Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

Forces Motrices de la Gougra SA

MINI-HYDRAULIQUE DANS LE VAL DE TOURTEMAGNE

Projet Tourtemagne

Etude de variantes et avant-projet

Auteurs:

BINA SA - AFColenco AG

p.a. BINA SA

3946 Tourtemagne

Tél. 027 933 98 98 Fax : 027 933 98 99 E-mail : info@binasa.ch

Date: 22.09.08

Soutenu par l'Office fédéral de l'énergie OFEN

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen
Adresse postale: CH-3003 Berne
Tél. +41 31 322 56 11, fax +41 31 323 25 00
www.bfe.admin.ch

Responsable OFEN: bruno.guggisberg@bfe.admin.ch

Numéro de projet: 102342

Numéro de la décision : 152951 du 15.10.2007

Le ou la mandataire de l'étude est seul(e) responsable de son contenu.

Résumé

Les bureaux Colenco et Bina ont étudié plusieurs projets dans la vallée de Tourtemagne. Il s'agit des avant-projets de Brändji et de Pipji en rive droite et d'études préliminaires sur la rive gauche.

Les rapports d'avant-projets, comprenant les notices d'impact, ont été envoyés pour avis au service cantonal des forces hydrauliques et à la commune de Tourtemagne.

Le projet Brändji d'une puissance de 400kV et d'un débit d'équipement de 350 l/s fournira 975MWh. Celui de Pipji, d'une puissance de 680kW, 325l/s fournira 1640 MWh.

Le 16.09.07, Swissgrid a accepté ces deux projets pour une rétribution à prix coûtant du courant injecté (Brändji, No 9103 + Pipji, No 9095).

Les études préliminaires devront encore faire l'objet d'une réflexion approfondie.

Voir rapport complet.

Forces Motrices de la Gougra SA

Kleinwasserkraft im Turtmanntal

Variantenstudie und Vorprojekt

August 2008

Inhaltsverzeichnis

Seite

0 Einleitung 9
Teil A: Variantenstudie 9
1 Grundlagen 9
2 Projektübersicht, Aufgabenstellung und Vorgehensweise 10
2.1 Übersicht 10
2.2 Aufgabenstellung 12
2.3 Vorgehensweise und Auswahlkriterien 12
3 Identifikation der Ausbauvarianten 12
3.1 Rechte Talseite – Zuleitung Brändjibach 12
3.1.1 Übersicht 12
3.1.2 Standortwahl 13
3.1.3 Kombinationsmöglichkeiten mit Pipjibach und linker Talseite 13
3.1.4 Varianten rechte Talseite 14
3.2 Linke Talseite – Zuleitung Bluomatt 15
3.2.1 Übersicht 15
3.2.2 Standortwahl 15
3.2.3 Varianten linke Talseite 15
4 Kraftwerk R1: Brändjibach (inkl. Nebenbach) 15
4.1 Wasserdargebot 15
4.1.1 Beurteilung der Schätzungen IDEALP 15
4.1.2 Dauerabflusskurve, Restwasserdotierungen und Ausbauwassermenge 15
4.2 Kraftwerksanordnung 15
4.3 Technische Daten und Energieproduktion 15
4.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
4.4.1 Kostenschätzung 15
4.4.2 Betriebs- und Unterhaltskosten 15
4.4.3 Parameter der Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
4.4.4 Gestehungskosten 15
5 Kraftwerk R2: Pipjibach 15
5.1 Wasserdargebot 15
5.2 Kraftwerksanordnung 15
5.3 Technische Ausgestaltung 15
5.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
6 Kraftwerk R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert 15

6.1 Wasserdargebot 15
6.2 Kraftwerksanordnung 15
6.3 Technische Ausgestaltung 15
6.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
7 Kraftwerk L1: Frilibach (Bluomatt-Zuleitung) 15
7.1 Wasserdargebot 15
7.2 Kraftwerksanordnung 15
7.3 Technische Ausgestaltung 15
7.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
8 Kraftwerk L2: Meidbach 15
8.1 Wasserdargebot 15
8.2 Kraftwerksanordnung 15
8.3 Technische Ausgestaltung 15
8.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
9 Kraftwerk L3: Frilibach und Meidbach kombiniert 15
9.1 Wasserdargebot 15
9.2 Kraftwerksanordnung 15
9.3 Technische Ausgestaltung 15
9.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
10 Variantenvergleich und Wahl der Bestvarianten 15
10.1 Zusammenstellung 15
10.2 Marktchancen und Wahl der Bestvariante 15
11 Zusätzliche Varianten 15
11.1 Variante L3^{bis} und L3^{tierce}: Überleitung Meidbach und Blüomattbach in die Stauanlage Turtmann 15
11.2 Variante Bruneggbach: Vorstudie 15
11.3 Variante GRB - AGB: Vorstudie für die Nutzung des Gefälles zwischen dem Geschieberückhaltebecken und der Stauanlage Turtmann 15
12 Umweltaspekte der identifizierten Varianten 15
12.1 Installation soumises à l'EIE 15
12.2 Matrice concernant les impacts probables des variantes sur l'environnement 15
12.3 Discussion 15
13 Empfehlung 15

Teil B: Vorprojekt 15
14 Standort R1: Kraftwerk Brändjibach 15
14.1 Auslegung der Anlage 15
14.1.1 Übersicht 15
14.1.2 Oberwasserbecken und Sandfang 15

14.1.3 Druckleitung 15
14.1.4 Maschinenhaus und elektro-mechanische Ausrüstung 15
14.2 Grundeigentümer und Durchleitungsrechte 15
14.3 Energieproduktion 15
14.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
15 Standort R2: Kraftwerk Pipjibach 15
15.1 Anordnung und Auslegung der Anlage 15
15.1.1 Übersicht 15
15.1.2 Wasserfassung 15
15.1.3 Druckleitung und Wasserschloss 15
15.1.4 Maschinenhaus und elektromechanische Ausrüstung 15
15.2 Grundeigentümer und Durchleitungsrechte 15
15.3 Energieproduktion 15
15.4 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse 15
16 Terminprogramm 15
17 Schlussfolgerung und Empfehlung 15

Beilagen

Beilage 1: Standort R1, Brändjibach: Situationsplan

Beilage 2: Standort R1, Brändjibach: Sandfang und Oberwasserbecken

Beilage 3: Standort R1, Brändjibach: Längenprofil

Beilage 4: Standort R1, Brändjibach: Normalprofile Druckleitung

Beilage 5: Standort R1, Brändjibach: Maschinenhaus

Beilage 6: Standort R2, Pipjibach: Situationsplan

Beilage 7: Standort R2, Pipjibach: Wasserfassung und Sandfang

Beilage 8: Standort R2, Pipjibach: Längenprofil

Beilage 9: Standort R2, Pipjibach: Normalprofile Druckleitung

Beilage 10: Standort R2, Pipjibach: Maschinenhaus

Beilage 11: Kostenschätzung Standort R1, Brändjibach

Beilage 12: Gestehungskosten Standort R1, Brändjibach

Beilage 13: Kostenschätzung Standort R2, Pipjibach

Beilage 14: Gestehungskosten Standort R2, Pipjibach

Beilage 15: Geologische Verhältnisse entlang einer Hangleitungstrasse für die Varianten L3^{bis} und L3^{tierce}

Beilage 16: Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsrechnungen zu Varianten L3^{bis} und L3^{tierce}

Beilage 17: Vorstudie Kraftwerk Bruneggbach

Beilage 18: Vorstudie Kraftwerk GRB – ARG

Beilage 19: rapports préliminaires concernant la notice d'impact sur l'environnement pour les variantes R1, R2, L2 et L2 bis

Einleitung

Die Forces Motrices de la Gougra SA (FMG SA) nutzen seit den 1960er Jahren die Zuflüsse des Turtmannbaches zur Stromproduktion in ihren Kraftwerken im benach-barten Eifischtal. Mit den veränderten Rahmenbedingungen in der Stromwirtschaft ist die FMG SA bestrebt, die Zuflüsse zur Stauanlage Turtmann bereits vor Ort mittels Klein-turbinen energetisch zu nutzen und allenfalls weitere Bäche in das Nutzungskonzept einzubeziehen.

Die FMG SA hat mit Schreiben vom 19. Oktober 2007 das Konsortium BINA SA – AF Colenco AG (Colenco) beauftragt, ein Vorprojekt für die Kleinwasserkraftnutzung an der Stauanlage Turtmann auszuarbeiten.

Der vorliegende Schlussbericht enthält als Teil A die Variantenstudie, die die verschiedenen Nutzungsoptionen identifiziert und beziffert, deren Wirtschaftlichkeit analysiert und zwei Bestvarianten zur Weiterbearbeitung empfiehlt. Teil B zeigt das Vorprojekt dieser ausgewählten Standorte am Brändjibach und am Pipjibach.

Teil A: Variantenstudie

Grundlagen

Die folgenden Dokumente wurden als Grundlage für die vorliegende Variantenstudie verwendet:

[1] *FMG SA:* Evaluation des potentiels hydrologique et énergétique de captages dans le val de Tourtemagne, IDEALP Sion, Octobre 2007

[2] *FMG SA:* Pläne der Fassungen, Zuleitungen und der Stauanlage Turtmann, Motor Columbus SA, 1960

[3] *FMG SA:* Prinzipschema der elektrischen Versorgung Mottec – Barneusa – Turtmanntal, Octobre 2007

[4] *FMG SA / Argessa:* Vereinbarung zwischen FMG und Argessa betreffend Ausfall der Energieproduktion infolge Ableitung von Zuflüssen des Turtmannbaches ins Eifischtal , Mai 2002

[5] *Schleiss, Boillat, et al.:* Standardization and Design Rules for Civil Engineering Works of Small Hydropower Plants, EPFL, 2005

[6] *Dufour, Jean-Christophe:* Assainissement des cours d'eau en Valais / Analyse de l'hydrosystème de la Tourtemagne, ESM-Ruppen Ingénieurs SA, Monthey, Diplôme postgrade EPFL 2003

Projektübersicht, Aufgabenstellung und Vorgehensweise

ÜBERSICHT

Die Stauanlage Turtmann auf rund 2180m ü.M. besitzt ein Speichervolumen von knapp 0.78 Mio. m^3. Die vorgespannte Bogenmauer von 30m Höhe und 110m Kronenlänge wurde 1960 erstellt. Die Zuflüsse vom Turtmann-, Brunegg- und Pipjigletscher werden direkt gefasst, während drei Seitenbäche – der Brändjibach auf der rechten Talseite und der Säntum- sowie der Frilibach auf der linken Talseite – über Fallrechen und Hangleitungen in das Staubecken Turtmann geleitet werden. Die Hangleitungen führen das gefasste Wasser nicht direkt in den Stausee, sondern münden in bestehende Wasserläufe, die bis zum Seespiegel noch nutzbares Gefälle aufweisen und energetisch genutzt werden können.

Der nachfolgende Kartenausschnitt zeigt die Lage dieser Zuleitungen in der Übersicht:

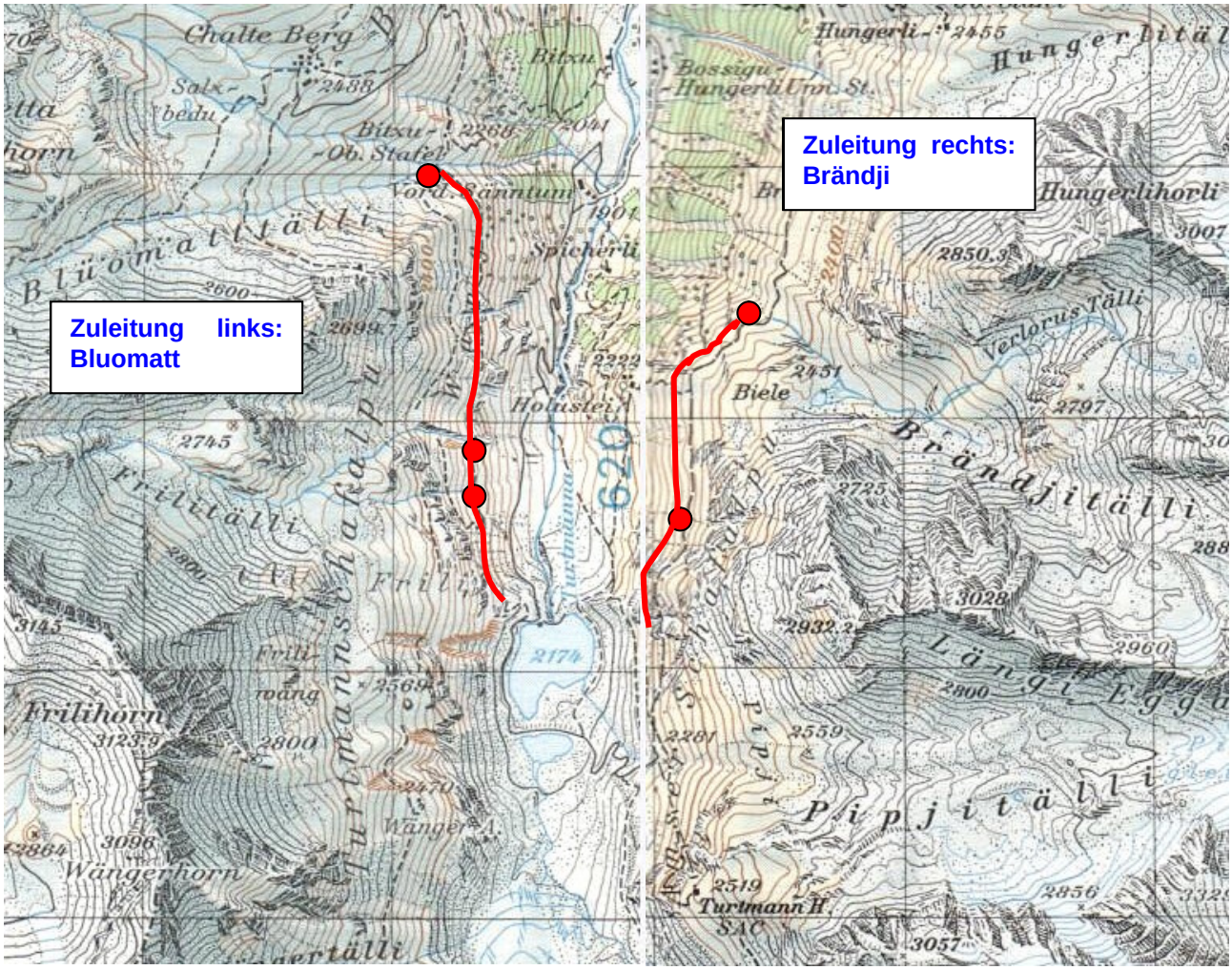

Bild 1: *Übersicht über die bestehenden Fassungen und Zuleitungen zur Stauanlage Turtmann*

Weiter unten im Turtmanntal bieten sich weitere Seitenbäche zur energetischen Nutzung an. Dies sind der Meidbach und der Bluomattbach, die an der Turtmann- resp. Meidspit-

ze entspringen. Diese Bäche sind zurzeit nicht gefasst und sind nicht Teil der Wasserrechtskonzession der FMG SA, sondern entwässern in die Turtmänna, deren Abflüsse weiter talwärts durch die Argessa genutzt werden. Werden diese Bäche im Zuge des Kleinwasserkraftausbaus in die Stauanlage Turtmann geleitet, so sind Entschädigungen an die Argessa auszurichten. Bei einer Nutzung vor Ort mit Rückgabe des Wassers in die Turtmänna entfallen solche Entschädigungen, hingegen ist eine neue Konzession für diese Nutzungen zu beantragen. Der nachfolgende Karten-ausschnitt zeigt den Meidbach und den Bluomattbach mit den möglichen Nutzungs-anordnungen.

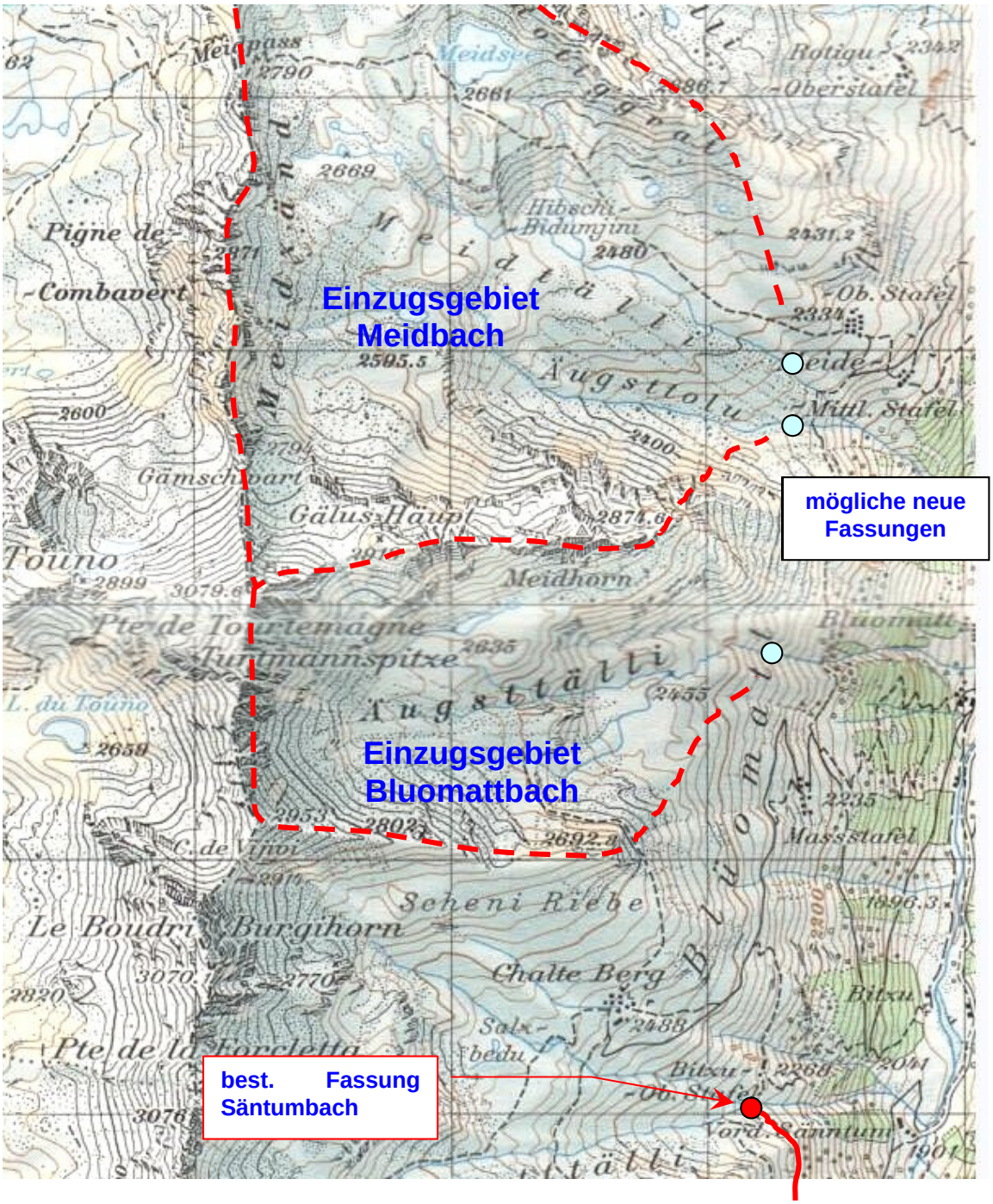

Bild 2: *Lage der zur Zeit ungenutzten Seitenbäche Meidbach und Bluomattbach im Bezug zu der bestehenden Fassung am Säntumbach.*

AUFGABENSTELLUNG

Ziel der vorliegenden Variantenstudie ist es, die technisch-wirtschaftlich attraktivste Nutzung der Bäche im oberen Turtmanntal zu identifizieren und die entsprechenden Ausbauleistungen und Jahresenergieproduktionen zu schätzen. Dabei sind nicht nur die Stromgestehungskosten der möglichen Kleinwasserkraftwerke als Vergleichsbasis heranzuziehen, sondern auch die kostendeckenden Einspeisevergütungen (kEV) gemäss der neuen Energieverordnung (EnV), die Anfang 2009 in Kraft treten wird. Für die Höhe dieser Einspeisevergütung sind nicht nur die äquivalente Leistung einer Anlage (Jahresproduktion durch Jahresstunden) sondern auch die Fallhöhen sowie der Investitionsanteil in Wasserbau und Druckleitung massgebend. Nur eine differenzierte Betrachtung ermöglicht die sichere Identifikation der besten Konzepte für die Nutzung der verbleibenden Wasserkraftpotentiale im oberen Turtmanntal.

VORGEHENSWEISE UND AUSWAHLKRITERIEN

Die topographischen Begebenheiten rund um die bestehende Stauanlage Turtmann und der bestehenden Fassungen und Zuleitungen reduzieren die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten bereits auf eine übersichtliche Anzahl Varianten. Auf der Grundlage des Wasserdargebots gemäss Ref. [1] und der verfügbaren Fallhöhe kann für jede Variante ein Wasserkraftpotential (Leistung und Jahresenergieproduktion) ermittelt werden, wobei hier bereits mögliche Entschädigungen an die Argessa für entgangene Produktion eingerechnet werden müssen. Aus der Gegenüberstellung dieser Produktionsdaten können einzelne Varianten bereits als unattraktiv eliminiert werden.

Als Vergleichswerte werden die Ertragsüberschüsse herangezogen, die sich aus dem Ertrag (Jahresproduktion x Einspeisetarif) abzüglich der Annuität der Investition und dem Betriebs- und Unterhaltsaufwand berechnen lassen.

Beim Auftraggeber handelt es sich um ein Unternehmen der öffentlichen Stromversorgung. Es werden deshalb nicht jene Varianten zur Weiterbearbeitung empfohlen, die die beste Rendite zeigen, sondern diejenigen, die bei positivem Ertragsüberschuss die grösste Energieproduktion aufweisen. Damit wird gewährleistet, dass das verbleibende Wasserkraftpotential im oberen Turtmanntal unter den Aspekten der Langfristigkeit und der Versorgungssicherheit ausgebaut und nicht aufgrund kurzfristiger Gewinnmaximierung verbaut wird.

Identifikation der Ausbauvarianten

RECHTE TALSEITE – ZULEITUNG BRÄNDJIBACH

Übersicht

Die im Brändjibach und Nebenbach gefassten Abflüsse werden über eine bestehende Hangleitung DN 600 bis zum Speicherbecken Turtmann geleitet. Dabei steht vom Ende der Leitung auf Kote 2325m ü.M. bis zum maximalen Stauspiegel des Speicherbeckens auf Kote 2178m ü.M. (Hochwasserabfluss über die Entlastung) ein Bruttogefälle von 147m zur Verfügung. Gemäss Ref. [2] hat die bestehende Tirolerfassung am Brändjibach ein Fassungsvermögen von rund 600 l/s. Die Transportkapazität der nachfolgenden Hangleitung DN 600 mit einem Längsgefälle von 1.6% bis oberhalb des Speicherbeckens Turtmann ist auch auf diese Fassungskapazität abgestimmt; bei 600 l/s arbeitet die Hangleitung als Freispiegelkanal mit einer Wassertiefe von 42cm und einer Fliess-

geschwindigkeit von rund 3m/s. Der Abfluss von 600 l/s steht aber nur während wenigen Tagen im Jahr zur Verfügung. Ein Kraftwerk ohne Speicher kann jedoch nicht auf diese kurzzeitig verfügbaren Abflüsse dimensioniert werden. Gemäss Ref. [1] beträgt der maximale Monatsmittelabfluss aus den Einzugsgebieten des Brändjibaches und des Nebenbaches (E=3.6km^2) rund 450 l/s. Dieser Abfluss steht an knapp 2 Monaten pro Jahr zur Verfügung und wurde in Ref. [1] als Ausbauwassermenge einer Kleinwasserkraftanlage angenommen.

Standortwahl

Mit den Ausgangsdaten H_{brutto} = 147m und Q_A=0.45m^3/s ergibt sich als Turbinenwahl eine Pelton-Maschine, die einen Freihang erfordert und deshalb nicht mit einem Gegendruck betrieben werden kann. Die Anordnung der Turbine unter dem Betriebswasserspiegel des Stausees (z. B. im Fensterstollen der Ausleitung nach Mottec) ist dadurch nicht möglich[1]. Eine Francis-Turbine, die mit Gegendruck arbeiten könnte, ist für diese Durchfluss- und Gefällsverhältnisse als Standard-Maschine nicht verfügbar.

Die Kraftwerksanlage für die Zuflüsse des Brändjibaches muss deshalb am Stausee Turtmann über dem maximalen Betriebswasserspiegel angeordnet werden.

Kombinationsmöglichkeiten mit Pipjibach und linker Talseite

Der Pipjibach entwässert das Tal des Pipjigletschers mit einem Einzugsgebiet von ca. 3.6km^2. Die Abflüsse sind gemäss Ref. [1] identisch mit dem Wasserdargebot des Brändjibaches (inkl. Nebenbach). Da der Pipjibach direkt in den Stausee Turtmann fliesst, kann eine mögliche Wasserfassung auf derjenigen Höhenlage ins Auge gefasst werden, die eine Kombination mit dem Brändjibach erlaubt (kommunizierendes Druckleitungssystem). Die Einsparungen durch die Verwendung von nur einer Zentrale und ev. einem einzigen Maschinensatz für die gesamte rechte Talflanke muss die zusätzlichen Kosten für die längeren Triebwasserwege bei der Kombination der Anlagen Brändjibach und Pipjibach decken. Bei einer getrennten Lösung könnte die Anlage Pipjibach mit einer grösseren Fallhöhe gebaut werden, da der Fassungsstandort weiter oben im Pipjitälli angeordnet werden kann.

Die Kombination der Anlage Brändjibach mit den Zuflüssen der linken Talseite (Blüomattbach und Frilibach) ist hingegen nicht attraktiv und wird aus folgenden Gründen nicht näher untersucht:

- Die nutzbaren Fallhöhen auf der linken Talflanke betragen nur ca. 30m. Eine gleichzeitige Nutzung mit der Pelton-Maschine des Brändjibaches (Fallhöhe brutto 147m) ist damit nicht möglich.

- Die Aufstellung der Maschinen für die Nutzung der rechten und linken Stauseezuflüsse in einer einzigen Zentrale ist nicht wirtschaftlicher, da dazu bei der einen oder anderen Anlage eine zusätzliche Triebwasserlänge von mind. 240m nötig wird (+CHF 350'000.-), während die Einsparung eines Maschinenhauses nur rund CHF 330'000.- bringt. Zudem muss die Pelton-Turbine der rechten Zuleitung über dem max. Stauseespiegel aufgestellt werden, während der Maschinensatz der linken Zuleitung mit Vorteil darunter liegt.

[1] Die neu auf dem Markt erhältlichen Gegendruck-Pelton-Maschinen der Firma Blue-Water-Power aus Schafisheim sind teuer und noch nicht für grosse Leistungen im Bereich um 0.5MW erprobt. Bisher sind drei Anlagen in der Trinkwasserversorgung im Einsatz mit max. 26kW elektrischer Leistung.

- Das Überleiten des Wassers von der rechten Talseite auf die linke und eine Nutzung über dem Oberwasserbecken der linken Zuleitung (siehe Bild 3) enthält eine ungünstige Dükerleitung und ergibt im Verhältnis ein grösseres Turbinenlaufrad und damit einen teureren Maschinensatz sowie längere Triebwasserwege als bei einer individuellen Lösung. Zudem liegt die Zentrale Brändjibach in schlechter zugänglichem Gelände, was die Montage und den Unterhalt verteuert. Die anschliessende kombinierte Nutzung der Brändjibach und Frilibach-Zuflüsse ergibt wiederum eine im Verhältnis langsam drehende, grössere Turbine, so dass der Gewinn an Wirkungsgrad für die leistungsfähigere Maschine wieder zunichte gemacht wird.

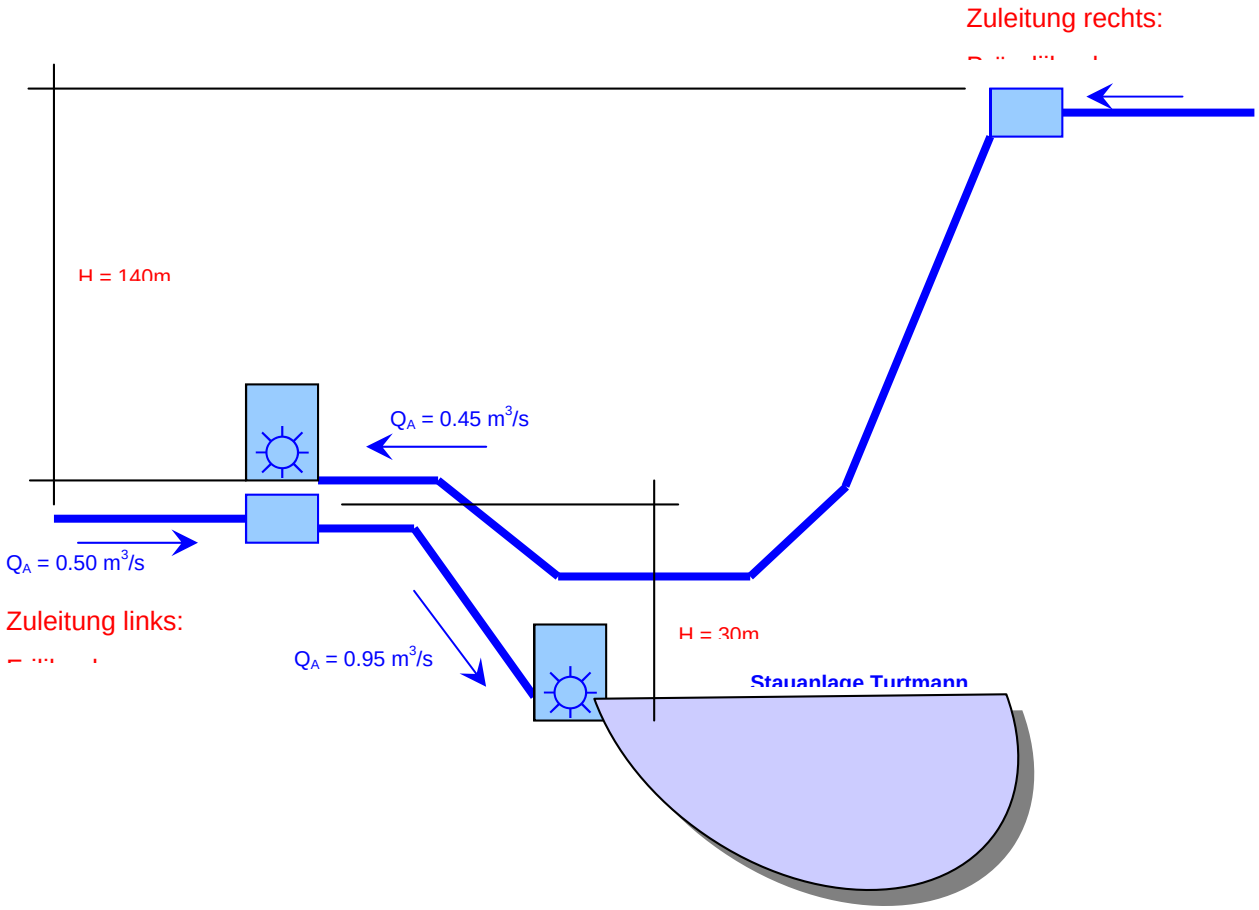

Bild 3: *Mögliche, aber verworfene Kombination der rechten und linken Zuleitung.*

Varianten rechte Talseite

Aufgrund der obigen Überlegungen lassen sich die folgenden Varianten für die Wasserkraftnutzung auf der rechten Talseite definieren:

- R1: Kraftwerk Brändjibach (inkl. Nebenbach)
- R2: Kraftwerk Pipjibach (mit oder ohne Zuleitung des Wassers vom Bruneggbach)
- R3: Zuflüsse Brändjibach und Pipjibach kombiniert in einer Anlage

LINKE TALSEITE – ZULEITUNG BLUOMATT

Übersicht

Die im Sentumbach des Bluomatttälli und im Frilibach gefassten Abflüsse (E=5.2km^2) werden über einen bestehende Stollen und eine Hangleitung DN 600 bis zum Speicherbecken Turtmann geleitet. Dabei steht vom Ende der Leitung auf Kote 2213m ü.M. bis zum maximalen Stauspiegel des Speicherbeckens auf Kote 2178m ü.M. (Hochwasserabfluss über die Entlastung) ein Bruttogefälle von 35m zur Verfügung; bis zum minimalen Betriebswasserspiegel des Stausees auf Kote 2164m ü.M. sind es 49m. Gemäss Ref. [2] beträgt die Kapazität der Sentumbach- und Frilibachfassung rund 550 l/s resp. 250 l/s, so dass insgesamt 800 l/s gefasst werden können. Die Transport-kapazität der bestehenden Hangleitung DN 600 mit einem Längsgefälle von 2% ist auf die Fassungskapazität am Sentum- und Frilibach abgestimmt; bei 800 l/s arbeitet die Hangleitung als Freispiegelkanal mit einer Wassertiefe von 43cm und einer Fliess-geschwindigkeit von rund 3.7m/s.

Der Abfluss von 800 l/s steht aber nur während wenigen Tagen im Jahr zur Verfügung. Ein Kraftwerk ohne Speicher kann jedoch nicht auf diese kurzzeitig verfügbaren Abflüsse dimensioniert werden. Gemäss Ref. [1] beträgt der maximale Monatsmittelabfluss aus den Einzugsgebieten des Sentumbaches und des Frilibaches (E=5.2km^2) rund 500 l/s. Dieser Abfluss steht an knapp 2 Monaten pro Jahr zur Verfügung und wurde in Ref. [1] als Ausbauwassermenge einer Kleinwasserkraftanlage angenommen.

Der Beginn der Hangleitung DN 600 an der Sentumbach-Fassung liegt auf Kote 2249m ü.M. Um die ungenutzten Abflüsse des Bluomatt- und Meidbaches zur Turtmannstauanlage umzuleiten und dabei energetisch zu nutzen, müssen die entsprechenden Fassungen mindestens 20m höher liegen, um die Zuflüsse gravitätisch beizuleiten. Im Falle des Meidbaches sind dazu zwei Fassungen nötig, um die verzweigten Bäche im gesamten Einzugsgebiet von 3.65km^2 bis zum Meidspitz zu erreichen.

Standortwahl

Mit den Ausgangsdaten der bestehenden Zuleitung „Bluomatt“ vom Frilibach / Sentumbach von H_{brutto} = 35m bis 49m und Q_A=0.50m^3/s ergibt sich als Turbinenwahl eine Francis-Maschine oder eine Durchströmturbine. Erstere benötigt keinen Freihang und könnte deshalb mit einem Gegendruck betrieben werden. Die Anordnung der Francis-Turbine im Fensterstollen Turtmann unter dem Betriebswasserspiegel des Stausees wird dadurch möglich; mit dieser Anordnung könnte bei tiefem Seespiegel eine bis zu 40% grössere Fallhöhe genutzt werden als mit einer Aufstellung der Turbine am Seeufer. Die Durchströmturbine braucht als Freistrahlmaschine wie die Pelton einen Freihang und kann nicht unter dem Seespiegel aufgestellt werden.

Varianten linke Talseite

Aufgrund der obigen Überlegungen lassen sich die folgenden Varianten für die Wasserkraftnutzung auf der linken Talseite definieren:

- L1: Kraftwerk Frilibach (inkl. Sentumbach)
- L2: Kraftwerk Meidbach (inkl. Bluomattbach) mit Wasserrückgabe in Turtmänna
- L3: Zuflüsse Sentumbach und Meidbach kombiniert in einer Anlage (mit Wasserrückgabe in Stauanlage Turtmann)

Kraftwerk R1: Brändjibach (inkl. Nebenbach)

WASSERDARGEBOT

Beurteilung der Schätzungen IDEALP

Die Dauerabflusskurve des Brändjibaches und des Nebenbaches bis zu den bestehenden Fassungen (E=3.6km^2) wurde in Ref. [1] aufgrund der gemessenen Abflüsse der Turtmänna an der Stauanlage etabliert. Es ergibt sich eine Abflussspende von rund 40 l/s/km^2. Der Hydrologische Atlas der Schweiz (HADES) zeigt für dieses Gebiet weit geringere Werte von zwischen 20 und 30 l/s/km^2. Verglichen mit anderen, kleinen und unbeeinflussten Einzugsgebieten in der Region (z.B. Krummbach am Simplon, Pegelmessstelle der Landeshydrologie LH 2244, mittlere Höhe des Einzugs-gebiets 2276m ü.M.) ist die Abflussspende gemäss IDEALP um mindestens 10% zu hoch.

Auch die Messungen auf der linken Zuleitung zur Stauanlage Turtmann (Zuleitung Bluomatt mit Säntumbach und Frilibach) im September 2007 und während der Feldbegehung im November 2007 zeigen, dass das Wasserdargebot in der Studie der IDEALP möglicherweise überschätzt wird.

Bild 4: Auslassbauwerk auf der linken Zuleitung (Säntumbach und Frilibach) mit auto-matischer Pegelaufzeichnung).

Während die Berechnung IDEALP für die Zuleitung Bluomatt (Bild 6) im September ein Monatsmittel von 180 l/s angibt, zeigen die Messungen vom September 2007 nur einen mittleren Abfluss von ca. 70 l/s, d.h. nur ca. 40% der IDEALP Schätzung (siehe Bild 5). Der Niederschlag im September 2007 war etwas geringer als das langjährige Mittel für diesen Monat, aber nicht in diesem ausgeprägten Verhältnis.

Das gleiche Bild ergibt sich beim Vergleich der Monatsmittelabflüsse im November. Während der Feldbegehung am 12. November 2007 flossen noch ca. 40 l/s (siehe Bild 4), während gemäss IDEALP ein Monatsmittelabfluss im November von rund 100 l/s zur Verfügung stehen müsste. Bei diesem Vergleich ist jedoch der frühe Wintereinbruch im 2007 zu berücksichtigen, der die Abflüsse noch zusätzlich reduzierte.

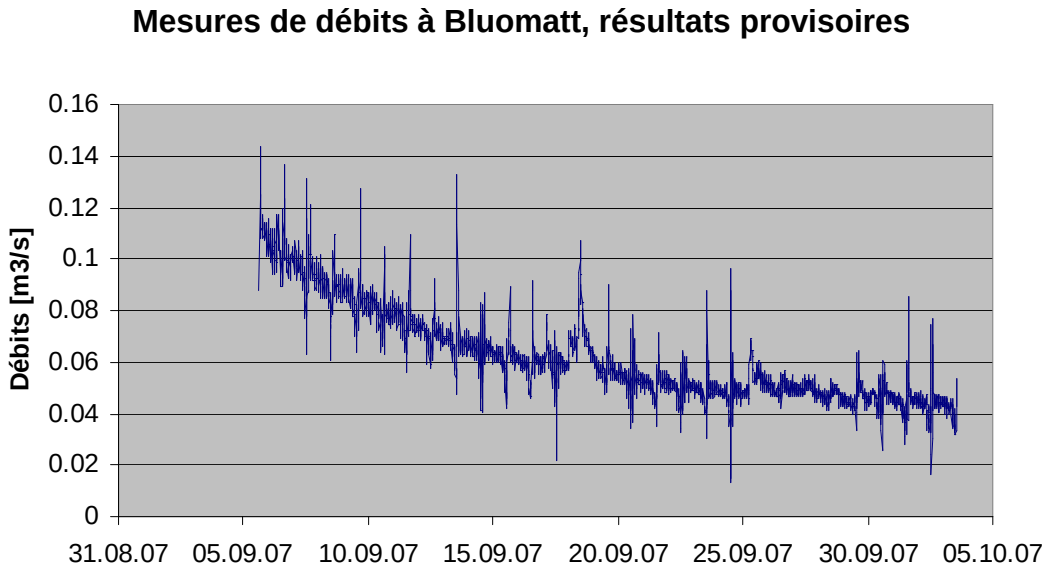

Bild 5: *Provisorische Resultate der Abflussmessungen an der Bluomatt-Zuleitung (Säntumbach und Frilibach) im September 2007.*

Aufgrund dieser Einschätzung wird die Jahreswasserfracht der Brändjibach-Zuleitung von 4.5 Mio. m^3 gemäss Studie IDEALP um rund 5% reduziert. Die Kenndaten lauten damit:

KW Brändjibach:

- Jahreswasserfracht 4.27 Mio. m^3
- Mittlerer Abfluss 135 l/s

Es wird empfohlen, die Abflüsse der Brändji-Zuleitung über die kommenden Monate kontinuierlich zu messen, um bessere Klarheit über das tatsächliche Wasserdargebot zu erhalten.

Bild 6: *Pegelmessung an der bestehenden Bluomatt-Fassung (Photo: FMG SA)*

Dauerabflusskurve, Restwasserdotierungen und Ausbauwassermenge

Die Dauerabflusskurve wird nicht aufgrund der Monatsmittelabflüsse wie in Ref. [1] konstruiert, da damit hohe Abflüsse während kurzzeitigen Niederschlägen nicht richtig berücksichtigt werden. Es sind jedoch diese hohen kurzzeitigen Abflüsse, die von einer Kleinwasserkraftanlage ohne Speicher nicht genutzt werden können und sich bei der Berechnung der Energieausbeute äusserst negativ auswirken. Mangels besserer Grundlage wurde die Verteilung der Abflüsse übers Jahr deshalb mit den langjährigen Tagesmittelabflüssen der Pegelmessstelle der Landeshydrologie LH 2244 Krummbach am Simplon vorgenommen, obwohl das Abflussregime ein anderes ist. Die nachfolgende Graphik (Bild 7) zeigt die resultierende Dauerabflusskurve.

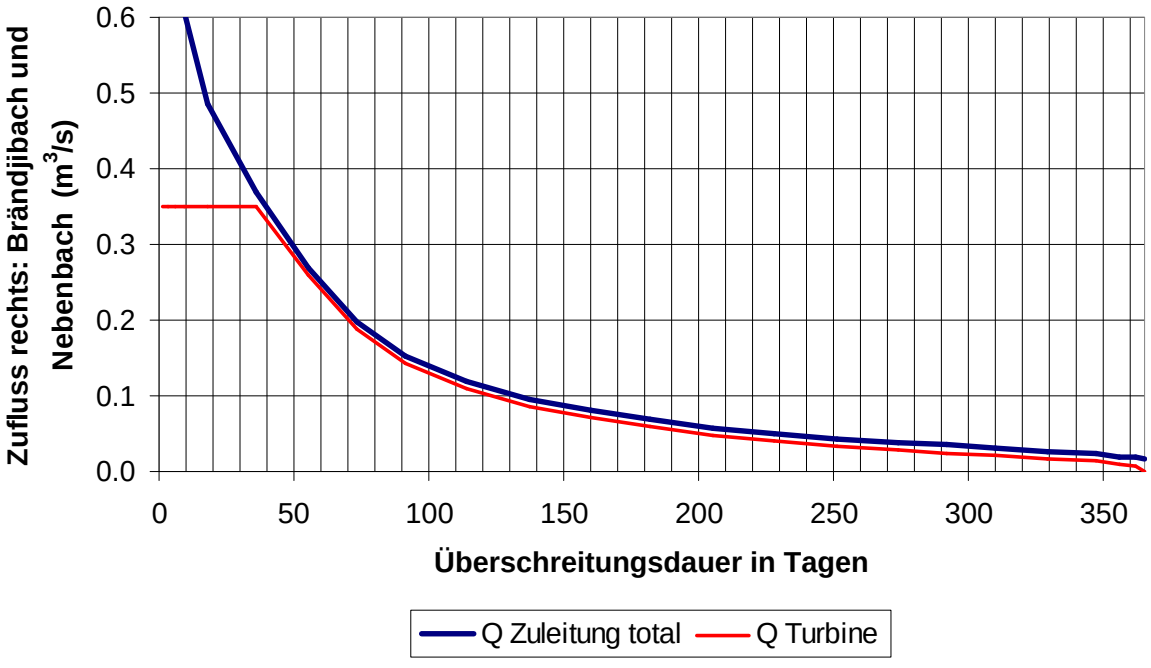

Bild 7: *Dauerabflusskurve des Brändjibach-Zuflusses inkl. Nebenbach (E=3.6km^2) mit der gewählten Ausbauwassermenge von Q_A=350 l/s.*

Restwasserdotierungen an den Fassungen müssen nur in geringem Ausmass vorgenommen werden, da der Ausnahmeartikel Art 32 des Gewässerschutzgesetzes GSchG beansprucht werden darf. Aufgrund der Tatsache, dass die Fassungen am Brändjibach und Nebenbach beide auf über 1700m ü.M. liegen und die Restwasser-strecke bis zum Zusammenfluss mit der Turtmänna weniger als 1000m lang ist und höchstwahrscheinlich ein Nichtfischgewässer ist, müssen statt der minimalen Dotierung von 50 l/s nur 35% des Q_{347} von ca. 24 l/s also ca. 10 l/s dotiert werden. Wird ange-nommen, dass das Kraftwerk Brändji eine bestehende konzessionierte Zuleitung nutzt, die bisher keine Restwasserpflicht kannte, kann bis zum Konzessionsende auf eine Restwasserdotierung gänzlich verzichtet werden.

Als Ausbauwassermenge wird ein Abfluss von 350 l/s angenommen. Dieser Abfluss wird an rund 38 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten Q_{38}. Dies ist im Vergleich zur üblichen Praxis der Auslegung von Kleinwasserkraftanlagen, die Ausbauwassermengen im Bereich von Q_{60} wählt, ein hoher Wert. Da sich jedoch das eigentliche Abflussgeschehen in diesen Höhenlagen auf rund 250 Tagen beschränkt, im Winter während 4 Monaten praktisch kein Abfluss herrscht und die Maschine abgestellt werden muss, ist die Volllastdauer bei Q_{38} mit 16% der Betriebszeit de facto wiederum identisch mit der Auslegungspraxis der Kraftwerke im Unterland (60/365 = 16%).

KRAFTWERKSANORDNUNG

Das Ende der Brändji-Zuleitung liegt gemäss Planungsdokumente Motor-Columbus von 1960 auf Kote 2351m ü.M. Gemäss heutigem Übersichtsplan 1: 5000 mit Höhenkoten und den Messungen durch Geosat liegt das Ende der Brändjibach-Zuleitung jedoch rund 25m tiefer auf 2326m ü.M..

Die bestehende Zuleitung wird in ein neues Oberwasserbecken geführt. Die anschliessende Druckleitung wird in die Falllinie gelegt, um die kürzeste Distanz bis zum Seeufer zu erhalten und die Kosten für die Triebwasserwege zu minimieren.

Der nachfolgende Planausschnitt (Bild 8) zeigt die Anordnung des Kraftwerks Brändjibach in der Übersicht.

TECHNISCHE DATEN UND ENERGIEPRODUKTION

Die technischen Daten des Kraftwerks R1: Brändjibach ergeben folgendes:

- Ausbauwassermenge $Q_A = 0.35 m^3/s$
- Restwasserdotierung Q_{rest} = 10 l/s am Brändjibach
- Mittlere turbinierbare Abflussmenge $Q_m = 0.109 m^3/s$
- Bruttogefälle $H_{brutto} = 152m$
- Nettogefälle $H_{netto} = 144m$
- Maximale Leistung ab Trafo P_{el} max = 400kW
- Jahresenergie 0.975 GWh

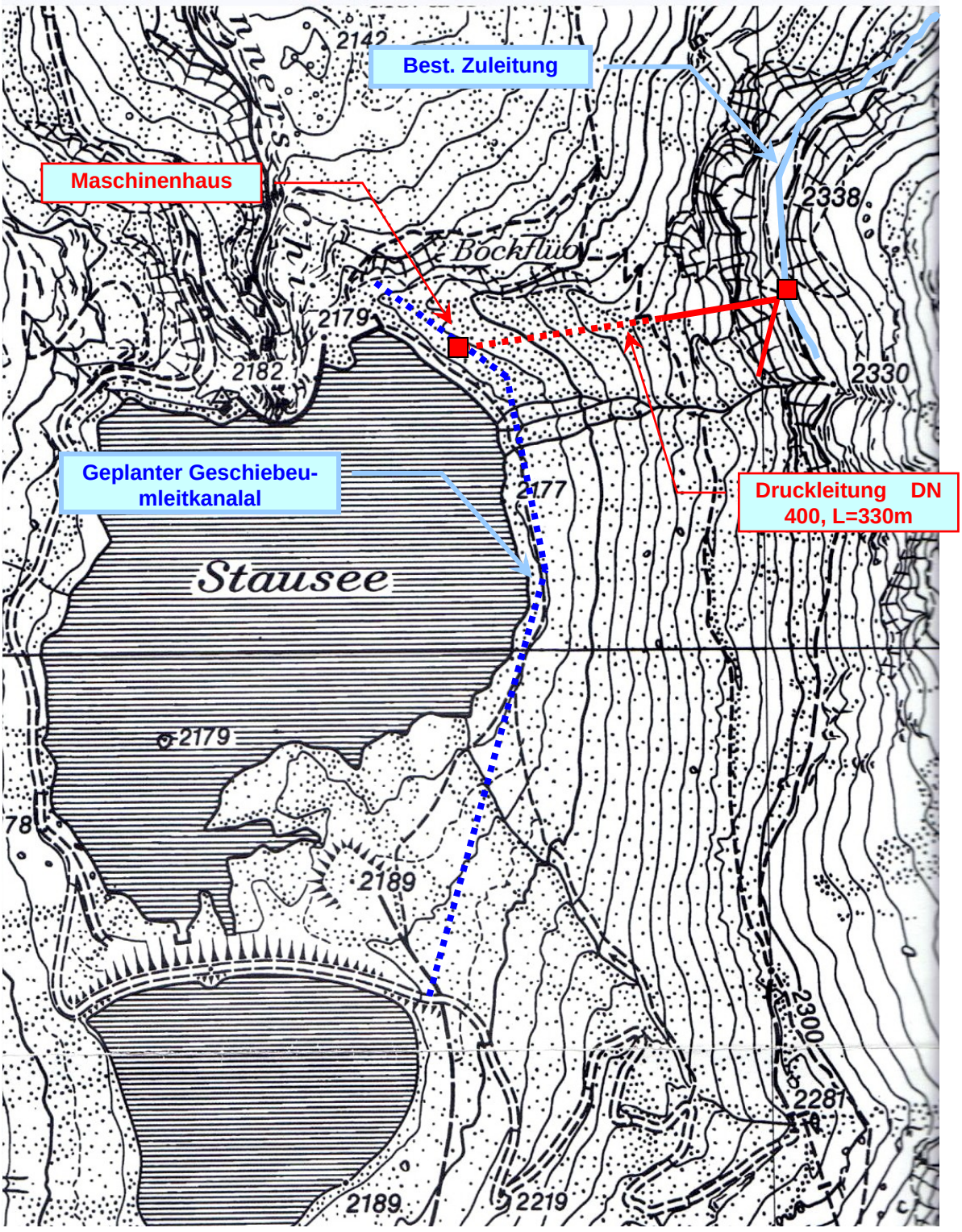

Bild 8: *Generelle Anordnung des Kraftwerks R1: Brändjibach*

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Kostenschätzung

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Betonarbeiten für das OW-Becken cum Sandfang sowie für die Druckleitung (Rohrumhüllung und Ankerblöcke) jeweils mit Helitransporten unterstützt werden. Die Fahrmischer werden bis Gruben oder bis Vorder Sänntum fahren und ihre Last von 5m^3 dort in Krankübel umladen, die vom Heli direkt zur Baustelle geflogen werden. Ausgehend von einem Betonpreis ab Werk von CHF 170.--/m^3 muss bis zum fertig eingebrachten Beton inkl. allen Transporten und Nebenarbeiten mit einem Betoneinheitspreis von rund CHF 500.--/m^3 gerechnet werden.

Die Gesamtkosten der neuen Wasserkraftanlage R1: Brändjibach werden wie folgt geschätzt (in CHF):

Tabelle 1: *Kostenschätzung Kraftwerk R1: Brändjibach (Kostengenauigkeit ±25%)*

A	Oberwasserbecken und Sandfang	250'000
B	Druckleitung DN 400, PN 16, L=330m	479'000
C	Maschinenhaus	330'000
D	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 400kW	575'000
E	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	320'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**1'954'000**
	MWSt. 7.6%	148'504
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**2'103'000**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 5250.- / kW. Dies ist für eine neue Kleinwasserkraftanlage im Hochdruckbereich relativ hoch, zumal die Wasserfassung und die Zuleitung bereits bestehend sind.

Betriebs- und Unterhaltskosten

Die Betriebs- und Unterhaltskosten wurden aufgrund einer statistischen Auswertung von Kleinwasserkraftanlagen in der Schweiz (siehe Bild 10) und eigenen detaillierten Aufwandschätzungen angenommen (siehe Beilage 2). Dabei wurden für Reparaturen und Revisionen die folgenden jährlichen Kosten eingesetzt (ausgedrückt in % der Investitionskosten der entsprechenden Bauteile):

Elektromechanik	1.5%
Bau	0.5%
Stahlwasserbau inkl. Druckleitung	1.0%

Die Brändjibach-Zuleitung ist Teil der Wasserkraftanlagen der FMG SA im Eifischtal. Die vorliegende Kleinwasserkraftanlage kann deshalb als reine Erhöhung der Leistung des vorhandenen Kraftwerksparks aufgefasst werden und es fallen Wasserzinsabgaben an. Mit einem Bruttogefälle von 152m und einem mittleren turbinierbaren Abfluss von 108 l/s ergibt sich eine abgabepflichtige Bruttoleistung von rund 160kW und jährliche Zinsabgaben von knapp CHF 13'000.--, die ca. 30% der gesamten Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt pro Jahr ausmachen.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 400kW-Anlage von rund CHF 48'000.- / a.

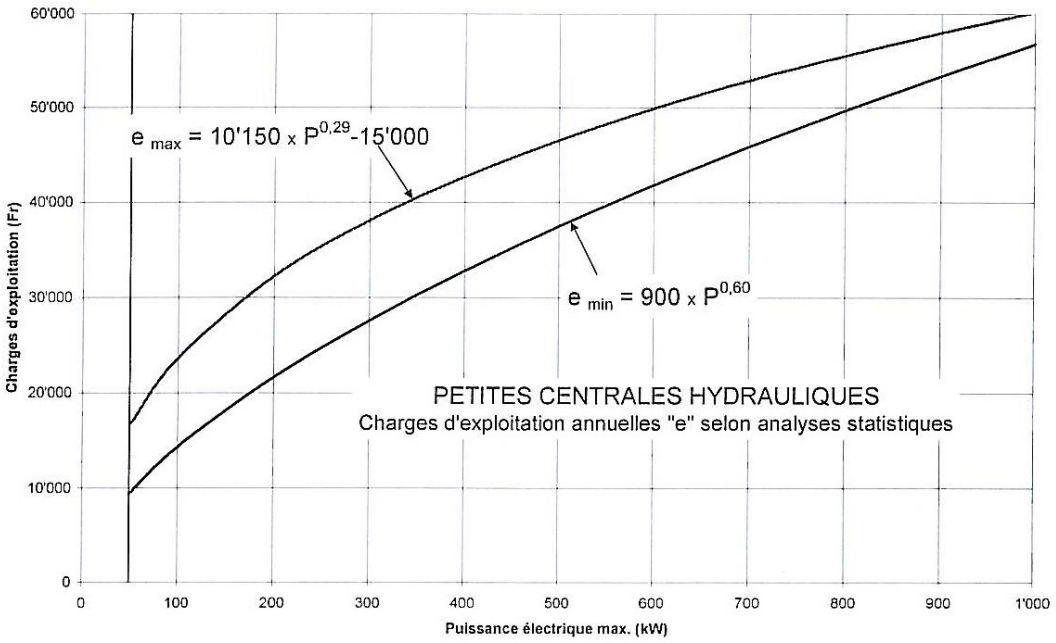

Bild 9: *Statistische Auswertung der Betriebs- und Unterhaltskosten von Kleinwasserkraftwerken in der Schweiz, ohne Wasserzinsabgaben (Quelle: Infoénergie)*

Parameter der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die folgenden Parameter werden zur Berechnung der Stromgestehungskosten gewählt:

Kalkulatorischer Zinssatz i = 5%

Kalkulatorische Nutzungsdauer n = 25 Jahre

Die kalkulatorische Nutzungsdauer wird hier nicht wie üblich mit der effektiven Nutzungsdauer der verschiedenen Anlagekomponenten berechnet, die bei Bauwerken wie Sandfang und Maschinenhaus 50 Jahre und mehr beträgt. Die Nutzungsdauer von 25 Jahren ergibt sich aus den neuen Energie- und Stromversorgungsgesetzen und der in den entsprechenden Verordnungen definierten Berechnung der Einspeisevergütung. Die berechneten Stromgestehungskosten stellen damit nur die Vergleichsgrundlage zu den kostendeckenden Einspeisvergütungen (kEV) her.

Gestehungskosten

Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 0.975GWh Gestehungskosten von Rp. 20/kWh berechnen (ohne Wasserzins Rp. 19/kWh). Der Vergleich mit den Einspeisevergütungen gemäss der neuen Energieverordnung EnV und den übrigen Ausbauvarianten wird im Kapitel 11 geführt.

Kraftwerk R2: Pipjibach

WASSERDARGEBOT

Die Dauerabflusskurve des Pipjibaches bis zu einem möglichen Fassungsstandort auf ca. 2350m ü.M. (E=3.6km^2) wurde in Ref. [1] aufgrund der gemessenen Abflüsse der Turtmänna an der Stauanlage etabliert. Es ergibt sich eine Abflussspende von rund 40 l/s/km^2. Verglichen mit anderen, kleinen und unbeeinflussten Einzugsgebieten in der Region (z.B. Krummbach am Simplon, Pegelmessstelle der Landeshydrologie LH 2244, mittlere Höhe des Einzugsgebiets 2276m ü.M.) ist dieser Wert um knapp 10% zu hoch. Wie schon beim Brändjibach wird im Rahmen der vorliegenden Variantenstudie mit einer leicht modifizierten Dauerabflusskurve gerechnet.

Bei der individuellen Nutzung des Pipjibaches ohne Kombination mit der Brändjibach-Zuleitung kann die Wasserfassung höher gebaut und damit eine grössere Fallhöhe generiert werden. Dabei nimmt jedoch das Einzugsgebiet ab. Darüber hinaus sollte die wegen des Kraftwerks entstehende Restwasserstrecke des Pipjibaches bis zum Stausee Turmann nicht länger als 1000m werden, damit noch der Ausnahmeartikel des GSchG und damit eine reduzierte Restwasserdotierung angewendet werden kann. Die Fassung wird vorläufig auf Kote 2450m ü.M. gelegt. Der genaue Standort muss im Gelände festgelegt werden, sofern diese Variante unter den besten ist und weiter bearbeitet werden kann.

Das Einzugsgebiet des Pipjibaches bis zu diesem Fassungsstandort beträgt 3.4 km^2. Die Kenndaten lauten damit:

- Jahreswasserfracht 4.0 Mio. m^3
- Mittlerer Abfluss 128 l/s

Es wird empfohlen, die Abflüsse des Pipjibaches über die kommenden Monate kontinuierlich zu messen, um Klarheit über das tatsächliche Wasserdargebot zu erhalten.

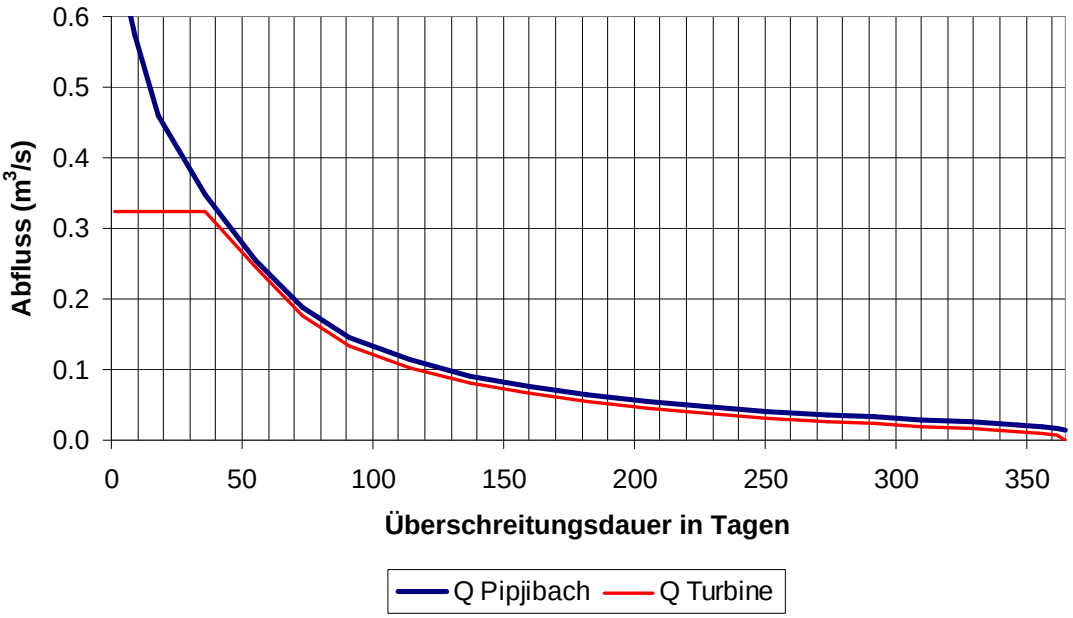

Bild 10: *Dauerabflusskurve des Pipjibaches (E=3.4km^2) mit der gewählten Ausbauwassermenge von Q_A=325 l/s*

Die Ausbauwassermenge wird zu 325 l/s angenommen, welche an 38 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht. In Anlehnung an Art. 32 des GSchG wird nur eine reduzierte Restwassermenge von rund 10 l/s an der Fassung im Pipjibach dotiert. Die Dauerabflusskurve für das Kraftwerk R2: Pipjibach präsentiert sich damit gemäss Bild 10.

KRAFTWERKSANORDNUNG

Die Anordnung des Kraftwerks ist aus nachfolgender Skizze (Bild 11) ersichtlich.

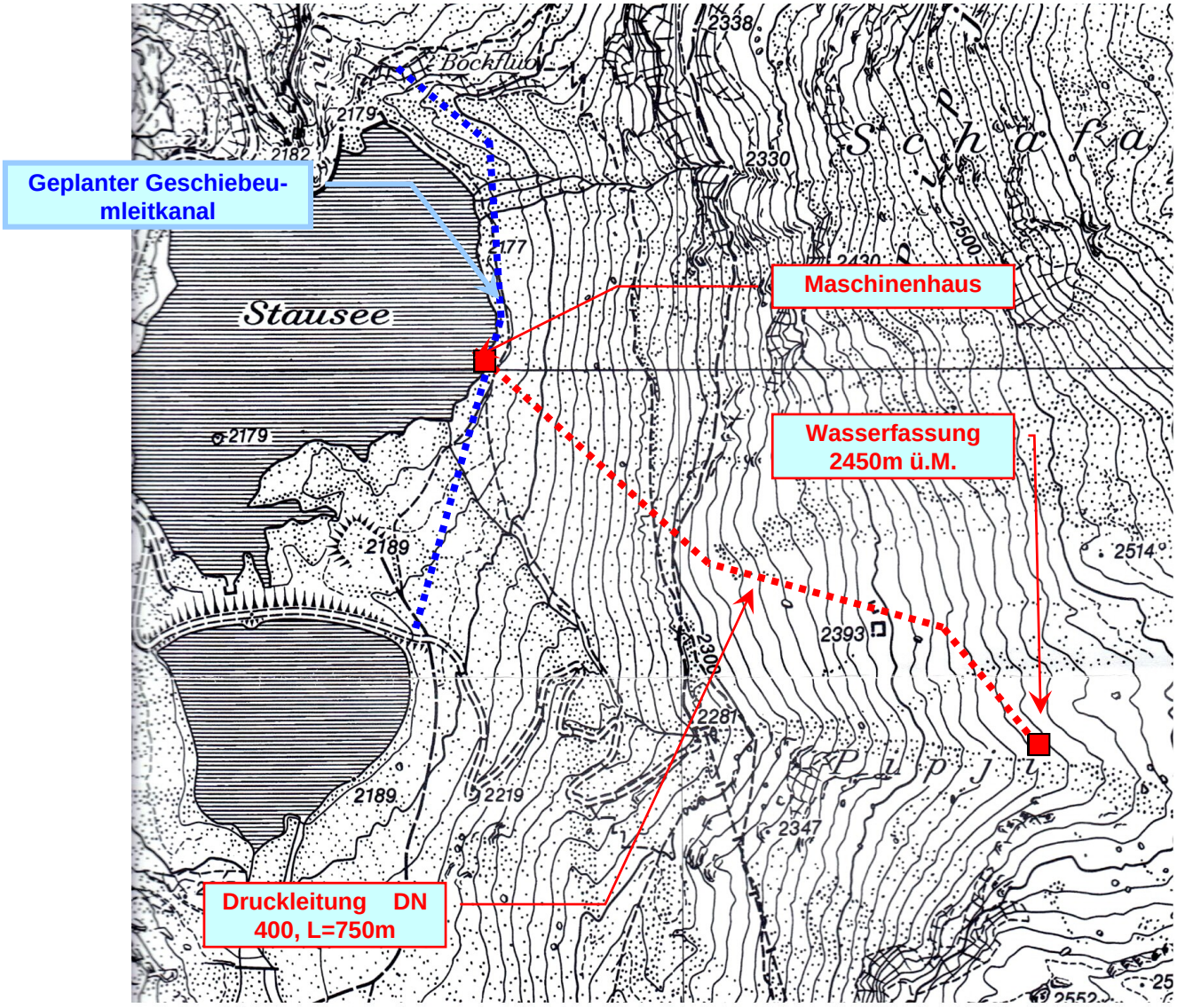

Bild 11: *Generelle Anordnung des Kraftwerks R2: Pipjibach*

TECHNISCHE AUSGESTALTUNG

Die technischen Daten des Kraftwerks R2 Pipjibach lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Ausbauwassermenge $Q_A = 0.325 m^3/s$
- Restwasserdotierung $Q_{rest} = 10$ l/s
- Mittlere turbinierbare Abflussmenge $Q_m = 0.101 m^3/s$

- Bruttogefälle H_{brutto} = 272m
- Nettogefälle H_{netto} = 257m
- Maximale Leistung ab Trafo P_{el} max = 680kW
- Jahresenergie 1.64 GWh

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Kostenschätzung wird auf der gleichen Grundlage wie für das Kraftwerk Brändjibach erstellt. Die Gesamtkosten der neuen Wasserkraftanlage R2: Pipjibach werden wie folgt geschätzt (in CHF):

Tabelle 2: *Kostenschätzung Kraftwerk R2: Pipjibach (Kostengenauigkeit ±25%)*

A	Tirolerfassung und Sandfang	360'000
B	Druckleitung DN 400, PN 6 bis 32, L=750m	964'000
C	Maschinenhaus	320'000
D	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 680kW	847'000
E	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	420'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**2'911'000**
	MWSt. 7.6%	221'236
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**3'132'000**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 4600.- / kW. Dies ist für eine neue Kleinwasserkraftanlage im Hochdruckbereich relativ hoch, kann aber mit den kostendeckenden Einspeisetarifen durchaus noch wirtschaftlich betrieben werden.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden wie beim KW Brändjibach geschätzt.

Der Pipijibach ist Teil des konzessionierten Einzugsgebiets der FMG SA im Turmanntal. Die Abflüsse werden bereits heute im benachbarten Eifischtal turbiniert. Die vorliegende Kleinwasserkraftanlage kann deshalb als reine Erhöhung der Leistung des vorhandenen Kraftwerksparks aufgefasst werden und es fallen Wasserzinsabgaben an. Mit einem Bruttogefälle von 272m und einem mittleren turbinierbaren Abfluss von 101 l/s ergibt sich eine abgabepflichtige Bruttoleistung von rund 270kW und jährliche Zinsabgaben von knapp CHF 21'500.--, die ca. 30% der gesamten Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt pro Jahr ausmachen.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 680kW-Anlage von rund CHF 76'000.- / a. Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 1.64GWh Gestehungs-kosten von Rp. 18/kWh berechnen (ohne Wasserzins Rp. 16.5/kWh). Der Vergleich mit den Einspeisevergütungen gemäss der neuen Energieverordnung EnV und den übrigen Ausbauvarianten wird im Kapitel 11 geführt.

Kraftwerk R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert

WASSERDARGEBOT

Die kombinierten Einzugsgebiete von der Brändjibach-Zuleitung und dem Pipjibach ergeben eine Fläche von rund 7.2km^2. Dabei ist berücksichtigt, dass der Pipjibach auf der gleichen Höhenkote gefasst wird wie das Ende der Zuleitung Brändjibach. Die Kenndaten lauten damit:

KW Brändjibach und Pipjibach kombiniert:

- Jahreswasserfracht 8.5 Mio. m^3
- Mittlerer Abfluss 270 l/s

Die Ausbauwassermenge wird zu 700 l/s angenommen, welche an 38 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht. In Anlehnung an Art. 32 des GSchG wird nur eine reduzierte Restwassermenge von je rund 10 l/s an den Fassungen im Brändjibach und im Pipjibach dotiert. Die Dauerabflusskurve für das Kraftwerk R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert präsentiert sich damit wie folgt:

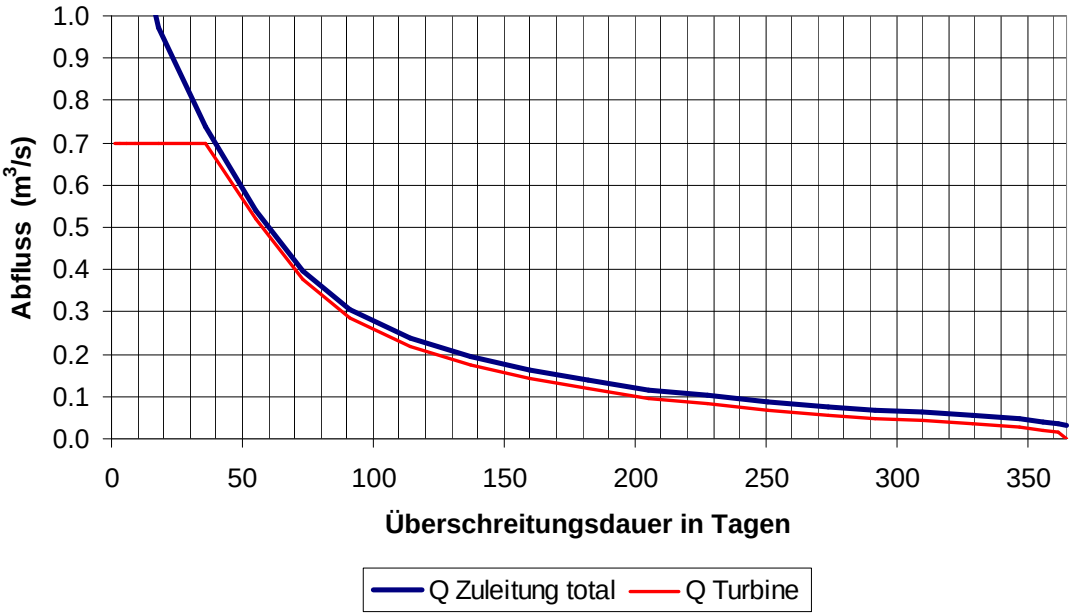

Bild 12: *Dauerabflusskurve des Brändjibaches und des Pipjibaches zusammen (E=7.2km^2) mit der gewählten Ausbauwassermenge von Q_A=700 l/s*

KRAFTWERKSANORDNUNG

Die Brändjibach-Zuleitung wird nach einem Oberwasserbecken cum Sandfang im bestehenden Weg aber als Druckkanal mit Sohlengefälle von ca. 7.5% weitergeführt. Am Rande des Pipjibachtales wird ein Wasserschloss erstellt, welches bis zur Wasserfassung des Pipjibaches auf Kote 2330m ü.M. ansteigt. Durch dieses Wasserschloss (=Rohrleitung DN 600) werden auch die Zuflüsse des Pipjibaches ins System eingeleitet.

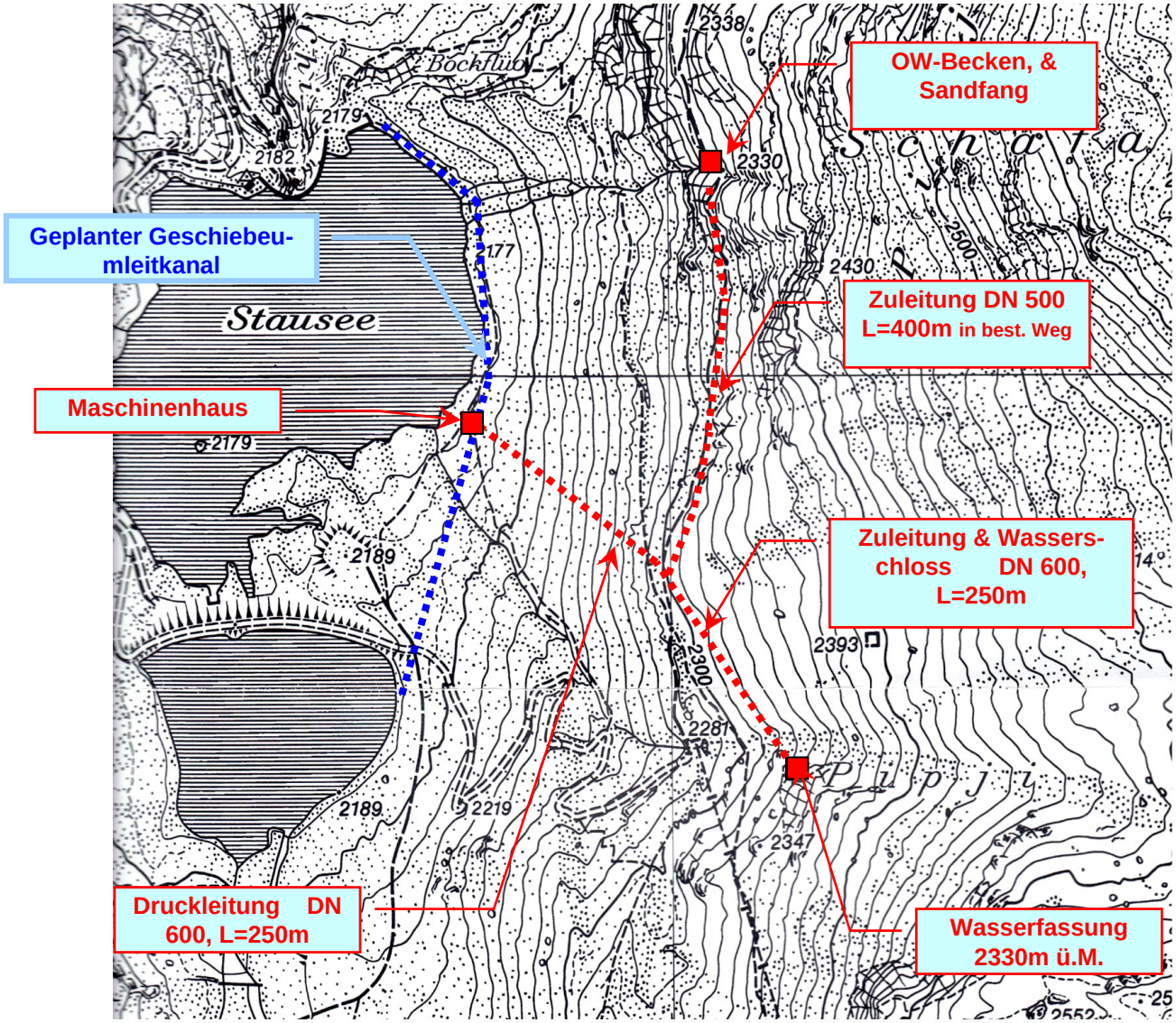

Bild 13: *Generelle Anordnung des Kraftwerks R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert*

TECHNISCHE AUSGESTALTUNG

Die folgenden Komponenten werden für das Kraftwerk R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert benötigt:

- Oberwasserbecken mit Sandfang auf der Brändjibach-Zuleitung für Q=350 l/s; Länge 20m, Breite 1.75m, Höhe 1.30m
- Oberwasserkanal GFK DN 500, PN 6, L=400m im bestehenden Weg verlegt und einbetoniert.
- Wasserfassung Typ Tirolerwehr im Pipjibach auf Kote 2330m ü.M für Q=350l/s: Bachbreite 5m, Rechenbreite 1.30m, Rechenlänge 2.2m
- Sandfang am Pipjibach für Q=350 l/s: Länge 20m, Breite 1.75m, Höhe 1.30m

- Wasserschloss cum Zuleitung GFK DN 600 mit 12% Gefälle, PN 6, L=250m, erdverlegt und einbetoniert.

- Druckleitung GFK DN 600, PN 16, L=250m, erdverlegt und einbetoniert.

- Maschinenhaus aus Beton, L x B x H = 8.0m x 7.0m x 3.5m, von zwei Seiten angeschüttet / erdüberdeckt; mit elektrischem Seilzug mit Laufkatze, an Kranschiene an Decke fixiert, Nutzlast 4 to.

- Maschinensatz:

    - Pelton-Turbine, vertikal-achsig, vier-düsig, H_n=145.5m, Q_A=700 l/s, P_{mech} = 890kW, Strahlkreisdurchmesser 650mm, Drehzahl 600min^{-1},

    - Kugelhahn DN 400, PN 16

    - Synchrongenerator direkt-gekoppelt, Drehzahl 600min^{-1}, 1000kVA

    - Transformator 1.0MVA, 0.4 / 16kV

- Energieableitung: Erdkabel 16kV bis Schieberkammer über der Fassung der Stauanlage Turtmann, L=500m
  (ab Schieberkammer bis zur Zentrale in Mottec – 6.2km – kann das bestehende Mittelspannungskabel 3 x 25mm^2 Al genutzt werden, welches mit der Maximalleistung von 890kW nur knapp nicht überlastet wird; Kapazität 1MW).

- Zufahrtsstrasse entlang der projektierten Bypass-Leitung (nur Ausbau der Baupiste zu einem permanenten Weg) L = 250m

Die Anlage muss an ca. 110 Tagen pro Jahr abgestellt werden, da im Winter weniger als 60 l/s zur Verfügung stehen und die Turbine trotz vier-düsiger Ausführung damit nicht mehr betrieben werden kann. Der Bau eines vergrösserten Oberwasserbeckens / Sandfangs von ca. je 100m^3 Inhalt auf beiden Fassungen und ein intermittierender Betrieb bei geringen Zuflüssen lohnt sich wie beim KW Brändjibach nicht:

Während der Betriebszeit von 250 Tagen werden noch ca. 3 Tage Ausfall für Reparaturen / Revisionen und während Hochwasserereignissen in Rechnung gestellt. Auch ein Eigenbedarf für die Steuerung und die Hydraulikaggregate von 200W permanent werden noch berücksichtigt.

Die technischen Daten des Kraftwerks R3 Brändjibach & Pipjibach kombiniert lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Ausbauwassermenge Q_A = 0.700m^3/s
- Restwasserdotierung Q_{rest} = 2 x 10 l/s
- Mittlere turbinierbare Abflussmenge Q_m = 0.216m^3/s
- Bruttogefälle H_{brutto} = 152m
- Nettogefälle H_{netto} = 145.5m
- Maximale Leistung ab Trafo P_{el} max = 810kW
- Jahresenergie 1.96 GWh

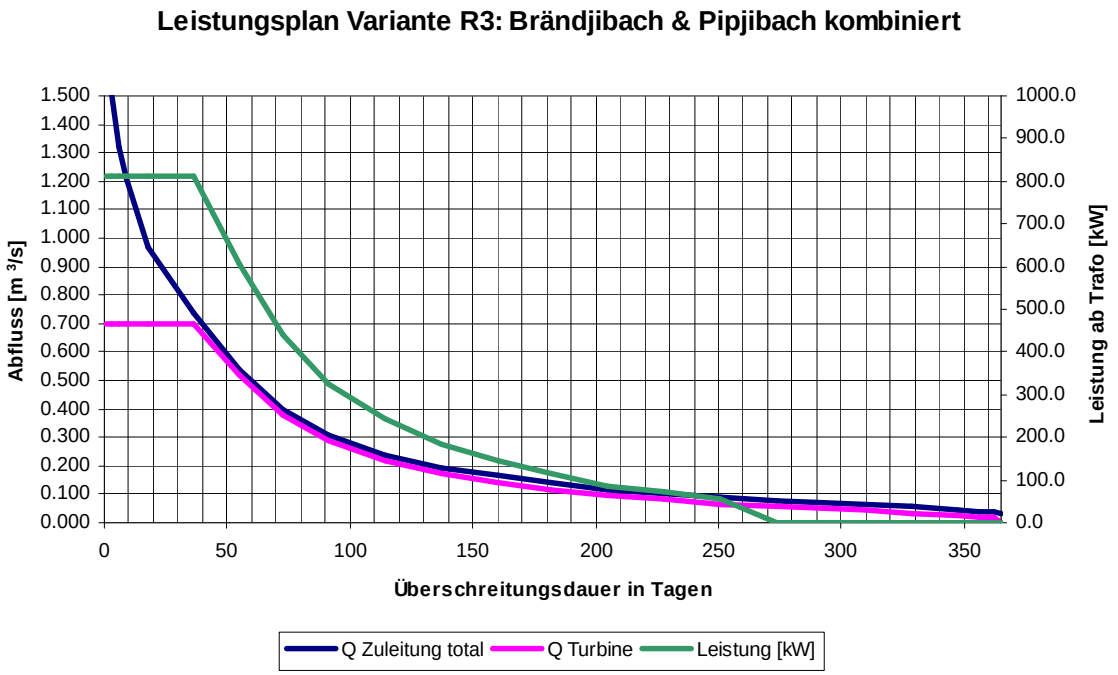

Bild 14: *Leistungsplan des Kraftwerks R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert; die Anlage muss im Durchschnitt an 110 Tagen pro Jahr abgestellt werden.*

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Kostenschätzung wird auf der gleichen Grundlage wie für das Kraftwerk Brändjibach erstellt. Die Gesamtkosten der neuen Wasserkraftanlage R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert werden wie folgt geschätzt (in CHF):

Tabelle 3: Kostenschätzung Kraftwerk R3: Brändjibach und Pipjibach kombiniert (Kostengenauigkeit ±25%)

A	Oberwasserbecken und Sandfang Brändjibach	270'000
B	Tirolerfassung und Sandfang Pipjibach	360'000
C	Hangleitung in best. Weg DN 500, L=400m	561'000
D	Wasserschloss DN 600 bis Fassung Pipjibach, DN 600, L=250m	402'000
E	Druckleitung DN 600, PN 16, L=250m	454'000
F	Maschinenhaus	360'000
G	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 830kW	1'205'000
H	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	600'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**4'212'000**
	MWSt. 7.6%	320'112
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**4'532'000**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 5460.- / kW. Dies ist mehr als für Variante R2.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden wie beim KW Brändjibach geschätzt.

Wie bei den Varianten R1 und R2 müssen auch hier Wasserzinsabgaben eingerechnet werden. Mit einem Bruttogefälle von 152m und einem mittleren turbinierbaren Abfluss von 216 l/s ergibt sich eine abgabepflichtige Bruttoleistung von rund 322kW und jährliche Zinsabgaben von knapp CHF 26'000.--, die ca. 30% der gesamten Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt pro Jahr ausmachen.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 830kW-Anlage von rund CHF 92'000.- / a. Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 1.96GWh Gestehungskosten von Rp. 20.5/kWh berechnen (ohne Wasserzins Rp. 19/kWh). Der Vergleich mit den Einspeisevergütungen gemäss der neuen Energieverordnung EnV und den übrigen Ausbauvarianten wird im Kapitel 11 geführt.

Kraftwerk L1: Frilibach (Bluomatt-Zuleitung)

WASSERDARGEBOT

Die Dauerabflusskurve der bestehenden Bluomatt-Zuleitung mit Säntumbach und Frilibach (E = 3.4 + 1.8 = 5.2km^2) wurde in Ref. [1] aufgrund der gemessenen Abflüsse der Turtmänna bei der Messstelle Hübschweidli 1365m ü.M. etabliert. Es ergibt sich eine Abflussspende von rund 35 l/s/km^2. Der Hydrologische Atlas der Schweiz (HADES) zeigt für dieses Gebiet jedoch weit geringere Werte von zwischen 20 und 25 l/s/km^2. Wie schon bei der Brändjibach-Zuleitung wird im Rahmen der vorliegenden Variantenstudie mit einer gegenüber Ref. [1] modifizierten Jahreswasserfracht (-10%) gerechnet.

Die Kenndaten lauten für das KW Frilibach (inkl. Fassung Säntumbach):

- Jahreswasserfracht 5.1 Mio. m^3
- Mittlerer Abfluss 162 l/s

Die Ausbauwassermenge wird zu 420 l/s angenommen, welche an 38 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht. In Anlehnung an Art. 32 des GSchG wird nur eine reduzierte Restwassermenge von total 12 l/s an den Fassungen Säntumbach und Frilibach dotiert. Die Dauerabflusskurve für das Kraftwerk L1: Frilibach präsentiert sich damit wie folgt:

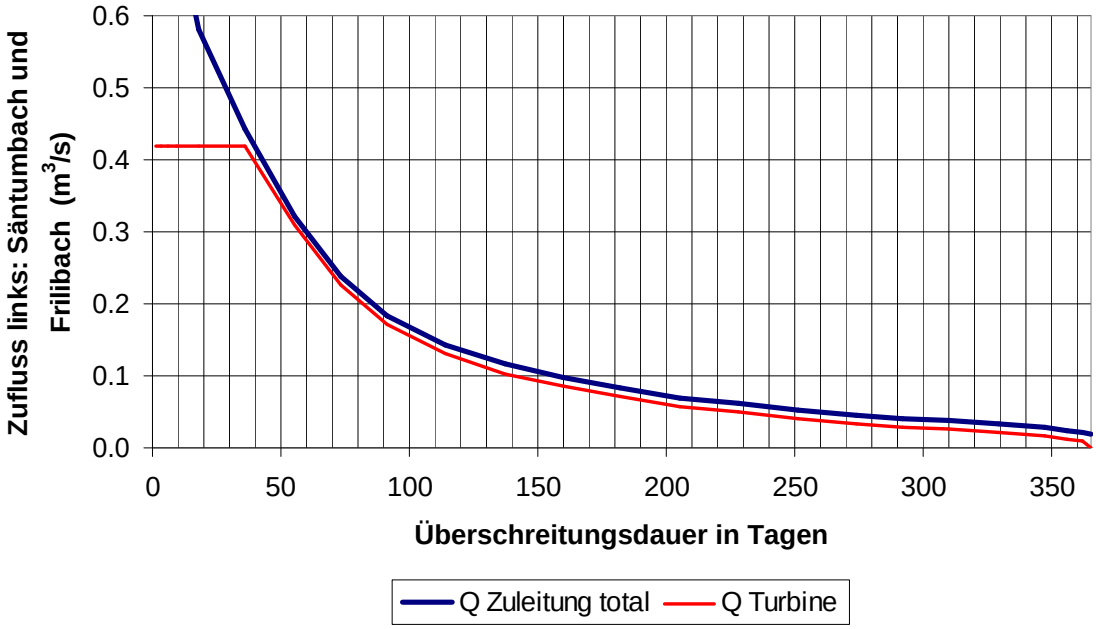

Bild 15: *Dauerabflusskurve der Bluomattzuleitung (Säntumbach und Frilibach, E=5.2km^2) mit der gewählten Ausbauwassermenge von Q_A=420 l/s*

KRAFTWERKSANORDNUNG

Wie bereits im Kapitel 4.2 ausgeführt, empfiehlt sich die Anordnung der Francis-Turbine im oder am Fensterstollen Turtmann unter dem höchsten Betriebswasserspiegel des Stausees, da bei tiefem Seestand eine bis zu 40% grössere Fallhöhe genutzt werden kann als mit einer Aufstellung der Turbine am Seeufer.

Die Druckleitung vom Ende der Bluomatt-Zuleitung bis zum Fensterstollen Turtmann kann in der Falllinie geführt werden. Die best. Zufahrtswege kreuzen die Druckleitungstrasse dreimal; der Bau kann damit ohne Helikopterunterstützung auskommen.

Die Wasserzuleitung ab Saugrohr Francis-Turbine bis in den Druckstollen des Kraftwerks Mottec erfolgt in einem Druckrohr via Fensterstollen zur Panzertüre, welche für die Einführung des Druckrohres modifiziert werden muss. Da die Einleitung des Wassers der Bluomatt-Zuleitung damit neu hinter dem Abschlussorgan des Mottec-Druckstollens liegt, kann während Revisionsarbeiten am Druckstollen auch im Kraftwerk L1 nicht turbiniert werden. Mit dieser Anordnung der Zentrale muss vor und nach der Francis-Turbine ein Abschlussorgan vorgesehen werden.

Die generelle Anordnung der Bauwerke ist in Bild 16 dargestellt.

TECHNISCHE AUSGESTALTUNG

Die folgenden Komponenten werden für das Kraftwerk L1: Frilibach benötigt:

- Oberwasserbecken cum Sandfang: Länge 16m, Breite 1.80m, Höhe 1.40m (Grenzkorn 0.3mm; Entsanderanlage Typ Büchi zum intermittierenden Spülen).
- Druckleitung GFK DN 500, PN 6, L=160m, erdverlegt und einbetoniert.

- Maschinenhaus aus Beton, L x B x H = 6.0m x 5.0m x 3.5m, von zwei Seiten angeschüttet / erdüberdeckt; mit elektrischem Seilzug mit Laufkatze, an Kranschiene an Decke fixiert, Nutzlast 1.5 to.

- Maschinensatz:
  - Francis-Spiral-Turbine, horizontal-achsig, H_n=39m (max. 45m, min. 33m, Q_A=420 l/s, P_{mech} = 145kW, Laufraddurchmesser 360mm, Drehzahl 750min^{-1},
  - Absperrklappe DN 400, PN 6
  - Synchrongenerator direkt-gekoppelt, Drehzahl 750min^{-1}, 160kVA
  - Transformator 160kVA, 0.4 / 16kV

- Anschlussrohr GFK DN 600 PN 6, L=55m an Druckstollen Mottec, Anpassung Panzertüre DN 1800

- Energieableitung: Erdkabel 16kV bis Schieberkammer über der Fassung der Stauanlage Turtmann, L=150m
  (ab Schieberkammer bis zur Zentrale in Mottec – 6.2km – kann das bestehende Mittelspannungskabel 3 x 25mm^2 Al genutzt werden, welches mit der Maximalleistung von 132kW nicht übermässig belastet wird; Kapazität 1MW).

- Nutzung der best. Zufahrtsstrasse zum Fensterstollen Turtmann

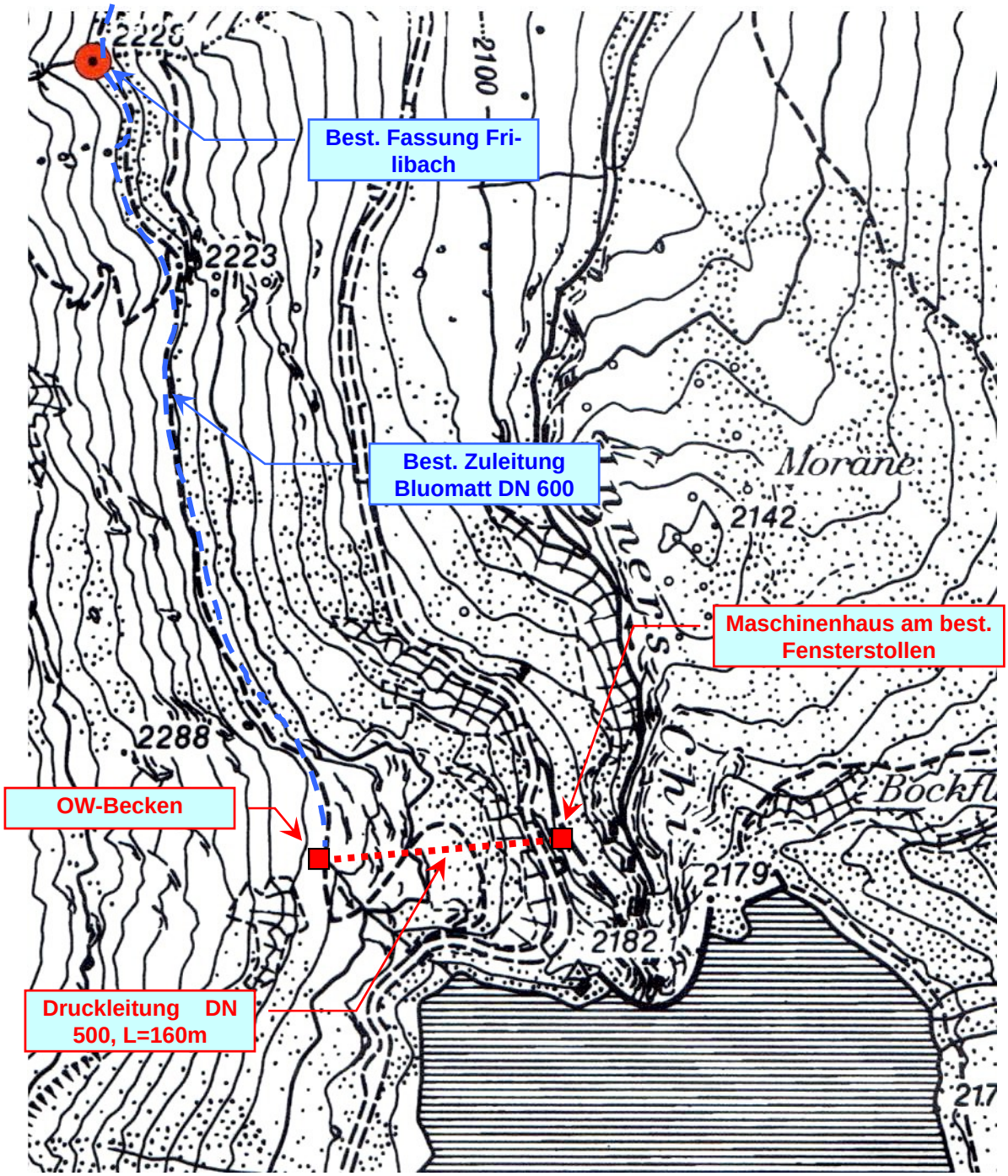

Bild 16: *Generelle Anordnung des Kraftwerks L1: Frilibach*

Die Anlage muss an fast 200 Tagen pro Jahr abgestellt werden, da die Francis-Turbine bereits ab einem Teillastgrad von ca. 25% abgestellt werden muss. Der Bau eines vergrösserten Oberwasserbeckens / Sandfangs und ein intermittierender Betrieb bei geringen Zuflüssen lohnt sich wegen des geringen Gefälles nicht (bräuchte sehr grossen Speicher). Die Installation von 2 Francis-Turbinen, d.h., einer Sommer- und einer Wintermaschine ist nicht möglich, da es keine qualifizierten Hersteller von Francis-Spiral-Turbinen für Leistungen im Bereich unter 50kW mehr gibt.

Bild 17: *Bestehende Fassung am Frilibach (Photo FMG SA)*

Auch die Lösung mit einer kostengünstigen Durchströmturbine wurde untersucht. Diese Maschine (mit Zwei-Zellen-Bauweise) zeichnet sich durch einen guten Teillastbetrieb aus. Hingegen ist der Spitzenwirkungsgrad um mindestens 7%-Punkte tiefer als für die vergleichbare Francis-Turbine. Und vor allem muss die Durchströmturbine als Aktions-Maschine über dem höchsten Seespiegel angeordnet werden, so dass die Jahres-energieproduktion um rund 25% unter der Francis-Lösung liegt. Dieses Defizit kann die Durchström- gegenüber der Francis-Turbine auch mit ihren tieferen Liefer- und Monta-gekosten nicht mehr wettmachen.

Die technischen Daten des Kraftwerks L1 Frilibach lassen sich wie folgt zusammen-fassen:

- Ausbauwassermenge $Q_A = 0.420 m^3/s$
- Restwasserdotierung Q_{rest} = 12 l/s (am Säntum- und Frilibach)
- Mittlere turbinierbare Abflussmenge $Q_m = 0.129 m^3/s$
- Bruttogefälle H_{brutto} = 42m im Mittel
- Nettogefälle H_{netto} = 39m im Mittel
- Maximale Leistung ab Trafo P_{el} max = 132kW
- Jahresenergie 284’000kWh

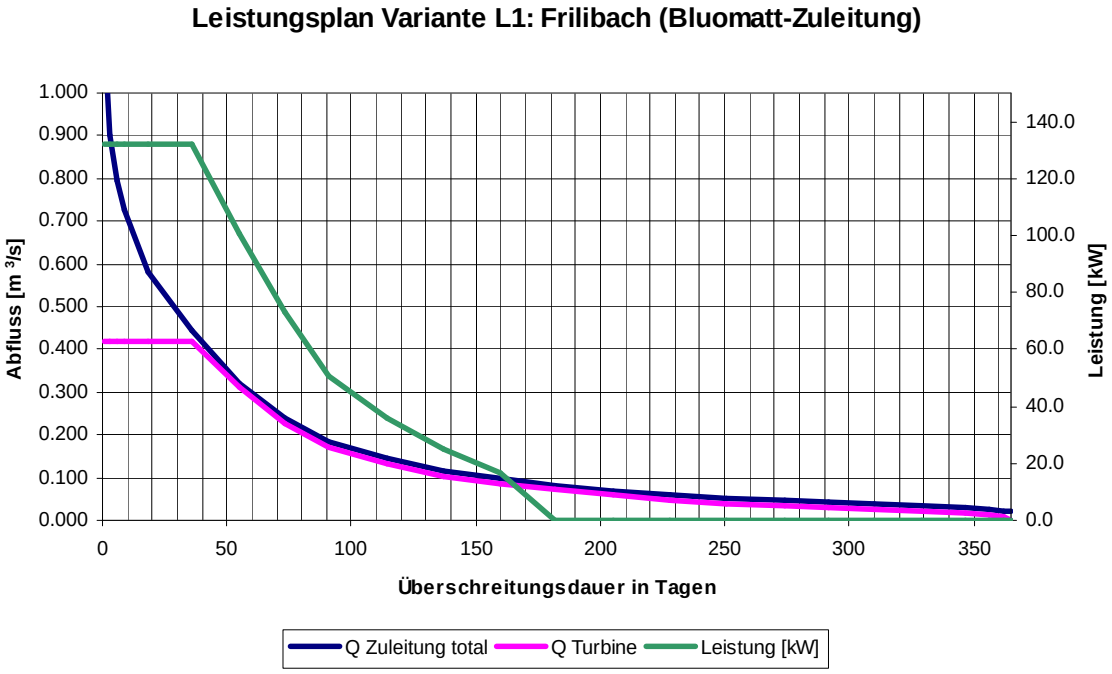

Bild 18: *Leistungsplan des Kraftwerks L1: Frilibach; die Anlage muss im Durchschnitt an fast 200 Tagen pro Jahr abgestellt werden.*

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Kostenschätzung wird auf der gleichen Grundlage wie für das Kraftwerk Brändjibach erstellt. Die Gesamtkosten der neuen Wasserkraftanlage L1: Frilibach werden wie folgt geschätzt (in CHF):

Tabelle 4: *Kostenschätzung Kraftwerk L1: Frilibach (Kostengenauigkeit ±25%)*

A	Oberwasserbecken und Sandfang	200'000
B	Druckleitung DN 500, PN 6, L=160m	308'000
C	Maschinenhaus	240'000
D	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 136kW	398'000
E	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	220'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**1'366'000**
	MWSt. 7.6%	103'816
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**1'470'000**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 10’800.- / kW. Dies ist sehr hoch und wohl kaum attraktiv.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden wie beim KW Brändjibach geschätzt.

Wie bei der Zuleitung Brändjibach müssen auch hier Wasserzinsabgaben eingerechnet werden. Mit einem Bruttogefälle von 42m und einem mittleren turbinierbaren Abfluss von 129 l/s ergibt sich eine abgabepflichtige Bruttoleistung von rund 53kW und jährliche Zinsabgaben von knapp CHF 4200.--.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 136kW-Anlage von rund CHF 30'000.- / a. Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 0.284GWh Gestehungs-kosten von Rp. 47/kWh berechnen (ohne Wasserzins Rp. 46/kWh). Damit lässt sich kein wirtschaftlicher Betrieb erreichen (siehe auch Kapitel 11).

Kraftwerk L2: Meidbach

WASSERDARGEBOT

Die Dauerabflusskurve des Meidbaches und des Bluomattbaches wurde in Ref. [1] aufgrund der gemessenen Abflüsse der Turtmänna bei der Messstelle Hübschweidli 1365m ü.M. etabliert. Es ergibt sich eine Abflussspende von rund 37 l/s/km^2. Der Hydrologische Atlas der Schweiz (HADES) zeigt für dieses Gebiet jedoch weit geringere Werte von zwischen 20 und 25 l/s/km^2. Wie schon bei der Brändjibach-Zuleitung wird im Rahmen der vorliegenden Variantenstudie mit einer gegenüber Ref. [1] modifizierten Jahreswasserfracht (-10%) gerechnet.

Die Kenndaten lauten für das KW Meidbach (inkl. Fassung Bluomattbach) lauten:

- Jahreswasserfracht 6.6 Mio. m^3
- Mittlerer Abfluss 210 l/s

Es wird empfohlen, die Abflüsse des Meidbaches und des Bluomattbaches über die kommenden Monate kontinuierlich zu messen, um Klarheit über das tatsächliche Wasserdargebot zu erhalten.

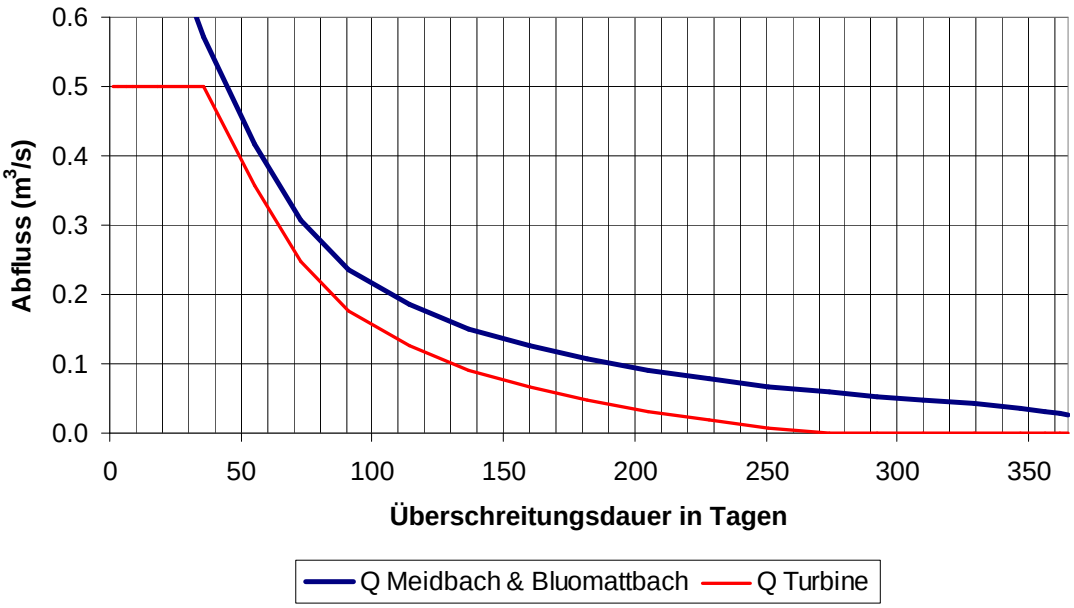

Bild 19: *Dauerabflusskurve des Meidbaches und Bluomattbaches, E=6.2km^2) mit der gewählten Ausbauwassermenge von Q_A=500 l/s und Restwasserdotierungen von total 60 l/s.*

Die Ausbauwassermenge wird zu 500 l/s angenommen, welche an 38 Tagen pro Jahr zur Verfügung steht. Gemäss GSchG müssten an beiden Fassungen je 50 l/s Restwasser dotiert werden. Da die Q_{347} unter 50 l/s sind, sich die Restwasserstrecken auf Meereshöhen von über 1700m ü.M. befinden und die Restwasserstrecken kürzer als 1km sind, können Ausnahmen von dieser Vorschrift in Erwägung gezogen werden (Art. 32 des GSchG). In Anlehnung an Ref. [1] wird nur eine reduzierte Restwassermenge von total 60 l/s an den Fassungen Meidbach und Bluomattbach dotiert. Noch tiefere Dotierungen wie an den bestehenden Fassungen Brändjibach, Frilibach etc. (also 35% von Q_{347} , entspricht ca. 15 l/s) sind möglich, werden jedoch im Rahmen der vorliegenden Variantenstudie noch nicht in Rechnung gestellt.

Die Dauerabflusskurve für das Kraftwerk L2: Meidbach präsentiert sich damit gemäss Bild 19.

KRAFTWERKSANORDNUNG

Das Gelände im Meidbach und Bluomattbach ist schwierig. Es sind in den Karten mehrere instabile Zonen verzeichnet. Die Wasserfassungen müssen an Standorten geplant werden, wo sie nicht durch Lawinen, Murgängen und Steinschlag beschädigt werden. Auf der Grundlage einer Feldbegehung wird die Kraftwerksanordnung wie folgt gewählt:

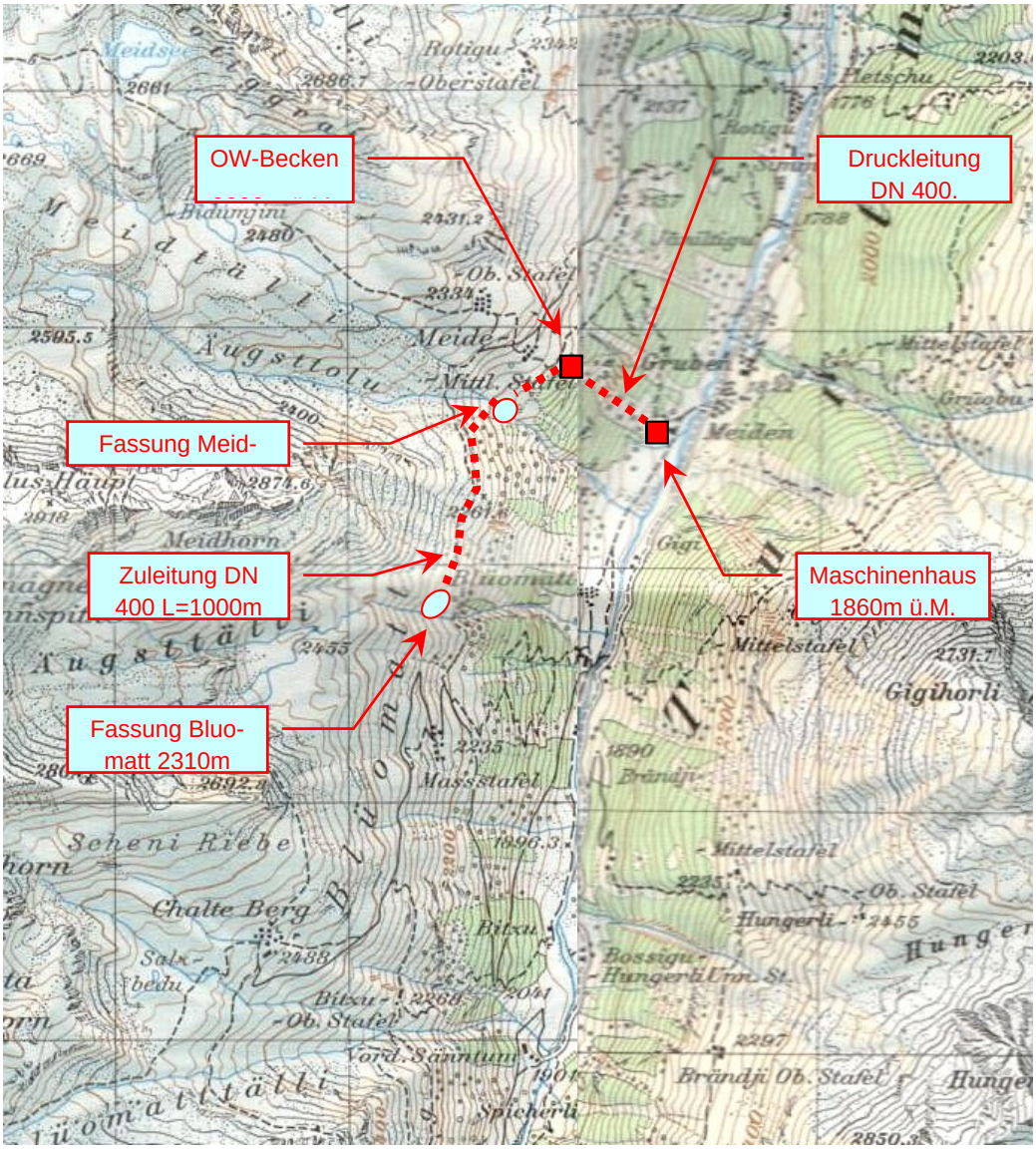

Bild 20: *Generelle Anordnung des Kraftwerks L2: Meidbach*

Bild 21: *vorgesehener Standort der Wasserfassung des Kraftwerks L2: Meidbach*

TECHNISCHE AUSGESTALTUNG

Die folgenden Komponenten werden für das Kraftwerk L2: Meidbach benötigt:

- Wasserfassung Typ Tirolerwehr u. anschliessendem Kiesfang im Bluomattbach (E=1.9km^2) auf Kote 2310m ü.M für Q=175l/s: Bachbreite 5m, Rechenbreite 1.0m, Rechenlänge 1.6m
- Überleitung zum Sandfang der Meidbachfassung GFK-Rohr DN 400, L=1000m, erdverlegt, einbetoniert
- Wasserfassung Typ Tirolerwehr im Meidbach (E=3.65km^2) auf Kote 2200m ü.M für Q=450l/s: Bachbreite 5m, Rechenbreite 1.5m, Rechenlänge 2.6m
- Sandfang für Q=500 l/s; Grenzkorn 0.2mm, Länge 28m, Breite 2.10m, Höhe 1.65m

- Oberwasserkanal sub-horizontal GFK DN 500, PN 6, L=220m einbetoniert, bis zum bestehenden Fussweg zum Meidpass.

- Druckleitung GFK DN 400 (im unteren Teil ab PN 32 mit Gussrohr), PN 6 bis PN 40, L=650m, erdverlegt und einbetoniert.

- Maschinenhaus aus Beton, L x B x H = 8.0m x 7.0m x 3.5m, von zwei Seiten angeschüttet / erdüberdeckt; mit elektrischem Seilzug mit Laufkatze, an Kranschiene an Decke fixiert, Nutzlast 4 to.

- Maschinensatz:

  - Pelton-Turbine, vertikal-achsig, zwei-düsig, H_n=320m, Q_A=500 l/s, P_{mech} = 1.4MW, Strahlkreisdurchmesser 680mm, Drehzahl 1000min^{-1},

  - Kugelventil DN 400, PN 40

  - Synchrongenerator direkt-gekoppelt, Drehzahl 1000min^{-1}, 1500kVA

  - Transformator 1.5MVA, 0.4 / 16kV

- Unterwasserkanal L=50m, Betonkanal mit Messwehr

- Energieableitung: Erdkabel 16kV bis Schaltanlage RELL in Gruben, L=400m (von Gruben bis Oberems muss die Leitung der RELL verstärkt werden; ein Beitrag ist zu leisten, jedoch nur auf dem die bestehende Kapazität übersteigenden Leistungsanteil des Kraftwerks).

- Zufahrtsstrasse zum Maschinenhaus L = 250m inkl. Verstärkung der bestehenden Brücke bei Meiden

Die Anlage muss an ca. 175 Tagen pro Jahr abgestellt werden, da im Winter wegen den recht hohen Restwasserdotierungen praktisch kein Wasser mehr für die Wasserkraftnutzung zur Verfügung steht. Während der Betriebszeit von 190 Tagen werden noch ca. 3 Tage Ausfall für Reparaturen / Revisionen und während Hochwasserereignissen in Rechnung gestellt. Auch ein Eigenbedarf für die Steuerung und die Hydraulikaggregate von 200W permanent werden noch berücksichtigt.

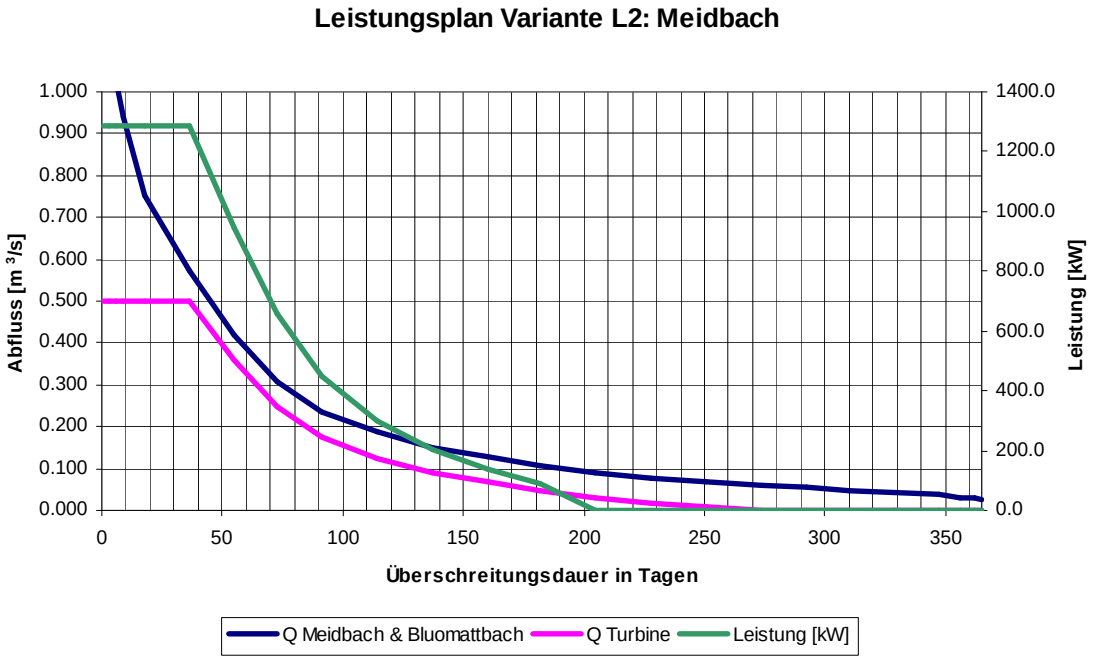

Bild 22: *Leistungsplan des Kraftwerks L2: Meidbach; die Anlage muss im Durchschnitt an ca. 175 Tagen pro Jahr abgestellt werden*.

Die technischen Daten des Kraftwerks L2: Meidbach lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Ausbauwassermenge $Q_A = 0.50 m^3/s$
- Restwasserdotierung Q_{rest} = 60 l/s (am Meid-/Bluomattbach)
- Mittlere turbinierbare Abflussmenge $Q_m = 0.127 m^3/s$
- Bruttogefälle H_{brutto} = 340m
- Nettogefälle H_{netto} = 320m
- Maximale Leistung ab Trafo P_{el} max = 1.3MW
- Jahresenergie 2.7GkWh

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Kostenschätzung wird auf der gleichen Grundlage wie für das Kraftwerk Brändjibach erstellt. Die Gesamtkosten der neuen Wasserkraftanlage L2: Meidbach werden wie folgt geschätzt (in CHF):

Tabelle 5: *Kostenschätzung Kraftwerk L2: Meidbach (Kostengenauigkeit ±25%)*

A	Tirolerfassung und Kiesfang Bluomattbach	180'000
B	Tirolerfassung und Sandfang Meidbach	390'000
C	Zuleitung bis Sandfang Meidbach DN 400, L=1000m	958'000
D	OW-Kanal DN 500, L=220m und OW-Becken	331'000
E	Druckleitung DN 400, PN 6 bis PN 40, L=650m	837'000
F	Maschinenhaus	420'000
G	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 1300kW	1'803'000
H	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	660'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**5'579'000**
	MWSt. 7.6%	424'004
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**6'000'000**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 4620.- / kW.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden wie beim KW Brändjibach geschätzt.

Bei diesem Standort handelt es sich um ein Kleinwasserkraftwerk ausserhalb der bestehenden Konzessionen für die Grossanlagen. Zudem liegt die mittlere Bruttoleistung unter 1MW und die Wasserzinsabgaben entfallen. Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 1300kW-Anlage von rund CHF 69'000.- / a. Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 2.7 GWh Gestehungskosten von Rp. 18/kWh berechnen (ohne Wasserzinsabgaben). Der Vergleich mit den Einspeisevergütungen gemäss der neuen Energieverordnung EnV und den übrigen Ausbauvarianten wird im Kapitel 11 geführt.

Kraftwerk L3: Frilibach und Meidbach kombiniert

WASSERDARGEBOT

Das Wasserdargebot der bestehenden Bluomatt-Zuleitung sowie der Meidbaches und Bluomattbaches wurden in den vorangehenden Kapiteln geschätzt. Nachfolgende Dauerabflusskurve (Bild 23) zeigt die Summe dieser Zuflüsse:

Interessant ist die zusätzliche Beileitung von rund 4.5 Mio. m^3 pro Jahr aus den Meid- und Bluomattbach ($E=6.2km^2$) nicht wegen des kleinen nutzbaren Gefälles von knapp 40m am Turtmann-Stausee, sondern deren Nutzung in den Gefällsstufen Mottec, Vissoie und Navisence im Eifischtal. Mit einem Bruttogefälle von 1606m und einem Gesamtwirkungsgrad von 84% können mit dieser zusätzlichen Beileitung aus dem Turtmanntal rund 16.2 GWh / a produziert werden.

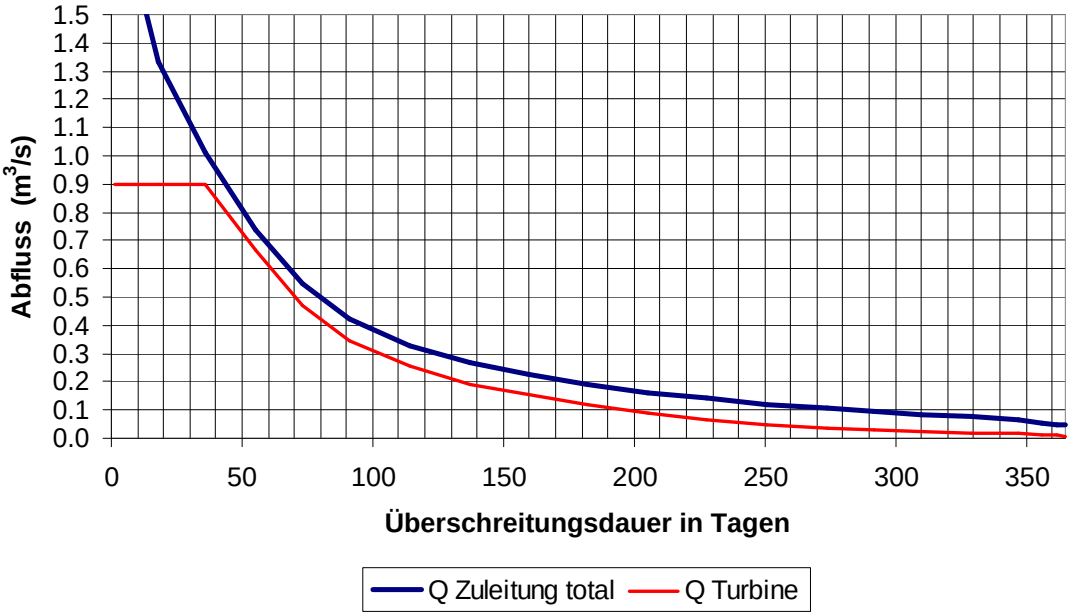

Bild 23: *Dauerabflusskurve der Bluomatt-Zuleitung sowie des Meidbaches und Bluomattbaches, E=11.4km^2 sowie der gewählten Ausbauwassermenge des Kraftwerks L3 von Q_A=0.90m^3/s bei einer Restwasserdotierung von 60l/s am Meidbach / Bluomattbach und 12 l/s am Säntumbach / Frilibach.*

Diese zusätzliche Beileitung von rund 4.5 Mio. m^3 geht den Kraftwerken Turtmann und Oberems der Argessa AG verloren. An der Turtmänna-Fassung in Hübschweidli (E=95km^2) werden jährlich 50.6 Mio. m^3 gefasst. Das zusätzlich ins Eifischtal umzuleitende Wasser aus dem Einzugsgebiet des Meid- und Bluomattbaches macht damit weniger als 9% aus. Gemäss einer Vereinbarung zwischen den FMG SA und der Argessa AG – siehe Ref. [4] – sind diese Verluste zu entschädigen, und zwar dann, wenn die im Kraftwerk Turtmann der Argessa ausnützbare Wassermenge den Wert von 1.3m^3/s unterschreitet. Die dabei zu restituierende Energiemengen werden mit einem spezifischen Energieerzeugungskoeffizient von 1.603 kWh/m^3 entschädigt.

Bild 25 zeigt, dass der zur Entschädigung berechtigende Zustand nur selten eintritt. Als Entschädigung werden im Rahmen der vorliegenden Studie rund 700'000kWh / a in die

Wirtschaftlichkeitsrechung einbezogen[2]. Die Nettoerzeugung durch die neue Beileitung reduziert sich damit auf 15.5 GWh / a.

[2] Eine genaue Berechnung muss auf der Grundlage von Tagesmittelabflüssen an der Fassung Hübschweidli vorgenommen werden, was jedoch erst im Rahmen eines Vorprojekts erfolgen sollte.

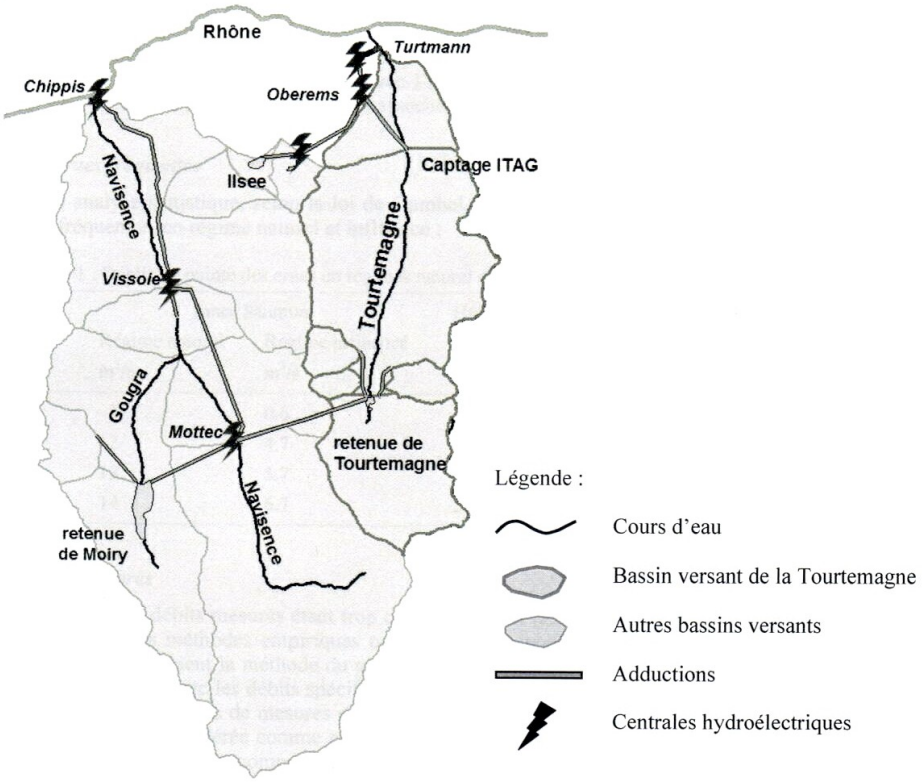

Bild 24: *Einzugsgebiete der Turtmänna, E=110km^2 und des Eifischtals (beachte: „captage I-TAG" = Fassung Argessa in Hübschweidli)*

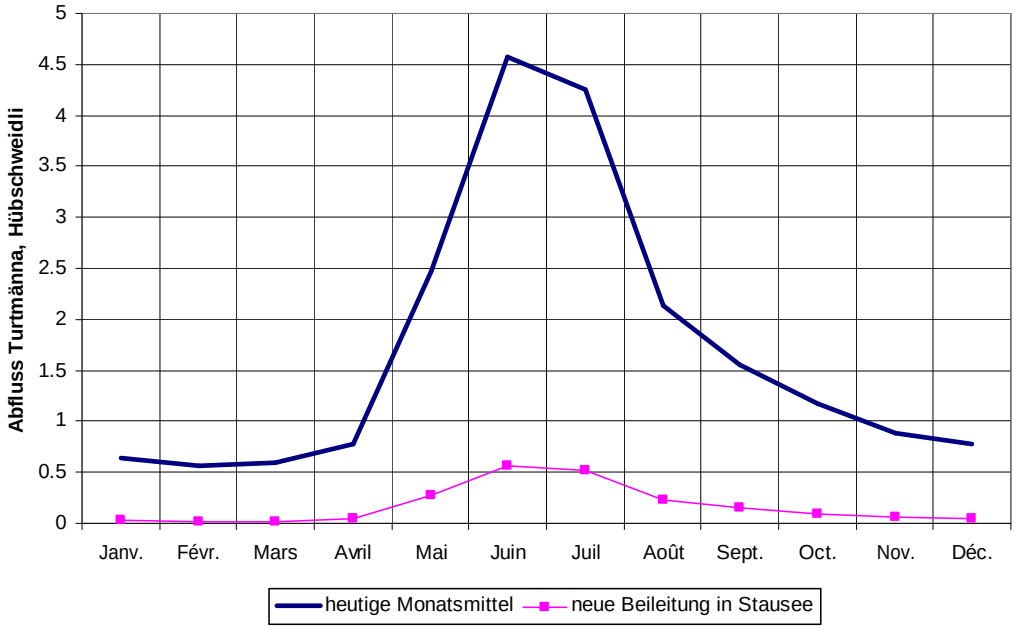

Bild 25: *Monatsmittelabflüsse der Turtmänna gemäss Ref. [1] unweit der Fassung ARGESA, (Kraftwerk Turtmann), welche nur ein Schluckvermögen von 2.6m^3/s besitzt.*

KRAFTWERKSANORDNUNG

Die Anordnung des Kleinkraftwerks an der Stauanlage Turtmann wäre identisch mit Variante L1, jedoch mit einer Ausbauwassermenge von 900 l/s statt nur 420 l/s.

Für die Beileitung aus dem Meidbach und Einzugsgebiet Bluomatt sind neue Fassungen und Zuleitungen zu erstellen, die höhenmässig so gestaltet werden, dass das Wasser gravitätisch in die best. Fassung am Säntumbach geleitet werden kann.

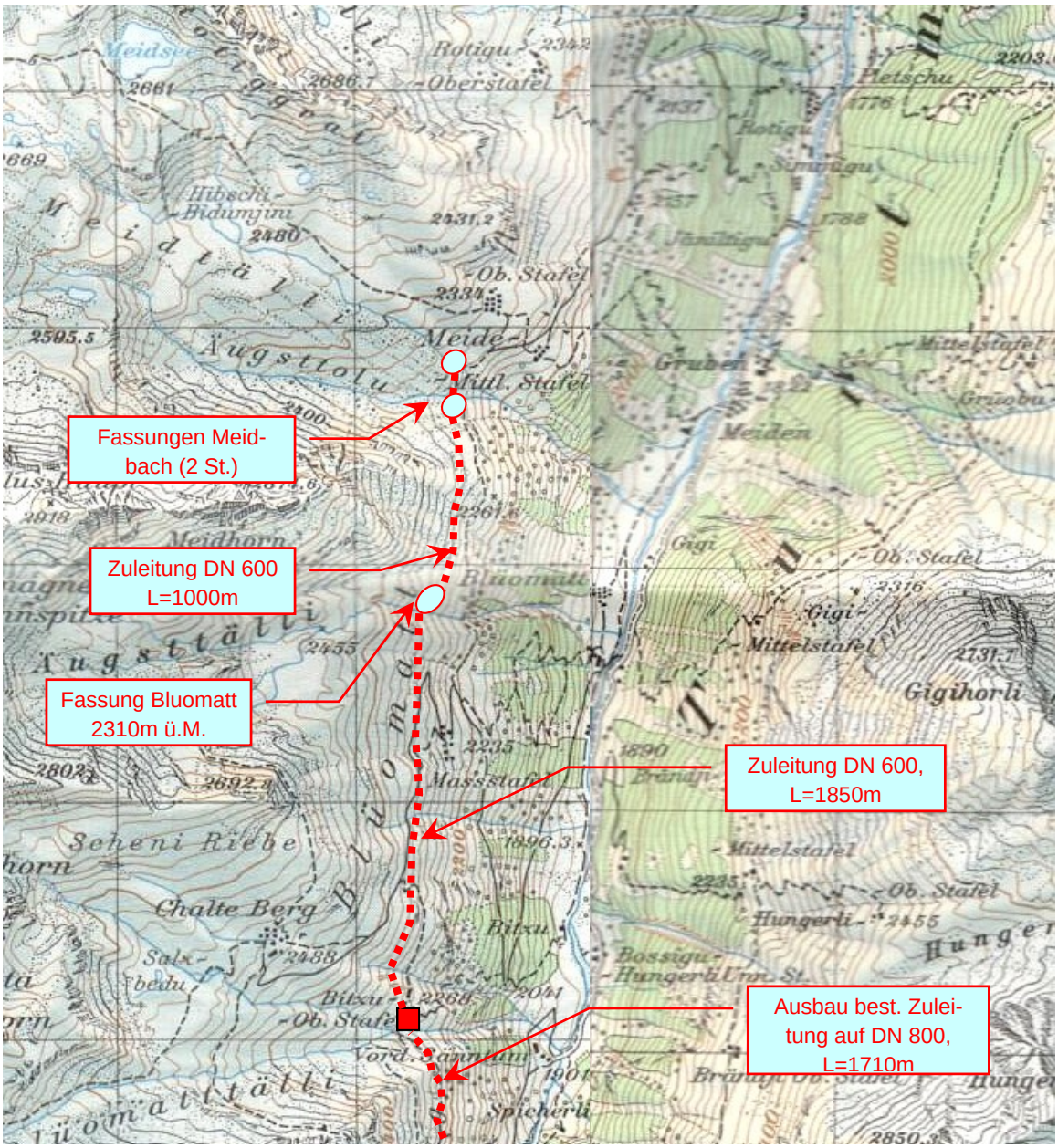

Bild 26: *Generelle Anordnung der Beileitung vom Meidbach und Bluomattbach.*

TECHNISCHE AUSGESTALTUNG

Die Kapazität der bestehenden Bluomatt-Zuleitung ist im Abschnitt Säntumbach bis Frilibach auf ca. 710 l/s beschränkt (Wassertiefe 44cm, Fliessgeschwindigkeit im DN 600-Rohr bis 3.3m/s). Vom Säntumbach (E=3.4km^2) werden an 20 Tagen pro Jahr bereits heute bis 350 l/s über diese DN 600-Leitung, i=1.6% ins Reservoir Turtmann geleitet. Um die optimale Ausbauwassermenge vom Meidbach von ca. 600 l/s dem Turtmann-Stausee zuzuführen, ist ein Ausbau dieses Zuleitungsabschnitts nötig. Dasselbe gilt für den bestehenden Abschnitt Frilibach bis Turtmann-Stausee, welcher eine Kapazität von

ca. 800 l/s aufweist (DN 600, i=2.0%, Wassertiefe 44cm, Fliessgeschwindigkeit im bis 3.4m/s) während 600l/s an rund 20 Tagen im Jahr plus 500 l/s = 1.1m^3/s beigeleitet werden sollten.

Die Aufteilung der Investitionen für die Kleinwasserkraftanlage und die neue Beileitung zur Nutzung im Eifischtal (best. Kraftwerkskette Mottec – Vissoie – Navisence) sieht wie folgt aus:

Kleinwasserkraftanlage L3:

- Oberwasserbecken cum Sandfang: Länge 23m, Breite 2.60m, Höhe 2.0m (Grenzkorn 0.3mm; Entsanderanlage Typ Büchi zum intermittierenden Spülen).
- Druckleitung GFK DN 900, PN 6, L=160m, erdverlegt und einbetoniert.
- Maschinenhaus aus Beton, L x B x H = 6.0m x 5.0m x 3.5m, von zwei Seiten angeschüttet / erdüberdeckt; mit elektrischem Seilzug mit Laufkatze, an Kranschiene an Decke fixiert, Nutzlast 3 to.
- Maschinensatz:
  - Francis-Spiral-Turbine, horizontal-achsig, H_n=39m (max. 45m, min. 33m, Q_A=900 l/s, P_{mech} = 310kW, Laufraddurchmesser 500mm, Drehzahl 600min^{-1},
  - Absperrklappe DN 600, PN 6
  - Synchrongenerator direkt-gekoppelt, Drehzahl 60min^{-1}, 330kVA
  - Transformator 400kVA, 0.4 / 16kV
- Anschlussrohr GFK DN 800 PN 6, L=55m an Druckstollen Mottec, Anpassung Panzertüre DN 1800
- Energieableitung: Erdkabel 16kV bis Schieberkammer über der Fassung der Stauanlage Turtmann, L=150m
  (ab Schieberkammer bis zur Zentrale in Mottec – 6.2km – kann das bestehende Mittelspannungskabel 3 x 25mm^2 Al genutzt werden, welches mit der Maximalleistung von 300kW nicht übermässig belastet wird; Kapazität 1MW).
- Nutzung der best. Zufahrtsstrasse zum Fensterstollen Turtmann

Beileitung zum Turtmann-Becken und zur Kraftwerkskette

- Wasserfassungen (2 St.) Typ Tirolerwehr mit Kiesfang im Meidbach (E=3.65km^2) auf Kote 2270m ü.M für Q total =450l/s: Bachbreite 5m, Rechenbreite 1.5m, Rechenlänge 2.6m
- Wasserfassung Typ Tirolerwehr u. anschliessendem Kiesfang im Bluomattbach (E=1.9km^2) auf Kote 2260m ü.M für Q=175l/s: Bachbreite 5m, Rechenbreite 1.0m, Rechenlänge 1.6m
- Überleitung für Q=600 l/s zum best. Kiesfang der Säntumbachfassung GFK-Rohr DN 600, L=2850m, erdverlegt, einbetoniert

- Ausbau der best. Bluomatt-Zuleitung mit GFK-Rohr DN 800, L=1710m.

Die Kleinwasserkraftanlage muss an ca. 175 Tagen pro Jahr abgestellt werden, da im Winter wegen den recht hohen Restwasserdotierungen praktisch kein Wasser mehr für die Wasserkraftnutzung zur Verfügung steht. Während der Betriebszeit von 190 Tagen werden noch ca. 3 Tage Ausfall für Reparaturen / Revisionen und während Hochwasserereignissen in Rechnung gestellt. Auch ein Eigenbedarf für die Steuerung und die Hydraulikaggregate von 200W permanent werden noch berücksichtigt.

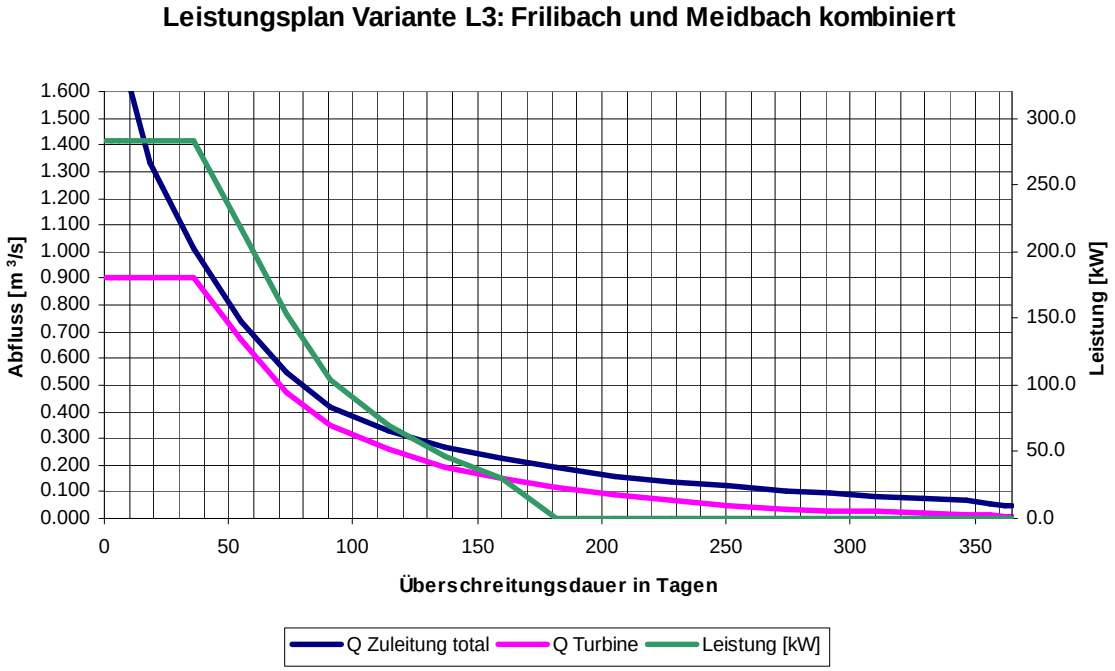

Bild 27: *Leistungsplan des Kraftwerks L3: Frilibach und Meidbach kombiniert; die Anlage muss im Durchschnitt an ca. 190 Tagen pro Jahr abgestellt werden.*

Die technischen Daten des Kraftwerks L3: Frilibach und Meidbach kombiniert lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Ausbauwassermenge $Q_A = 0.90 m^3/s$
- Restwasserdotierung Q_{rest} = 60 l/s (am Meid- und Bluomattbach, 12 l/s an übrigen)
- Mittlere turbinierbare Abflussmenge $Q_m = 0.253 m^3/s$
- Bruttogefälle H_{brutto} = 42m im Mittel
- Nettogefälle H_{netto} = 39m im Mittel
- Maximale Leistung ab Trafo P_{el} max = 290MW
- Jahresenergie 0.59GkWh

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Gesamtkosten der **Kleinwasserkraftanlage L3** lassen sich wie folgt schätzen:

Tabelle 6: *Kostenschätzung Kraftwerk L3: Frilibach und Meidbach kombiniert (Kostengenauigkeit ±25%)*

A	Oberwasserbecken und Sandfang	310'000
B	Druckleitung DN 700, PN 6, L=160m	447'000
C	Maschinenhaus	240'000
D	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 290kW	695'000
E	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	350'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**2'042'000**
	MWSt. 7.6%	155'192
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**2'197'000**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 7580.- / kW.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden wie beim KW Brändjibach geschätzt.

Wie bei der Zuleitung Brändjibach müssen auch hier Wasserzinsabgaben eingerechnet werden. Mit einem Bruttogefälle von 42m und einem mittleren turbinierbaren Abfluss von 253 l/s ergibt sich eine abgabepflichtige Bruttoleistung von rund 104kW und jährliche Zinsabgaben von knapp CHF 8500.--.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt der 290kW-Anlage von rund CHF 44'000.- / a. Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 0.59GWh Gestehungskosten von Rp. 34/kWh berechnen (ohne Wasserzinsabgaben Rp. 32.5/kWh). Der Vergleich mit den Einspeisevergütungen gemäss der neuen Energieverordnung EnV und den übrigen Ausbauvarianten wird im Kapitel 10 geführt.

Die Gesamtkosten für die Überleitung gemäss obigem Beschrieb sind schwierig zu schätzen, da auf den rund 4.5km Hangleitung sehr viele Unsicherheiten herrschen, die nur durch eine Feldbegehung begrenzt werden können. Aufgrund einer vorsichtigen Schätzung inkl. Hangsicherungen können die Gesamtkosten für die 2 Wasserfassungen und die 4.5km Hangleitung mit rund CHF 9.5 Mio. angegeben werden. Mit einer Amortisationsdauer von 40 Jahren bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 5% lassen sich **bei einer Jahresproduktion von 15.5GWh Gestehungskosten von rund Rp. 8/kWh** errechnen. Dabei sind die Wasserzinsen für eine mittlere Bruttoleistung von 2.25MW (CHF 80'000.-) eingerechnet, hingegen ist noch kein Anteil an die Betriebs- und Unterhaltskosten der Kraftwerkskette Mottec – Visoie – Navisence berücksichtigt.

Mit diesen Gestehungskosten ist die Beileitung des Meidbaches und des Bluomattbaches in die Stauanlage Turtmann attraktiv. Damit wird automatisch die Variante L2 – Turbinieren dieser Bäche in Gruben – nicht möglich.

Variantenvergleich und Wahl der Bestvarianten

ZUSAMMENSTELLUNG

Die Resultate der Variantenstudie können wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle 7: *Gegenüberstellung der Varianten rechte Talseite*

	R1 Brändjibach	***R2 Pipjibach***	***R3 Kombination***
Elektrische Nennleistung	400kW	680kW	810kW
Ausbauwassermenge	0.35m^3/s	0.325m^3/s	0.70m^3/s
Bruttofallhöhe	152m	272 m	152m
Nettofallhöhe	144m	257m	145.5m
Investitionskosten geschätzt inkl. MWSt.	CHF 2.1 Mio.	CHF 3.1 Mio.	CHF 4.5 Mio.
Jährliche Produktionserwartung	0.975 GWh	1.64 GWh	1.96 GWh
Gestehungskosten bei i=5% und n=25 Jahre	Rp. 20/kWh	Rp. 18/kWh	Rp. 20.5/kWh
Gestehungskosten ohne Wasserzinsabgaben	Rp. 19/kWh	Rp. 16.5/kWh	Rp. 19/kWh

Tabelle 8: *Gegenüberstellung der Varianten linke Talseite*

	L1 Frilibach	***L2 Meidbach***	***L3 Kombination***
Elektrische Nennleistung	132kW	1300kW	290kW
Ausbauwassermenge	0.42m^3/s	0.50m^3/s	0.90m^3/s
Bruttofallhöhe	42m	340m	42m
Nettofallhöhe	39m	320m	39m
Investitionskosten geschätzt inkl. MWSt.	CHF 1.47 Mio.	CHF 6.0 Mio.	CHF 2.2 Mio.
Jährliche Produktionserwartung	0.28 GWh	2.7 GWh	0.59 GWh
Gestehungskosten bei i=5% und n=25 Jahre	Rp. 47/kWh	Rp. 18/kWh*	Rp. 34/kWh
Gestehungskosten ohne Wasserzinsabgaben	Rp. 46/kWh	-	Rp. 32/kWh

* bereits ohne Wasserzinsabgabe, da neue Konzession und <1MW mittlere Bruttoleistung

Varianten R2 und L2 wären am attraktivsten, wenn die Einspeisetarife für alle Kleinwasserkraftwerke identisch wären. Mit der neuen Gesetzgebung im Energiebereich, die im Jahre 2008 in Kraft tritt, ist dies jedoch nicht der Fall. Die Marktchancen müssen für jede Variante separat berechnet und die Wirtschaftlichkeit individuell bestimmt werden.

MARKTCHANCEN UND WAHL DER BESTVARIANTE

Das neue Stromversorgungsgesetz enthält mit der Revision des Energiegesetzes auch ein Paket von Vorschriften zur Förderung der erneuerbaren Energien, insbesondere der Wasserkraft. Hauptpfeiler ist dabei die kostendeckende Einspeisevergütung. Mit ihr soll der Strom aus neuen Kraftwerken, die erneuerbare Energien nutzen (Wasserkraftwerke bis 10 MW), mit einer nach einer Referenzanlage bestimmten Vergütung entschädigt werden. Jährlich sollen für die neuen Fördermassnahmen des Energiegesetzes rund 320 Millionen Franken zur Verfügung stehen.

Das Stromversorgungsgesetz (inkl. Revision des Energiegesetzes) wurde am 3. April 2007 im Bundesblatt publiziert. Das Bundesamt für Energie (BfE) hat die Verordnungen zum Stromversorgungsgesetz (StromVV) bzw. zum Energiegesetz (EnV) erarbeitet. Diese Verordnungen wurden im Juli in die Vernehmlassung gegeben. Das Gesetz und die Verordnungen werden im Jahr 2008 in Kraft gesetzt. Entschädigungen gemäss kEV werden ab 2009 ausbezahlt.

Gemäss Richtlinie/ Vollzugshilfe Anhang 1.1 der Energieverrdnung bezüglich den kostendeckenden Einspeisevergütungen kEV sollen zusätzlich zu einer Grundvergütung, die sich nach der mittleren Kraftwerksleistung (Jahresenergie durch Jahresstunden) richtet, auch Boni für niedrige Fallhöhen sowie für Neuanlagen mit viel Wasserbau und langen Druckleitungen ausgeschüttet werden. Diese Vergütung wird nicht als Mittelwert von Sommer-/ Winter- und Hoch-/ Niedertarifen berechnet, sondern bleibt übers Jahr konstant.

Für die Referenzanlagen lassen sich folgende Vergütungen berechnen:

Tabelle 9: *Einspeisevergütungen gemäss kEV*

	R1 Brändjibach	***R2 Pipjibach***	***R3 Kombination***
Elektrische Nennleistung	400kW	680kW	810kW
Bruttofallhöhe	152m	272m	152m
Jährliche Produktionserwartung	0.975 GWh	1.64 GWh	1.96 GWh
Gestehungskosten bei i=5% und n=25 Jahre	Rp. 20/kWh	Rp. 18/kWh	Rp. 20.5/kWh
Einspeisevergütung	Rp. 21/kWh	Rp. 19/kWh	Rp. 19/kWh
Ertragsüberschuss pro Jahr	CHF 10'000.--	CHF 16'400.--	-
Ertragsüberschuss pro Jahr (ohne Wasserzinsen)	CHF 20'000.--	CHF 41’000.--	-

Tabelle 9 zeigt, dass die gemeinsame Nutzung der rechten Zuflüsse in einer Anlage nicht rentabel ist und nur die individuellen Nutzungen R1 & R2 kostendeckend betrieben werden können.

Tabelle 10: *Einspeisevergütungen gemäss kEV*

	L1 Frilibach	***L2 Meidbach***	***L3 Kombination***
Elektrische Nennleistung	132kW	1300kW	290kW
Bruttofallhöhe	42m	340m	42m

Jährliche Produktionserwartung	0.28 GWh	2.7 GWh	0.59 GWh
Gestehungskosten bei i=5% und n=25 Jahre	Rp. 47/kWh	Rp. 18/kWh	Rp. 34/kWh
Einspeisevergütung	Rp. 29/kWh	Rp. 17.5/kWh	Rp. 25/kWh
Ertragsüberschuss pro Jahr	-	-	-
Ertragsüberschuss pro Jahr (ohne Wasserzinsen)	-	-	-

Tabelle 10 zeigt, dass die Kleinwasserkraftwerke L1 bis L3 keine positive Rendite generieren.

Zusätzliche Varianten

VARIANTE L3^{BIS} UND L3^{TIERCE}: ÜBERLEITUNG MEIDBACH UND BLÜOMATTBACH IN DIE STAUANLAGE TURTMANN

Die Variante L3 zeigte schwierige geologische und geotechnische Bedingungen entlang der Hangleitungstrasse vom Meidbach bis zur bestehenden Fassung am Sänntumbach. Es konnte keine eindeutige Empfehlung abgegeben werden, ob die Variante L3 überhaupt technisch machbar wäre oder nicht.

Die Bauherrschaft verlangte eine detaillierte Abklärung durch einen erfahrenen Geologen der IG AF-Colenco / BINA im Felde und eine Neuberechnung der Kosten.

Diese Berichte sind als Beilagen 15 und 16 eingefügt.

Es zeigt sich, dass die Überleitung der Bäche Meidbach und Bluomattbach in die Stauanlage Turtmann und die nachfolgende Nutzung dieses Wassers in der Kraftwerkskette Mottec – Vissoie – Navisence zu Gestehungskosten zwischen 13 Rp. / kWh und 15 Rp. /kWh führt. Da für diese Nutzung der kEV nicht anwendbar ist, muss der Strom zu Marktpreisen verkauft werden können. Damit können diese Varianten L3 nicht gewinnbringend betrieben werden. Eine Weiterbearbeitung wird deshalb vorläufig nicht empfohlen.

VARIANTE BRUNEGGBACH: VORSTUDIE

Im Rahmen der Kleinwasserkraftentwicklung im oberen Turtmanntal beauftragte die Bauherrschaft die IG AF-Colenco AG / BINA SA mit der Abklärung der Machbarkeit einer Nutzung des Bruneggbaches.

Der Bruneggbach kann entweder zum Pipjibach ausgeleitet und dort in Kombination mit dem Kraftwerk R2: Pipjibach genutzt oder als eigenständige Anlage am Stausee Turtmann gebaut werden. Die Ergebnisse dieser Vorstudie sind Beilage 17 entnehmen.

Es zeigt sich, dass keine der untersuchten Varianten wirtschaftlich attraktiv ist. Darüber hinaus gibt es technische Risiken (Permafrost) und Vorbehalte der Gemeinde Turtmann, die eine Weiterbearbeitung dieser Varianten Bruneggbach als nicht sinnvoll erscheinen lassen.

VARIANTE GRB - AGB: VORSTUDIE FÜR DIE NUTZUNG DES GEFÄLLES ZWISCHEN DEM GESCHIEBERÜCKHALTEBECKEN UND DER STAUANLAGE TURTMANN

Die Bauherrschaft FMG plant, die Sedimente vom Geschieberückhaltebecken um die Stauanlage Turtmann herum direkt in die Turtmänna zu leiten. Dieser Bypass mit Wasserfassung und Entlastungsbauwerk könnte mit einer Kleinwasserkraftanlage ergänzt werden, welche die Fallhöhe zwischen dem Geschieberückhaltebecken und der Stauanlage Turtmann nutzt.

Auf Verlangen der Bauherrschaft wurde eine Vorstudie für eine solche Anlage erstellt. Diese ist in Beilage 18 dargestellt.

Es lassen sich pro Jahr 0.875 GWh zu Gestehungskosten von rund Rp. 20/kWh erzeugen. Die Wirtschaftlichkeit dieses Projekts ist vor allem dank der neuen Einspeisevergütung kEV und der gleichzeitigen Ausführung einer Geschiebeumleitung mit integrierter Hochwasserentlastung am Geschieberückhaltebecken gegeben.

Umweltaspekte der identifizierten Varianten

INSTALLATION SOUMISES A L'EIE

Selon l'article 10a de la loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (LPE, état le 1er juillet 2007) :

1. Avant de prendre une décision sur la planification et la construction ou la modification d'installations, l'autorité examine le plus tôt possible leur compatibilité avec les dispositions en matière d'environnement.

2. Doivent faire l'objet d'une étude de l'impact sur l'environnement (étude d'impact) les installations susceptibles d'affecter sensiblement l'environnement, au point que le respect des dispositions en matière d'environnement ne pourra probablement être garanti que par des mesures spécifiques au projet ou au site.

3. Le Conseil fédéral désigne les types d'installations qui doivent faire l'objet d'une étude d'impact; il peut fixer des valeurs seuil. Il vérifie périodiquement les types d'installation et les valeurs seuil, et les adapte le cas échéant.

Selon l'article 4 de l'Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE) du 19 octobre 1988 (Etat le 9 janvier 2007): „Les installations nouvelles sont soumises à une étude de l'impact sur l'environnement (EIE) au sens de l'art. 10a de la LPE si elles correspondent à l'une des définitions données en *annexe*".

Selon l'*annexe* de l'OEIE, chapitre 3 „les mesures telles que telles que: endiguements, corrections, construction d'installations de rétention des matériaux charriés ou des crues, lorsque le devis excède 15 millions de francs sont soumises à une étude de l'impact sur l'environnement au sens de l'art. 10a de la LPE.

Le montant des constructions prévues dans le cadre du présent avant-projet devrait se situer bien en dessous de la limite préconisée par l'OEIE de 15 millions de francs. Dès lors le présent avant-projet n'est pas soumis à la réalisation d'une étude d'impact selon l'art 10a de la LPE.

Selon l'article 4 de l'Ordonnance relative à l'étude d'impact sur l'environnement (OEIE) du 19 octobre 1988 (Etat le 9 janvier 2007): « Lorsque la construction ou la modification d'une installation n'est pas soumise à l'EIE, on applique les prescriptions sur la protection de l'environnement (art. 3)».

La rédaction d'une telle notice d'impact a pour but de s'assurer que le présent avant-projet répond en tous points à la législation environnementale en vigueur.

MATRICE CONCERNANT LES IMPACTS PROBABLES DES VARIANTES SUR L'ENVIRONNEMENT

Le présent chapitre a pour but de mettre en évidence les principales atteintes au niveau environnementales induites par les variantes proposées par Colenco (cf. chapitre ci-dessus). Cette dernière prend en compte les différents domaines environnementaux touchés par les variantes proposées, qui sont présentées dans les chapitres précédents, soit :

- protection de la nature et conservation de la forêt
- protection du paysage naturel et bâti
- protection des eaux (eaux superficielles, eaux souterraines et milieux riverains)
- protection contre le bruit et les vibrations (limitée à la phase du chantier)
- protection des sols et déchets
- Chasse et pêche
- Prévention en cas d'accidents majeurs

La quantification des impacts prévisibles liés aux variantes préconisées a été réalisée selon l'échelle suivante :

- Pas voire, très peu d'effet (4)
- impact limités (3)
- impacts importants (2)
- impacts très importants (1)

Cette analyse se base sur une notification qualitative des impacts dans la mesure où certaines données permettant de déterminer la valeur écologique de milieux touchés ne sont pas encore disponibles.

Seuls les variantes économiquement intéressantes ont été prises en compte dans la présente pesée des intérêts écologiques. Il s'agit des suivantes :

En rive droite de la Turtmänna :

- R1 / Brändjibach
- R2 / Pipjibach
- R3 / combinaison du Brändjibach et Pipjibach

En rive gauche de la Turtmänna :

- L2 / Meidbach
- L3 bis / combinaison avec retour de l'eau vers le bassin de Tourtemagne

Les zones de protection du paysage suivantes ont été recensées dans le périmètre d'étude :

- Une zone de protection du paysage d'importance cantonale a été délimitée le long de tout le Turtmanntal, du village d'Oberems au Bishorn. Les buts recherchés par cette zone de protection sont de maintenir l'exploitation traditionnelle des alpages et d'éviter la réalisation de nouvelles routes de dessertes forestières (**LK50**).
- La Turtmänna, ses berges et l'ensemble de ses affluents ainsi que les lacs de montagne et leurs rives sont intégrés dans une zone de protection du paysage d'importance régionale (**LR**). Cette zone a pour but d'éviter toute intervention au niveau de la Turtmänna et de ses rives et de protéger la végétation riveraine.

Aucune zone de protection de la nature d'intérêt national, cantonal ou régional n'a été recensée au niveau du périmètre d'étude du présent avant-projet.

Tabelle 11: *Bewertungstabelle Umwelt*

Durant la phase des travaux

Variante	Aménagement du territoire	Conservation de la forêt	Protection de la nature	Protection du paysage	Protection des eaux	Protection contre le bruit et les vibrations	Protection des sols et déchets	chasse	Pêche	Prévention en cas d'accidents majeurs	Valeur globale
R1 / Brändji-bach	4	4	3	2	3	2	3	3	4	3	**3.10**
R2 / Pipji-bach	3	4	2	2	3	2	3	3	4	3	**2.90**
L2 / Meid-bach	3	3	2	2	3	2	2	3	4	3	**2.70**
L3 bis	3	4	2	2	3	3	2	3	4	3	**2.90**

Durant la phase d'exploitation

Variante	Aménagement du territoire	Conservation de la forêt	Protection de la nature	Protection du paysage	Protection des eaux	Protection contre le bruit et les vibrations	Protection des sols et déchets	chasse	Pêche	Prévention en cas d'accidents majeurs	Valeur globale
R1 / Brändji-bach	4	4	3	1	4	4	4	4	4	3	**3.5**
R2 / Pipji-bach	4	4	2	2	2*	4	4	4	4	3	**3.3**
L2 / Meid-bach	4	4	2	2	2	4	4	4	4	2	**3.2**
L3 bis	4	4	2	2	2	4	4	4	2	3	**3.1**

* étendue de la concession actuelle à préciser par le canton

VARIANTE R1

Le principal impact de la variante R1 réside dans le choix du tracé en surface de la conduite forcée au niveau de la zone des rochers. Dans une zone de protection du paysage d'importance cantonal, un tel tracé constitue une atteinte importante au niveau des valeurs des éléments paysagers de loin (visible du chemin pédestre longeant le bassin de retenue) et des valeurs paysagères de près (visible du chemin pédestre surplombant le bassin de retenue). Il faut encore mentionner que la conduite forcée prévue devrait de part sa petite taille (Ø 60 cm) ne pas constituer une atteinte trop importante.

Au niveau du domaine de la protection de la nature, on devrait s'attendre à quelques atteintes au niveau de l'implantation de la centrale et le long de la fouille durant la phase des travaux. Les travaux d'excavation liés à la mise en place du dessableur et de la chambre de mise en charge sont prévus au niveau d'une route existante, d'où des atteintes relativement limitées (des relevés floristiques précis devront confirmer cette supposition).

Dans la mesure où la zone humide qui s'étend de l'extrémité de la conduite au lac de retenue est une création artificielle, induite par l'apport d'eau du Brändjibach, l'interruption de l'écoulement durant la période de turbinage (soit environ durant 250 jours) ne devrait pas être considérée comme une atteinte importante (à confirmer par les services).

Concernant la protection contre le bruit, il faudra s'attendre durant la phase des travaux à des émissions importantes dans une zone très prisée par le tourisme journalier estival. Ces émissions sont limitées uniquement à la phase de travaux.

Concernant la protection des sols, l'enterrement de la conduite forcée devrait entraîner durant la phase des travaux des impacts limités le long des versants constitués essentiellement d'éboulis et de matériaux morainiques. La mise en place de la route d'accès à la centrale pourra être disposée sur le canal de dérivation (cf. projet de dérivation des crues) ce qui devrait limiter les impacts à long terme.

Le débit de dotation a été estimé à l'aide des instructions présentées dans la circulaire « débits résiduels convenables- comment les déterminer ? » (Buwal, 2000). Il est à mentionner que dans la mesure où les deux cours d'eau sont déjà captés, et qu'une concession valable existe pour ces derniers, le débit de dotation présenté ci-dessous ne devrait entrer en vigueur qu'à partir de 2039.

Aucune mesure d'assainissement spécifique à ces deux prises d'eau n'a été mise en évidence dans le rapport d'assainissement de la Turtmänna selon l'art. 80 de la LEaux (CEVAP, 10.03.2006). Dès lors et selon toute vraisemblance (à confirmer par le Service des forces hydrauliques et de l'énergie) aucun débit résiduel ne devrait être prévu le long de ces deux prises d'eau.

Le débit d'étiage a été estimé en utilisant la valeur proposée (Buwal, 2000) de 4.9 l/s/km^2 en tenant compte d'un écart type de 2.8 l/s/km^2. Pour les deux prises d'eau existantes situées en rive droite de la Turtmänna dont le bassin versant atteint un surface de 3.6 km^2, le débit d'étiage maximal s'élève à 27 l/s (4.9 l/s/km^2 + 2.8 l/s/km^2). En tenant compte du

fait que ces deux cours d'eau ne sont pas piscicoles, il est possible d'utiliser la dérogation prévue par l'art. 32 lettre b de la LEaux qui mentionne que les cantons peuvent autoriser des débits résiduels inférieurs à ceux prévus par l'art. 31, lorsque « Les prélèvements sont opérés dans des eaux non piscicoles et à condition que le débit restant représente au moins 35 % du débit Q347», soit un débit de dotation maximale de 10 /s.

Dans le présent rapport, un débit de dotation de 10 l/s a été pris en compte pour déterminer la production annuelle d'électricité qui se monte à 975'420 kWh/a. En ne tenant pas compte de ce débit de dotation il serait possible de produire 1'026'497 kWh/a au total, soit 51'077 kWh/a supplémentaire. En tenant compte d'une marge bénéficiaire de 0.006 ct/kWh, on obtiendrait un bénéfice supplémentaire de 306 Sfr/an.

VARIANTE R2

La réalisation de la prise d'eau, du dessableurs nécessite l'achat des terrains correspondants. La mise en place de la conduite forcée nécessite la conclusion d'une servitude.

Le statut du Pipjibach n'étant pas clair (concédé ou pas) pour le Service de forces hydrauliques et de l'énergie, il n'est pas aisé d'estimer clairement les impacts. Dans la mesure où ce dernier est intégré dans la concession existante, il ne devrait pas être nécessaire de mettre en place un débit de dotation jusqu'à l'échéance de la concession actuelle. Dans ce cas de figure, la mise à sec du Pipjibach durant environ 250 jours sur plus de 750 m de longueur entraîne des impacts importants au niveau paysager, au niveau de la protection de la nature ainsi qu'au niveau des milieux riverains (protection des eaux superficielle).

Dans la mesure où selon l'article 32 LEaux une exception est possible, seule une dotation de 10l/s est prévue à partir de cette prise d'eau (cas sans prise en compte de la concession actuelle).

La mise en place de la prise d'eau devrait également engendrer une légère atteinte au niveau des valeurs paysagères de loin (pas de sentier pédestre à proximité du site prévu).

Concernant la protection contre le bruit, il faudra s'attendre durant la phase des travaux à des émissions importantes dans une zone très prisée par le tourisme journalier estival. Ces émissions sont limitées uniquement à la phase de travaux.

Concernant la protection des sols, l'enterrement de la conduite forcée devrait entraîner durant la phase des travaux des impacts limités le long des versants constitués essentiellement d'éboulis et de matériaux morainiques. La mise en place de la route d'accès à la centrale pourra être disposée sur le canal de dérivation (cf. projet de dérivation des crues) ce qui devrait limiter les impacts à long terme.

Une autorisation pour les prélèvements dans un cours d'eau à débit permanent devra être déposée auprès du service de la protection des eaux. Il faudra encore clarifier si un demande de concession est nécessaire dans la mesure où le captage de ce cours d'eau est déjà intégré dans la concession en vigueur actuellement par les FMG (discussion avec les Service de forces hydrauliques et de l'énergie).

Le débit de dotation a été estimé à l'aide des instructions présentées dans la circulaire « débits résiduels convenables- comment les déterminer ? » (Buwal, 2000). Le débit

d'étiage a été estimé en utilisant la valeur proposée (Buwal, 2000) de 4.9 l/s/km^2 en tenant compte d'un écart type de 2.8 l/s/km^2. Pour le Pipjibach, dont le bassin versant atteint un surface de 3.6 km^2, le débit d'étiage maximale s'élève à 27 l/s (4.9 l/s/km^2 + 2.8 l/s/km^2). En tenant compte du fait que ce cours d'eau n'est piscicole, il est possible d'utiliser la dérogation prévue par l'art. 32 lettre b de la LEaux qui mentionne que les cantons peuvent autoriser des débits résiduels inférieurs à ceux prévus par l'art. 31, lorsque « Les prélèvements sont opérés dans des eaux non piscicoles et à condition que le débit restant représente au moins 35 % du débit Q347» », soit un débit de dotation maximale de 10 /s. Il est à mentionner que dans la mesure où ce cours d'eau est déjà capté, et qu'une concession valable existe pour ce dernier, le débit de dotation présenté ci-dessus ne devrait entrer en vigueur qu'à partir de 2039.

Aucune mesure d'assainissement spécifique au Pipjibach n'a été mise en évidence dans le rapport d'assainissement de la Turtmänna selon l'art. 80 de la LEaux (CEVAP, 10.03.2006). Dès lors et selon toute vraisemblance (à confirmer par le Service des forces hydrauliques et de l'énergie) aucun débit résiduel ne devrait être prévu le long du Pipjibach.

VARIANTE L2

Pour les FMG, la mise en place d'une centrale dans la zone de Gruben ainsi que la réalisation des prises d'eau occasionnent l'achat de terrain et la constitution d'un droit de passage pour atteindre la centrale et les prises d'eau. De plus, le pont franchissant la Turtmänna devra être renforcé. De plus il faudra encore éclaircir les modalités concernant la mise en place d'une mini-centrale dans une zone de mayens.

D'un point de vue environnemental, la variante L2 engendre des impacts qualifiés d'important pour la phase de construction et limités pour la phase d'exploitation des installations.

La mise en place de la conduite forcée devrait entraîner un impact important au niveau des massifs forestiers durant la phase des travaux. Une demande de défrichement n'est pas nécessaire pour la pose de la conduite dans la mesure où l'affectation du sol ne change pas mais une servitude devra être conclue avec les propriétaires du terrain.

La mise à sec du cours des cours d'eau suite au captage sur le Blüomattbach et le Meidbach durant plus de 190 jours par année engendre des impacts importants au niveau paysager, de la protection de la nature ainsi qu'au niveau des milieux riverains (protection des eaux).

Une demande de concession concernant le captage des eaux du Blüomattbach et du Meidbach devra être déposée auprès du Service des forces hydrauliques et de l'énergie. De plus une autorisation pour les prélèvements dans un cours d'eau à débit permanent devra être déposée auprès du service de la protection des eaux.

Pour le Meidbach, dont le bassin versant atteint un surface de 3.6 km^2, le débit d'étiage maximale s'élève à 27 l/s (4.9 l/s/km^2 + 2.8 l/s/km^2), alors que pour le Bluomattbach dont le bassin versant atteint une superficie de 1.9 km^2, soit un débit d'étiage de maximal 14 l/s. En tenant compte du fait que ces cours d'eau ne sont pas piscicoles, il est possible

d'utiliser la dérogation prévue par l'art. 32 lettre b de la LEaux qui mentionne que les cantons peuvent autoriser des débits résiduels inférieurs à ceux prévus par l'art. 32, lorsque « Les prélèvements sont opérés dans des eaux non piscicoles et à condition que le débit restant représente au moins 35 % du débit Q347» », soit un débit de dotation maximale de 10 /s pour le Meidbach et de 4 l/s pour le Blüomattbach.

Pourtant il faut encore mentionner que selon l'altitude des prises d'eau (encore à confirmer suite à la visite de terrain), il se pourrait, que la dérogation prévu à l'art. 32 lettre a, que si « sur un tronçon de **1000 m** en aval du point de prélèvement, lorsque le cours d'eau est situé à une altitude supérieure à 1700 m et que son débit Q347 est inférieur à 50 l/s» ne puisse être utilisée, d'où la possibilité de devoir laisser un débit résiduel supérieur à ceux proposés ci-dessus. Dans le cas où il ne serait pas possible de pouvoir faire valoir de la réduction à 35% du Q347, le débit de dotation de chaque cours d'eau devrait s'élever à 50 l/s (à déterminer en accord avec le service de la protection de l'environnement).

VARIANTE L3

La réalisation des 3 prises d'eau, des dessableurs nécessite l'achat des terrains correspondants et la mise sous terre de la conduite d'amenée des eaux vers le bassin de Tourtemagne (conclusion d'une servitude avec les propriétaires des terrains).

La mise à sec du cours des cours d'eau suite aux captages sur le Blüomattbach et Meidbach durant plus de 190 jours par année devrait engendrer des impacts importants au niveau paysager, de la protection de la nature ainsi qu'au niveau des milieux riverains (protection des eaux).

Il est à noter que le tracé de la conduite forcée et la situation précise des prises d'eau sont encore à déterminer. Il est prévu de procéder à une visite des lieux au printemps 2008 de manière à pouvoir proposer une répartition des ouvrages plus en accord avec la topographie.

Durant la phase des travaux, les travaux d'excavations nécessaires à l'enterrement de la conduite devraient générer des impacts importants au niveau du paysage et des valeurs naturelles (à confirmer par des relevés de terrain).

Une demande de concession concernant le captage des eaux du Blüomattbach et du Meidbach devra être déposée auprès du Service des forces hydrauliques et de l'énergie. De plus une autorisation pour les prélèvements dans un cours d'eau à débit permanent devra être déposée auprès du service de la protection des eaux.

La convention passée avec les FMG et Argessa du 30 Mai 2002 prévoit à l'article 3 de restituer l'eau captée par les FMG sous forme d'énergie lorsque les débits mesurés à Tourtemagne sont inférieurs à 1.3 m3/s. la perte d'énergie correspondante s'élève à 700'000 kW/h soit une production de plus de 15.5 GWh/a supplémentaire.

Les réflexions liées aux débits de dotation sont similaires à celles présentées pour la variante L2.

DISCUSSION

La mise en place des différentes variantes prévues devraient engendrer des atteintes dont l'intensité a été estimées et notées selon une échelle allant de 1 (atteintes importantes) à 4 (peu, voire pas d'atteintes).

Les atteintes ont été notées séparément pour la phase de construction et pour la phase d'exploitation des ouvrages.

La variante L2/Meidbach est celle qui met en évidence les atteintes probables les plus importantes lors de la phase de construction (note moyenne de 2.7). Les trois autres variantes présentent des notes moyennes qui correspondent à des atteintes limitées par rapport aux paramètres pris en comptes.

Pour la phase d'exploitation, toutes les variantes étudiées se situent au-dessus de la note moyenne de 3. La mise en service des différentes variantes prévues ne devraient engendrer dès lors que des atteintes qualifiées de limitées au niveau des secteurs environnementaux et de l'aménagement du territoire.

Empfehlung

Die vorliegende Variantenstudie zeigt, dass die Nutzung der rechten Zuleitungen zur Turtmann-Stauanlage mittels individuellen Kleinwasserkraftanlagen Brändjibach und Pipjibach attraktive Projekte ergeben. Auf der linken Talseite ist eventuell die zusätzliche Beileitung des Meidbaches und des Bluomattbaches und deren Nutzung in der Kraftwerkskette Mottec – Visoie – Navisence wirtschaftlich attraktiv, während eine Nutzung vor Ort in Kleinwasserkraftwerken nicht machbar erscheint.

Es wird empfohlen, die folgenden Bestvarianten in einem Vorprojekt näher zu untersuchen:

- R1 Brändibach individuell
- R2 Pipibach individuell (mit grösserem Gefälle)
- Überleitung der Bäche Meidbach und Bluomattbach in die Stauanlage Turtmann und Nutzung in der Kraftwerkskette Mottec – Vissoie – Navisence, sofern die Entwicklung des Strommarktes einen wirtschaftlichen Betrieb bei Gestehungskosten um 13 Rp. / kWh bis 15 Rp. /kWh ermöglicht (für diese Nutzung gilt kEV nicht).

Die Studie IDEALP Ref. [1] vom Oktober 2007 scheint das Wasserdargebot im oberen Turtmanntal möglicherweise zu überschätzen. Es wird empfohlen, die Hydrologie gemäss Ref. [1] zu überprüfen und die Abflüsse der Brändjibach-Zuleitungen und des Pipjibaches über die kommenden Monate kontinuierlich zu messen, um Klarheit über das tatsächliche Wasserdargebot zu erhalten. Am Ergebnis der vorliegenden Variantenstudie (Rangfolge der Varianten, Wahl der Bestvarianten) werden mit grosser Wahrscheinlichkeit die korrigierte Abflussdaten jedoch nichts ändern.

Anlässlich der Sitzung mit der Bauherrschaft vom 9. Juni 2008 wurde entschieden, folgende Standorte auf Stufe Vorprojekt weiterzuverfolgen:

- Standort R1, Kraftwerk Brändjibach
- Standort R2, Kraftwerk Pipjibach

Anlässlich der Sitzung mit der Bauherrschaft vom 16. Juli 2008 wurde entschieden, folgende Standorte vorläufig nicht weiterzuverfolgen und kein Vorprojekt zu erarbeiten:

- Standort L2, Kraftwerk Meidbach (Gruben)

- Variante L3, Überleitung der Bäche Meidbach und Blüomattbach in die Stauanlage Turtmann, inkl. Untervarianten $L3^{bis}$ und $L3^{tierce}$

Teil B: Vorprojekt

Standort R1: Kraftwerk Brändjibach

AUSLEGUNG DER ANLAGE

14.1.1 Übersicht

Die Anlageteile müssten auf eine leicht höhere Wassermenge dimensioniert werden, als in der Variantenstudie definiert. Während die Variantenstudie mit Tagesmittelwerten rechnet, müssten nun im Vorprojekt die Abflussschwankungen im Tagesverlauf durch Sonneneinstrahlung während der Schneeschmelze berücksichtigt werden. Da jedoch noch keine detaillierten Abflussmessungen von der Brändjibach-Zuleitung bestehen, ist die Berücksichtigung dieser Bedingung schwierig. Es wird vorläufig mit der Ausbauwassermenge gemäss Variantenstudie gerechnet.

Im Winter wird die Anlage nicht betrieben. Die Druckleitung wird entleert, so dass keine Schäden durch gefrierendes Wasser entstehen.

Höchste Priorität muss bei der Projektierung des Kraftwerks Brändjibach dem Landschaftsschutz beigemessen werden. Von der häufig begangenen Wanderroute zur Turtmann-Hütte des SAC soll möglichst wenig von der Anlage eingesehen werden können. Die Anlageteile werden deshalb mehrheitlich erdüberdeckt angeordnet.

Die generelle Anordnung des Kraftwerks ist im Situationsplan Beilage 1 und im Längeprofil Beilage 3 dargestellt.

14.1.2 Oberwasserbecken und Sandfang

Der bestehende Kiesfang an der Fassung Brändjibach ist nicht gross genug, um Sand bis ca. 0.25mm auszufällen. Eine Entsanderanlage Typ Büchi zum intermittierenden Spülen ist deshalb unabdingbar, um das Pelton-Laufrad bei einer Fallhöhe von über 140m gegen Abrasion zu schützen. Dieser Sandfang wird in der Berme der bestehenden Hangleitung kurz vor deren Ende angeordnet (siehe nachstehendes Bild). Der Sandfang wird 20m lang, 1.75m breit und min. 1.30m hoch.

Da die bestehende Hangleitung eine Kapazität von 600 l/s aufweist, die Turbine jedoch nur ca. 350 l/s verarbeiten kann, ist zu Beginn des Sandfangs eine seitliche Entlastung in Form eines Streichwehres vorgesehen, welches einen Teil des Überschusswasser am Sandfang vorbei in den Turtmannstausee leitet; der Sandfang wird damit nicht überlastet. Der Sandfang wird mit einer elektrisch betriebenen Spülschütze entleert; während dieser Operation muss die Turbine abgestellt werden. Der Einsatz anderer Systeme, die einen kontinuierlichen Betrieb während des Spülvorganges ermöglichen, wie zum Beispiel:

- Abzugssystem HSR (Sitec, Hochschule Rapperswil)
- Slotted pipe (GTO Sediment AS, Norwegen)
- Serpent sediment-sluicing system (Dr. Hakon Stole, Trondheim)

können während des Bauprojekts noch geprüft werden. Das bekannte Bieri-Entsandersystem mit mechanisch-hydraulisch zu betätigenden Schlitzen in der Sandfangsohle ist zu aufwändig für die vorliegende Aufgabe.

Darüber hinaus ist ein Oberwasserbecken zu erstellen, um:

- ein gewisses Stapelvolumen zu generieren, so dass die Regulierfähigkeit der Turbine gewährleistet wird;
- eine minimale Überdeckung der Druckleitung zu ermöglichen, so dass keine Luft eingezogen wird.

Da das Stapelvolumen (entspricht ca. 30 Sekunden Volllastbetrieb) mit möglichst geringer Wasserspiegelschwankung generiert werden muss, wird eine grosse Wasseroberfläche benötigt. Das Oberwasserbecken wird deshalb mit dem Sandfang kombiniert, welcher bereits eine grosse Wasseroberfläche besitzt. Details dieser Anordnung sind Beilage 2 zu entnehmen.

Bild 28: *Standort des Sandfangs und des Oberwasserbeckens*

14.1.3 Druckleitung

Die Druckleitung sollte aus landschaftsschützerischen Überlegungen auf die gesamte Länge eingegraben werden. Im oberen, sehr steilen Abschnitt ist dies jedoch nicht möglich. Dort wird die Leitung deshalb im bestehenden Couloir verlegt und mit Betonsockeln fixiert. Damit ist die Leitung von den Wanderwegen aus auch kaum sichtbar. Im unteren Teil durchquert die Leitung die Moräne; hier kann sie erdverlegt werden.

Die Leitung besteht im oberen Teil aus Stahl (DN 400, PN 10), L=150m; im unteren Teil aus GFK DN 400, PN16, L=140m erdverlegt und einbetoniert.

Die Normalprofile der Druckleitung sind in Beilage 4 dargestellt.

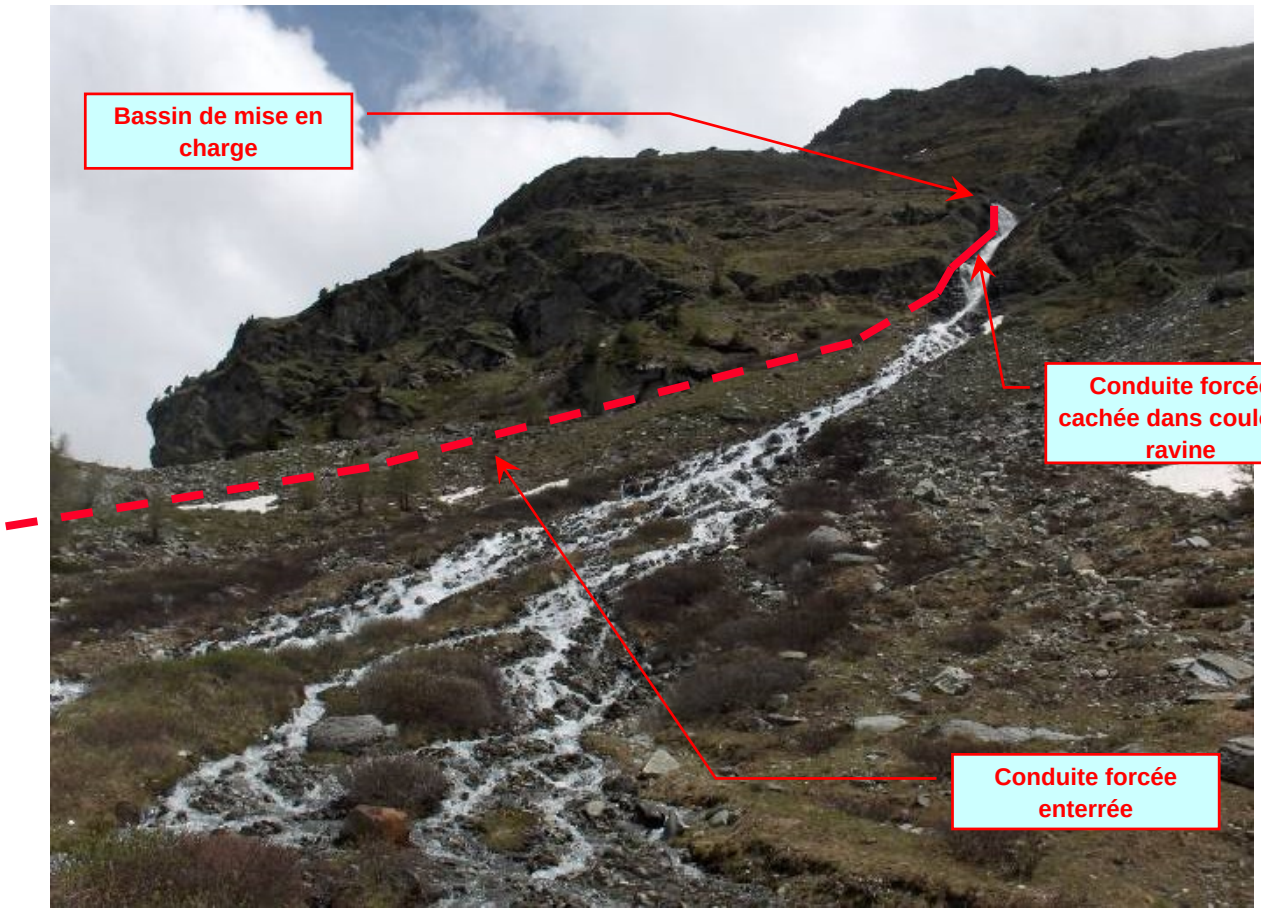

Bild 29: *Vorgesehenes Trasse der Druckleitung*

14.1.4 Maschinenhaus und elektro-mechanische Ausrüstung

Der vorgesehene Zentralenstandort am Seeufer besitzt zurzeit noch keine Zufahrt, sondern kann nur über einen Fussweg erreicht werden. Im Rahmen des Baus einer Hochwasser- und Sediment-Umleitung rechtsufrig des Turtmann-Stausees wird eine Baupiste erstellt, die als permanente Zufahrt vom oberen Ende des Sees bis zur Zentrale genutzt werden kann.

Das Maschinenhaus aus Beton, L x B x H = 8.0m x 7.0m x 3.5m, wird in den Hang hineingebaut und ist auf der Rückseite vollständig und auf den beiden Seitenwänden teilweise erdüberdeckt. Die Montage der Anlage erfolgt mit Hilfe eines elektrischen Seilzugs mit Laufkatze, welche an einer Kranschiene an Decke läuft, Nutzlast 30kN.

Im Unterwasserkanal sind Dammbalken und ein Messwehr angeordnet. Mit Hilfe der Dammbalken kann das turbinerte Wasser entweder in den Stausee oder aber

in den Sediment-Bypass geleitet werden und dort das Spülen von Geschiebe und Sand unterstützen (Verringern der Sedimentkonzentration).

Eine Zufahrtsstrasse kann entlang der projektierten Bypass-Leitung L = 500m erstellt werden, wobei nur ein Ausbau der Baupiste zu einem permanenten Weg im vorliegenden Projekt eingerechnet wird.

Details des Maschinenhauses sind Beilage 5 zu entnehmen.

Bild 30: *Vorgesehener Standort des Maschinenhauses und des Trasses der Druckleitung*

Der Maschinensatz besteht aus den folgenden Komponenten:

- Pelton-Turbine, horizontal-achsig, zwei-düsig, H_n=138m, Q_A=350 l/s, P_{mech} = 425kW, Strahlkreisdurchmesser 800mm, Drehzahl 750min^{-1},
- Absperrklappe DN 300, PN 16
- Synchrongenerator direkt-gekoppelt, Drehzahl 750min^{-1}, 475kVA
- Transformator 0.5MVA, 0.4 / 16kV
- Steuerung, Regelung, Schaltanlage mit einer einfachen Anbindung an das Leitsystem der FMG.

Die Energieableitung erfolgt mittels Erdkabel 16kV bis zur Schieberkammer über der Fassung der Stauanlage Turtmann, Länge = 250m. Ab der Schieberkammer bis zur Zentrale in Mottec – 6.2km – kann das bestehende Mittelspannungskabel 3 x 25mm^2 Al genutzt werden, welches mit der Maximalleistung von 400kW nicht übermässig belastet wird; Kapazität 1MW.

14.2 GRUNDEIGENTÜMER UND DURCHLEITUNGSRECHTE

Das Grundeigentum im Bereich der Anlageteile des Kraftwerks R1, Brändjibach befindet sich nur zum Teil im Besitz der Bauherrschaft FMG (Parz.-Nr. 3328). Wie nachfolgendes Bild zeigt, müssen mit der Munizipalgemeinde Turtmann (Parz.-Nr. 3425) und der Bergschaft Ems, Oberems (Parz.-Nr. 3416) Durchleitungsrechte abgeschlossen werden. Für das Maschinenhaus sollte ein Teil der Parz. 3416 von der Bergschaft Ems erworben werden.

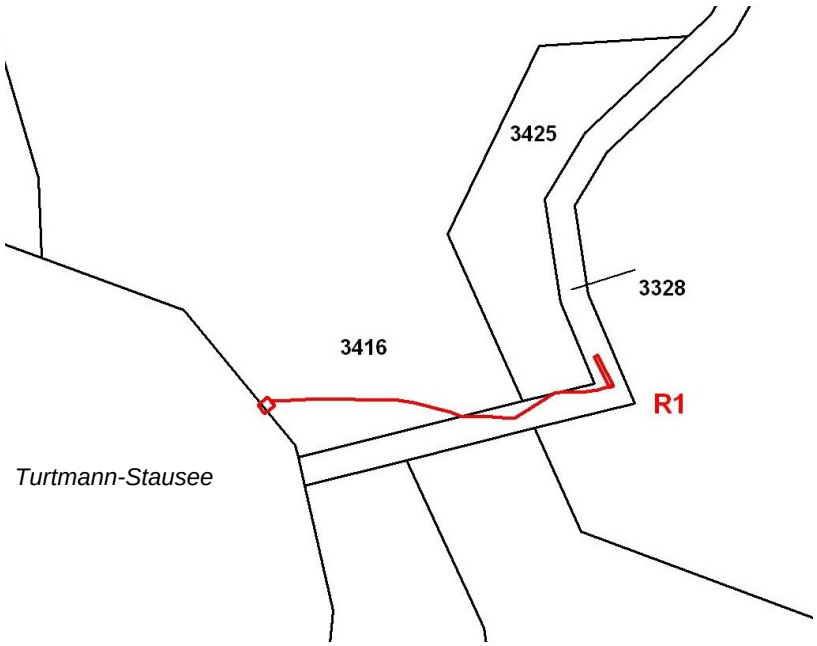

Bild 31: *Grundeigentum im Bereich des Kraftwerks R1, Brändjibach*

14.3 ENERGIEPRODUKTION

Die Anlage muss im Winter an ca. 110 Tagen pro Jahr abgestellt werden, da im Winter weniger als 30 l/s zur Verfügung stehen und die Turbine trotz zwei-düsiger Ausführung damit nicht mehr betrieben werden kann. Der Bau eines vergrösserten Oberwasser-beckens / Sandfangs von ca. 100m^3 Inhalt und ein intermittierender Betrieb bei geringen Zuflüssen lohnt sich nicht: dem Gewinn an zusätzlicher Energie von ca. 40'000kWh (+4%) steht ein Mehraufwand für die Verdoppelung des Inhalts des Oberwasserbeckens von ca. CHF 100'000.-- gegenüber (=> Grenzkosten über Rp. 20/kWh)[3]. Zudem kann die Anlage mit diesem Speicher jeweils nur für 15 Minuten betrieben werden und muss dann wieder abgestellt werden. Dieses häufige Aufstarten und Abstellen ist wenig effizient und belastet die Maschinen unnötig.

Während der Betriebszeit von 250 Tagen werden noch ca. 3 Tage Ausfall für Reparaturen / Revisionen und während Hochwasserereignissen in Rechnung ge-

[3] Die Einspeisevergütung gemäss Energieverordnung EnV (Vernehmlassungsentwurf von Juni 2007) sieht keine Differenzierung in Tages- und Nachtstrom vor, so dass sich auch der Bau eines Tagesspeichers nicht lohnt.

stellt. Auch ein Eigenbedarf für die Steuerung und die Hydraulikaggregate von 200W permanent werden noch berücksichtigt.

Damit lässt sich eine Jahresenergieproduktion von rund 0.975GWh berechnen.

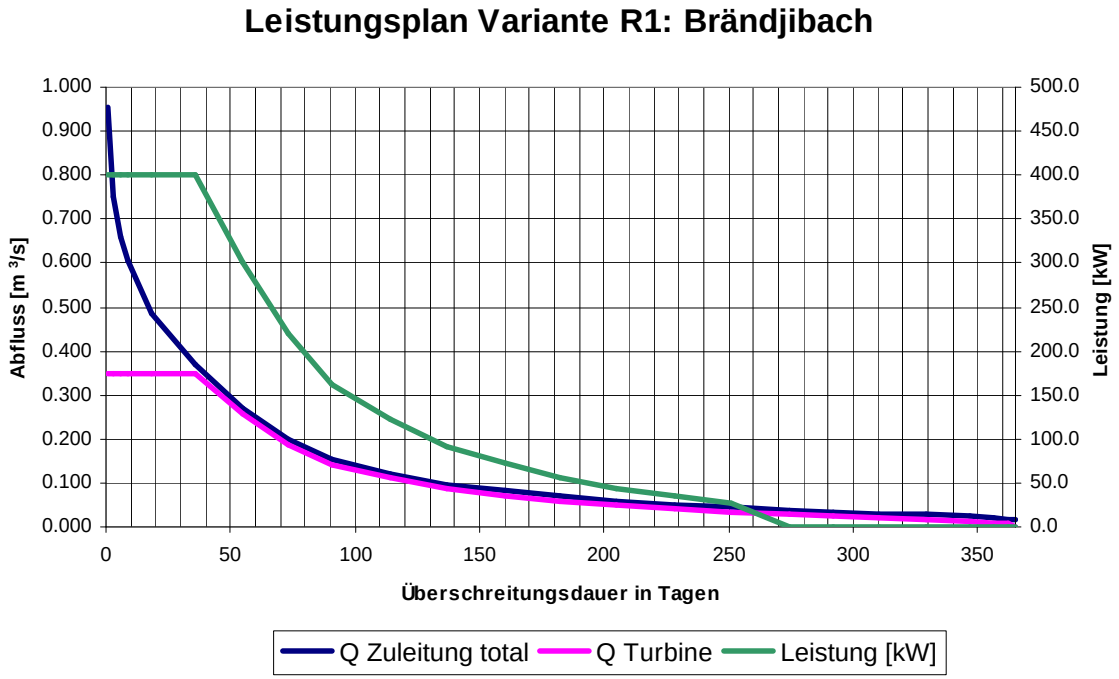

Bild 32: *Leistungsplan des Kraftwerks R1: Brändjibach; die Anlage muss im Durchschnitt an 110 Tagen pro Jahr abgestellt werden*.

14.4 KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Kostenschätzung wurde gegenüber der Variantenstudie noch leicht angepasst (neue Längen der Druckleitung, etc.). Die Gesamtkosten bleiben jedoch praktisch unverändert.

Tabelle 12: Kostenschätzung Kraftwerk R1, Brändjibach

A	Oberwasserbecken und Sandfang	260'000
B	Druckleitung DN 400, PN 16, L=290m	422'000
C	Maschinenhaus	330'000
D	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 400kW	641'000
E	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	320'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**1'973'000**
	MWSt. 7.6%	149'948
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**2'123'000**

Details der Kostenschätzung sind Beilage 11 zu entnehmen.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden im gleichen Sinne wie in der Variantenstudie berechnet. Die Hauptannahmen für die jährlichen Aufwendungen sind:

- 8 Monate Betrieb (Winter abgestellt), Vor-Ort-Inspektionen 1 x pro Woche à 2 Stunden (in Kombination mit Kontrollen an Stauanlage Turtmann) sowie Interventionen bei Pannen (12 Stunden) und 9 Stunden für Winterkonservierung.

- Ersatzteile und Reparaturen für Elektro-mechanische Ausrüstung: 1.5% der Investitionskosten pro Jahr

- Unterhalt und Reparaturen inkl. Korrosionsschutzerneuerungen Stahlwasserbau: 1.0% der Investitionskosten pro Jahr

- Unterhalt bauliche Anlageteile: 0.5% der Investitionskosten pro Jahr

Die Wasserzinsabgaben werden mit einer Bruttofallhöhe von 146m und einer mittleren turbinierbaren Wassermenge von 108 l/s berechnet, was eine mittlere Bruttoleistung von 155kW ergibt. Bei einem Ansatz von CHF 80.--/kW betragen die Abgaben rund CHF 12'000.- pro Jahr.

Für Versicherungen, Administration und Buchhaltung werden weitere CHF 12'000.-- pro Jahr eingesetzt, so dass der Gesamtaufwand für Unterhalt und Betrieb rund CHF 48'000.-- beträgt. Die Annuität der Investition wird gemäss neuer Energieverordnung mit 25 Jahren Abschreibungsdauer und einem Zinssatz von 5% berechnet. Mit einer Jahresenergieproduktion von 0.975GWh lassen sich Gestehungskosten von Rp. 20.4/kWh berechnen. Details dieser Berechnung sind in Beilage 12 dargestellt.

Die Anlage R1, Brändjibach wurde am 2. Mai 2008 bei der Swissgrid zur Aufnahme in die Regelung zur neuen kostendeckenden Einspeisevergütung kEV angemeldet. Die Swissgrid informierte Mitte August 2008, dass wahrscheinlich alle bisher eingegangenen Anmeldungen im Bereich Wasserkraft akzeptiert würden. Die schriftliche Bestätigung steht allerdings noch aus. Die voraussichtliche Einspeisevergütung aufgrund der Vollzugshilfe Kleinwasserkraft Anhang 1.1 EnV wird wie folgt berechnet:

- Jahresproduktion 975’000kWh
- Äquivalente Leistung111kW
- Bruttofallhöhe 146m
- Anteil Wasserbau 59%
- Grundvergütung 17.5 Rp./kWh
- Druckstufenbonus 1.3 Rp./kWh
- Wasserbaubonus 3.6 Rp./kWh
- Total kEV 22.4 Rp./kWh

Die zu erwartende Einspeisevergütung liegt 2 Rp/kWh höher als die Gestehungskosten; es lässt sich ein Ertragsüberschuss von rund CHF 20'000.- pro Jahr berechnen. Die Anlage ist damit wirtschaftlich attraktiv.

Standort R2: Kraftwerk Pipjibach

ANORDNUNG UND AUSLEGUNG DER ANLAGE

Übersicht

Die Hydrologie des Pipjibaches ist nicht genau bekannt. Die erdverlegte Druckleitung wird nach der Fassung zuerst als Hangleitung aus der Gewässerrunse hinausgeführt und unter einem Nebenbach hindurch zu einem Druckschloss geleitet. Von dort folgt sie mehr oder weniger der Falllinie direkt zum Seeufer. Der vorgesehene Zentralenstandort am Seeufer liegt im Bereich des geplanten Sediment-Umleitstollens. Dieser Standort besitzt zurzeit noch keine Zufahrt, sondern kann nur über einen Fussweg erreicht werden. Im Rahmen des Baus einer Hochwasser- und Sediment-Umleitung rechtsufrig des Turtmann-Stausees wird eine Baupiste erstellt werden, die zu einer permanenten Zufahrt von der bestehenden Strasse am Rückhaltedamm bis zur Zentrale ausgebaut werden kann.

Die generelle Anordnung des Kraftwerks ist im Situationsplan Beilage 6 und im Längeprofil Beilage 8 dargestellt.

Wasserfassung

Der Pipjibach ist auf weiten Strecken mit grossen Blöcken überdeckt und das Wasser läuft unterirdisch. Nur im Bereich eines Felsriegels auf 2450m ü.M. fliesst der Bach offen. Hier kann das gesamte Wasser gefasst werden, wenn das Stauwehr sowie ein beidseitiger Dichtungsschirm bis in den Fels eingebunden werden, um die Umläufigkeit zu unterbinden.

Aufgrund des hohen Gefälles des Pipjibaches an dieser Stelle (>32%) wird die Wasserfassung als Tirolerwehr ausgeführt:

- Bachbreite 5m
- Rechenbreite 1.30m
- Rechenlänge 2.2m

Die Wehranlage besitzt neben dem Tirolerrechen noch eine Spülschütze von 1.0m Breite und einen Wehrblock von 3.0m Breite. Die Verbindungsleitung zwischen der Tirolerfassung und dem Sandfang wird mit einem abriebfesten GFK-Rohr DN 600 mit 3% Gefälle ausgeführt, so dass das Geschiebe in den Sandfang gespült wird und die Fassung nicht verstopft.

Der anschliessende Sandfang wird 25m lang und 1.80m breit. Als Grenzkorn wird 0.2mm definiert. Das Längsgefälle des Sandfangs wird mit 6% und 10% speziell für die Tirolerfassung ausgelegt, da mit diesem Typ auch Geschiebe in das System eingezogen wird. Mit der gewählten Entsanderanlage Typ Büchi muss intermittierend gespült werden, was zu einem Unterbruch in der Stromproduktion führt (siehe auch Kommentare Vorprojekt Kraftwerk R1).

Die Wasserfassung mit Sandfang ist in Beilage 7 dargestellt.

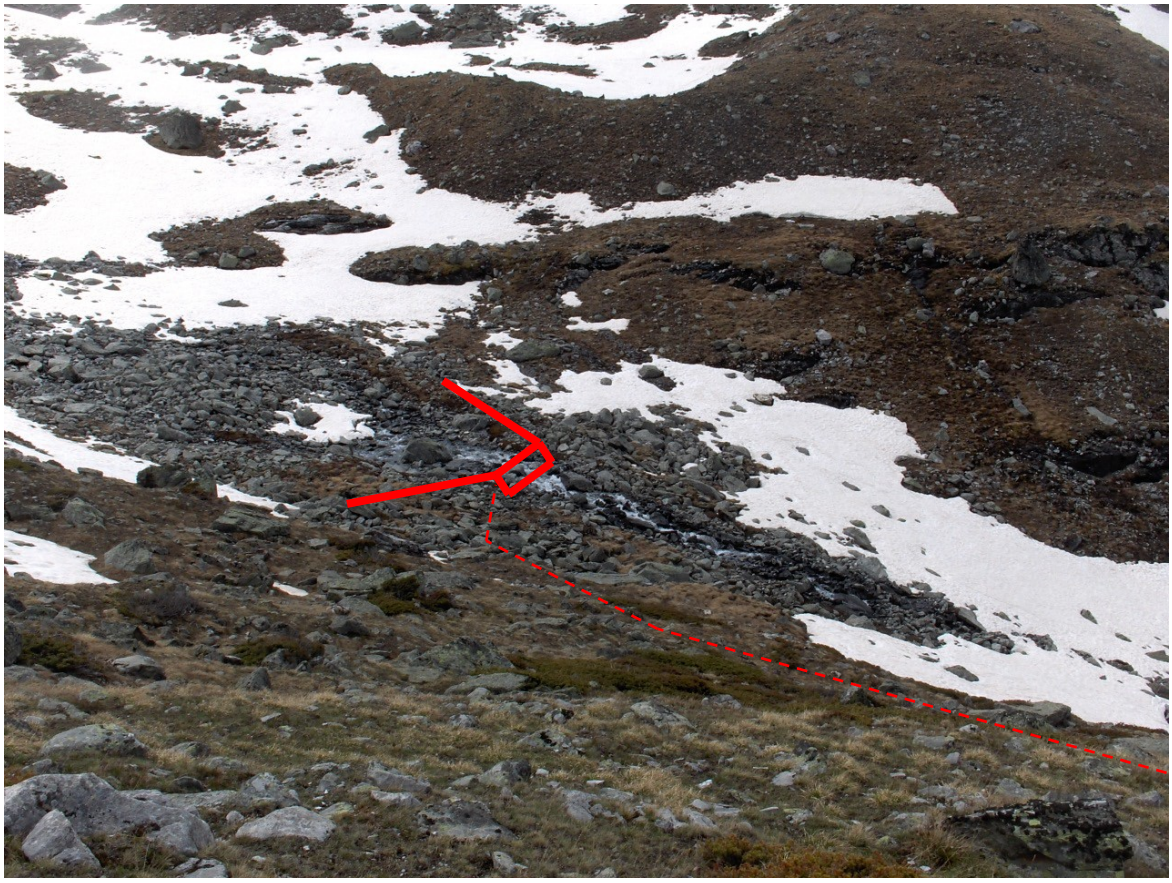

Bild 33: *Vorgesehener Standort der Wasserfassung auf 2450m ü.M. mit Wehrblock und seitlich anschliessenden Dichtschirmen aus Natursteinblöcken mit Mörtel-/ Betonfugen*

Druckleitung und Wasserschloss

Die Druckleitung führt in flachem Gefälle weg von der Runse des Pipjibaches mit seiner grobblockigen Struktur in einfacheres Gelände. Wegen des flächen Gefälles der Hangleitung muss an deren Ende ein Wasserschloss erstellt werden, um bei transienten Betriebszuständen keinen Unterdruck in der Leitung zu erzeugen. Anschliessend kann die Druckleitung in der Falllinie zum Stausee hinunter geführt werden.

Die Druckleitung sowie das Wasserschloss werden vollständig aus GFK-Rohren DN 400 erstellt, welche erdverlegt und einbetoniert werden. Die Druckstufen reichen von PN 6 bis PN 32. Die Gesamtlänge beträgt rund L=710m inkl. Wasserschloss, welches ebenfalls aus einer im Hang eingegrabenen GFK-Leitung besteht und am oberen Ende einen Lufteinlass erhält.

Die Normalprofile der Druckleitung sind in Beilage 9 dargestellt.

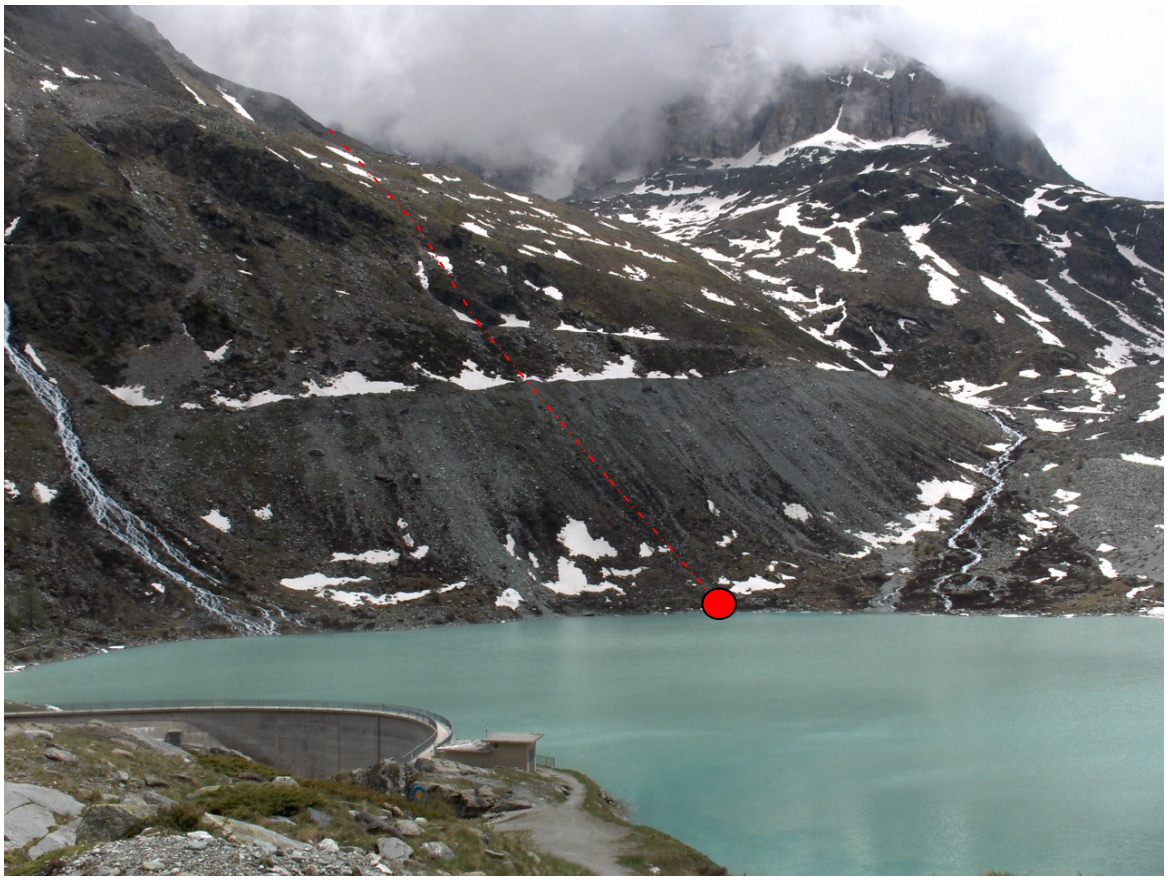

Bild 34: *Vorgesehener Standort des Maschinenhauses R2 und der Druckleitung*

Maschinenhaus und elektromechanische Ausrüstung

Das Maschinenhaus wird in gleicher Grösse und Art wie dasjenige der Anlage R1, Brändjibach erstellt. Eine Zufahrtsstrasse kann entlang der projektierten By-pass-Leitung L = 250m erstellt werden, wobei nur ein Ausbau der Baupiste zu einem permanenten Weg im vorliegenden Projekt eingerechnet wird.

Details des Maschinenhauses sind Beilage 10 zu entnehmen.

Der Maschinensatz besteht aus den folgenden Komponenten:

- Pelton-Turbine, horizontal-achsig, zwei-düsig, H_n=254m, Q_A=325 l/s, P_{mech} = 730kW, Strahlkreisdurchmesser 800mm, Drehzahl 1000min^{-1},
- Kugelhahn DN 300, PN 32
- Synchrongenerator direkt-gekoppelt, Drehzahl 1000min^{-1}, 860kVA
- Transformator 1.0MVA, 0.4 / 16kV

Die Energieableitung erfolgt mittels Erdkabel 16kV bis zum Kraftwerk R1, Brändjiach, Länge = 200m. Ab der Schieberkammer bis zur Zentrale in Mottec – 6.2km – kann das bestehende Mittelspannungskabel 3 x 25mm^2 Al genutzt werden, welches mit der Maximalleistung von 680kW sowie derjenigen des Kraftwerks R1, Brändjibach von 400kW an der Kapazitätsgrenze von ca. 1MW betrieben werden muss. Wird auch die Anlage zwischen dem Geschieberückhaltebecken und dem Stausee Turtmann gebaut, so ist eine zusätzliche Energieableitung nach Mottec vorzusehen.

Es wurde auf Verlangen der Bauherrschaft untersucht, ob die Unterbringung der elektro-mechanischen Ausrüstung in einem einzigen Maschinenhaus für die Kraftwerke R1 und R2 möglich und wirtschaftlich attraktiv wäre. Es zeigt sich aufgrund der Kostenschätzungen Beilagen 11 und 13, dass die zusätzliche Druckleitungslänge von ca. 200m, die nötig wäre um die Druckleitungen zu einem gemeinsamen Maschinenhaus zu führen, eine Mehrinvestition von rund 200 x 1250.-/m = CHF +200'000.- auslösen würde (inkl. Querung des Brändjibaches).

Ein Maschinenhaus kostet ca. CHF 1500/m^3 umbauter Raum. Die Einsparungen bei Anordnung von zwei Maschinen in einem Gebäude betragen ca. 40m^3 umbauter Raum, also rund CHF -60'000.--. Dazu können statt zwei kleineren Trafos ein grösserer eingesetzt werden (CHF -10’000.--, aber grössere Aufwendungen für Transport und Montage des grösseren Trafos von ca. 1600kVA!!). Darüber hinaus gibt es Einsparungen bei der Schaltanlage, der Steuerung, sowie der Energieableitung (CHF -30'000.--). Es können insgesamt Einsparungen von ca. CHF 100'000.-- identifiziert werden. Dies reicht im vorliegenden Fall nicht aus, um die Mehrkosten bei der Druckleitung zu kompensieren. Auch das Risiko eines Totalschadens durch Brand, Lawinen oder Steinschlag bei einem einzigen Maschinenhaus lässt die Lösung von zwei separaten Gebäuden in einem besseren Licht erscheinen.

GRUNDEIGENTÜMER UND DURCHLEITUNGSRECHTE

Das Grundeigentum im Bereich der Anlageteile des Kraftwerks R2, Pipjibach liegt nur zu einem kleinen Teil im Besitz der Bauherrschaft FMG (Parz.-Nr. 3325). Wie nachfolgendes Bild zeigt, müssen mit der Munizipalgemeinde Turtmann (Parz.-Nr. 3001) und der Bergschaft Ems, Oberems (Parz.-Nr. 3424) Durchleitungsrechte abgeschlossen werden.

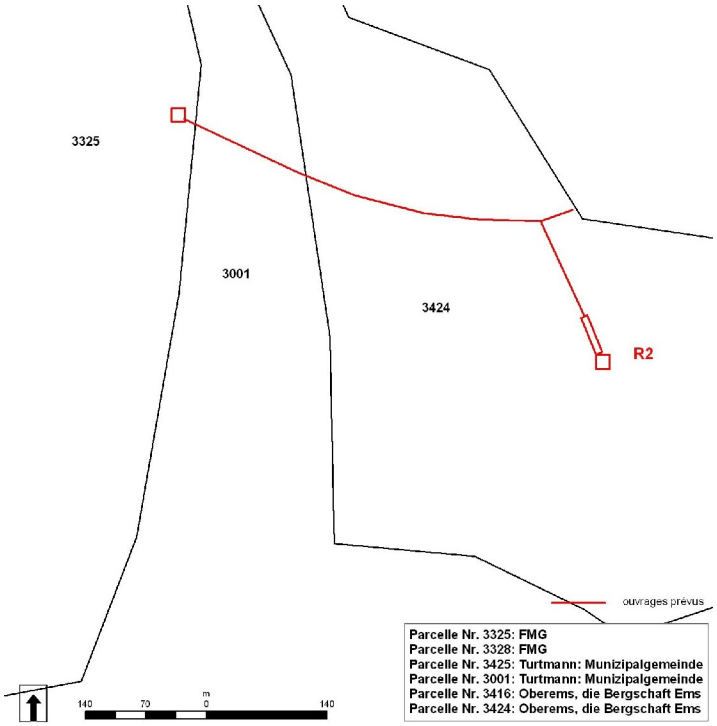

Bild 35: *Grundeigentum im Bereich des Kraftwerks R2, Pipjibach*

ENERGIEPRODUKTION

Die Anlage muss an ca. 110 Tagen pro Jahr abgestellt werden, da im Winter weniger als 30 l/s zur Verfügung stehen und die Turbine trotz zwei-düsiger Ausführung damit nicht mehr betrieben werden kann. Der Bau eines vergrösserten Oberwasserbeckens / Sandfangs von ca. 100m^3 Inhalt und ein intermittierender Betrieb bei geringen Zuflüssen lohnt sich wie beim KW Brändjibach nicht.

Während der Betriebszeit von 250 Tagen werden noch ca. 3 Tage Ausfall für Reparaturen / Revisionen und während Hochwasserereignissen in Rechnung gestellt. Auch ein Eigenbedarf für die Steuerung und die Hydraulikaggregate von 200W permanent werden noch berücksichtigt.

Damit lässt sich eine Jahresenergieproduktion von rund 1.64GWh berechnen.

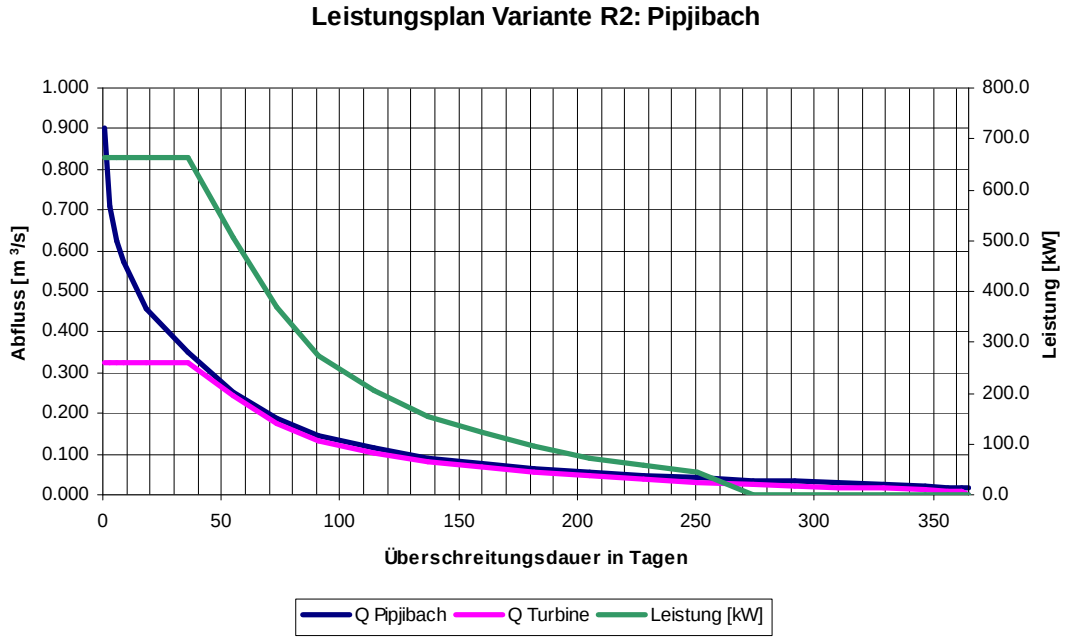

Bild 36: *Leistungsplan des Kraftwerks R2: Pipjibach; die Anlage muss im Durchschnitt an 110 Tagen pro Jahr abgestellt werden.*

KOSTENSCHÄTZUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE

Die Kostenschätzung wurde gegenüber der Variantenstudie noch leicht angepasst (neue Längen der Druckleitung, etc.). Die Gesamtkosten bleiben jedoch praktisch unverändert.

Tabelle 13: Kostenschätzung Kraftwerk R2, Pipjibach

A	Tirolerfassung und Sandfang	400'000
B	Druckleitung u. Wasserschloss DN 400, PN 6 bis 32, L=710m	960'000
C	Maschinenhaus	320'000
D	Elektro-mech. Ausrüstung u. Energieableitung, 680kW	855'000
E	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	400'000
	Total Projekt inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]	**2'935'000**
	MWSt. 7.6%	223'060
	Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)	**3'158'000**

Details der Kostenschätzung sind Beilage 13 zu entnehmen.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten werden im gleichen Sinne wie für das Kraftwerk R1 berechnet.

Mit einer Jahresenergieproduktion von 1.64GWh lassen sich Gestehungskosten von Rp. 17.8/kWh berechnen. Details dieser Berechnung sind in Beilage 14 dargestellt.

Die Anlage R2, Pipjibach wurde am 2. Mai 2008 bei der Swissgrid zur Aufnahme in die Regelung zur neuen kostendeckenden Einspeisevergütung kEV angemeldet. Die Swissgrid informierte Mitte August 2008, dass wahrscheinlich alle bisher eingegangenen Anmeldungen im Bereich Wasserkraft akzeptiert würden. Die schriftliche Bestätigung steht allerdings noch aus. Die voraussichtliche Einspeisevergütung aufgrund der Vollzugshilfe Kleinwasserkraft Anhang 1.1 EnV wie folgt berechnet:

- Jahresproduktion 1’640’000kWh
- Äquivalente Leistung187kW
- Bruttofallhöhe 269m
- Anteil Wasserbau 66%
- Grundvergütung 16.3 Rp./kWh
- Druckstufenbonus 1.2 Rp./kWh
- Wasserbaubonus 3.4 Rp./kWh
- Total kEV 20.8 Rp./kWh

Die zu erwartende Einspeisevergütung liegt 3 Rp/kWh höher als die Gestehungskosten; es lässt sich ein Ertragsüberschuss von rund CHF 50'000.- pro Jahr berechnen. Die Anlage ist damit wirtschaftlich attraktiv.

Terminprogramm

Die beiden Anlagen R1 und R2 sollten gleichzeitig geplant und ausgeführt werden, um Synergien und Skalenerträge zu nutzen. Eine Koordination mit dem Projekt Sediment-Bypass Stausee Turtmann ist ebenso zu berücksichtigen, insbesondere in den Bereichen Zufahrt und Installationen für die Wasserbau- und Baumeisterarbeiten. An den verschiedenen Baustellen (Fassung, Druckleitung, Maschinenhaus) müssen die Bauequipen parallel arbeiten können, um die kurze Bausaison von max. 6 Monaten auf dieser Höhenlage optimal ausnützen zu können. Entsprechend sind die Baulose einzeln auszuschreiben. Es muss mit einer Bauzeit von 2 Jahren gerechnet werden.

Die folgenden Ecktermine geben einen Überblick über die Dauer der einzelnen Arbeiten:

- Bauprojekt ab September 2008 (nach positivem Entscheid Swissgrid zur kEV-Anmeldung); Ende ca. November 2008

- Bewilligungs- und Konzessionsverfahren: Januar bis April 2009
- Ausschreibung der Hauptlose Bau, Stahlwasserbau/Druckleitung, Elektromechanik): ab April 2009
- Auftragsvergabe: Juni 2009 (hier ist insbesondere die Lieferfrist der elektro-mechanischen Ausrüstung von ca. 18 Monaten zu berücksichtigen)
- Bauarbeiten im Turtmanntal: Juli bis November 2009 (Wintereinbruch)
- Wiederaufnahme der Bauarbeiten: Mai / Juni 2010
- Installation des Maschinensatzes und ev. Trockenläufe: ca. November / Dezember 2010
- Inbetriebsetzung der Anlagen während Schneeschmelze Mai/Juni 2011

Schlussfolgerung und Empfehlung

Die beiden Kraftwerke R1, Brändjibach und R2, Pipjibach produzieren pro Jahr rund 2.6GWh elektrische Energie zu Gestehungskosten von knapp unter Rp. 20/kWh. Sofern die Kraftwerke in die neue Regelung der kostendeckenden Einspeisevergütung kEV aufgenommen werden, ist ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Der Entscheid der Swissgrid ist abzuwarten, bis die Bauprojekte in Angriff genommen werden.

Im vorliegenden Vorprojekt sind die Annahmen zu den Abflussverhältnissen noch mit relativ grossen Risiken behaftet. Um die hydrologischen Daten auf die spezifischen Einzugsgebiete der beiden Bäche zu verfeinern, sind Abflussmessungen in beiden Gewässern unverzüglich aufzunehmen. Ohne gesicherte Abflussmessungen (und Korrelation mit den langjährigen Messungen der Zuflüsse zur Stauanlage Turtmann) sind keine Arbeiten im Zusammenhang mit der Ausführung der Anlagen zu vergeben!

Baden/Turtmann, den 25.08.2008

AF-Colenco AG		BINA SA	
Wasserbau und Umwelt			
Dr. Dieter Müller	Peter Eichenberger	Marc Wyer	Alain Broccard
Leiter Geschäftsbereich	Projektleiter	Geschäftsführer	Projektleiter-Stv.