

Kleinwasserkraftwerke zur Elektrifizierung in Entwicklungsländern

Autor(en): **Baumgartner, Jost**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 50

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75590>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kleinwasserkraftwerke zur Elektrifizierung in Entwicklungsländern

Von Jost Baumgartner, Schwerzenbach

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf erste Vorstudien für Kleinwasserkraftwerke bis zur Grössenordnung von etwa tausend Kilowatt, die Drehstrom erzeugen und im Inselbetrieb, also nicht parallel mit andern Kraftwerken arbeiten.

Eine Elektrifizierung mittels Kleinwasserkraftwerken kann eine gute Lösung sein, vorausgesetzt, dass nicht allzuweit von den Verbrauchern entfernt entsprechend günstige hydraulische Verhältnisse vorhanden sind. Dies ist eine Einschränkung, die etwas Vorsicht bei der Propagierung von Kleinwasserkraftwerken als Universallösung empfehlen lässt, auch wenn es um Länder mit einem gewissen Wasserkraftpotential geht.

Bevor man ernster an die Möglichkeit eines Kleinwasserkraftwerkes denken kann, müssen Vorstudien an Ort und Stelle durchgeführt werden. Zu diesen Vorstudien gehört die bei Wasserkraftwerken im Inselbetrieb besonders wichtige Messung der in der wasserärmsten Jahreszeit zur Verfügung stehenden Wassermenge, im folgenden Minimalwassermenge genannt. Für auf Wasserkraftwerke spezialisierte Ingenieurfirmen sind Kleinwasserkraftwerke nicht immer interessant, weil der notwendige Einsatz mehrerer ihrer Spezialisten im Verhältnis zur Bausumme zu teuer werden kann. Andererseits haben aber oft nicht auf Wasserkraftwerke spezialisierte Instanzen mit Problemen von Kleinwasserkraftwerken zu tun. Es wird deshalb hier auf einige, zum Teil durch die Besonderheiten des Inselbetriebes bedingte Probleme hingewiesen, die manchmal übersehen werden.

Einleitung

Oft besteht der Wunsch, ländliche Gebiete in Entwicklungsländern mit elektrischer Energie zu versorgen, wenn diese noch ganz oder fast ganz fehlt. In erster Linie könnte man nun daran denken, zu diesem Zweck in jenen Gegenden ein allgemeines Verteilnetz aufzubauen, das von grösseren Kraftwerken her gespeist wird. Rein technisch gesehen wäre dies vielleicht die beste Lösung, besonders wenn eine spätere starke Verbrauchszunahme mit Sicherheit zu erwarten ist.

Andererseits würde diese Lösung viel Kapital erfordern, und es würde lange dauern, bis die ersten Verbraucher versorgt werden könnten. Dies gilt vor allem, wenn die speisenden grösseren Kraftwerke erst noch gebaut werden müssen oder weit entfernt sind. Die einzelnen Verbraucher in ärmeren – besser gesagt: bedürfnisloseren – Entwicklungsländern sind oft sehr klein, und sie liegen häufig weit auseinander. Ein allgemeines Versorgungsnetz zur Speisung solcher verstreuter Kleinverbraucher kommt verhältnismässig teuer zu stehen, und seine Kosten erhöhen zusätzlich stark den Energiepreis.

Bei solchen Verhältnissen ist es naheliegend, dass man manchmal eher klein

beginnen möchte, also mit einer auf Kleinkraftwerken basierenden Lösung. Vorerst könnte man nun an Benzin- oder Dieselaggregate denken, die überall aufstellbar sind und deren Grösse dem Bedarf der zu speisenden Verbraucher leicht angepasst werden kann. Entwicklungsländer mit geringer oder fehlender Erdölförderung scheuen aber eine daraus folgende Steigerung des Brennstoffverbrauchs. Sofern ein gewisses Wasserkraftpotential vorhanden ist, bevorzugen sie Kleinwasserkraftwerke für die Elektrifizierung.

Nutzen einer Elektrifizierung ländlicher Gebiete

Beim Lesen mancher Abhandlungen über die Elektrifizierung ländlicher Gebiete in Entwicklungsländern mit Hilfe von Kleinwasserkraftwerken fragt man sich, ob die damit verbundenen Erwartungen nicht zu hoch sind. Dies gilt besonders dann, wenn geglaubt wird, dass sich mit der Elektrifizierung beispielsweise eine Entwaldung bekämpfen, die Landwirtschaft und Industrie fördern und ganz allgemein die Armut mildern lasse. Dabei wird unterstellt, dass elektrisches Kochen und eventuell auch Heizen den Holzver-

brauch mindert und somit der Entwaldung entgegengetreten werden kann. Zu diesem Zweck müsste man aber ganzen Bevölkerungsgruppen elektrisches Kochen und Heizen ermöglichen. Vorher wäre jedoch genau zu prüfen, wieviel diese Umstellung kosten würde und ob die Bevölkerung die finanziellen Belastungen tatsächlich übernehmen kann. Der Energieverbrauch beim elektrischen Kochen und Heizen ist bekanntlich relativ hoch, vielleicht könnten Kleinwasserkraftwerke die benötigte Energiemenge nicht einmal liefern.

Elektrische Energie ist nur eine Bedingung unter vielen für das Entstehen einer Industrie. Sie führt nicht überall und automatisch zum Aufbau industrieller Unternehmen. Deshalb gilt es, sich ganz genaue Vorstellungen darüber zu machen, um welche Industrie es sich handeln soll und welche Absatzmöglichkeiten es für die herzustellenden Produkte geben wird. Unter Umständen ist es klüger, hinsichtlich der Ziele bescheidener zu sein und vorerst eher von einer Förderung des Gewerbes statt einer Industrie zu sprechen. Bezüglich des Antriebs von Sägereien, Mühlen usw. ist auch die Möglichkeit eines Direktantriebs durch Wasserkraft ins Auge zu fassen. Nicht immer ist es nötig, den teureren Umweg über die Elektrizität zu wählen, nur weil dieser neuzeitlicher anmutet.

Fast schlagwortartig wird manchmal auch von der «Bekämpfung der Armut» mit Hilfe der Elektrifizierung gesprochen. Wie stellt man sich das aber konkret vor? Eine im Vergleich mit unseren Verhältnissen bestehende Bedürfnislosigkeit bedeutet noch lange nicht Elend, falls kein Hunger herrscht. Mit anderen Worten: Fehlt ein Teil unserer unnötigen Bedürfnisse, so ist dies noch lange kein Zeichen für Armut.

Ein grosses und auch verständliches Bedürfnis entspringt andererseits dem Wunsch nach elektrischer Beleuchtung, was auch im direkten Gespräch mit den Bewohnern noch nicht elektrifizierter Gebiete zum Ausdruck kommt. Will man Grundbedürfnisse wie dieses befriedigen, so lässt sich mit wenig Aufwand viel erreichen. Beschränkt man sich bei knapper zur Verfügung stehender Energie auf die elektrische Beleuchtung, so kann der Allgemeinnutzen grösser sein als bei der Speisung einzelner grösserer Verbraucher.

Inselbetrieb von Wasserkraftwerken

Es gibt zwei Betriebsarten von Kraftwerken: den in Industrieländern üblichen Netzbetrieb sowie den Inselbetrieb. Im Netzbetrieb speist das Kraftwerk – gleichzeitig mit vielen anderen – in ein grosses Netz ein. Die Leistung des einzelnen Kraftwerkes ist klein im Vergleich zur Gesamtleistung aller einspeisenden Kraftwerke. Das einzelne Kraftwerk hat deshalb keinen oder kaum Einfluss auf die Frequenz und Spannung des Netzes. Es kann seine volle, dem Wasserzufluss entsprechende Leistung an das starke Netz abgeben, falls der Betreiber dieses Netzes damit einverstanden ist, das heisst, wenn dies mit seiner Programmierung der Energieerzeugung übereinstimmt. Die Frequenz wird in grossen Netzen von speziell für diese Aufgabe geeigneten und dafür bestimmten Kraftwerken geregelt bzw. konstant gehalten.

Die Verhältnisse liegen für Kraftwerke im Inselbetrieb völlig anders. Dementsprechend schwer fällt das Umdenken vom in Industrieländern üblichen Netzbetrieb mit dem Parallelbetrieb vieler grosser Kraftwerke zum in Entwicklungsländern häufigeren Inselbetrieb. Man muss sich aber dieser Unterschiede genau bewusst werden, da es sonst zu Fehlplanungen und falschen Energiekostenberechnungen bei der Projektierung von Wasserkraftwerken im Inselbetrieb kommen kann.

Die Leistung eines Kraftwerkes im Inselbetrieb ist gross im Verhältnis zur Gesamtleistung der Kraftwerke des betreffenden Netzes. Im häufig vorkommenden Extremfall ist nur ein einziges Kraftwerk zur Speisung eines Inselbetriebsnetzes vorhanden. Der Einfachheit wegen wird im folgenden nur dieser Fall betrachtet.

Das Kraftwerk im Inselbetrieb muss also selbst die Frequenz und die Spannung des Netzes regeln bzw. konstant halten. Seine Leistung hat also jederzeit genau mit der Summe des momentanen Bedarfs aller Verbraucher übereinzustimmen. Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch wirken sich sofort in einer Frequenzabweichung bzw. Drehzahländerung der Turbinen und Generatoren aus. Der Drehzahlregler der Turbinen erfasst diese Änderungen bzw. Änderungstendenzen und hält die Drehzahl über die Regelung des Wasserdurchflusses der Turbinen innerhalb der eingestellten Statik des Reglers konstant.

Ein Kraftwerk im Inselbetrieb hat also eine wesentlich anspruchsvollere Auf-

gabe zu erfüllen als ein normales Kraftwerk im Netzbetrieb. Für den Inselbetrieb von Wasserkraftwerken sind folgende Tatsachen zu berücksichtigen:

- Die maximal mögliche Energieerzeugung eines Wasserkraftwerkes im Netzbetrieb hängt vom Wasserzufluss ab. Im Inselbetrieb ist jedoch die maximal mögliche Energieerzeugung immer kleiner – oft sogar um ein Vielfaches –, als sie gemäss Wasserzufluss und installierter Leistung möglich wäre. In diesem Fall muss sich nämlich die erzeugte Leistung genau nach dem Verbrauch richten, und dieser darf und kann logischerweise nie grösser sein als der dem Wasserzufluss entsprechende mögliche Wert. Diese Tatsache ist in einer Berechnung des Energiepreises zu berücksichtigen.
- Den Turbinen eines Kraftwerkes im Inselbetrieb muss jederzeit eine Wassermenge zur Verfügung stehen, welche den grössten vorkommenden Leistungsspitzen der Verbraucher entspricht.

Energieerzeugung und Verbrauch im Inselbetrieb

Aus den vorstehenden Überlegungen ergibt sich, dass bei einem Wasserkraftwerk im Inselbetrieb das anfallende Wasser nicht so gut genutzt werden kann wie bei Netzbetrieb. Wasserkraftwerke im Inselbetrieb können nicht mehr Energie erzeugen als verbraucht wird. Es gibt keine Möglichkeit, in wasserreichen Zeiten oder bei kleinem Energieverbrauch überschüssige Energie an ein starkes Netz abzugeben, wie dies bei Kraftwerken im Netzbetrieb geschieht. Besonders ungünstig wirkt sich bei Wasserkraftwerken im Inselbetrieb aus, dass in den meisten Ländern die anfallende Wassermenge nicht über das ganze Jahr konstant ist; es gibt oft längere saisonbedingte Trockenzeiten.

Wegen den Kosten ist es kaum jemals möglich, Jahresspeicher für Kleinwasserkraftwerke zu bauen, die in der wasserreichen Jahreszeit Wasser aufnehmen und für länger dauernde Trockenperioden speichern können. Andererseits lassen sich oft Tagesspeicher vorsehen, die wenigstens die täglichen Schwankungen des Verbrauchs wasserseitig ausgleichen.

Man kann Verbrauchern eines Inselbetriebsnetzes kaum zumuten, ihren Energiebedarf während wasserarmen Jahreszeiten stark einzuschränken und ihn nur in wasserreichen Perioden

einen normalen Verbrauch gestatten. Der normale Bedarf in einem Inselbetriebsnetz muss sich also nach den Energieerzeugungsmöglichkeiten während der wasserarmen Jahreszeit richten.

Die Energieerzeugung und Leistung eines Kleinwasserkraftwerkes im Inselbetrieb müssen sich also ebenso wie die Verbraucher stark nach der Minimalwassermenge richten, wenn länger dauernde wasserarme Zeiten auftreten können. Einen Ausweg würde hier natürlich ein zusätzliches Diesel- oder Benzinaggregat bieten, das wenigstens während der Trockenperioden parallel betrieben wird; auf diesen Fall soll hier aber nicht eingegangen werden.

Aus den genannten Gründen geht hervor, dass bereits bei Vorstudien für ein Kleinwasserkraftwerk unbedingt die Minimalwassermenge während Trockenzeiten gemessen werden muss. Diese Messung lässt sich mit Hilfe eines Messüberfalls durchführen oder, falls dies nicht ohne grossen Aufwand möglich ist, indem man den Gewässerquerschnitt misst und die Fließgeschwindigkeit bestimmt. Regenmessungen und die Kenntnis des Einzugsgebiets von Gewässern geben keine genügend sichere Grundlage zur Abschätzung der verfügbaren Wassermenge. Die Grunddaten für die Vorstudien eines Kleinwasserkraftwerk-Projekts sind also das nutzbare Gefälle und die Minimalwassermenge.

Bemerkungen zur Ermittlung des Bedarfs

Bei Kleinwasserkraftwerken und knappem Wasseranfall in wasserarmen Zeiten bestehen also Einschränkungen, denen sich der Verbrauch anpassen muss. Es empfiehlt sich deshalb, Bedarfsstudien erst nach direkten Wassermessungen in wasserarmen Perioden durchzuführen. Der Bedarf muss sich den Produktionsmöglichkeiten anpassen, eine Umkehrung ist nicht möglich. Entsprechend risikovoll ist es, einer Bevölkerung Versprechungen zu machen, solange man nicht mit einiger Sicherheit weiss, was man während des Jahres als Minimum zur Verfügung haben wird. Ergibt sich bei den Voruntersuchungen, dass Energie nicht immer im Überfluss vorhanden sein wird, so ist zwischen wichtigen und unwichtigen Bedürfnissen zu unterscheiden. Dies ist aber schwer möglich für Personen, die das Leben in jenen Gebieten nicht kennen. Die Massstäbe der Industrieländer dürften hier in vielen Fällen nicht anwendbar sein.

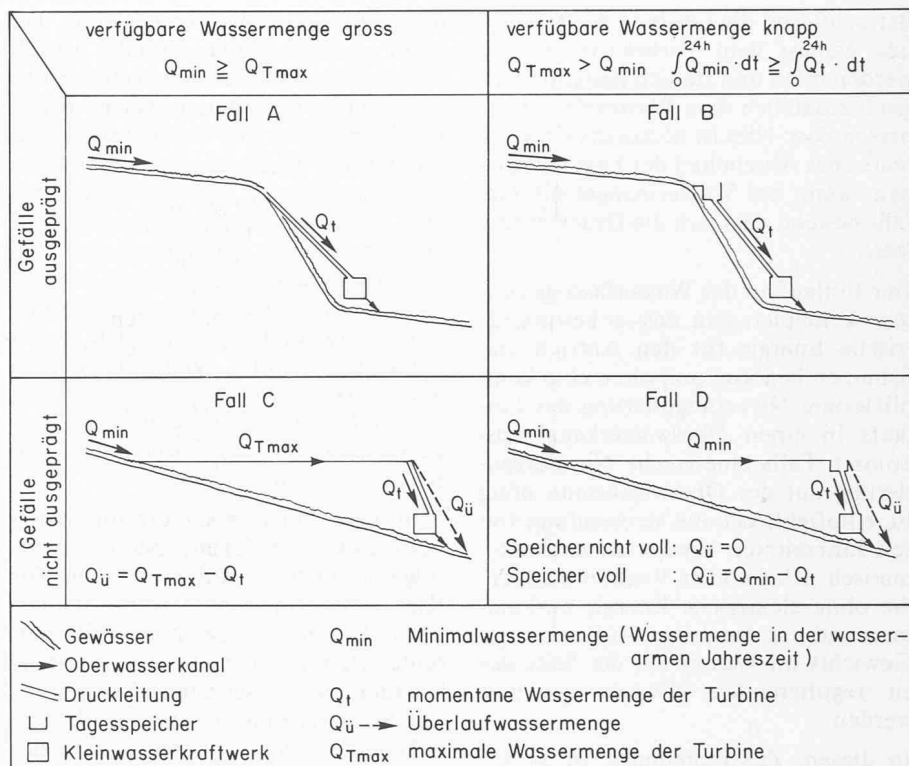
Disposition von Kleinwasserkraftwerken im Inselbetrieb

Den Turbinen muss stets die den grössten Lastspitzen entsprechende Wassermenge unmittelbar zur Verfügung stehen. Dies hat besonders dort Konsequenzen, wo wegen des Fehlens eines ausgeprägten Gefälles zwischen Wasserfassung und Druckleitung ein Oberwasserkanal zu bauen ist. In einem solchen Kanal benötigt das Wasser im Gegensatz zur Druckleitung eine gewisse Laufzeit. Wegen der Frequenzregulierungsaufgabe muss ein solcher Kanal stets die den grössten Lastspitzen entsprechende Wassermenge führen. Bei kleineren Wassermengen leert sich sonst bei Lastspitzen die Druckleitung, was unbedingt zu verhindern ist. Die Differenz zwischen der Wassermenge im Kanal und der momentan benötigten Wassermenge der Turbinen fliesst dann unmittelbar vor der Druckleitung über einen vorzusehenden Überlauf weg. Bei Wasserknappheit bedeutet dieser Überlauf von Wasser einen Verlust, der vermieden bzw. eingeschränkt werden kann, wenn sich zwischen Kanal- und Druckleitung ein Tagesspeicher anordnen lässt.

Die Art des Gefälles – ausgeprägt oder nicht ausgeprägt –, die Grösse der in der wasserarmen Zeit zur Verfügung stehenden Wassermenge und die grössten Lastspitzen bestimmen die Wahl einer der vier Dispositionsvarianten im Bild. Damit wird entschieden, ob vor der Druckleitung ein Oberwasserkanal gebaut werden muss und ob ein Speicher notwendig ist.

Entsprechend dem Bild unterscheidet man

- **Fall A: Ausgeprägtes Gefälle und keine Perioden mit Wassermangel.**
Kann ein ausgeprägtes Gefälle wie ein Wasserfall genutzt werden, und ist die Minimalwassermenge immer grösser als der den höchsten Lastspitzen entsprechende Wert, so besteht ein sehr günstiger Fall für den Bau eines Kleinwasserkraftwerkes. Man benötigt dann nur eine relativ kurze Druckleitung und keinen Speicher.
- **Fall B: Ausgeprägtes Gefälle, aber Perioden mit Wassermangel.**
Ein Tagesspeicher ist vorzusehen, wenn die Lastspitzen grösser sind, als es der Minimalwassermenge entspricht.
- **Fall C: Gefälle nicht ausgeprägt, keine Periode mit Wassermangel.**
Ist das Gefälle schwächer oder nicht an einer einzelnen Stelle ausgeprägt, so kann die Druckleitung nicht nur aus wirtschaftlichen Gründen zu



Varianten zur Disposition von Kleinwasserkraftwerken im Inselbetrieb

lang, sondern auch die Drehzahlregulierung der Turbinen ungünstig beeinflusst werden. Dann besteht die Möglichkeit, vor der Druckleitung einen Oberwasserkanal mit schwachem Gefälle zu bauen, das aber dem Wassertransport genügen muss. Die sich anschliessende Druckleitung wird auf diese Weise kürzer. Vor dem Einlauf in die Druckleitung muss dann aber ein für die volle Wassermenge dimensionierter Überlauf vorgesehen werden, damit das Wasser bei einer Lastverminderung des Kraftwerkes an dieser Stelle überlaufen kann und nicht an unerwünschten Orten überläuft. Ein Speicher ist hier nicht nötig.

- **Fall D: Gefälle nicht ausgeprägt, Perioden mit Wassermangel.**
Zwischen dem Oberwasserkanal und der Druckleitung ist ein Speicher vorzusehen, wenn die Minimalwassermenge des Zuflusses kleiner als die bei Lastspitzen benötigte Wassermenge werden kann. Beim Speicher muss natürlich ein Überlauf vorhanden sein.

Automatisierung und Fernsteuerung

Oft wird von der Fernsteuerung und Automatisierung von Kleinwasserkraftwerken gesprochen. Hierzu ist anzumerken, dass Turbinen und Generatoren von Kleinwasserkraftwerken im Inselbetrieb ohnehin Drehzahl- und

Spannungsregler haben müssen, welche die Drehzahl und Spannung automatisch konstant halten. Bei einer weiteren Automatisierung kann es sich also höchstens noch um eine Fernsteuerung, um den automatischen Anlauf und – bei mehr als einer Gruppe – um das automatische Synchronisieren handeln bzw. um das automatische Anlaufen und Abstellen einer von mehreren Gruppen, falls die Last entsprechend steigt oder sinkt.

Anlauf, Synchronisieren und Abstellen können selbstverständlich völlig automatisiert werden. Hier ist aber zu fragen, ob es sinnvoll ist, Bedienungspersonal in Entwicklungsländern zu entlasten oder einzusparen, besonders dann, wenn es viele Menschen, aber zu wenig Arbeit gibt. Zudem benötigen vollautomatische Anlagen ebenso gelegentliche Kontrollen wie nicht automatisierte Kleinwasserkraftwerke. Es gibt zahlreiche nicht vollautomatisierte Anlagen, die seit Jahrzehnten in Betrieb sind, und zwar ohne ständig anwesendes Bedienungspersonal, für das diese Arbeit eine Nebenbeschäftigung sein kann.

Mit einer weitgehenden Automatisierung kann man zwar die Präsenz von Kontroll- und Bedienungspersonal reduzieren, man verteuert aber dadurch die Anlagen und handelt sich den Nachteil ein, dass bei Störungen unter Umständen Spezialisten benötigt werden.

Eine Wasserstandsregulierung mit Hilfe der Turbinen kommt bei Kleinwasserkraftwerken im Inselbetrieb nicht in

Betracht, weil die Leistung der Maschinen gemäss dem Verbrauch geregelt werden muss und sie sich deshalb nicht noch zusätzlich dem Wasserniveau anpassen lässt. Hier ist höchstens ein automatisches Abschalten der Last vorzusehen, wenn bei Wassermangel die Gefahr besteht, dass sich die Druckleitung leert.

Der Einlauf an der Wasserfassung sollte so konzipiert sein, dass er keine elektrische Energie für den Antrieb von Schützen benötigt und ohne eine kompliziertere Niveauregulierung des Einlaufs in einen Oberwasserkanal auskommt. Falls eine solche Niveauregulierung auf der Oberwasserseite nötig ist, empfiehlt sich die Verwendung von seit Jahrzehnten bewährten und automatisch arbeitenden Regulierklappen, die ohne elektrische Energie auskommen und nur durch den Auftrieb eines Gewichts im Wasser auf der Seite des zu regulierenden Niveaus gesteuert werden.

In diesem Zusammenhang ist zu bedauern, dass bewährte mechanische Drehzahlregler verschwinden und oft durch elektronische Drehzahlregler ersetzt werden. Dies ist aus technischen Gründen häufig nicht notwendig, sondern nur falsch verstandene Modernität. Es gab so bestechend einfache und zuverlässige mechanische Drehzahlregler, die jahrzehntelang störungsfrei arbeiteten und nicht einmal Reserveteile benötigten. Ähnliches gilt für die Ausführung von Spannungsreglern.

Bedienungs- und Unterhaltspersonal

Das Bedienungspersonal einfach und vernünftig konzipierter Kleinwasserkraftwerke benötigt keine grosse Ausbildung. Die wenigen Handgriffe für

das Anfahren, Synchronisieren bei mehr als einer Gruppe und das Abstellen können auch Personen ohne grosse technische Vorbildung rasch beigebracht werden. Die Verhältnisse sind ähnlich wie bei diesel- oder benzinelektrischen Anlagen, die meist ohne speziell geschultes Personal betrieben werden. Im Grunde genommen sind Diesel- und Benzinmotoren sogar kompliziertere Maschinen als eine Wasserturbine. Günstig ist es natürlich, wenn Personal mit einer guten allgemeinen Mechaniker- und Elektrikerausbildung vorhanden sind, aber dies ist keine Voraussetzung für die Bedienung von Kleinwasserkraftwerken.

Tritt kein Verschleiss aufgrund sandhaltigen Wassers (Sanderosion) oder infolge Kavitation auf, so fallen für Kleinwasserkraftwerke wenig Unterhaltsarbeiten an. Ist aber mit Verschleiss zu rechnen, so müssen diese Schäden von geschulten Schweissern und Schleifern einer Zentralwerkstätte behoben werden, und entsprechendes Reservematerial muss bereits von Beginn an vorhanden sein.

Anschluss und Tarif für kleine Verbraucher

Bei kleinen Verbrauchern (z.B. solchen, die nur elektrische Energie für die Beleuchtung brauchen) lohnt sich die Anschaffung und Installation von Energiezählern sowie eine Abrechnung entsprechend der bezogenen Energie nicht. Energiezähler sind relativ teuer, müssen abgelesen werden und benötigen periodische Kontrollen. Bis zu einer Anschlussleistung von einigen hundert Watt sind aus diesem Grunde für Kleinverbraucher einfach konstruierte Strombegrenzer vorteilhafter.

Die holländischen Elektrizitätsgesellschaften wendeten beispielsweise in Indonesien solche Strombegrenzer im Bereich von 30 VA bis zu einigen hundert Watt Anschlussleistung in grossem Stil und mit viel Erfolg an. Der feste Tarif für Anschlüsse mit Strombegrenzern richtete sich nur nach dem Nennstrom dieser Strombegrenzer, also nicht nach der effektiv bezogenen Energie. Bei Erreichen des Nennstroms begannen diese Strombegrenzer intermittierend die Speisung zu unterbrechen und schalteten sie bei höheren Strömen ganz ab.

Vorgehen bei Vorstudien

Erste Klärungen sollten in folgender Reihenfolge vorgenommen werden:

- Ausfindigmachen geeigneter Gewässer, die nicht allzuweit von der zu versorgenden Bevölkerung entfernt sind;
- Aufsuchen günstiger nutzbarer Gefälleabschnitte und Messung der Minimalwassermenge während der wasserarmen Jahreszeit;
- Klären, ob gegebenenfalls ein Speicherbecken gebaut werden könnte;
- Abschätzen der zur Verfügung stehenden Leistung und Energie während der wasserarmen Jahreszeiten anhand der vorhergehenden Untersuchungen;
- Bedarfsstudien unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Energie und Leistung.

Erst mit den Ergebnissen dieser ersten Klärungen kann entschieden werden, ob sich weitere Vorstudien lohnen.

Adresse des Verfassers: dipl. Ing. J. Baumgartner, In der Halden 6, 8603 Schwerzenbach.