

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 51 (1989)
Heft: 11

Artikel: Energieversorgung von Alpbetrieben mit Kleinst-Wasserkraftwerken
Autor: Frankhauser, Johannes
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1080636>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Energieversorgung von Alpbetrieben mit Kleinst-Wasserkraftwerken

Johannes Fankhauser, Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), 8356 Tänikon

Seit dem allgemein gesteigerten Interesse nach erneuerbaren Energien in den siebziger Jahren finden auch Kleinwasserkraftwerke wieder grössere Beachtung. Die Technik der Kleinwasserkraftnutzung weist fast alle Vorteile auf, die heute von zukünftigen Energiesystemen verlangt werden: dezentral, klein und umweltfreundlich.

So liegt es nahe zu prüfen, ob auch abgelegene Alpbetriebe durch Ausnutzung naher Gewässer mit elektrischer Energie versorgt werden können.

Der vorliegende Artikel ist ein Auszug aus dem FAT-Bericht Nr. 348.

Der im Januar 1989 erschienene FAT-Bericht vermittelt eine Übersicht über Planung, Ausführung, Kostenschätzung und wasserrechtliche Voraussetzungen von Kleinst-Wasserkraftwerken.

Er kann bei der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), 8356 Tänikon TG (Tel. 052 - 47 20 25), bezogen werden.

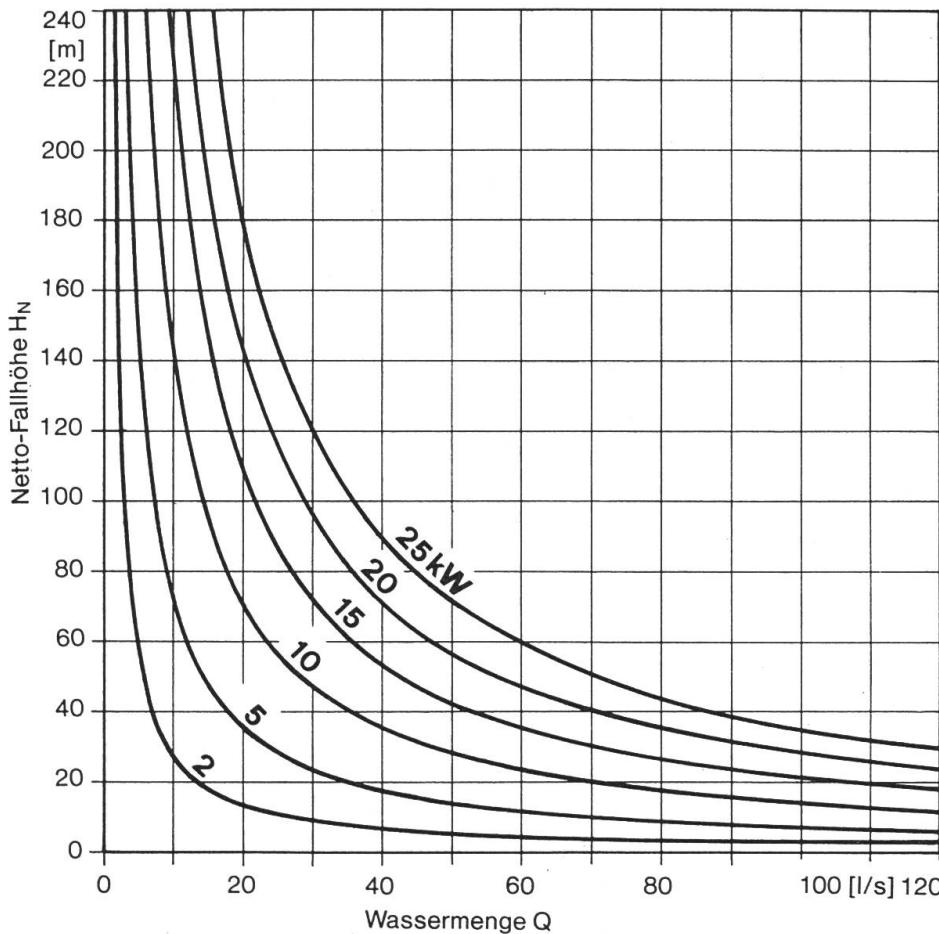


Abb. 1: Von Kleinst-Wasserkraftwerk zu erwartende elektrische Leistung in Abhängigkeit von Fallhöhe und Wassermenge.

Energiebedarf

Der Energiebedarf eines Alpbetriebes richtet sich nach seiner Grösse, aber noch mehr nach seiner Betriebsart.

Während bei minimalen Ansprüchen einige hundert Watt für die Beleuchtung und die Melkmaschine genügen, erfordert ein grösserer Milchviehbetrieb mit elektrifiziertem Haushalt (Küche) einen Anschlusswert von 4 bis 6 kW. Soll auf einem Alpbetrieb mit 100 bis 150 Kühen und angeschlossener Käserei die Heizenergie für die Käsefertigung mit elektrisch beheiztem Wasser aufgebracht werden, ist mit einem Leistungsbedarf von 10 bis 15 kW zu rechnen.

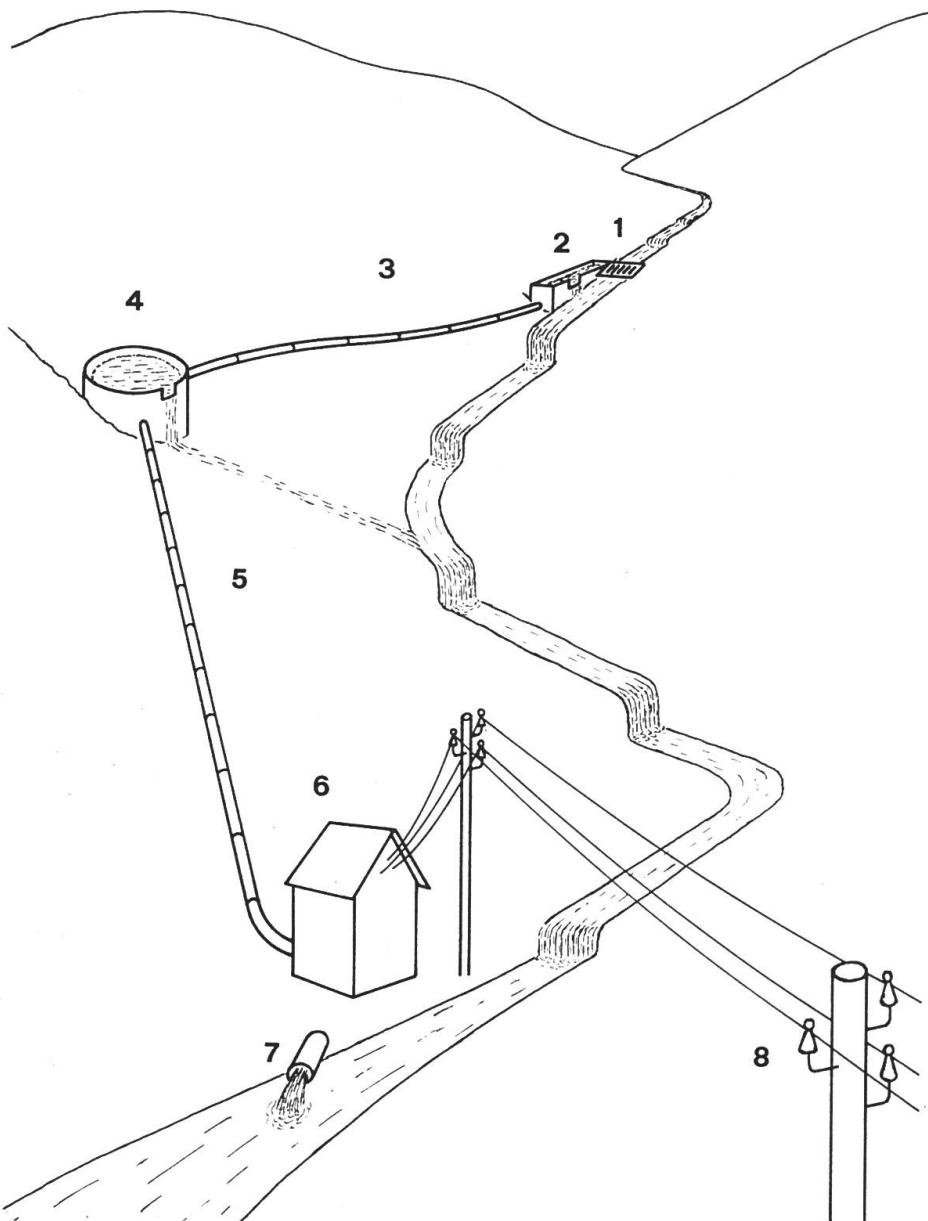


Abb. 2: Kraftwerksanlage.

- 1 Wehr bzw. Wasserfassung
- 2 Entsender
- 3 Ausleitung
- 4 Wasserschloss mit Überlauf

- 5 Druckleitung
- 6 Maschinenhaus
- 7 Wasserrückgabe
- 8 Strom-Übertragungsleitung

Notwendige Wassermenge und Höhendifferenz

Ist die zur elektrischen Versorgung des Alpbetriebs notwendige Leistung bekannt, gilt es abzuklären, ob der in Frage kommende Bergbach oder aber die Wasserversorgung dafür genügen. Die aus einem Gewässer nutzba-

re Leistung ist abhängig von der ausnutzbaren Höhendifferenz (Fallhöhe) und der zur Verfügung stehenden Wassermenge (Abb. 1). Eine Leistung von 10 kW lässt sich danach zum Beispiel mit einer Wassermenge von 10 l/s bei einer Fallhöhe von 140 m oder mit einer Wassermenge von 70 l/s bei einer Fallhöhe von 20 m erzeugen.

Kraftwerksanlage

Abb. 2 zeigt die Teile einer Kraftwerksanlage.

Durch das Wehr bzw. die Wasserfassung wird das Wasser oder ein Teil des Wassers aus dem natürlichen Bachlauf abgeleitet. An die Fassung schliesst sich in der Regel eine Entsenderanlage an, eine ruhige Fließstrecke, in der sich mitgeschwemmer Sand absetzen kann.

Das möglichst sandfreie Wasser wird der Druckleitung zugeführt, die dieses entlang dem Bach talwärts zum Turbinenhaus führt und die Nutzung der Energie möglich macht.

Sind die Geländeverhältnisse für das Verlegen der Druckleitung entlang dem Bachlauf ungünstig, kann es vorteilhaft sein, das gefasste Wasser zuerst in einer Rohrleitung oder einem Kanal mit minimalem Gefälle einer Talseite entlang auszuleiten und dann erst mit einer steileren kurzen Druckleitung der Turbine zuzuführen.

Zwischen Flach- und Steilstrecke kann ein Wasserschloss erforderlich sein, um bei schnellen Wassermengenänderungen die Druckstöße in der Druckleitung auszugleichen. Bei längeren Ausleitungen wird beim plötzlichen Schliessen der Druckleitung der im Wasserschloss ankommende Wasserschwall über einen Überlauf dem natürlichen Bachbett zugeleitet.

Auch das von der Turbine ausströmende Wasser wird auf möglichst kurzem Wege in den Bach zurückgegeben.

Ein Speicher anstelle des Wasserschlosses ermöglicht das Aufstauen von Wasser für Zeiten grösseren Verbrauchs.

In Kleinstkraftwerken von Alpbetrieben werden fast ausschliess-

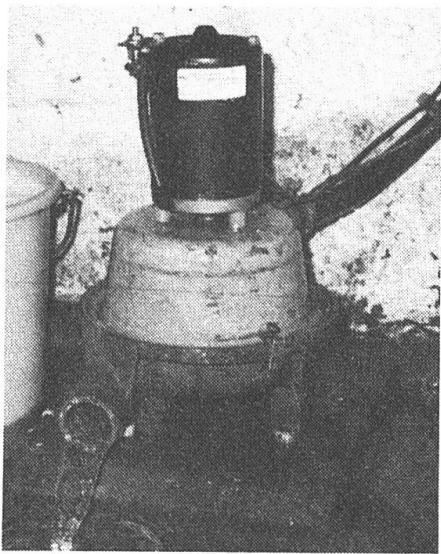


Abb. 3: Kleinst-Peltontrubine mit aufgebautem Gleichstrom-Generator. (Die Turbine der Blackenalp ist bei etwa gleicher Grösse mit drei Düsen ausgestattet.)

lich Pelonturbinen verwendet (siehe Abb. 4).

Praxisbeispiele

Die Darstellung von drei Anlagen unterschiedlicher Leistung aus verschiedenen Regionen der Schweiz zeigt die Vielfalt der örtlichen Verhältnisse, aber auch der Ansprüche an die Stromversorgung.

In Tab. 1 Seite 21 sind die wichtigsten Daten der nachfolgend beschriebenen Kleinstkraftwerke zusammengestellt.

Blackenalp (0,15 kW)

Die Blackenalp wird mit 750 Rindern bestossen. Daneben halten die Hirten zehn Kühe und betreiben eine kleine Käserei. Bei der Erneuerung der Wasserversorgung bot sich die Gelegenheit, die 400 m lange Trinkwasser-Zuleitung im Durchmesser etwas grösser zu wählen (90 mm Nennweite), um damit ein Kleinst-Wasserkraftwerk zu betreiben (Abb. 3 und 4).

Die Peltontrubine benötigt bei der geringen Fallhöhe von 18,5 m eine Wassermenge von zirka 1,5 l/s, damit der Generator eine Leistung von 150 Watt liefert. Das Wasser wird in der Turbine nicht verschmutzt und kann weiter als Trinkwasser verwendet werden. Die erzeugte Energie wird in einem Batterie-Speicher mit einer Ladekapazität von 600 Ah gespeichert. Sind die Batterien geladen, wird der Wasserzufluss zur Turbine automatisch unterbrochen. Der 24-Volt-Batterie-Speicher versorgt über einen Wechselrichter ein 220-Volt-Netz. Daran können Geräte bis 1 kW Leistung betrieben werden. Das reicht für die Beleuchtung, zum Betrieb des Kessirührwerks, des Butterfasses und einer kleinen Zentrifuge, während das Vakuum für die Melkmaschine mit einer Wasserstrahlpumpe erzeugt wird.

Hinterchirel (2,4 kW)

Auf dem Hinterchirel – eine Alp mit 29 Kuhrechten – werden jeweils zirka 15 Milchkühe, 18 Rinder und 10 Kälber gesömmert. Auch auf diesem Familienbe-

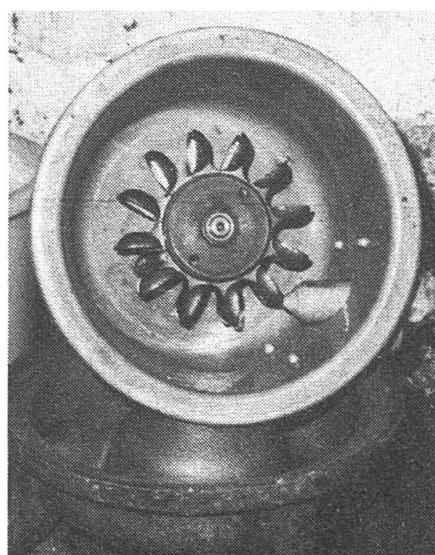


Abb. 4: Auch in den kleinsten Peltontrubinen läuft ein Rad mit den typischen löffelförmigen Schaufeln.



Abb. 5: Quellenfassung: Das Wasser wird unmittelbar nach seinem Austritt durch eine Betonschale gefasst und in ein PCV-Rohr (Aussendurchmesser 110 mm) geleitet.

trieb wird Käse und Butter produziert.

Zur Versorgung der Alp mit Strom für die Melkmaschine, die Beleuchtung, die Warmwasseraufbereitung, das Kessirührwerk sowie für eine Kochplatte, zwei Kühlschränke und weitere Küchengeräte wurde eine Quelle gefasst, die nach Trockenperioden im Herbst mindestens 3 l/s Wasser liefert, im Frühsommer gut das Doppelte. Das Wasser wird unmittelbar nach seinem Austritt durch eine Betonschale gefasst und in ein PVC-Rohr mit 100 mm Nennweite geleitet (Abb. 5). Das Rohr mündet in einen Schacht aus einem Betonrohr mit 35 cm Innendurchmesser, der als Wasserschloss dient.

Vom Wasserschloss führt ein knapp 300 m langes PE-Rohr mit 63 mm Nennweite in Falllinie zur Talsohle unterhalb der Algebäude (Abb. 6). Die Fallhöhe beträgt 130 m; das Gefälle durchschnittlich 50%. Die Leitung wurde zusammen mit einer neuen Trinkwasserleitung eingegraben. Der oberste Viertel der Druckleitung führt durch steiles (zirka 70% Gefälle), mit Fels und losen Stei-

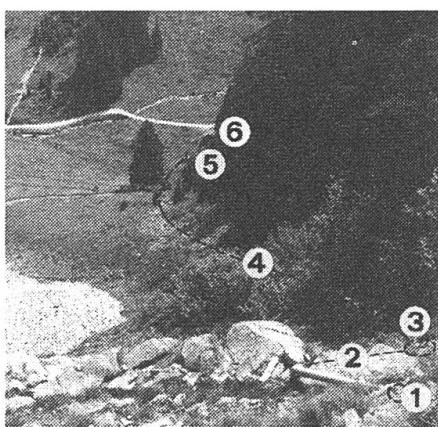


Abb. 6: Hinterchirel: Die Druckleitung führt durch steiles (bis 70% Gefälle) mit Fels und losen Steinen durchsetztes Gelände.
 1 Quellenfassung
 2 Überleitung zum Wasserschloss
 3 Wasserschloss
 4 Druckleitung (vergraben)
 5 Maschinenhaus
 6 Rinderstall

nen durchsetztes Gelände und musste von Hand eingegraben werden. Für den Rest der Leitung erfolgten die Grabarbeiten mit einem geländegängigen Bagger. Zum Schutz der Turbinen-Generatorgruppe wurde eine Bretterhütte mit zirka 4 m² Grundfläche errichtet (Abb. 7). Der Generator liefert Einphasenwechselstrom mit einer Spannung von 220 V und einer Frequenz von 50 Hz (Abb. 8). Die Übertragung zu den zirka 50 m entfernten Alpgebäuden erfolgt durch ein erdverlegtes Elektrokabel.

Der Elektrokasten mit den Regel- und Überwachungsinstrumenten ist im Alpgebäude installiert. Mit dem Überschussstrom wird ein 200-l-Boiler aufgeheizt (Abb. 9).

In den Alpgebäuden sind elektrische Apparate, Geräte und Lampen mit einem Gesamtanschlusswert von zirka 7 kW installiert.

Cavel (15,4 kW)

Bei der Sanierung der Kuhalp mit 333 Kuhrechten wurden für zirka 100 Milchkühe eine Elektrokäse-

rei eingerichtet und ein Kleinst-Wasserkraftwerk gebaut. Einem Bach wird in einem flachen Abschnitt oberhalb eines Wasserfalls durch ein Tiroler Wehr (Fallrechen), das zirka einen Viertel der Bachbreite erfasst, Wasser entnommen und in einen Entsander geleitet (Abb. 10 und 11). Von der Entsanderkammer führt eine PE-Rohrleitung mit 200 mm Nennweite zuerst entlang der flachen Bachstrecke und dann seitwärts dem Hang des sich öffnenden Tales folgend mit einem durchschnittlichen Gefälle unter 1% zu einem Schacht aus glasfaserverstärktem Kunststoff von 1,5 m Durchmesser und 1,8 m Tiefe – einem Wasserschloss mit 3 m³ Inhalt. Da dieser flache, 350 m lange Ausleitungsabschnitt auch eine leichte Gegensteigung aufweist, sind weitere kleine Unterbrechungs- und Entlüftungsschächte notwendig. Vom Wasserschloss führt eine 295 m lange Druckleitung anfangs schräg, dann in Falllinie

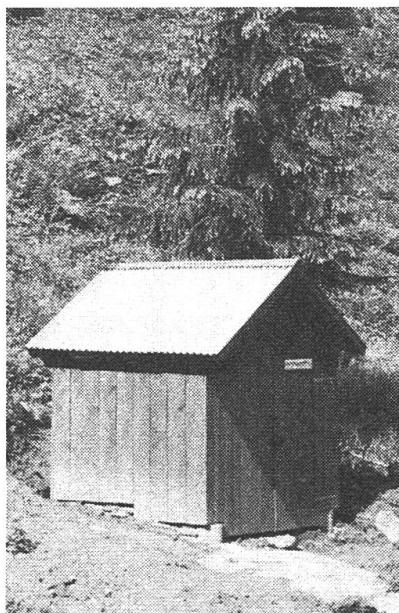


Abb. 7: Maschinenhaus.

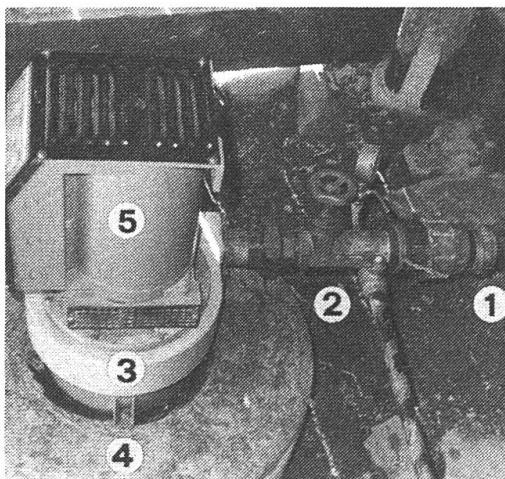


Abb. 8: Turbinen-Generatoranlage.
 1 Druckleitung (PE-Rohr 63 mm Aussendurchmesser)
 2 Absperrschieber mit Manometer
 3 Peltonturbine
 4 Turbinenschacht (Betonrohr 60 cm Aussendurchmesser)
 5 Synchron-Generator (Nennleistung 3 kW, 220 V, 50 Hz)

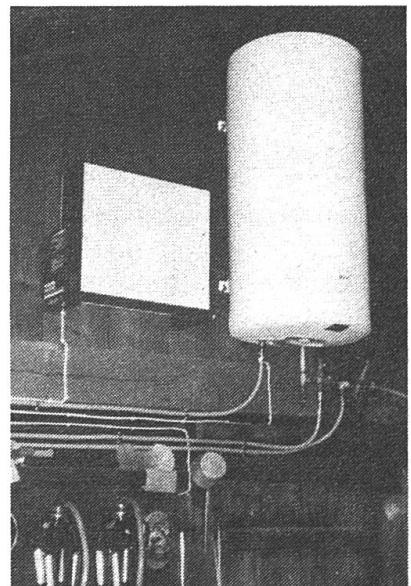


Abb. 9: Zum Leistungsausgleich auf der Verbraucherseite wird der überschüssige Strom einem 200-l-Boiler (rechts) oder einem luftgekühlten Belastungswiderstand (links) zugeleitet.

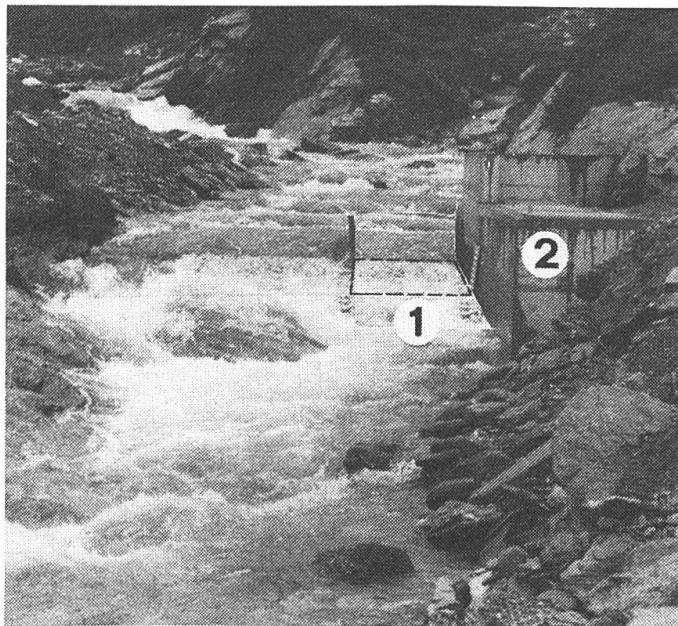


Abb. 10: Wasserfassung mit Entsander in flacher Bachstrecke.

- 1 Fallrechenfassung (überflutet)
2 Entsanderanlage

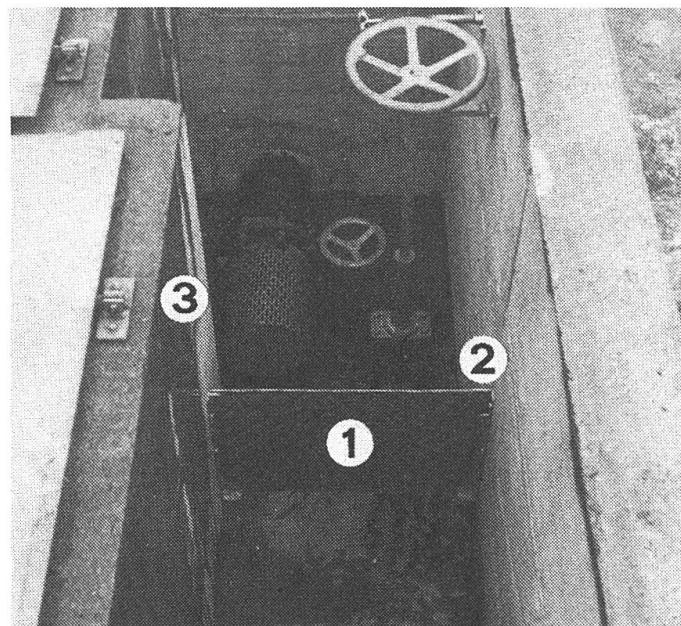


Abb. 11: Blick in Entsanderkammer während Spülvorgang (Wasser zum Teil abgelassen).

- 1 Tauchwand
2 Spülschieber
3 Siebeinlauf zur Triebwasser-Ausleitung

hangabwärts zum Maschinenhaus. Die Fallhöhe beträgt 84 m, das mittlere Gefälle 30%. Die Druckleitung ist im Durchmesser abgesetzt. Im oberen Teil beträgt der Nenndurchmesser 200 mm und der Nenndruck 6,3 bar; im unteren Teil 160 mm und 10 bar. Das Maschinenhaus wurde 30 m über der Talsohle in den Hang gebaut, weil die Schneemassen vom gegenüberliegenden Lawinenhang zu Beginn der Sömmerrungszeit oft noch nicht weggeschmolzen sind. Es wurde eine solide, lawinensichere Betonkonstruktion gewählt (Abb. 12). Die zweidüsige Pelton-turbine mit horizontaler Welle ist direkt mit dem Generator gekoppelt. Das Kraftwerk liefert Dreiphasen-Wechselstrom 220/380 V, 50 Hz. Die Leistung ist konstant auf 15,4 kW eingestellt. Der Wärmespeicher der Käserei hat den grössten Energiebedarf und wird als Lastausgleich bei der Regelung benutzt.

Die Energieübertragung zu den 400 m entfernten Alpgebäuden erfolgt durch ein in einem PE-Rohr von 60 mm Durchmesser erdverlegten Elektrokabel.

Kosten

Kraftwerke – auch kleinste – sind immer an örtliche Verhältnisse

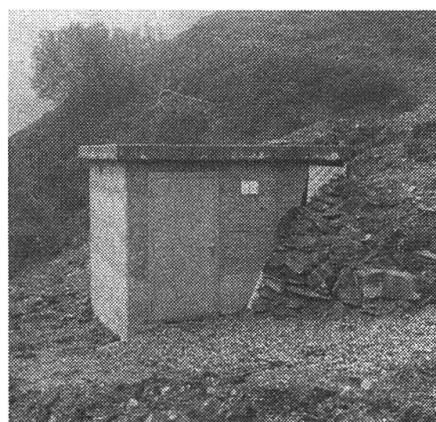


Abb. 12: Maschinenhaus: Durch Anschüttung, Bepflanzung oder Überdachung könnte das Erscheinungsbild noch verbessert werden.

angepasste Anlagen und Bauwerke. Allgemein gültige Angaben über Kosten sind deshalb schwierig. In der Praxis ist für eine zuverlässige Kostenschätzung ein Vorprojekt unerlässlich.

In Tab. 2 sind die Investitionen für die beschriebenen Praxisanlagen zusammengestellt.

Werden die Investitionen der Anlagen auf die jeweilige installierte elektrische Leistung bezogen, ergeben sich – Kleinstanlagen wie Blackenalp ausgeschlossen – spezifische Investitionen zwischen zirka Fr. 8000.– und Fr. 14'000.–/kW. Ein Investitionsbedarf unter Fr. 10'000.– pro Kilowatt scheint nur bei grosser Eigenleistung oder bei besonders günstigen Verhältnissen (Quellenfassung, günstige Geländeverhältnisse, kurze Elektrozuleitungen) möglich.

Die aufgeführten Investitionen verstehen sich ohne Abzug allfälliger Subventionsbeiträge. Einzelne Kantone subventionieren

Tabelle 1: Technische Daten zu den beschriebenen Kraftwerken

Kraftwerk		Blackenalp	Hinterchirel	Cavel
Leistung, elektrisch	(kW)	0,15	2,4	15,4
Fallhöhe	(m)	18,5	130	84
Wasserdurchfluss	(l/s)	1,6	3	27
Wasserfassung:	Höhe über Meer genutzte Gewässer	(m)	1795 Wasserver. Quelle	1590 Bach
Druckleitung:	Länge Aussendurchmesser ¹⁾ Innendurchmesser ¹⁾ Nenndruck ¹⁾ Material ¹⁾ Durchschnittliches Gefälle Wassergeschw. bei Nennleistung ¹⁾	(m) (mm) (mm) (bar) — (%) (m/s)	³⁾ — — — — — —	280 63 51,4 10 PE 52 1,4 295 (645 ⁴⁾) 160 130,8 10 PE 30 2,0
Turbine:	Typ, Lage der Achse ²⁾ Regelung Kühlung des Belastungswiderstandes mit:		Pelton, v (Batterie) —	Pelton, v Last, verbraucherseitig Luft Pelton, h Wasser
Elektrozuleitungen:	Länge Spannung	(m) (V)	— 24	50 220 415 220/380

¹⁾ unterster Leitungsabschnitt²⁾ h = horizontal; v = vertikal³⁾ Leitung für Trinkwasserversorgung⁴⁾ Total mit Ausleitung von 350 m Länge

Wasserkraftwerke für Alpbetrieb; zuständige Stelle ist in der Regel das Kantonale Meliorationsamt.

Wasserrecht

Der Betrieb eines Kraftwerks bedarf einer Wasserrechtskonzession oder Wasserrechtsverleihung. Für die Erteilung einer Konzession sind umfangreiche Abklärungen vorgeschrieben, die nicht zuletzt auch die Anliegen der Fischerei und des Umweltschutzes berücksichtigen. So wird es heute auch kaum mehr gestattet, einen Bachlauf völlig trocken zu legen, das heisst das Wasservollständig zu nutzen. Die Restwasser-Vorschriften können gerade bei kleinsten Kraftwerken entscheidende Bedeutung haben. Würde die für die Eidg. Gewässerschutzrevision vorgeschlagene Regelung, dass Ge-

wässer mit einem Wasserdargebot unter 50 l/s nicht genutzt werden dürfen, bzw. dass das Restwasser mindestens 50 l/s betragen muss, auch auf fischlose Bergbäche angewandt, wäre in vielen Fällen der Ausbau eines Alpkraftwerks zum vornherein unmöglich.

Diskussion

Für den Entscheid, ob ein Kleinst-Wasserkraftwerk gebaut werden soll, sind die Kosten wichtig, aber nicht allein massgebend. Der Nutzen der Elektrifizierung einer Alp zeigt sich in Arbeitserleichterung, Komfortsteigerung und Verbesserung der Hygiene bei der Milch- und Käseproduktion, das heisst in der Qualität von Milch und Milchprodukten und ist schwer in Franken auszudrücken. Sicher darf als Beurteilungs-

massstab nicht der Stromtarif der nächstgelegenen Talbetriebe eingesetzt werden. Vielmehr ist mit anderen Alternativen der Elektrifizierung zu vergleichen wie:

- Zuführen von elektrischer Energie vom nächstgelegenen Netz auf eigene Kosten bzw. mit Kostenbeteiligung.
- Diesel- oder Benzinmotor mit Generator; bei grossem Wärmebedarf (Käserei) mit Wärme-Kraft-Koppelung.
- Windgenerator mit Batterieanlage.
- Sonnenzellen mit Batterieanlage.

Dabei muss die Umweltverträglichkeit aller Varianten in die Beurteilung einbezogen werden. Windgenerator und Sonnenzellen sind nur zusammen mit einer Batterieanlage zuverlässig einsetzbar und kommen deshalb nur für eine minimale Versorgung

Tabelle 2: Investitionen für die beschriebenen Kraftwerke

Kraftwerk	Blackenalp (0,15 kW) (Fr.)	Hinterchirel (2,4 kW) (Fr.)	Cavel (15,4 kW) (Fr.)
Wasserfassung, Entsander	-	200.- ⁴⁾	25 500.-
Triebwasserweg (Ausleitung, Druckleitung, Wasserschloss, Turbinenschacht, Rückgabekleitung)	500.- ¹⁾	5500.- ⁴⁾	81 200.-
Maschinenhaus	-	500.- ⁴⁾	11 800.-
Turbine, Generator, Regelung	2500.-	13 800.- ⁵⁾	28 200.-
Strom-Übertragungsleitung	2800.- ²⁾	200.- ⁵⁾	17 700.-
Projektierung, Bauleitung	1000.- ³⁾	⁵⁾	28 000.-
Verschiedenes	-	-	17 000.- ⁶⁾
Unvorhergesehenes	-	-	11 300.- ⁷⁾
Total	6800.-	20 200.-	220 700.-

¹⁾ Mehrkosten für grössere Trinkwasserleitung²⁾ Batterieanlage, Wechselrichter³⁾ Installation der Anlage inbegriffen⁴⁾ Ganz oder zur Hauptsache Eigenleistung (Materialkosten)⁵⁾ Kosten für Kableintrag, Hausanschluss, Projektierung und Beratung im Turbinenpreis inbegriffen⁶⁾ Transportaufwendungen⁷⁾ Unwetterschaden

(Beleuchtung, Melkmaschine) in Frage. Entsprechende Kleinst-Wasserkraftwerke werden in der Regel an der Trinkwasserversorgung angeschlossen und treten nach aussen überhaupt nicht in Erscheinung.

Bei den restlichen Varianten ist neben der Kostenfrage zu entscheiden, ob Lärm und Abgas eines Verbrennungsmotors, eine kilometerlange Freileitung oder

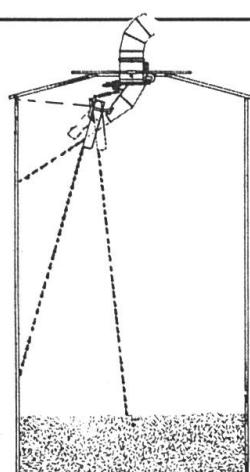
eine kurze Bachstrecke mit reduzierter Wassermenge mehr stören.

Wie die beschriebenen Praxisanlagen zeigen, können bei Kleinstkraftwerken in Bergregionen die

Eingriffe in die Umwelt minim gehalten werden. Die Erleichterung der Arbeit und des Lebens auf der Alp durch die Elektrifizierung ist demgegenüber sehr hoch einzuschätzen.

Perkins
Motoren

Generalvertretung
PROMOT AG
Tel. 062 - 99 92 11 5745 Safenwil



Der neue, automatische **Exakt-ALKA-Siloverteiler**

der robuste, bewährte Futterverteiler

- Sicherer Antrieb durch Drehstrom-Getriebemotor (0,25 PS)
- Gleichmässige Verteilung
- Lange Lebensdauer
- Feuerverzinkt
- Für alle Hochsilos geeignet
- Der Silo kann bis unter das Dach gefüllt werden



Alois Kaufmann

Fabrik landw. Maschinen und Geräte

9308 Lömmenschwil

Telefon 071 - 38 17 17

