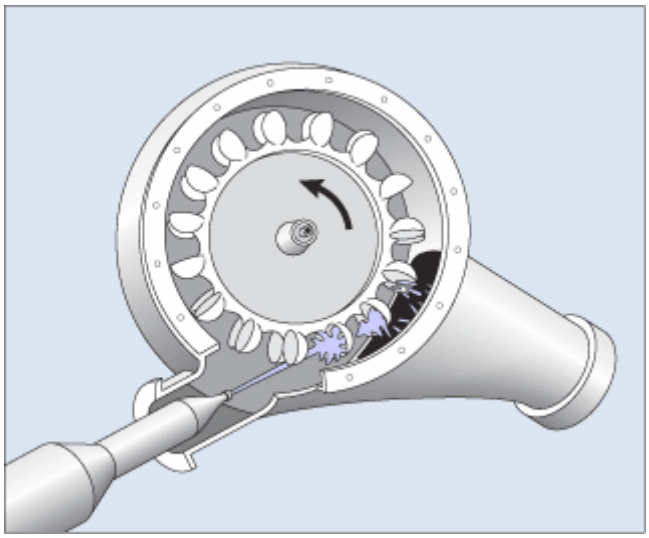
Trinkwasserkraftwerk Oberstocken

Grobanalyse



18. März 2006

Volker Dölitzsch
EL. Ing HTL
Weiergrabenweg 36b
3612 Steffisburg

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ausgangslage 3
2. Projektierter Ausbau für Energienutzung 4
2.1 Ausgleichsbecken und Druckleitung 4
2.2 Stromversorgung Ausgleichsbecken 4
2.3 Situation 5
2.4 Situationsplan 6
3. Auslegung Kraftwerk 7
3.1 Nenndaten 7
3.1.1 Druckverlust 7
3.1.2 Quellschüttungen (Basis 2004 / 2005) 8
3.2 Bypass und Verwurfsklappe 9
3.3 Turbine und Regelung 9
3.4 Anschluss an das BKW Netz 9
3.5. Turbinenhaus 10
4. Wirtschaftlichkeitsrechnung 11
5. Variante 13
6. Zusammenfassung 14

1. Ausgangslage

Die Nutzung von Quellwasser für die Produktion von Elektrizität ist ökologisch gesehen eine der umweltverträglichsten Energieerzeugungen. Der Gemeindeverband Blattenheid verfügt über verschiedene Quellfassungen. Die Quellen der Blattenheid werden schon seit 1918 für die Produktion von elektrischer Energie im Kraftwerk Blumenstein genutzt. Die Quellen in der Baach – Region wurden jedoch bisher noch nicht für die Erzeugung elektrischer Energie genutzt.

Das Reservoir Oberstocken muss voraussichtlich im Jahre 2007 saniert werden. Der Quelleinlauf soll mit einer Trübungsüberwachung und Verwurfsmöglichkeit versehen werden. Das grösste Problem, dass es zu beheben gilt, ist die Luftproblematik in der Quellleitung.

Von den einzelnen Quellen her führt eine Freispiegelleitung über 2 Druckbrecher zum Reservoir Oberstocken.

Von dem Druckbrecherschacht her wird Luft mitgerissen, was die Genauigkeit der Wassermessung und die Funktion der UV-Desinfektionsanlage beeinträchtigt.

Aufgrund der Höhenverhältnisse und der Wassermenge besteht die Möglichkeit einer Turbinierung des Quellwassers zur Stromerzeugung. Deshalb ist eine Machbarkeitsstudie notwendig, welche dann eine Grundlage zu einem Projekt zur Sanierung des Reservoirs Oberstocken bietet.

Im Jahre 1999 wurde bereits ein Vorprojekt über das Trinkwasserkraftwerk in Oberstocken von Walter Häusler erstellt, welche die Grundlage für diese Grobanalyse ist (Anhang 1). Es gilt die Resultate des Vorprojektes zu überprüfen und auf die heutigen Erkenntnisse und Bedürfnisse hin zu erweitern und auf die Wirtschaftlichkeit hin zu überprüfen.

Die Anlagen befinden sich alle im Besitz der Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid. Bei einer Umsetzung des Projekts würde die WGB auch die Trägerschaft der Anlage übernehmen.

Bild oben: Reservoir Oberstocken

2. Projektierter Ausbau für Energienutzung

2.1 Ausgleichsbecken und Druckleitung

Die bestehende, 1935 erstellte Freispiegelleitung (DN 100) und die Druckbrecher müssen aufgehoben und durch eine Druckleitung ersetzt werden. Dazu soll im Bereich des heutigen oberen Druckbrechers ein kleines Ausgleichsbecken (2x15m3) erstellt werden. Die neue Druckleitung (DN 200) hat eine Länge von 1040 m und einen Innendurchmesser von ca. 180 mm.

Unmittelbar vor dem Reservoir Oberstocken soll ein Machinenhaus für eine Peltonturbine und Steuerung erstellt werden. Im heutigen Reservoir ist kein Platz für die Aufstellung einer Turbine.

Die erzeugte elektrische Energie soll dann ins Versorgungsnetz der BKW eingespiesen werden.

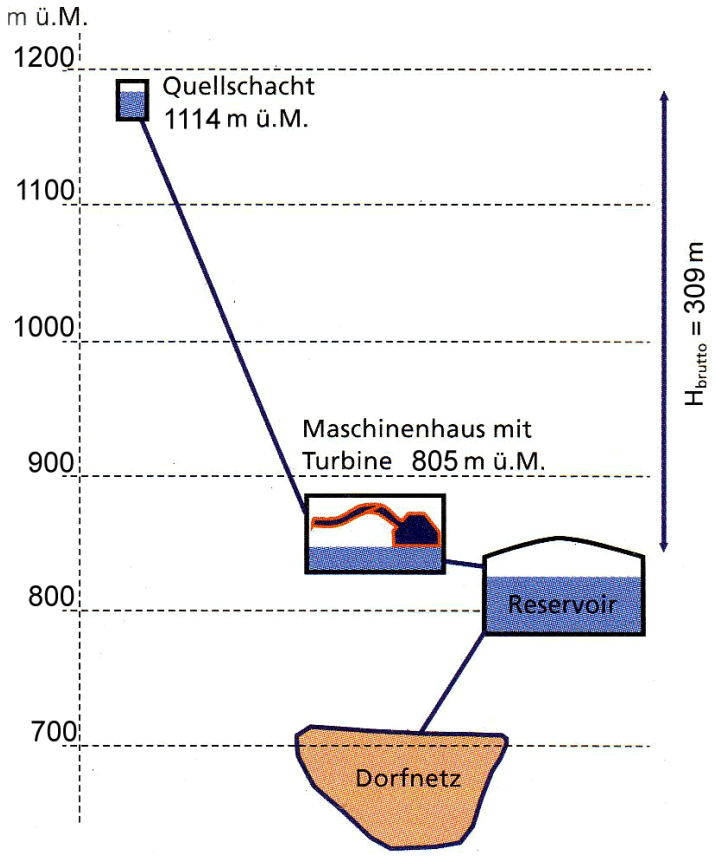
2.2 Stromversorgung Ausgleichsbecken

Das Reservoir ist am öffentlichen Strom – Versorgungsnetz sowie am WGB Prozessleitsystem angeschlossen. Das bestehende Kabel zwischen Reservoir und BKW Netz muss mit einem Kabel XKT 3x150/150mm2 (Länge 975m) verstärkt werden.

Für die Signalübertragung (Glasfaser - Fernwirkkabel) und Stromversorgung des Ausgleichsbeckens ist ein Kabelschutzrohr (PE Rohr 80/92mm) zu verlegen.

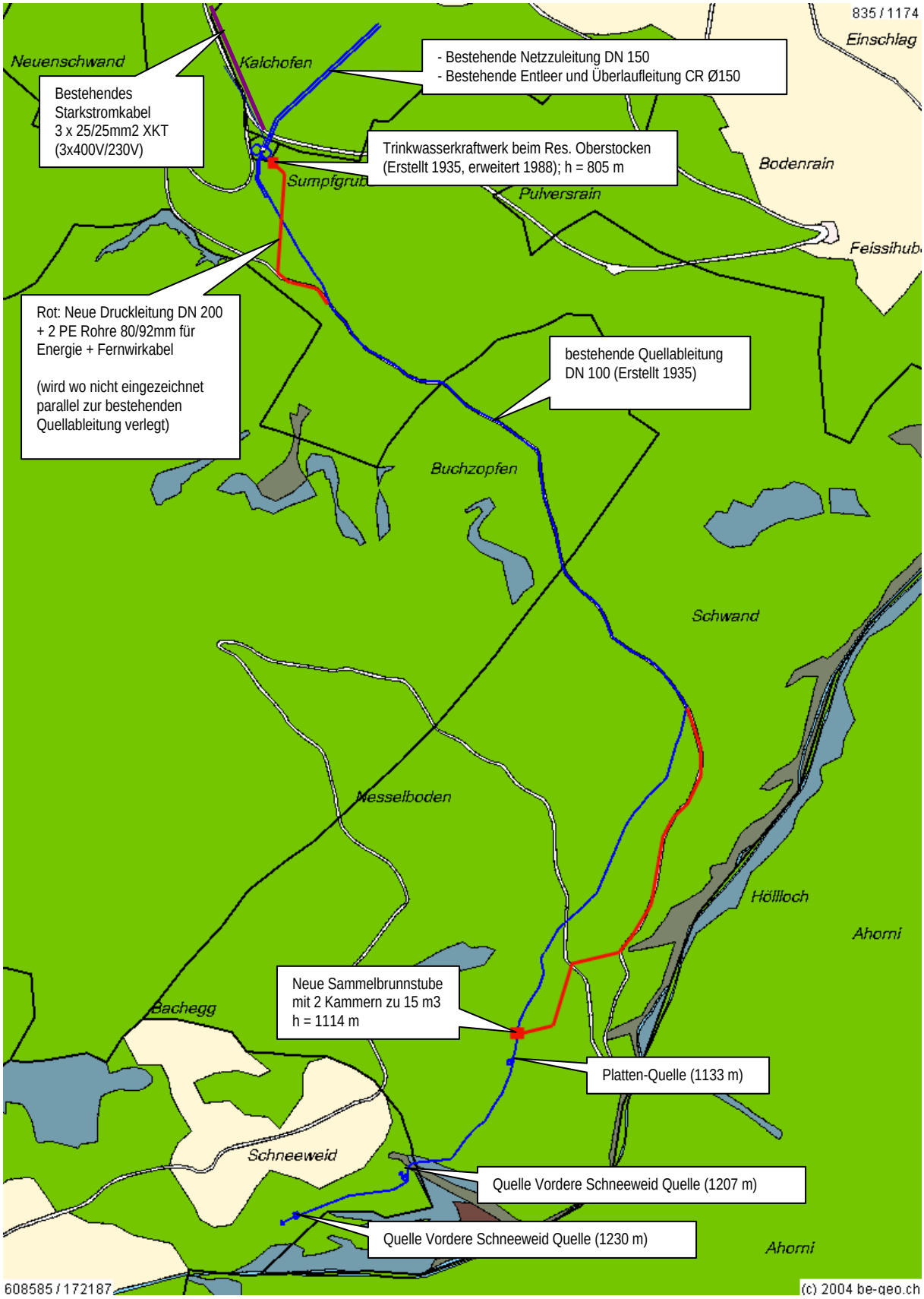
2.3 Situation

- Die Baach - Quellen befinden sich auf einer Höhe von 1400 bis ca 1135 m ü.M.
- Das Reservoir, die Quellableitung und die Quellfassungen wurden 1935 erstellt.
- Die Quellableitung (DN100) hat eine Länge von ca. 1020m vom oberen Druckbrecher (1114 m ü.M.) bis zum Reservoir (805 m ü.M.).
- Die Druckbrecher haben ein Nutzvolumen von ca 1.5m3.



Der Zulauf der Quellen des Baachgebietes soll zur Produktion von elektrischer Energie genutzt werden. Dazu wird eine Peltonturbine vor dem Reservoireinlauf platziert. Die Turbine erfüllt damit zwei Aufgaben: Druckabbau und Produktion von elektrischer Energie.

2.4 Situationsplan



Daten: gemäss Vorprojekt von 1999

3. Auslegung Kraftwerk

Bei der Planung des Kraftwerkes ist zu beachten, dass die Trinkwasserversorgung in jedem Falle die höchste Priorität besitzt.

3.1 Nenndaten

3.1.1 Druckverlust

Der Druckverlust wird gemäss der Formel auf

http://www.druckverlust.de/

berechnet.:

Fördermedium:	Wasser 20 °C / flüssig
Volumenstrom:	1780 l/min
Dichte:	998,206 kg/m³
Dynamische Viskosität:	1001,61 10-6 kg/ms
Rohrleitungselement:	Kreisrohr
Elementabmessungen:	Rohrdurchmesser D: 180 mm
	Rohrlänge L: 1020 m
Strömungsgeschwindigkeit:	1,17 m/s
Reynolds-Zahl:	209136
Strömungsgeschw.2:	-
Reynolds-Zahl 2:	-
Strömungsform:	turbulent
Rohrrauhigkeit:	0 mm
Rohrreibungszahl:	0,02
Zeta-Wert:	87,84
Zeta-Wert abzw.Rohr:	-
Druckv. abzw.Rohr:	-
Druckverlust:	595,87 mbar
	0,6 bar entspricht appr. 6m

Bruttofallhöhe

Oberer Druckbrecher:	1114 m
Turbinenhaus:	807 m
Höhenunterschied brutto	307 m

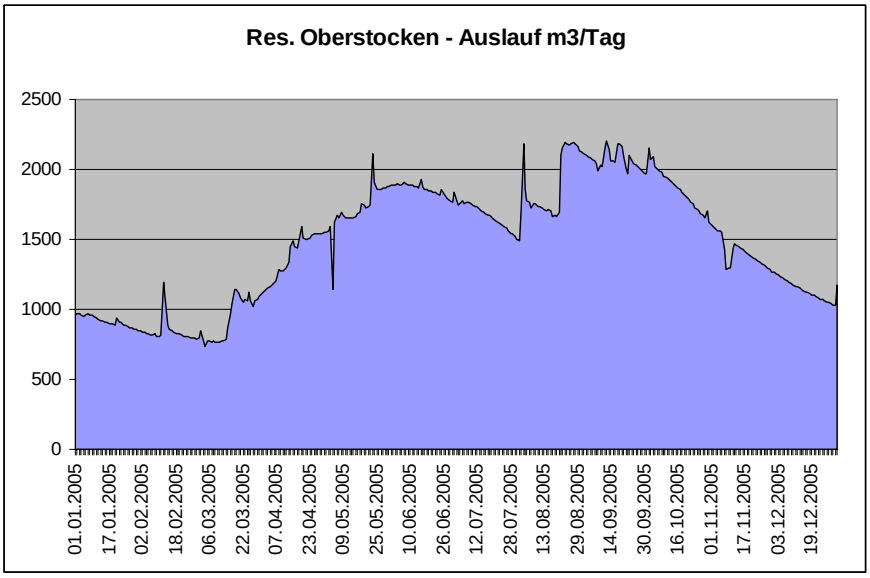
Nettofallhöhe

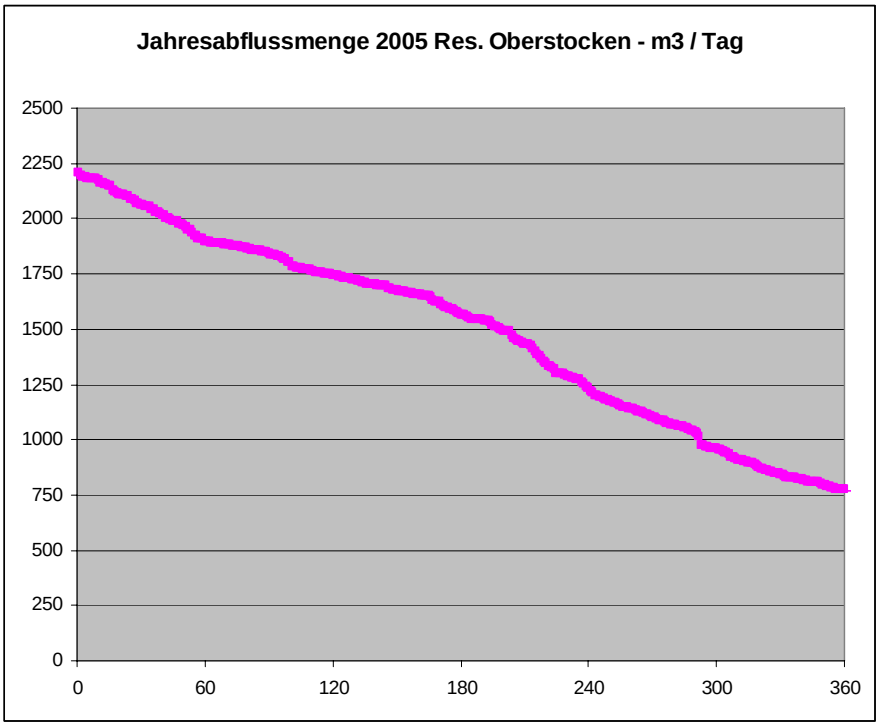
Die Nettofallhöhe berechnet sich aus der Bruttofallhöhe minus dem Druckverlust:

Nettofallhöhe = 307m – 6m = 301 m

3.1.2 Quellschüttungen (Basis 2004 / 2005)

Quellzulauf min 2005	530 l/min	bzw.	8 l/s
Quellzulauf max 2005	1780 l/min	bzw.	29.6 l/s
Q 2005 / Tag (mittel)	1477 m3 / Jahr		
Q 2005 / Tag (mittel)	1026 l/min	bzw.	17.1 l/s
Q 2004 / Tag (mittel)	1520 m3 / Jahr		
Q 2004 / Tag (mittel)	1055 l/min	bzw.	17.6 l/s





Zur Ermittlung der statistischen Werte wurde der Reservoir Auslauf genommen, da beim Einlauf die Messung infolge der Luftproblematik ungenau ist.

3.2 Bypass und Verwurfsklappe

Parallel zur Turbine ist ein Bypass mit Energievernichter vorzusehen (Ansteuerung autom. und von Hand). Vor dem Bypass Abschlussorgan ist ein Revisionsschieber mit Handrad vorzusehen. Die Ansteuerung des Abschlussorgans erfolgt mit Druckwasser (Servoantrieb). Nach der Turbine / Bypass ist die UV Reinigungsanlage, anschliessend die Verwurfsklappe zu platzieren.

3.3 Turbine und Regelung

Turbinenauslegung TWKW Oberstocken

Bruttogefälle	h	m	307
Mittlere Durchflussmenge Turbine	Q	l/min	1'030
min Durchflussmenge Turbine	Q	l/min	530
max Durchflussmenge Turbine	Q	l/min	1'780
Druckverlust	hverl	m	6
Nettogefälle	hnetto	m	301
max. Leistung P = eta(Turb+Gen(=0.725)) x Q x hnetto	Pmax	kW	64.7
Durchschnittliche, erwartete Leistung	P	kW	37.5
Energie pro Jahr (P x 8760 h)	E	kWh	328'167

Die Nenndaten sind vom Turbinenhersteller zu überprüfen.
In Betracht kommt eine horizontale, 1 – Düsige Peltonturbine mit dem Laufrad auf der Generatorwelle liegend. Das Laufrad, Turbinengehäuse, Strahlablenker, Düse und Mundstück muss aus rostfreiem Stahl gefertigt sein.

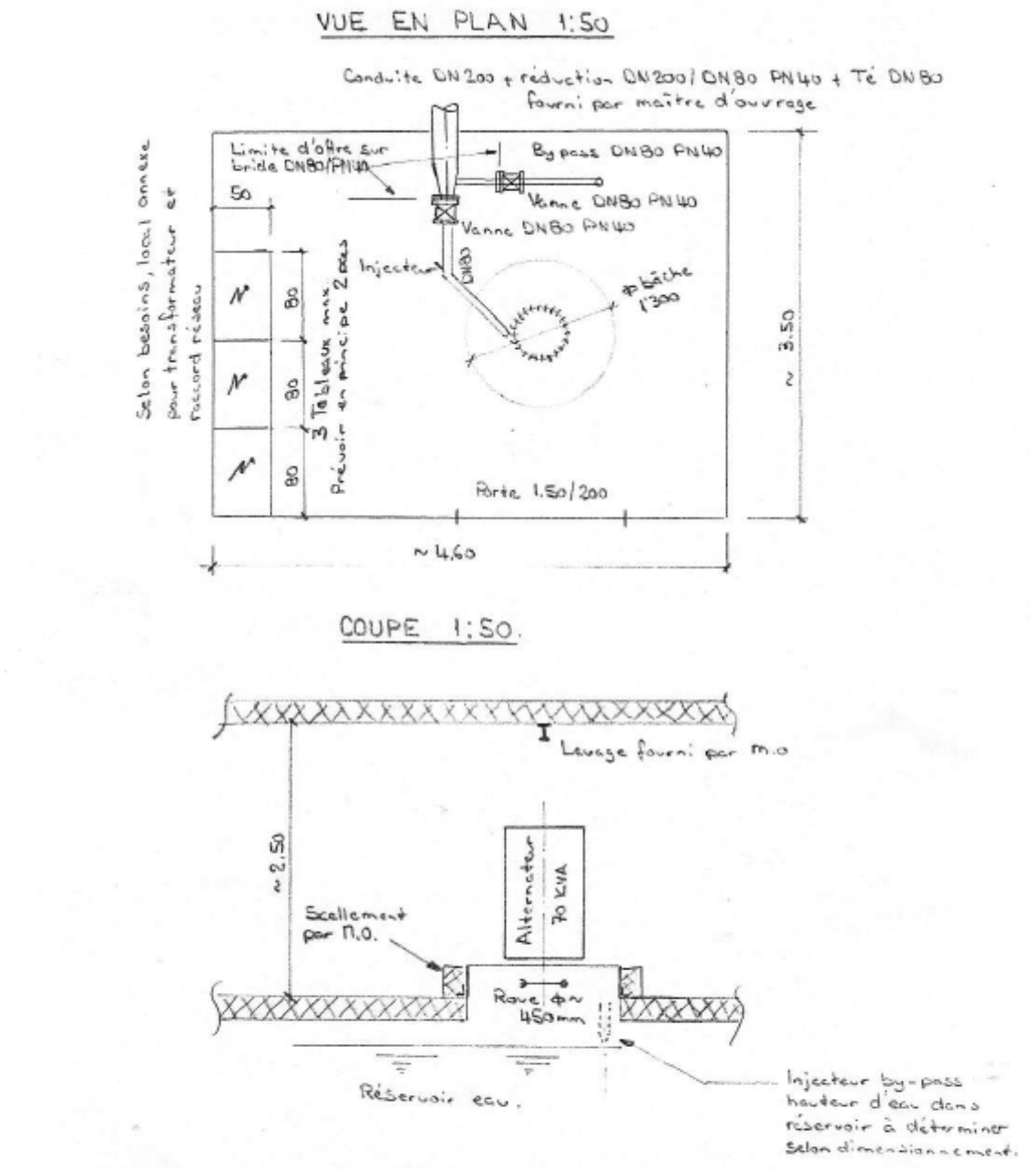
Die Turbinenregelung muss folgende Anforderungen erfüllen:
- Automatisches Anfahren und Synchronisieren
- Regelung nach konstantem Wasserstand im Ausgleichsbecken
- Möglichkeit der manuelle Laststeuerung
- Automatisches Zurückfahren und Trennen vom Netz
- Möglichkeit des manuellen Anfahrens, Parallelschaltens, Belastens sowie Entlastens, sowie der manuellen Netztrennung und Abschaltung
- Für die Düsen und Ablenkerverstellung sind 2 Ansteuerungsarten zur prüfen: Hydraulisch oder mit el. Motoren

3.4 Anschluss an das BKW Netz

Der bestehende Stromanschluss ist ein 1000m langes Kabel (400V/230V, 3x25/25mm2 XKT – Cu) zur Trafostation Dörfli in Oberstocken.

3.5. Turbinenhaus

Die Firma Bertholet und Matthis hat im Rahmen des Vorprojekts folgende Skizze für ein Turbinenhaus entworfen. Im Anhang 3 ist ein ähnlicher Entwurf von VA Tech.



COMMUNE OBERSTOCKEN MICRO-CENTRALE 60 KW		Chef de projet: Pierre-Alain Galé , Ing. ETS p.a. Bertholet+Mathis S.A. Tél. prof. 021 / 646'06'56
VUE EN PLAN ET COUPE , PLAN DE PRINCIPE	Echelle : 1:50 Dessin : GA	Date : 13.03.00	Plan N° : 1 Contrôle : GA
RTHOLET+MATHIS S.A. / Partenaire GASA S.A. Av du Grey 84 1018 LAUSANNE Tél. (021/ 646'06'56) Fax. (021/ 647'15'84)		

4. Wirtschaftlichkeitsrechnung

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit muss beachtet werden, dass die bestehende Quellableitung bereits 70-jährig ist und in den nächsten Jahren saniert werden muss. Deshalb sind die Kosten nicht dem geplanten Kraftwerk zu belasten.

Für die mechanischen Komponenten wurde mit einer Abschreibungsdauer von 50 Jahren gerechnet, für die elektrischen Anlagen mit einer Abschreibungsdauer von 25 Jahren. Der Zinssatz wurde mit 3% angenommen.

Auf den folgenden Seiten sind die Berechnungen im Detail ausgeführt.
Die Kostenschätzung basiert z.T auf dem Vorprojekt von 1990 und hat eine Genauigkeit beträgt ca. 20%. Die Lebensdauer entspricht den Richtlinien des Bundesamtes für Energie.

Bei einer Realisation des Projekts muss zudem beim Amt für Umweltkoordination und Energie (AUE) ein Beitragsgesuch eingereicht werden. Bei einer finanziellen Beteiligung des Kantons fällt die Wirtschaftlichkeitsrechnung entsprechend positiver aus. Gemäss Auskunft des o. g. Amtes würde aber heute dieses Projekt nicht unterstützt. Die Situation muss aber bei einer Realisierung neu abgeklärt werden.

Das Quellgebiet befindet sich in z.T. schwer zugänglichem Gebiet (schlechte Strasse, steiles Bergsturzgebiet), weshalb die Kosten für den Bau des Ausgleichsbeckens und die Druckleitung höher als bei vergleichbaren Projekten ausfallen.

Investitionen

Anlageteil	Kosten-schätzung Fr.	Lebens-dauer Jahre	Erneuerungs-rate	Amorti-sation Fr./J
Ausgleichsreservoir	110'500	50	2%	2'210
Stromversorgung Ausgleichsreservoir	23'865	25	4%	955
Fernwirkverb. Ausgleichsres.	18'040	50	4%	722
BKW Anschluss	44'325		0%	0
Kraftwerk	283'000	25	4%	11'320
Grundlagen/Geometer	30'000	50	2%	600
Konzession / Bewilligung	23'520	50	2%	470
Engineering, Bauleitung	135'000	50	2%	2'700
Reserve	69'030	50	2%	1'381
Mehrwertsteuer 7.6%	92'720	50	2%	1'854
Mehrkosten Variante 2	120'000	50	2%	2'400
Total	**950'000**			**24'612**

Betriebskosten

Amortisation	Fr.	24'612
Verzinsung Kapital (3 % Zins des 1/2 Kapitals)	Fr.	13'455
Betrieb, Unterhalt, Verwaltung (pauschal)	Fr.	5'000
Versicherungen	Fr.	2'000
Steuern, Wasserzins	Fr.	0
Total	**Fr.**	**45'862**

Gestehungskosten

Gestehungskosten = Betriebskosten / Produzierte Energie	Rp/kWh	**13.98**

(Erfahrungswerte 8…12 Rp/kWh)

Gewinn p.a.

Betriebskosten pro Jahr	Fr.	45'862
Mittlere Leistung	kW	37.5
Jährliche Produktion	kWh	328'167
Gestehungspreis	Rp/kWh	13.98
Entschädigung heute	Rp/kWh	15
Gewinn pro kWh	Rp/kWh	1.02
Jährlicher Gewinn	**Fr./a**	**3'363**

Speziefische Investitionskosten	**Fr./kW**	**25'359**

5. Variante

Es besteht die Möglichkeit, ohne den Neubau der Druckleitung eine Turbine vor dem Reservoir Oberstocken zu installieren. Dazu könnte man die bestehende Druckleitung DN100 vom unteren Druckbrecher ins Reservoir als Druckleitung „umfunktionieren“. Dabei muss zuerst geprüft werden, ob die bestehende Leitung eine Schubsicherung hat, ansonsten besteht die Gefahr eines Rohrbruches wegen dem erhöhten Druck.

Der Höhenunterschied beträgt ca. 181m, die Leitungslänge beträgt 687m, die Quellschüttung kann von 3.1.2 übernommen werden. Daraus ergeben sich folgende Eckdaten:

Druckverlust:

Fördermedium:	Wasser 20 °C / flüssig
Volumenstrom:	1780 l/min
Dichte:	998,206 kg/m³
Dynamische Viskosität:	1001,61 10-6 kg/ms
Rohrleitungselement:	Kreisrohr
Elementabmessungen:	Rohrdurchmesser D: 100 mm
	Rohrlänge L: 687 m
Strömungsgeschwindigkeit:	3,78 m/s
Reynolds-Zahl:	376444
Strömungsform:	turbulent
Rohrrauhigkeit:	0 mm
Rohrreibungszahl:	0,01
Zeta-Wert:	95,22
Druckverlust:	6,78 bar

Bruttogefälle	h	m	181
Mittlere Durchflussmenge Turbine	Q	l/min	1'030
min Durchflussmenge Turbine	Q	l/min	530
max Durchflussmenge Turbine	Q	l/min	1'780
Nettogefälle	hnetto	m	113
max. Leistung P = eta(Turb+Gen(=0.725)) x Q x hnetto	Pmax	kW	24.3
Durchschnittliche, erwartete Leistung	P	kW	14.1
Energie pro Jahr (P x 8760 h)	E	kWh	123'199

Bei der maximalen Quellschüttung beträgt der Druckverlust über 60%, was eine Turbinierung verunmöglicht. Eine Turbine in dieser Grösse würde zwischen 60'000 und 100'000 Fr. kosten und würde sich nur wirtschaftlich erweisen, wenn man diese über eine lange Zeit betreiben würde. Mit dem anstehenden Neubau der Druckleitung kann man die Turbine jedoch nur über weinige Jahre abschreiben, was den Betrieb unwirtschaftlich gestaltet. Aus diesen Gründen ist von dieser Variante abzusehen.

6. Zusammenfassung

Die Grobanalyse hat gezeigt, dass bei einer Nutzung der Wasserkraft im Res. Oberstocken

- eine durchschnittliche el. Leistung von **37.5 kW** erzeugt werden kann
- jährlich **330'000 kWh** el. Energie produziert werden kann
- der Gestehungspreis **14 Rp/kWh** beträgt
- die spezifischen Investitionskosten **25’359 Fr/kW** betragen
- mit einem jährlichen Gewinn von **Fr. 3360.-** gerechnet werden kann

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung hat gezeigt, dass das Projekt mittelfristig kostendeckend ist und einen jährlichen Gewinn erwirtschaftet.

Eine Umsetzung des Projektes ist aber von der Sanierung der bestehenden Quellableitung abhängig und sollte aus vorteilhaft zeitgleich geschehen. Für den Bau des Kraftwerks und die Erstellung der Druckleitung muss von der Planung bis zur Inbetriebnahme mit einer Bauzeit von acht bis zwölf Monaten gerechnet werden.

Da die WGB bereits ein Kraftwerk in Blumenstein betreibt, ist zudem das Personal und das „know-how“ zum betreiben der Anlage bereits vorhanden.

Die Energie aus Wasserkraft ist regenerierbar, CO2-frei und eine einheimische Resource. Das verbleibende und beschränkte Ausbaupotenzial der Wasserkraft verdient deshalb grösster Beachtung und optimale Rahmenbedingungen. Mit dem Bau des Trinkwasserkraftwerks in Oberstocken kann ökologisch hochwertige, erneuerbare Energie produziert werden und somit ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden.

Steffisburg, 24. März 2006

Volker Dölitzsch