

Generelles Projekt
Lawena-Elektrizitätswerk

Liechtenstein.

Technischer Bericht

der

Gesamt-Anlage

von

Diplom-Ing. Arnold Fußenegger

beh. aut. becid. Bau-Ingenieur und Geometer

Feldkirch (Vorarlberg).



Technischer Bericht

zum

Generellen Projekt Lawena-Elektrizitätswerk Fürstentum Liechtenstein.

1. Allgemeines.

Das vorliegende generelle Projekt hat den Zweck, die praktische Möglichkeit der Anlage eines Central-Kraftwerkes für das ganze Fürstentum Liechtenstein mit Verwendung des Wassers aus dem Lawenatal zu untersuchen, und gleichzeitig die Kosten einer solchen Anlage festzustellen als Grundlage für die Aufstellung eines Finanzierungsplanes und für eine Rentabilitätsberechnung.

Die Idee, das Wasser der Lawena für Kraftzwecke auszunützen, ist nicht neu, sondern wurde bereits in den siebziger und achtziger Jahren von Großindustriellen und andern Interessenten in Erwägung gezogen, zu welchem Zwecke vom seinerzeitigen Landestechniker Herrn Hauptmann Rheinberger für die Firma Jenny & Spörri in Triesen im Jahre 1880/81 Wassermessungen vorgenommen worden sind. Wahrscheinlich ist das Zustandekommen einer Projektausführung damals aus dem Grunde gescheitert, weil hauptsächlich die Kosten für den Gesamtausbau eines Lawena-Werkes dem einzelnen Fabrikbesitzer zu hoch kamen, die Gewähr für einen größeren Abjaß nicht vorgelegen hat, und schließlich weil bei der damaligen schwierigeren Zugänglichkeit des Lawenagebietes die Ausführung umständlicher war. Heute, nachdem die Nachfrage nach elektrischer Kraft, sowohl für Licht wie für Motorenbetrieb im Kleingewerbe, wie in der Industrie, stets größer wird, ist es begreiflich, daß Liechtenstein diese wichtige Frage der Möglichkeit einer zentralen Kraftversorgung aufgreift, und diese einzige, für solche Zwecke in Betracht kommende, noch frei verfügbare Kraftquelle untersucht haben will.

Dies durchzuführen, durch örtliche Aufnahmen, Erhebungen und Berechnungen die Angelegenheit in objektiver und unparteilicher Weise klar zu legen, und zu ermitteln, ob ein solches Werk bezüglich des Preises der abzugebenden elektrischen Energie mit andern Werken konkurrenzfähig sei, war daher die Aufgabe des Projektverfassers.

Vorerst war die Wassermenge festzustellen, welche beim niedrigsten Wasserstande in trockenen Zeitperioden von dem Lawenabache geführt wird, und zwar auf der Strecke, wo die beabsichtigte Wasserfassung zu liegen kommt. Sonach war die Wahl der Fassungsstelle, sowohl mit Rücksicht auf die Höhenlage als auch in Hinsicht auf die schwierigen Terrainverhältnisse für den Bau der Leitung, und in Hinsicht auf die Quellauflüsse zu treffen. Eine weitere Aufgabe war die Feststellung, ob, wo und in welcher Größe ein Hochbehälter auszuführen sei, und in

welcher Weise das Wasser am vorteilhaftesten bis zur Turbinenanlage abgeleitet und verwertet werden kann. Ferner war zu erheben, welcher Kraftbedarf für die einzelnen Gemeinden des Landes und insgesamt vorhanden ist, um dementsprechend die Kraftstationanlage und die Verteilungsleitung zu bestimmen.

2. Niederschlagsgebiet und verfügbare Wassermenge.

Die Lavena empfängt in dem ausgedehnten Talkessel der Lavena-Alpe und in ihrem weiteren Laufe bis zur sogenannten Wasserklause links und rechts eine Reihe von Zuflüssen, die teils von Quellen gespeist werden. Weiter unten verengt sich das Lavenatal zu einem wilden Tobel mit fast senkrechten und unzugänglichen Felswänden, ohne erhebliche konstante Wasserzuflüsse mehr aufzunehmen. Nach der Karte beträgt das sogenannte orographische Niederschlagsgebiet, d. h. die nach der Oberfläche des Geländes ermittelte Niederschlagsfläche des ganzen Lavenatales rund 9 km². Von dieser Fläche kommt für das Kraftwerk nur derjenige Teil in Betracht, welcher oberhalb der Fassungsstelle liegt, das sind 6,5 km².

Das geologische Niederschlagsgebiet, d. h. die Fläche, welche in Wirklichkeit ihre Entwässerung nach dem Lavenabache findet, dürfte, nach den Gebirgsformationen und Quellen zu schließen, etwas größer sein und könnte über diesen Punkt eine geologische Untersuchung genauere und wissenschaftliche Aufschlüsse geben. Leider sind bis jetzt sehr wenige zuverlässige Wassermessungen in der Lavena ausgeführt worden, was die Aufstellung eines rationellen Projektes sehr erschwert; es stehen von früher nur die vom seinerzeitigen Landestechner Hauptmann Rheinberger im Jahre 1880/81 vorgenommenen Wassermessungen zur Verfügung. Nach Aussage von Ortskundigen können dieselben jedoch als Anhaltspunkt dienen und sind umsomehr von Wert, als jener Winter ein besonders trockener gewesen sein soll. Nach diesen Aufzeichnungen waren die kleinsten Wassermengen im Winter in den Monaten Dezember, Jänner und Februar vorhanden und stellten sich auf 50—60 Liter in der Sekunde.

Bei Beginn der örtlichen Aufnahmen für dieses Projekt im September 1913 wurde gleichzeitig bei der projektierten Wasserfassungsstelle eine Holzrinne mit Ueberfall fest eingebaut und mit Voltmann'schem Flügel kontrolliert. Seit dieser Zeit findet dort allwöchentlich eine Wasser- und Temperatur-Messung statt, und ist bisher das Minimum am 5. November 1913 mit 97 S/l gemessen worden. Aus den zeichnerisch dargestellten Messresultaten auf Beilage 6 sind die Schwankungen der Wassermengen ersichtlich. Um einen weiteren Anhaltspunkt für die kleinste Wassermenge zu erhalten, soll im nachstehenden die theoretische Abflußmenge nach der Niederschlagshöhe berechnet werden, und zwar nach folgenden Angaben der seit dem Jahre 1909 bestehenden Regenbeobachtungsstation Triefnerberg.

Niederschlagshöhen in mm (Triefnerberg)

Jahr	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Im Jahr
1909					77	252	162	177	99	66	59	66	958
1910	153	61	27	103	109	278	197	150	126	69	83	60	1416
1911	13	42	32	53	63	148	68	120	150	118	44	63	914
1912	74	51	64	59	158	152	123	238	68	142	50	31	1210
Zus.	240	154	123	215	407	830	550	685	443	395	236	220	3540
Durchschnitt	80	51	41	72	102	208	138	171	111	99	59	55	1187

Nach diesen Beobachtungen haben in den Jahren 1910, 1911 und 1912 die kleinsten Niederschläge im Monat März stattgefunden und ergeben im Durchschnitte 41 mm. Als Vergleich soll beiliegende Tabelle für die Beobachtungsstation Feldkirch, die schon seit dem Jahr 1875 besteht, dienen, in welcher Tabelle die Durchschnitts-Niederschlagshöhen per Monat für die Zeit von 1875—1912 berechnet sind. Nimmt man die Abflußmenge zu 60% der Niederschläge, entsprechend der Abflußmenge des gesamten Bodensee-Beckens, an, so beträgt die Ergiebigkeit 8: (d. h. die Abflußmenge in Liter per Sekunde für ein km² Niederschlagsgebiet)

$$8 = \frac{0.60 \times 41}{2.628} = 9.36 \text{ l/Sek.}$$

Die gesamte, minimale Abflußmenge für das in Frage kommende 6.5 km² große Niederschlagsgebiet wäre somit:

$$Q_{\text{min.}} = 6.5 \times 9.36 = 60.8 \text{ rund } 60 \text{ l/Sek.}$$

Unter Zugrundelegung dieser Wassermenge von 60 l/Sek. hat die weitere Ausarbeitung des Projektes stattgefunden. Zu bemerken ist hierbei, daß die tatsächlich vorkommenden minimalen Wassermengen noch eine Zeit lang gemessen werden müßten, ehe die Kraftanlage zur Ausführung kommen könnte.

3. Ausnützung des Wassers und Kräfteerzeugung.

a) Vorläufige Ermittlungen.

Bei dem Ausbau einer Wasserkraftanlage kommen drei Hauptfaktoren in Betracht, nämlich die minimale Wassermenge, die Aufspeicherungsmöglichkeit des Wassers und das zur Verfügung stehende Gefälle. Das Charakteristische bei dem Lawenawerk ist eine verhältnismäßig kleine Wassermenge und ein großes auf eine kurze Strecke konzentriertes verfügbares Gefälle. Bei solchen Anlagen ist es von besonderem Werte, wenn Wasser selbst in kleinen Mengen, in den Betriebspausen entweder durch eine Talsperre oder durch einen Behälter aufgespeichert werden kann. Für den Bau einer Talsperre in der Lawena bei der projektierten Fassungsstelle oder oberhalb derselben eignen sich die Terrainverhältnisse nicht. Die Kosten im Verhältnis zum Fassungsraum würden sehr hoch ausfallen, und außerdem würde das Becken von der Schotterführung, eventueller Terrairutschungen und Schneelawinen gefährdet werden. Von der Anlage eines Hochbehälters gleich hinter die Fassung, neben den Bach, mit Ausnützung des gesamten Höhenunterschiedes bis zur Säge wurde Abstand genommen, weil erstens zum Teil dieselben Gründe gegen den Bau eines solchen Behälters wie gegen den Talsperreimbau vorliegen, und zweitens, weil die Druckleitung sehr lang werden würde. Der letztere Nachteil würde besonders ins Gewicht fallen für den unteren Teil der Leitung und für die Regulatoren, da erhebliche Druckerhöhungen und Druckschwankungen entstehen würden.

Nach örtlichen Besichtigungen und tachymetrischen Aufnahmen des Lawenatal-Gebietes sind wir zu dem Resultate gekommen, daß die Ausführung eines Hochbehälters auf der Münz, und zwar auf der kleinen Ebene bei der unteren Alphütte, sowohl mit Rücksicht auf die Baukosten, die sichere Lage vor Lawinen und Steinerschlägen, sowie in Rücksicht auf die Unterhaltung und den Betrieb der Anlage am vorteilhaftesten sei. Geht man von einem minimalen Zuflusse von

$$\frac{Q}{z} = 60 \text{ l/Sek.}$$

aus, so beträgt das Wasserquantum, das im Laufe von 24 Stunden zufließt

$$Q_t = \frac{60 \times 60 \times 60 \times 24}{1000} = 5184 \text{ m}^3,$$

rechnet man ferner damit, daß diese ganze Wassermenge bei 10stündigem Betrieb verwertet werden soll, so erhält man eine verfügbare Betriebswassermenge per Sekunde von:

$$q_b = \frac{5184000}{10 \times 60 \times 60} = 144 \text{ l./Sek.}$$

Die erforderliche Größe eines Hochbehälters, der diesen Tagesausgleich bewirken soll, beträgt

$$J_1 = \frac{60 \times 60 \times 60 (24-10)}{1000} = 3024 \text{ m}^3$$

Im Allgemeinen werden nicht alle Motoren und Lichtanlagen täglich angeschlossen werden, und an den Sonn- und Feiertagen kommen die Kraftmaschinen fast gänzlich in Fortfall. Stellt man daher die Bedingung, daß der Hochbehälter auch das im Laufe von einem Sonntag zufließende Wasser aufspeichern soll, so muß der hierzu erforderliche Inhalt außerdem betragen:

$$J_2 = \frac{60 \times 60 \times 60 \times 24}{1000} = 5184 \text{ m}^3$$

Der Gehaltinhalt J eines Hochbehälters mit Wochenausgleich wäre daher:

$$J = J_1 + J_2 = 3024 + 5184 = 8208 \text{ m}^3$$

Ein Reservoir für einen größeren Ausgleich, z. B. Monatsausgleich, wäre im Lavenatale praktisch nicht ausführbar. Die Kraftleistung des zur Verfügung stehenden Wassers beträgt bei einem Brutto-Gefälle von rund 600 m, einem Wirkungsgrade von $n = 0.75$ und einer Betriebszeit im Durchschnitt von 10 Stunden täglich:

$$N = 10 \times 0.144 \times 600 = 864 \text{ HP.}$$

b) Wasserfassung.

Die Lage der Wasserfassung in einer Höhe von 1265 m ist so projektiert worden, daß erstens alle größeren Quellenzuflüsse, welche in der Trockenzeit Wasser führen, gefaßt werden, und zweitens so, daß der Bau der Zuflußleitung bis zum Hochbehälter auf der Mündung möglichst einfach und billig zum größten Teile auf der vorhandenen Lavenastraße vorgenommen werden kann. Die Fassungsarbeiten selbst bestehen in der Regulierung des Bachbettes, Ausführung der Seitenmauern, Sohlenpflaster, Grundrechen mit Einlaufkanal, Sandfangkasten mit Ueberlauf und Sandablaß, stehender Feinrechen, Einlaufsieber und Abperrschieber. Die Fassung könnte eventuell wegen Schnee durch einen kleinen Holzschuppen geschützt werden.

c) Die Zuleitung bis zum Hochbehälter.

Der Höhenunterschied zwischen der Wasserfassung und dem Hochbehälter beträgt:

$$H' = 1265 - 1094 = 171 \text{ m}$$

die Länge beträgt rund 2300 Meter und das durchschnittliche Gefälle:

$$s = \frac{171 \times 100}{2300} = 7.5 \%$$

Für die Ausführung hat man die Wahl zwischen einer gemauerten oder betonierten gedeckten Rinne und einer geschlossenen Rohrleitung. Stollendurchschläge für kürzere Strecken könnten eventl. auch in Frage kommen, jedoch würden diese im Allgemeinen für eine so kleine Wassermenge zu teuer kommen, und sind deshalb hier nicht vorgeesehen. Mit Rücksicht auf das größere Gefälle der Lavenastraße auf der fraglichen Strecke, ca. 10 %, würde die Geschwindigkeit in einer nicht gefüllten Rinne, welche unter dem Fahrweg angelegt würde, zu groß werden, und die Sohlen und Wände würden beschädigt werden. Aus vorgenannten Gründen wurde daher in vorliegendem Projekt eine geschlossene Rohrleitung von 30 cm Durchmesser

vorgehen, bestehend aus normalen, nahtlos gewalzten, innen und außen heiß asphaltierten Mannesmann-Stahlmuffenrohren, welche in einem Rohrgraben von ca. 1.20 m Tiefe verlegt werden.

Die Geschwindigkeit v des Wassers im Rohre bei 60 l/Sek. Zufluß beträgt:

$$v = \frac{0.060}{\frac{\pi \cdot 0.30^2}{4}} = 0.85 \text{ m}$$

Da eine sehr reichliche Druckhöhe von 171 m zur Verfügung steht, so könnte man nach Ausführung des Hochbehälters auch mit einem kleineren Rohrquerschnitt auskommen, jedoch sind im Hinblick auf eine eventuelle Ausnützung von größeren Wassermengen in den 9 bis 10 regenreicheren Monaten des Jahres, die Kosten für die gewählten größeren 30 cm Lichtweiten Rohre im Projekte angenommen worden. Die projektierte Rohrleitung geht von der Fassung zuerst in gleichmäßigem Gefälle durch die Waldlehne bis zur Lawenstraße oberhalb des „Schwarzen Riefl-Tobels“. Von hier aus liegt die Leitung unter der Lawenstraße eingegraben, dem Lawenatobel entlang bis zur oberen Schleife bei „Bargägis Wieje“. Hier verläßt die Zuleitung die Straße und geht je nach den örtlichen Verhältnissen, in möglichst gleichmäßigem Gefälle durch den „Blümler Tobel“, „Tuf-Tobel“ und die Waldlehne entlang bis zur Einmündung in den Hochbehälter bei der unteren Alphütte auf der Münz. Um den Druck für den unteren Teil der Rohre nicht über ca. 10 Atm. zu erhalten, ist an einer passenden Stelle ein kleiner, gedeckter Unterbrechungsschacht einzuschalten und sind dessen Kosten im Voranschlag eingesetzt worden.

d) Hochbehälter.

Für die Situierung des Hochbehälters bei der unteren Alphütte auf der Münz, in einer Höhe von 1090 Meter über dem Meere, waren die Geländeverhältnisse maßgebend. Im Lawenatobel ist es schwer, für einen solchen, größeren Behälter einen geeigneten Ort in passender Höhe zu finden. Der Platz ist tachymetrisch aufgenommen worden, der Behälter ist gemäß der Höhenanlage des Geländes mit einem Fassungsraum im vollen ausgebauten Zustande von $J = 7800 \text{ m}^3$ projektiert worden.

Die Abmessungen des Behälters betragen 85 m in der Länge, 11—28 m in der Breite und 4 m Tiefe. Die Ausführung ist mit massiven Umfassungsmauern in Zementmörtel gedacht, mit Sohlendichtung durch Betonpflasterung und Lehmdichtung. Versehen ist der Behälter mit einem Ueberlauf und einem Leerlauf, sowie mit einer gepflasterten Abflußrinne gegen den „Tuf-Tobel“. Für den Anfang des Betriebes, falls die Gesamtleistung des Werkes nicht verwertet werden könnte, wäre es angebracht, nur den Tuf-Tobelwärts gelegenen Teil des Hochbehälters auszuführen.

Bei einer weiteren Detailausarbeitung des Projektes müßte das Gelände auf der Münz durch Probe-Löcher näher untersucht werden.

e) Druckleitung.

Die Abmessungen der 1400 m langen Druckleitung ergeben sich aus dem maximalen Wasserbedarf für die Turbinenanlage, aus der zulässigen, maximalen Geschwindigkeit des Wassers im Rohr und aus dem inneren Wasserdrucke während des Betriebes. Vorgehen sind zwei Betonräder von je 400 PS. Leistung mit einem Wasserbedarf von je 61 l/Sek. mit einer wirksamen Druckhöhe von 580 m.

Nach verschiedenen vorgenommenen Vergleichsrechnungen und Erwägungen sind Rohre von 300 mm lichter Weite gewählt worden und zwar als nahtlos gewalzte Mannesmann-Stahl-

rohre, welche innen und außen heiß asphaltiert und außen zutiert sind; es kommt bei so großem Drucke hauptsächlich darauf an, ein besonders zähes und für sehr hohe Druckfestigkeit hergestelltes Material zu verwenden. Die Geschwindigkeit des Wassers im Rohr, wenn die zwei Aggregate voll im Betrieb sind, beträgt

$$v = \frac{2 \times 0.061}{\frac{P \cdot 0.30^2}{4}} = 1.73 \text{ m l/Sek.}$$

Falls noch ein drittes Aggregat für Kraftbedarfszeiten, das gleichzeitig auch als Reserve-Aggregat dienen würde, mit ungefähr derselben Leistung von 400 PS. später eingebaut werden sollte, würde die Geschwindigkeit v im Druckrohre, wenn alle Turbinen voll laufen

$$v = \frac{3 \times 0.061}{\frac{P \cdot 0.30^2}{4}} = 2.59 \text{ m l/Sek.}$$

betragen.

Die Druckrohre sind aus Stahl von 60 kg/mm² Festigkeit vorgesehen. Die Verlegung sollte auch hier, wie bei der Zuleitung, in einem Graben von ca. 1.20 m Tiefe stattfinden. Die gesamte Druckleitung ist in 6 Druckzonen von je 10 Atm. Druckunterschied eingeteilt. Für die obere Zone bis 10 Atm. sind normale Mannesmann-Muffenrohre angenommen worden. Für die zweite und dritte Zone bis 30 Atm. Druck sind abnormale Rohre mit verlängerten Muffen und angebohrten Schwanzenden vorgesehen und für die 4., 5. und 6. Druckzone abnormale Mannesmann-Stahlrohre mit besonders konstruierten Verbindungen und Dichtungen. (vergl. Zeichnungen). Bei den steileren Abhängen werden die Druckrohre, trotzdem sie in einem Graben verlegt sind, verankert werden müssen. Besondere Ausdehnungsvorrichtungen dürften für die verdeckte, im Boden liegende Leitung nicht erforderlich sein. Für alle Biegungen müssen bei den abnormalen Rohren Formstücke extra angefertigt werden. Die Rohrarmaturen im Kraft-hause, wie Schieber, Regulatoren z., sind in dem Angebote für Turbinenanlage beschrieben. Die Wandstärken der abnormalen Rohre werden für die angegebenen Betriebsdrücke von den Mannesmann-Werken garantiert, jedoch ist es mit Rücksicht auf die Druckschwankungen während des Betriebes zu empfehlen, für die unteren Druckzonen die Wandungen etwas zu verstärken. Die Trasseführung der Druckleitung geht in möglichst gerader Lage vom Hochbehälter nach Kreuzung der Lawenstraße über die Magrillwiese, durch den Wald, zu Tal gegen die Kraftstation.

f) Turbinenanlage.

Das Brutto-Gefälle der Druckleitung beträgt rund 600 m, die Gesamtlänge rund 1400 m und das zur Verfügung stehende Wasserquantum 144 Sek.-Liter. Für die Turbinenanlage ist eine spezielle Offerte von der Firma „Vereinigte Maschinenfabriken Rüschi-Ganahl“ in Dornbirn eingeholt worden, in welchem Angebote die Einzelheiten der Anlage beschrieben sind. Es wurde an die genannte Firma das Ersuchen gestellt, eine Offerte für die Turbinenanlage von rund 800 PS. Leistung in zwei Einheiten von je 400 PS. geteilt abzugeben. Nach Abzug von 20 m Druckhöhe für Reibung in der Rohrleitung erhält man ein wirksames Gefälle von 580 m.

Nach Angabe in dieser Offerte sind bei den gewählten Peltonrädern, welche sich besonders für hohen Druck und kleine Wassermengen eignen, ein Wasserquantum von

$$2 \times 61 = 122 \text{ l/Sek.}$$

erforderlich, was gegenüber dem vorhandenen, berechneten und zur Verfügung stehenden Quantum

von 144 l/Sek. einen gewissen Sicherheitsgrad bietet. Im Krafthaus ist für das dritte, das Reserve-Aggregat von derselben Größe, Platz reserviert.

g) Kraftstation.

Die Platzierung des Krafthauses in der Wieje oberhalb der bestehenden Säge ist durch das Terraingefälle und durch die angrenzenden schotterführenden Rufen als Ausläufer des Riese- und Fuß-Tobels begründet. Die Führung des letzten Teiles der Druckleitung, vom Fuße der Waldlehne bis oberhalb der Säge ist in Folge der dadurch erzielten Kraftgewinnung nach durchgeführter Berechnung rentabel trotzdem die Kosten für die Rohrleitung in diesem Teile auf 79 K per Meter kommen.

Für das Krafthaus selbst sind zwei Varianten aufgestellt worden. Der für den Kostenschlag zu Grunde gelegte Entwurf (Beilage 16) hat eine Grundfläche von

$$10 \times 19 = 190 \text{ m}^2,$$

enthält einen Maschinenraum für drei Aggregate, den Schaltraum, Hochspannungsraum, Wohnräume für Bedienstete und wird durch eine Telephonanlage mit den Hauptkraftverbrauchsstellen in Verbindung gesetzt.

Das Nähere ist aus der Planbeilage 16 und aus dem Kostenangebote, Beilage 17 ersichtlich. Das Unterwasser wird nach Verlassen des Gebäudes durch einen kurzen Kanal in das alte Bachbett bei der Säge geleitet.

4. Elektrische Anlagen und die Kraftverteilung.

Der Projektant hat für die gesamten elektrischen Einrichtungen Angebote von 2 verschiedenen Elektrizitätsfirmen und zwar von der A. E. G.-Union Innsbruck und von den Siemens-Schuckert-Werken in Wien einholen lassen. Von diesen Offerten ist dasjenige von der A. E. G.-Union komplet ausgearbeitet und als Beilagen Nr. 18, 19, 20, 21, 22 und 23 dem Projekte zugefügt; dasjenige von den Siemens-Schuckert-Werken ist in der endgiltigen Form noch nicht fertig geworden, jedoch liegen die überschläglichen Kostenschätzungen auch von dieser Firma vor, Beilage 24. Beide Ueberschläge stellen sich in ihrem Gesamtbetrage, trotz der ganz verschiedenen Verteilungsanlagen, praktisch genommen, gleich hoch, wenn die Streichung der im Siemens-Schuckert-Ueberschlag zu hoch eingesezten Telephonkosten und die begründete Ermäßigung der minimalen Drahtstärken für das Niederspannungsnetz vorgenommen werden und wenn die Ergänzung des A. E. G.-Union-Angebotes auf 2 Aggregate samt der Schalttafelmehrkosten für den Gesamtausbau, sowie eine entsprechende Erhöhung der Telephonkosten um etwa K 8000.-- berücksichtigt werden.

Der voraussichtliche Kraftbedarf sämtlicher Gemeinden in Viechtenstein ist nach persönlich vorgenommenen örtlichen Erhebungen nach dem heutigen Stande in der Beilage Nr. 4 angegeben. Hierbei kommen fast ausschließlich nur landwirtschaftliche und kleingewerbliche Motoren in Betracht. Im ganzen ist der Bedarf für Licht 438 PS.

„ Kraft 153 „

Zusammen 591 PS.

dazu für event. spätere Anschlüsse und mit Rücksicht auf eine neue Bahn

200 „

Zusammen 791 PS.

Um dem Anschlußwert von 591 PS. zu entsprechen, würde voraussichtlich eine Kraftleistung der Zentrale von 60 %, das heißt

$$591 \times 0.60 = 354.6, \text{ rund } 350 \text{ PS.}$$

genügen, für welchen Bedarf ein Aggregat von 400 PS. ausreichen würde. Nach Anschluß der

eventuell später in Frage kommenden Konsumenten, wie die neue Bahnanlage, die Rosenthalischen Fabriken u. s. w. würden analog wie vor eine Kraftleistung von etwa:

$$791 \times 0.60 = 474.6 \text{ PS.}$$

oder mit Rücksicht auf den mehr konstant stattfindenden Fabriks- und Bahnbetrieb
rund 550 PS.

erforderlich sein.

Die im Kostenantrag vorgesehene Ausgestaltung des elektrischen Teiles ist in der Weise gedacht, daß die Einrichtungen der Zentrale und die Hochspannungsleitung ausreichend für die Umwandlung und Ableitung der gesamten, von den Turbinen geleisteten 800 PS. sind; dagegen sind die Transformatoren und die Sekundärneze nur für den bodenständigen Bedarf an Licht und Kleinmotoren zu gewerblichen Zwecken berechnet. Die übrige, zur Verfügung stehende Energie, wird vom Werk nur in Form von Hochspannungsstrom ab Zentrale geliefert, und es würden hiezu für das Werk keine weiteren Ausgaben entstehen.

Die näheren Einzelheiten des elektrischen Teiles dürften in den beigelegten Angeboten mit Erläuterungsberichten ausreichend beschrieben sein.

Zu bemerken ist, daß die bestehende Niederspannungsanlage in Baduz, sowie die von dem Feldkirchner Werke in den Gemeinden Mauren und Sichen gebauten Verteilungsneze und Transformatoren nicht berücksichtigt sind, und daß somit bei der Ausführung gewisse Ersparnisse entstehen würden.

5. Gesamtkosten der Anlage.

Die Gesamtkosten der Kraftherzeugung einschließlich Krafthaus und elektrischer Einrichtungen in demselben betragen nach dem Kostenantrag

$$\text{K } 376\,000.—$$

wonach die Kosten pro Pferdekraft ab Kraftstation auf

$$k_1 = \frac{376000}{800} = \text{K } 470.— \text{ kommen.}$$

Die Kosten der elektrischen Anlagen außerhalb der Zentrale betragen sich laut Vorantrag auf

$$\text{K } 288\,000$$

somit per PS.

$$k_2 = \frac{288000}{800} = \text{K } 360.—$$

Die Gesamtkosten der vollausgebauten Anlage, ausschließlich Entschädigungen für Wasserrechte, Grundeinlösungen, Nutzungen und Servitute, betragen laut Kostenvorantrag

$$\text{K } 664\,000.—$$

somit per Pferdekraft

$$\frac{664000}{800} = \text{K } 830.—$$

6. Rentabilitätsberechnung.

Im Rahmen eines generellen Projektes können die Details für eine genaue Rentabilitätsberechnung nicht unterjucht werden, ebensowenig kann auf den wirklichen Zustand am Beginne des Betriebes eingegangen werden. Im Nachstehenden sollen jedoch die Grundzüge für eine Rentabilitätsberechnung beim normalen Betriebe erörtert werden.

I. Jährliche Betriebskosten:

Die jährlichen Betriebskosten der Anlage setzen sich zusammen:

A. aus indirekten, bestehend aus: a) der Verzinsung und Amortisierung des Anlagekapitals samt b) Erneuerungen.

B. aus direkten, welche in Unterhaltung und Bedienung der Gesamtanlage bestehen.

Diese jährlichen Betriebskosten betragen:

A. Indirekte Betriebskosten:

a) Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals in 50 Jahren mit $4,5 + 0,7 = 5,2\%$ gibt: $664000 \times 0,052 =$	K 34528.—
b) Erneuerungen:	
1. der Turbinenanlage $3\% = 23300 \times 0,03 =$	K 699.—
2. der elektrischen Anlagen im Krafthaus, der Fernleitung und Transformatoren einschließlich Sekundärnetz $3,5\% = (40400 + 288000) \times 0,035 =$	" 11494.— " 12193.—

B. Direkte Betriebskosten.

a) Unterhaltung:	
1. des wasserbaulichen Teiles ohne Turbinen, einschließlich Krafthaus $0,5\%$, 376000 .— (23300 für Turbinen und 40400 für elektrische Einrichtungen) $\times 0,005 = 312300 \times 0,005 =$	" 1562.—
2. der Turbinen und der elektrischen Teile im Krafthaus und Transformatoren $1,5\% = (23300 + 40400 + 58700) \times 0,015 = 122400 \times 0,015 =$	" 1836.—
3. der Fernleitung, ist in der Bedienung enthalten.	" —.— 3398.—
b) Bedienung einschließlich Arbeiterversicherung:	
1. des wasserbaulichen Teiles $0,5\%$ $312300 \times 0,005 =$	K 1562.—
2. im Krafthaus und bei den Transformatorstationen am Ende der Fernleitung, ein Maschinist und 1 Gehilfe, $2200 + 1600 =$	" 3800.—
3. Schmiere und Putzmaterial	" 4000.—
4. Bedienung der Fernleitungen	" 2519.— " 11881.—
Gesamte Betriebskosten jährlich zusammen	K 62000.—

Die jährlichen durchschnittlichen Kosten per Pferdekraft sind daher

$$k_j = \frac{62000}{800} = 77,50 \text{ rund K } 78.—$$

II. Jährliche Einnahmen:

a) für Licht:

Rechnet man den Durchschnitt pro angegeschlossene Kerzenstärke K —.80, so beträgt die Einnahme für den ermittelten Bedarf von 75200 Kerzen

$$75200 \times 0,80 = \text{K } 60160.—$$

b) für Kraft zu Kleingewerbezwecken:

Rechnet man mit einem Durchschnittspreis für alle Kleinmotoren von K 100.— per PS., so beträgt die Einnahme für den ermittelten Bedarf von 153 PS.

$$153 \times 100 = \text{ " } 15300.—$$

Ueberschlag K 75460.—

c) Weiters zur Verfügung stehende Kraft.

Anmerkung: Um den Bedarf der unter a und b aufgeführten Kraftleistung der Zentrale zu decken, würde das eine Aggregat von 400 PS. ausreichen; es bleiben somit etwa 400 PS., mit je 10-stündiger Betriebszeit frei zur Verfügung, und würden deren Verwertung entweder die Einnahmen des Werkes erhöhen, oder die Einheitspreise für die Konsumenten entsprechend kleiner ausfallen.

Jährliche Gesamteinnahmen nach dem jetzigen Bedarf

K 75460.—

7. Schlußbemerkung.

Sollten sich bis zum Zustandekommen des Baues vom Lawena-Projekte keine Großabnehmer für elektrische Kraft finden, so wäre es zu empfehlen, den Ausbau in zwei Teile zu zerlegen, wodurch beim ersten Bauabschnitte verschiedene erhebliche Ersparnisse zu ermöglichen wären. Es könnten erspart werden:

- | | | |
|--|------------------------|-----------|
| 1. Am Hochbehälter mit einem Fassungsraum von nur etwa 3000 m ³ | | K 40000.— |
| 2. 1 Aggregat in der Kraftstation per | 1 Turbine samt Zubehör | K 10300.— |
| | 1 Generator | " 13200.— |
| | 1 Schalttafelreduktion | " 3500.— |
| | | " 27000.— |

Zusammen

K 67000.—

wodurch sich die Kosten für den ersten Ausbau auf rund K 600000.— stellen würden.

Ob, oder in welcher Höhe bei der Ablösung der bestehenden Anlage in Baduz, Eschen und Mauren für das neue Werk Mehrkosten entstehen würden, gegenüber denjenigen im vorgelegten Kostenvoranzeige berechnet, wäre nach unseren Erhebungen, wie schon früher erwähnt, Sache eines eigenen Finanzierungsstudiums, doch dürften diese Schwierigkeiten nicht von ausschlaggebender Bedeutung für das Zustandekommen eines Lawena-Werkes sein. Von Interesse ist noch ein Vergleich mit einem kleinen, z. B. in Baduz bestehenden Kraftwerke. Nach erhobenen Daten betragen die Anlagekosten dieses Werkes einschließlich Verteilungsnetz (Niederspannung) rund K 80,000.—; der Anschlußwert beträgt zirka 50 Pferdekraft.

Die Kosten der Anlage pro PS. betragen sonach

$$K = \frac{80000}{50} = K 1600$$

gegenüber den K 830.— beim Lawenawerke. Bezüglich des Betriebes stehen die jährlichen Ausgaben ungefähr in demselben Verhältnisse.

Es soll zum Schlusse nochmals hervorgehoben werden, daß die Konstatierung der wirklich vorhandenen minimalen Wassermengen in der Lawena von allergrößter Bedeutung ist, weil alle Berechnungen und Ausführungen auf einem genügenden Wasserzufluß beruhen.

Feldkirch, im Dezember 1913.

Diplom-Ing. **Arnold Fufenegger**,
 beh. aut. beeid. Bau-Ingenieur und Geometer, **Feldkirch**
 (Vorarlberg).