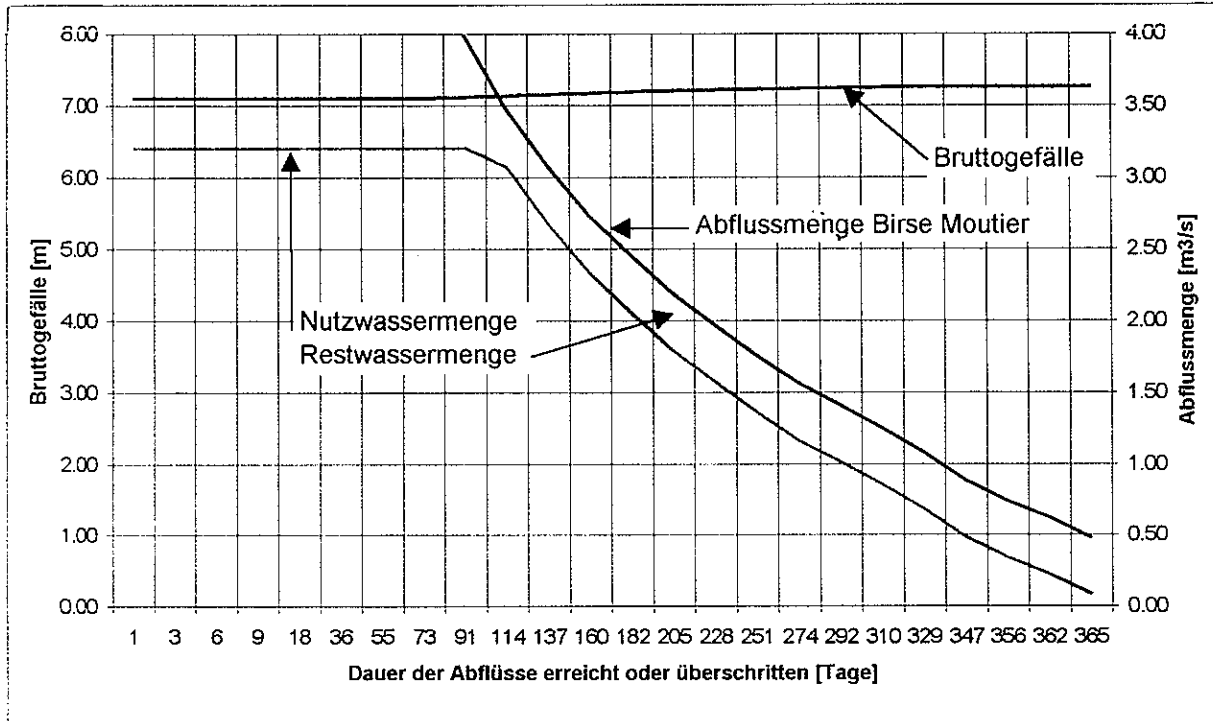
A3, 1.5

Projekt	Wasserkraftwerk Moutier			
Variante	Max.max.Ausbau		Wirkungsgrad Turbine	0.87 [p.u.]
Fluss	Birse		Wirkungsgrad E+M	0.92 [p.u.]
Messstelle	Moutier		Nutzwassermenge	3.50 [m3/s]
Nennleistung Generator	200 [kVA]		Stauziel	512.00 [müM]
Nennleistung Turbine	181 [kW]		Unterwasserspiegel Min.	504.75 [müM]
Energieproduktion	920 [MWh/a]		Restwasser (Fischtreppe)	0.4 [m3/s]



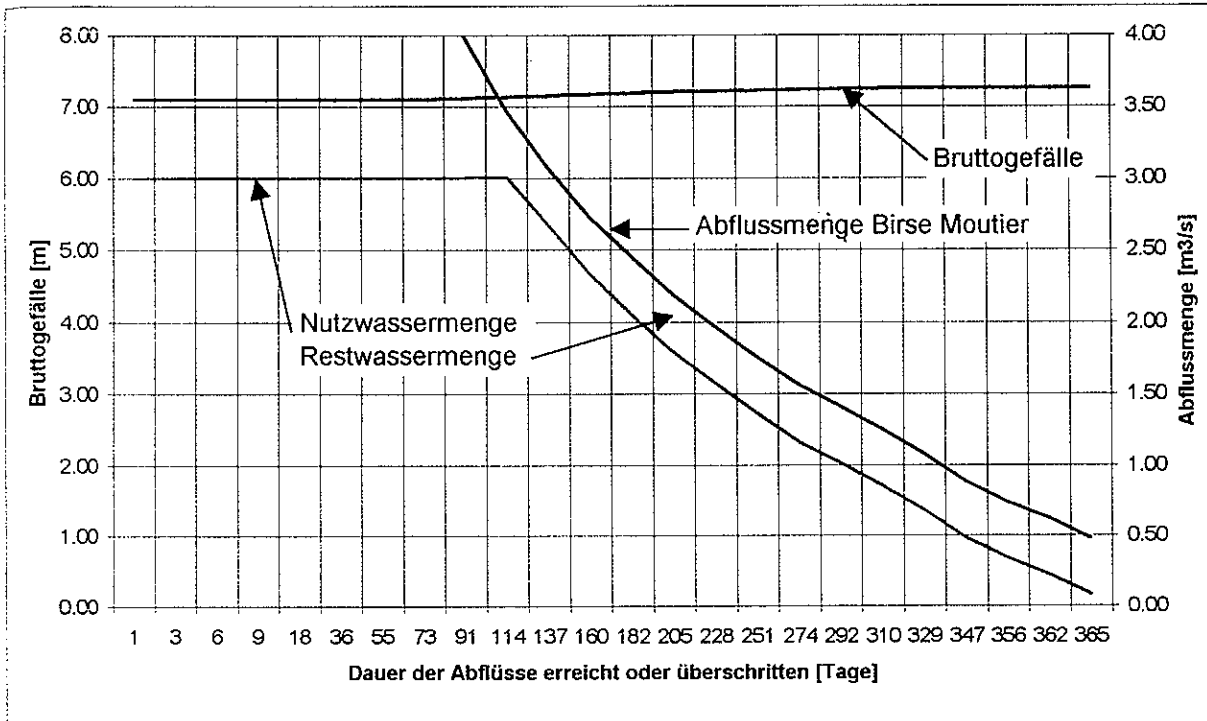
Dauer des Abflusses [Tage]	Abfluss Birse [m3/s]	OW Spiegel [müM]	UW Spiegel [müM]	Gefälle Brutto [m]	Abfluss Turbine [m3/s]	Wirkungsgrade			Leistung Netto [kW]	Energie pro Periode [kWh/p]
						Turbine [p.u.]	E&M [p.u.]	Total [p.u.]		
1	21.20	512.85	505.75	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	4358
3	15.10	512.68	505.58	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	8716
6	12.30	512.50	505.40	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	13074
9	10.90	512.32	505.22	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	13074
18	8.29	512.20	505.10	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	39221
36	6.31	512.08	504.98	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	78442
55	5.17	512.03	504.93	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	82800
73	4.49	512.00	504.90	7.10	3.50	0.818	0.91	0.74	181.58	78442
91	3.98	512.00	504.89	7.11	3.50	0.818	0.91	0.74	181.96	78608
114	3.47	512.00	504.87	7.13	3.07	0.850	0.92	0.76	167.97	92717
137	3.07	512.00	504.85	7.15	2.67	0.866	0.92	0.80	148.92	82202
160	2.73	512.00	504.83	7.17	2.33	0.866	0.91	0.79	129.66	71575
182	2.45	512.00	504.81	7.19	2.05	0.855	0.91	0.78	112.28	59285
205	2.19	512.00	504.80	7.20	1.79	0.850	0.90	0.76	96.42	53226
228	1.97	512.00	504.79	7.21	1.57	0.835	0.89	0.74	82.44	45509
251	1.76	512.00	504.78	7.22	1.36	0.830	0.85	0.70	67.71	37375
274	1.56	512.00	504.77	7.23	1.16	0.821	0.82	0.67	55.28	30514
292	1.41	512.00	504.76	7.24	1.01	0.800	0.78	0.63	44.90	19397
310	1.25	512.00	504.75	7.25	0.85	0.783	0.74	0.58	34.84	15050
329	1.08	512.00	504.75	7.25	0.68	0.748	0.66	0.50	23.97	10930
347	0.88	512.00	504.75	7.25	0.48	0.696	0.51	0.35	12.02	5194
356	0.74	512.00	504.75	7.25	0.34	0.544	0.18	0.10	2.42	523
362	0.62	512.00	504.75	7.25	0.22	0.544	0.00	0.00	0.00	0
365	0.48	512.00	504.75	7.25	0.08	0.000	0.00	0.00	0.00	0

Projekt	Wasserkraftwerk Moutier		
Variante	Maximum Ausbau	Wirkungsgrad Turbine	0.87 [p.u.]
Fluss	Birse	Wirkungsgrad E+M	0.92 [p.u.]
Messtelle	Moutier	Nutzwassermenge	3.20 [m3/s]
Nennleistung Generator	200 [kVA]	Stauziel	512.00 [müM]
Nennleistung Turbine	168 [kW]	Unterwasserspiegel Min.	504.75 [müM]
Energieproduktion	893 [MWh/a]	Restwasser (Fischtreppe)	0.4 [m3/s]



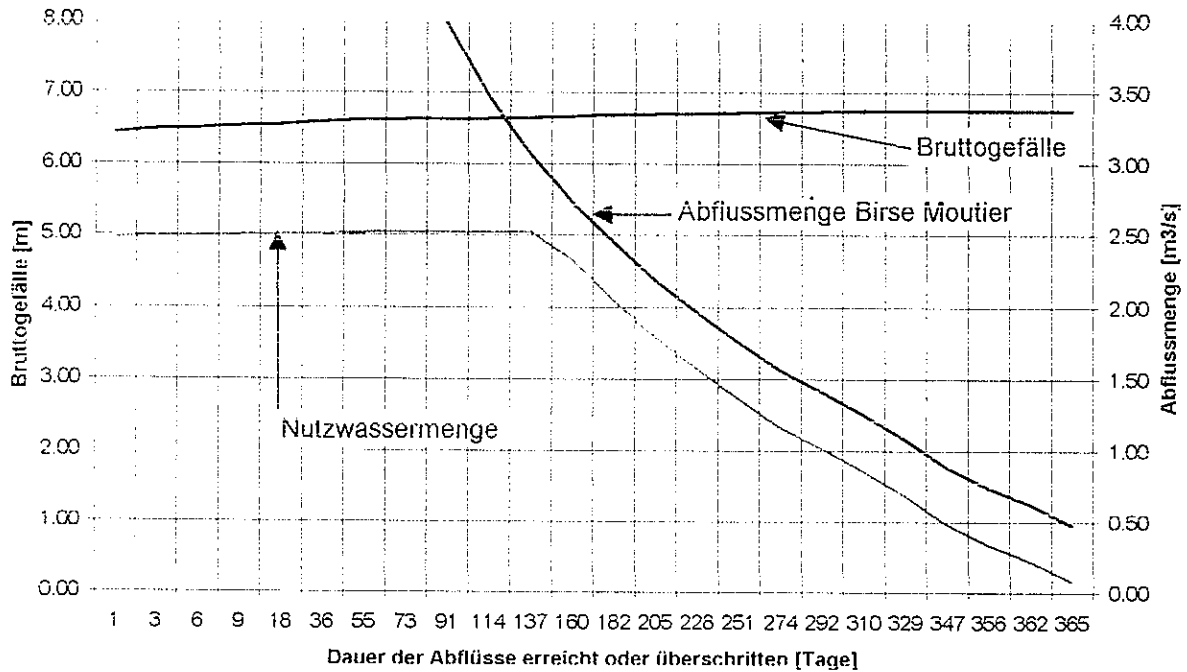
Dauer des Abflusses [Tage]	Abfluss Birse [m3/s]	OW Spiegel [müM]	UW Spiegel [müM]	Gefälle Brutto [m]	Abfluss Turbine [m3/s]	Wirkungsgrade			Leistung Netto [kW]	Energie pro Periode [kWh/p]
						Turbine [p.u.]	E&M [p.u.]	Total [p.u.]		
1	21.20	512.85	505.75	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	4025
3	15.10	512.68	505.58	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	8049
6	12.30	512.50	505.40	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	12074
9	10.90	512.32	505.22	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	12074
18	8.29	512.20	505.10	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	36221
36	6.31	512.08	504.98	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	72443
55	5.17	512.03	504.93	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	76468
73	4.49	512.00	504.90	7.10	3.20	0.818	0.92	0.75	167.69	72443
91	3.98	512.00	504.89	7.11	3.20	0.818	0.92	0.75	168.05	72596
114	3.47	512.00	504.87	7.13	3.07	0.833	0.92	0.77	164.65	90884
137	3.07	512.00	504.85	7.15	2.67	0.860	0.92	0.79	147.90	81639
160	2.73	512.00	504.83	7.17	2.33	0.870	0.91	0.79	130.26	71902
182	2.45	512.00	504.81	7.19	2.05	0.860	0.91	0.78	112.93	59627
205	2.19	512.00	504.80	7.20	1.79	0.855	0.90	0.77	96.98	53535
228	1.97	512.00	504.79	7.21	1.57	0.842	0.89	0.75	83.11	45878
251	1.76	512.00	504.78	7.22	1.36	0.835	0.87	0.73	70.33	38823
274	1.56	512.00	504.77	7.23	1.16	0.830	0.82	0.68	55.94	30881
292	1.41	512.00	504.76	7.24	1.01	0.821	0.78	0.64	46.03	19885
310	1.25	512.00	504.75	7.25	0.85	0.800	0.74	0.59	35.61	15385
329	1.08	512.00	504.75	7.25	0.68	0.783	0.66	0.52	25.08	11438
347	0.88	512.00	504.75	7.25	0.48	0.748	0.51	0.38	12.92	5583
356	0.74	512.00	504.75	7.25	0.34	0.696	0.18	0.13	3.10	669
362	0.62	512.00	504.75	7.25	0.22	0.544	0.00	0.00	0.00	0
365	0.48	512.00	504.75	7.25	0.08	0.000	0.00	0.00	0.00	0

Projekt	Wasserkraftwerk Moutier		
Variante	Mittlerer Ausbau	Wirkungsgrad Turbine	0.87 [p.u.]
Fluss	Birse	Wirkungsgrad E+M	0.92 [p.u.]
Messstelle	Moutier	Nutzwassermenge	3.00 [m3/s]
Nennleistung Generator	200 [kVA]	Stauziel	512.00 [müM]
Nennleistung Turbine	158 [kW]	Unterwasserspiegel Min.	504.75 [müM]
Energieproduktion	866 [MWh/a]	Restwasser (Fischtreppe)	0.4 [m3/s]



Dauer des Abflusses [Tage]	Abfluss Birse [m3/s]	OW Spiegel [müM]	UW Spiegel [müM]	Gefälle Brutto [m]	Abfluss Turbine [m3/s]	Wirkungsgrade			Leistung Netto [kW]	Energie pro Periode [kWh/p]
						Turbine [p.u.]	E&M [p.u.]	Total [p.u.]		
1	21.20	512.85	505.75	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	3773
3	15.10	512.68	505.58	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	7546
6	12.30	512.50	505.40	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	11319
9	10.90	512.32	505.22	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	11319
18	8.29	512.20	505.10	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	33958
36	6.31	512.08	504.98	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	67915
55	5.17	512.03	504.93	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	71688
73	4.49	512.00	504.90	7.10	3.00	0.818	0.92	0.75	157.21	67915
91	3.98	512.00	504.89	7.11	3.00	0.818	0.92	0.75	157.54	68059
114	3.47	512.00	504.87	7.13	3.01	0.818	0.92	0.75	158.21	87331
137	3.07	512.00	504.85	7.15	2.67	0.850	0.92	0.78	145.90	80539
160	2.73	512.00	504.83	7.17	2.33	0.866	0.91	0.79	129.66	71575
182	2.45	512.00	504.81	7.19	2.05	0.866	0.91	0.79	113.71	60039
205	2.19	512.00	504.80	7.20	1.79	0.855	0.90	0.77	96.98	53535
228	1.97	512.00	504.79	7.21	1.57	0.850	0.89	0.76	83.91	46317
251	1.76	512.00	504.78	7.22	1.36	0.842	0.87	0.74	70.90	39137
274	1.56	512.00	504.77	7.23	1.16	0.830	0.82	0.68	55.94	30881
292	1.41	512.00	504.76	7.24	1.01	0.821	0.78	0.64	46.03	19885
310	1.25	512.00	504.75	7.25	0.85	0.800	0.74	0.59	35.61	15385
329	1.08	512.00	504.75	7.25	0.68	0.783	0.66	0.52	25.08	11438
347	0.88	512.00	504.75	7.25	0.48	0.748	0.51	0.38	12.92	5583
356	0.74	512.00	504.75	7.25	0.34	0.696	0.18	0.13	3.10	669
362	0.62	512.00	504.75	7.25	0.22	0.544	0.00	0.00	0.00	0
365	0.48	512.00	504.75	7.25	0.08	0.000	0.00	0.00	0.00	0

Projekt	Wasserkraftwerk Moutier		
Variante	provisorisch	Wirkungsgrad Turbine	0.87 [p.u.]
Fluss	Birse	Wirkungsgrad E+M	0.91 [p.u.]
Messstelle	Moutier	Nutzwassermenge	2.50 [m3/s]
Nennleistung Generator	140 [kVA]	Stauziel	511.50 [müM]
Nennleistung Turbine	123 [kW]	Unterwasserspiegel Min.	504.75 [müM]
Energieproduktion	743 [MWh/a]	Restwasser (Fischtreppe)	0.4 [m3/s]



Dauer des Abfluss [Tage]	Abfluss Birse [m3/s]	OW Spiegel [müM]	UW Spiegel [müM]	Gefälle Brutto [m]	Abfluss Turbine [m3/s]	Wirkungsgrade			Leistung Netto [kW]	Energie pro Periode [kWh/p]
						Turbine [p.u.]	E&M [p.u.]	Total [p.u.]		
1	21.20	512.18	505.75	6.43	2.48	0.830	0.91	0.76	118.26	2838
3	15.10	512.07	505.58	6.49	2.49	0.830	0.91	0.76	119.92	5756
6	12.30	511.90	505.40	6.50	2.49	0.830	0.91	0.76	120.19	8654
9	10.90	511.75	505.22	6.53	2.50	0.830	0.91	0.76	121.03	8714
18	8.29	511.65	505.10	6.55	2.50	0.830	0.90	0.75	120.37	25999
36	6.31	511.57	504.98	6.59	2.51	0.830	0.90	0.75	121.47	52476
55	5.17	511.55	504.93	6.62	2.52	0.830	0.90	0.75	122.30	55769
73	4.49	511.53	504.90	6.63	2.52	0.830	0.90	0.75	122.58	52954
91	3.98	511.52	504.89	6.63	2.52	0.830	0.90	0.75	122.58	52954
114	3.47	511.51	504.87	6.64	2.52	0.830	0.90	0.75	122.86	67817
137	3.07	511.50	504.85	6.65	2.52	0.830	0.90	0.75	123.13	67970
160	2.73	511.50	504.83	6.67	2.33	0.840	0.91	0.76	116.59	64356
182	2.45	511.50	504.81	6.69	2.05	0.860	0.91	0.76	105.09	55489
205	2.19	511.50	504.80	6.70	1.79	0.870	0.90	0.79	92.49	51056
228	1.97	511.50	504.79	6.71	1.57	0.860	0.90	0.77	79.84	44070
251	1.76	511.50	504.78	6.72	1.36	0.850	0.89	0.76	67.84	37448
274	1.56	511.50	504.77	6.73	1.16	0.843	0.88	0.74	57.01	31469
292	1.41	511.50	504.76	6.74	1.01	0.835	0.84	0.70	46.71	20177
310	1.25	511.50	504.75	6.75	0.85	0.821	0.81	0.66	37.41	16159
329	1.08	511.50	504.75	6.75	0.68	0.806	0.77	0.62	28.06	12797
347	0.88	511.50	504.75	6.75	0.48	0.751	0.64	0.48	15.21	6572
356	0.74	511.50	504.75	6.75	0.34	0.702	0.46	0.32	7.19	1553
362	0.62	511.50	504.75	6.75	0.22	0.544	0.00	0.00	0.00	0
365	0.48	511.50	504.75	6.75	0.08	0.000	0.00	0.00	0.00	0