

# Standardisierte Turbinen : Grundlage wirtschaftlicher Kleinwasserkraftanlagen

Autor(en): **Herb, Jürgen**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **74 (1982)**

Heft 9

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941152>

## **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.

mente, che rimproverano all'economia elettrica di non agire in modo conseguente in merito allo sfruttamento delle forze idriche, quando questo è collegato con un aumento della produzione, sia nei nuovi progetti che nelle ristrutturazioni di centrali esistenti.

Siamo nel giusto quando si afferma che nel commento alla tesi 2, tra l'altro si deve leggere che un ulteriore ampliamento delle forze idriche, per motivi di economicità e protezione dell'ambiente naturale, non sarebbe possibile. Come ogni altro commento anche questo deve essere considerato nella sua totalità; singole frasi non dovrebbero essere citate isolatamente, amputate del restante testo. Il commento a questa tesi 2 si propone di spiegare che l'aumento del consumo di elettricità risultante annualmente (la media degli ultimi 5 anni è stata di ca. 1300 milioni di kWh per anno o la media di ca. 4,2% maggiore rispetto all'anno precedente) può essere coperto solo da ulteriori centrali nucleari, e che un ulteriore ampliamento delle centrali idrauliche come avvenne negli anni del dopoguerra, sia per motivi tecnico-economici che per riguardo alla protezione dell'ambiente, non è più possibile. Ciò non significa affatto una rinuncia al proseguimento dei progetti per lo sfruttamento dell'energia idraulica ancora giustificabili nel nostro paese. Perché questo ulteriore modesto ampliamento dell'energia idraulica corrisponde completamente alla nostra esigenza nella diversificazione nelle fonti di energia (tesi 2). Inoltre, evidenziamo la nostra affermazione nella tesi 5, secondo la quale, nella costruzione e nell'esercizio degli impianti di produzione e distribuzione di energia, le società elettriche rispetteranno le norme vigenti in materia di salvaguardia dell'ambiente.

Le nostre riflessioni riportate sopra sono state avvalorate da uno studio recentemente pubblicato dall'*Associazione svizzera di economia delle acque* concernente l'ulteriore ampliamento delle forze idriche svizzere da realizzare fino a fine secolo. Secondo questo studio, «entro il 2000 possono essere prodotti circa 3 miliardi di chilovattora annui (kwh/anno) in più di energia elettrica, generati dalla forza idrica. La metà di questa energia deriverebbe da nuovi impianti idrici, l'altra metà dalla ristrutturazione, rinnovo ed ampliamento di impianti esistenti. Questo apporto all'approvvigionamento del nostro paese corrisponde a circa l'8% della produzione media annua di tutte le centrali idrauliche oggi in esercizio, oppure ad un po' meno della metà di una grande centrale nucleare come Gösgen.» È quindi incontrovertibile che questa produzione supplementare – sempreché possa essere realizzata in questa misura – non sarà mai sufficiente a coprire la quota annua di incremento del consumo di corrente in Svizzera fino alla fine del secolo.

Si deve ammettere che nella gestione della valutazione dell'economicità, dal 1975, un elemento è fortemente cambiato: tra le altre cose, anche a causa dei ritardi condizionati da motivi politici nella costruzione delle centrali nucleari, la cui produzione di corrente ha subito rincari non trascurabili, e quale conseguenza dell'aumento costo dei combustibili fossili, che in questo lasso di tempo hanno fatto salire notevolmente anche il livello internazionale dei prezzi dell'energia elettrica. È pertanto cosa naturale che anche gli studi di centrali elettriche che dieci anni fa avevano dato esito negativo perché troppo onerose – quindi dimenticate nei cassetti – oggi riescano a soddisfare i criteri della fattibilità. Un tale ulteriore ampliamento apporta un benvenuto contributo «proveniente dal proprio territorio» per ridurre la lacuna che si verificherà nell'approvvigionamento, ma rimarrà molto modesto. Perciò, alla realizzazione di queste opere, che per la loro esecuzione eb-

bero il consenso generale della popolazione del luogo, come minimo non dovrebbero essere frapposti ostacoli.

Secondo l'opinione dell'economia elettrica esiste un ulteriore aspetto che non deve essere dimenticato, quello cioè del significato economico per la popolazione del luogo, derivante dalla costruzione di una centrale. È noto che il rilascio delle concessioni costituisce una considerevole fonte di introiti, per alcuni comuni l'unica fonte di rilievo, il cui gettito di protrae per molti anni (di regola 80 anni). Parallelamente, la centrale, contribuisce ad incrementare la infrastrutture locali che spesso frenano l'esodo verso la città dalle valli alpine.

L'economia elettrica si pronuncia a favore di questo modesto ampliamento della forza idrica in Svizzera. Esistono sufficienti esempi che indicano come la protezione dell'ambiente e delle bellezze naturali possa contrarre un felice matrimonio con la struttura di una centrale elettrica. A lungo termine, si deve provvedere ad assicurare lo sfruttamento della forza idrica perché questa fonte di energia rigenerabile, indipendente dall'estero e gradita all'ambiente, costituisce il nervo vitale della nostra economia. L'economia è fermamente convinta dell'esistenza di una via conciliante in grado di portare sotto uno stesso denominatore le giuste esigenze della popolazione, quelle della protezione dell'ambiente e delle bellezze naturali e quelle – se pur modesto – del desiderio di ampliamento dell'economia elettrica. Con l'ulteriore ampliamento della forza idrica però, non si possono risolvere i problemi energetici futuri; il nostro paese è perciò dipendente da tutte le fonti di energia, in particolare da quella nucleare.

Comunicato stampa dell'Unione delle Centrali Svizzere di Elettricità (UCS) del 3 settembre 1982.

## *Standardisierte Turbinen – Grundlage wirtschaftlicher Kleinwasserkraftanlagen*

*Jürgen Herb*

### *Zusammenfassung*

*Kleinwasserkraftanlagen leisten nachweislich einen wertvollen Beitrag zur optimalen Nutzung des Primärenergieträgers Wasser. Sie weisen jedoch in der Regel höhere spezifische Anlagekosten (DM/kW) auf als Wasserkraftwerke grösserer Leistung.*

*Es wird beschrieben, inwiefern durch Einsatz standardisierter Turbinen die Gesamtkosten einer solchen Anlage beträchtlich gesenkt werden können und sich wirtschaftlich rentable Kleinkraftwerke realisieren lassen.*

*Ein Überblick über das vielfältige Angebot an standardisierten Turbinen für Kleinkraftwerke mit einer Leistung bis 5000 kW wird gegeben.*

*Résumé: Turbines standardisées – Élément de base des petites installations de force motrice hydraulique économiques.*

*Les petites installations de force motrice hydraulique apportent sans doute une précieuse contribution à une utilisation optimale de la source d'énergie primaire: l'eau. En ligne générale, elles entraînent toutefois des frais d'installations supérieurs à ceux des centrales hydro-électriques de plus grande puissance.*

*Cet exposé montre comment, par l'application de turbines standardisées, le coût total d'une telle installation peut être réduit et des petites centrales, économiquement rentables, peuvent être réalisées.*

*Un aperçu est donné des diverses offres en turbines standardisées pour petites installations de force hydraulique d'une puissance allant jusqu'à 5000 kW.*

### **Summary: Standardized Turbines – Basis for Economical Small Hydropower Plants.**

*Small hydropower plants contribute probably to an optimum exploitation of the primary energy carrier water. However, generally they are connected with higher specific installation costs than bigger hydropower plants.*

*It is shown to what extent the total costs of such a plant can be reduced considerably, and how economically profitable small hydropower plants can be realized through the utilization of standardized turbines. A survey of the big variety of standardized turbines for small hydropower plants with capacities up to 5000 kW is given.*

### **1. Einsparungen durch Standardisierungen**

Im Grosswasserkraftbau stellt der bauliche Sektor den weitaus grössten Anteil an den Gesamtkosten einer Anlage. Kosteneinsparungen durch Verbesserungen von Bauverfahren oder Rationalisierungen im Arbeitsablauf sind über das bekannte Mass hinaus nicht mehr zu erwarten. Noch mögliche Einsparungen im maschinellen und elektrotechnischen Bereich fallen wegen ihres verhältnismässig geringen Einflusses nur wenig spürbar ins Gewicht.

Bei Kleinwasserkraftanlagen verhalten sich die Kostenteile der beteiligten Bereiche jedoch anders zueinander. Von den relativ höheren Kapitalkosten der Gesamtanlage nimmt die elektromechanische Ausrüstung einen grossen Prozentsatz ein. Hier bietet sich die Möglichkeit, die Anlagekosten durch Einsparungen hauptsächlich auf dem maschinenbaulichen Sektor zu verringern. Dabei stellt die Verwendung vereinfachter «billiger» Bauteile allerdings keine Lösung dar. Herrschte in den Jahren bis zum Beginn der rapiden Energieverteuerung noch die Auffassung vor, Kosteneinsparungen bei Kleinwasserkraftanlagen liessen sich hauptsächlich durch Verzicht auf möglichst grosse Ausbauzuflüsse und auf hohe Wirkungsgrade erreichen, so hat sich mit wachsender Energieverknappung und steigenden Energiepreisen mittlerweile die Erkenntnis durchgesetzt, dass eine Voraussetzung zur wirtschaftlichen Durchführbarkeit eines solchen Projekts die Verwendung qualitativ hochwertiger, zuverlässiger, langlebiger und wartungsarmer Bauteile ist. Dabei werden mit den zu erwartenden laufenden Steigerungen der Energiepreise hohe Ausbau- und gute Wirkungsgrade zunehmend wichtiger und notwendiger werden.

Ein Konsens zwischen diesen beiden konträren Forderungen, einerseits Kosten einzusparen, andererseits den technischen Stand möglichst noch zu erhöhen, lässt sich nur durch Rationalisierung in Form von Standardisierung erreichen.

Für Grosswasserkraftanlagen werden, um eine den konkreten Gegebenheiten optimal angepasste Lösung zu finden, normalerweise ausgedehnte Versuche mit Modellturbinen durchgeführt, die ein wichtiger Teil der Projektplanung sind. Wegen der hohen Kosten dieser Modellversuche ist es unmöglich, bei Kleinwasserkraftanlagen ähnlich vorzugehen. Das ist jedoch auch nicht notwendig.

Man macht sich das in zahlreichen Modellversuchen für Grossanlagen erworbene Wissen zunutze, um mit Hilfe der zahlreichen verfügbaren hydraulischen Versuchsunterlagen und konstruktiven Erfahrungen standardisierte, speziell zur Nutzung kleinerer Wasserkräfte konzipierte Turbinen herzustellen. Durch sorgfältige und sinnvolle Gröszenabstufungen lässt sich auch mit standardisierten Turbinen eine nahezu individuelle Anpassung an die jeweiligen hydraulischen und betrieblichen Verhältnisse erreichen. Damit wird eine wichtige Voraussetzung für eine wirtschaftliche Errichtung einer Kleinwasserkraftanlage erfüllt. Die Vorzüge der Standardisierung liegen klar auf der Hand:

– Durch vereinfachtes Design in Verbindung mit modernen Fabrikationsmethoden lassen sich ein kostengünstiger Produktionsablauf und verkürzte Lieferzeiten erreichen.

– Der Einsatz der gleichen modernen Technologien und Materialien wie bei Turbinen für Grosskraftwerke garantiert hohe Betriebssicherheit, lange Lebensdauer und geringe Unterhaltskosten.

– Die Verwendung standardisierter Bauteile ermöglicht die leichte und schnelle Austauschbarkeit und Erneuerung einzelner Bauteile sowie die unkomplizierte Beschaffung von Ersatzteilen.

– Durch vormontierte Baugruppen werden Zeit und Kosten für die Montage auf der Baustelle eingespart.

Da die Erfahrungen mit standardisierten Turbinen in der Regel positiv waren und zur wirtschaftlichen Gestaltung von Kleinwasserkraftanlagen auch eine Betrachtung des gesamten Kraftwerks notwendig ist, werden heute von der einschlägigen Industrie ebenso standardisierte Rechen und Rechenreinigungsmaschinen, Regeleinrichtungen, elektrische Generatoren und Schaltanlagen im Baukastensystem bis hin zu schlüsselfertigen Gesamtkonzepten geliefert.

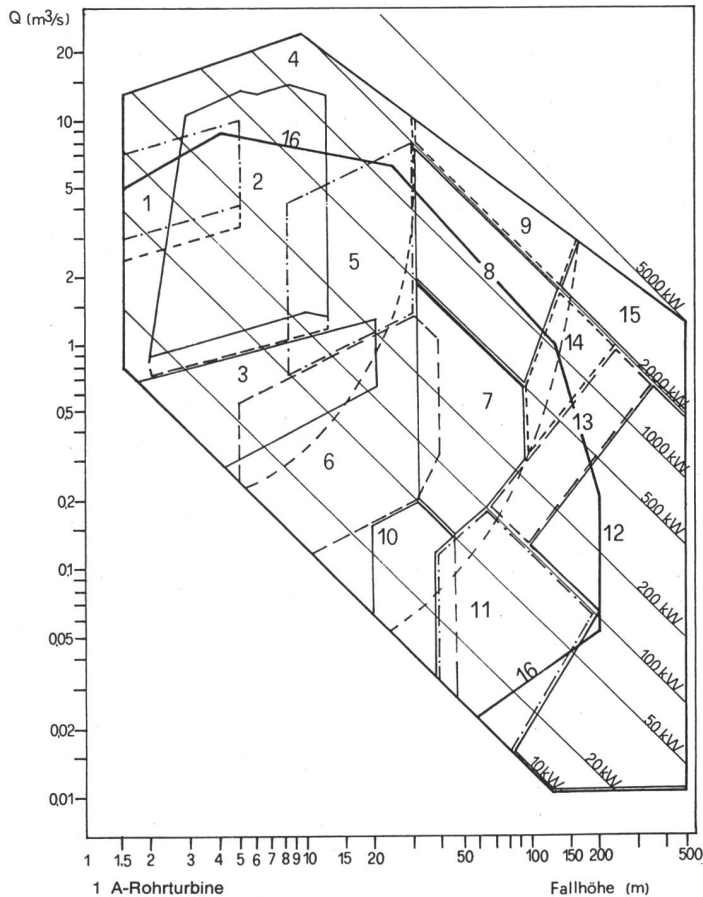
### **2. Turbinen für Kleinwasserkraftwerke**

Die meisten Turbinenhersteller setzen die obere Leistungsgrenze ihres standardisierten Programms bei etwa 5000 kW fest. Bei höheren Leistungen müssen oft die speziellen Anlagebedingungen berücksichtigt und teilweise schon individuell angepasste Konstruktionen erstellt werden, so dass die Vorteile standardisierter Herstellung weitgehend entfallen. Aus dieser Leistungsgrenze lässt sich eine sinnvolle Abgrenzung von Kleinwasserkraftanlagen zu «normalen» Wasserkraftanlagen kleinerer Leistung ableiten. Der Bereich von 5000 kW bis etwa 15 000 kW sollte noch als Übergangsbereich angesehen werden, da auch in diesem Leistungsbereich noch teilweise typisierte Aggregate angeboten werden.

Die Grenze zwischen Klein- und Kleinstwasserkraftanlagen wird im allgemeinen bei einer Leistung von 100 kW festgesetzt.

Wie das Diagramm in Bild 1 zeigt, kommen für die vielfältigen Kombinationen von Fallhöhe und Wasserstrom verschiedenste Turbinenarten in Betracht. Da sich deren Einsatzbereiche oft überschneiden, wird von Fall zu Fall eine Optimierung hinsichtlich betrieblicher Eigenschaften, des Wirkungsgradverhaltens und des daraus resultierenden Jahresertrages, der Servicefreundlichkeit und Wartungsarmut, der Lebensdauer und letztlich der Kosten erforderlich.

Die angegebenen Bereiche in Bild 1 sind als Anhaltswerte zu betrachten, da die Einsatzbereiche der einzelnen Turbinenarten von Hersteller zu Hersteller etwas schwanken.



- 1 A-Rohrturbine
- 2 S-Rohrturbine
- 3 Kompakt-Regellaufdratturbine
- 4 Sonderkonstruktion Rohr- und Kaplan-turbinen
- 5 Stirnkesselturbinen
- 6 Reiffenstein-Reaktionsturbinen
- 7 Francis-Kompakt-Spiralturbinen
- 8 Francis-Spiralturbinen horizontal
- 9 Sonderkonstruktionen Francis-Spiralturbinen
- 10 Mini-Freistrahlturbinen 4düsig vertikal
- 11 Freistrahlturbine mit Riemenantrieb
- 12 Freistrahlturbine 1düsig horizontal
- 13 Freistrahlturbine 2düsig horizontal
- 14 Freistrahlturbine 3- und 4düsig vertikal
- 15 Sonderkonstruktion Freistrahlturbinen
- 16 Ossberger-Durchströmturbine

Es wurden Produktinformationen der folgenden Firmen verwendet:

- [1] Bell Maschinenfabrik AG, CH-Kriens/Luzern
- [2] Escher Wyss GmbH, D-Ravensburg/Württemberg
- [3] Kössler GmbH, A-St. Pölten/St. Georgen
- [4] Ossberger Turbinenfabrik, D-Weissenburg/Bayern
- [5] Sörumsand Verksted A/S, N-Sörumsand
- [6] J. M. Voith GmbH, D-Heidenheim

Bild 1. Einsatzbereich verschiedener Turbinentypen im Kleinwasserkraftbereich.

Die untere Leistungsgrenze von 10 kW wurde willkürlich festgelegt, die obere von 5000 kW weitgehend durch das Angebot an standardisierten Turbinen bestimmt.

### 3. Schlussbemerkung

Fallhöhen unter etwa 2 m sind erfahrungsgemäss für den wirtschaftlichen Einsatz von Wasserturbinen nicht geeignet, da die Kosten im Vergleich zur erzielbaren Energieausbeute zu hoch werden. Aus diesem Grunde liegt auch die von den meisten Turbinenherstellern angegebene Minimalfallhöhe bei etwa diesem Grenzwert. Für eine genaue Beurteilung empfiehlt es sich, eine Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung der Gesamtkosten der Anlage durchzuführen.

Adresse des Verfassers: Jürgen Herb, Dipl.-Ing., Höhenweg 36, D-5100 Aachen.

## Personelles



### Henri Gicot †

Am 3. August 1982 ist in Freiburg *Henri Gicot*, dipl. Bauingenieur ETHZ, Dr. h. c. der Universität Freiburg und der ETHZ, in seinem sechsendachtzigsten Altersjahr gestorben. Seine ideenreiche Tätigkeit als Ingenieur, insbesondere auf dem Gebiet des Talsperrenbaues, ist vielen unter uns Wasserbauern wohlbekannt und geschätzt und verdient in unserer Zeitschrift gewürdigt zu werden.

*Henri Gicot* wurde am 23. Januar 1897 als Sohn von *Maurice Gicot*,

Diplomingenieur ETH, in Landeron, Kanton Neuenburg, geboren. Er besuchte als Bürger von Freiburg die ersten sechs Jahre der dortigen Primarschule und anschliessend das Collège Saint-Michel mit Maturitätsabschluss im Jahre 1915 und nachfolgend die ETHZ mit Diplomabschluss vier Jahre später. Nach kurzer Tätigkeit auf der Baustelle der Wasserkraftanlage «La Jogne» im Kanton Freiburg arbeitete er von 1920 bis 1927 auf dem bekannten Ingenieurbüro von *H. E. Gruner* in Basel, insbesondere auch als Mitarbeiter an der Berechnung der Bogenmauer von Montsalvens an der Jogne bei Broc nach dem damals neuen Trägerrostverfahren. Im Jahre 1927 kehrte er in seine Vaterstadt Freiburg zurück und eröffnete ein Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau mit speziellem Gewicht auf Wasserkraftanlagen und Brücken (Viadukt von Corbières, Brücke über dem Javroz, Gotteron bei Freiburg). Über die Schweiz hinaus bekannt wurde *Henri Gicot* aber vornehmlich als Projektverfasser von zahlreichen Bogenmauern, die sich, jede einzelne, durch ihre Originalität in der Konzeption, der Anpassung an die örtlichen morphologischen, geologischen und geotechnischen Verhältnisse und ihrer sehr durchdachten statischen Berechnung und konstruktiven Gestaltung auszeichneten. Beispiele: Rossens an der Saane, wohl die erste auf weicher bis härterer Molasse sich abstützenden Mauer; Zeuzier an der Lienne (Wallis), les Toules am grossen St. Bernhard (erste Bogenmauer mit Ellipsenbogen), Gebiden unterhalb des Aletschgletschers, Schiffenen an der Saane unterhalb Freiburg, Zwillingen-Bogenmauer am Hongrin (Vaud). Im Ausland war er tätig im Kongo, in Thailand, Mexiko und Japan. Als Berater wirkte *Henri Gicot* im Auftrage des Bundes bei verschiedenen Staumauern mit, so z. B. bei der Erstellung der «Grande Dixence» im Wallis. In ähnlicher Funktion arbeitete er für Schweizer Ingenieurbüros. Dem Bunde stellte er sich als Mitglied des Schweizerischen Schulrates von 1953 bis 1967 zur Verfügung. Er war auch ein Initiant der Gründung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren im Jahre 1948 und dessen Präsident bis 1961.

Verschiedene Publikationen in der «Schweizerischen Bauzeitung», der «Wasser und Energiewirtschaft» (heute «wasser, energie, luft»), Kongressberichte des Internationalen Komitees für grosse Talsperren geben Aufschluss über seine Bauwerke. Im Jahre 1962 hat ihn die Universität Fribourg mit der Zuerkennung des Ehrendoktors geehrt und 1968 die ETHZ mit der Laudatio: «Die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich verleiht durch diese Urkunde Herrn Dr. h. c. Henri Gicot, in Fribourg, in Würdigung seiner Leistungen auf dem Gebiete des Talsperrenbaues, insbesondere als schöpferischer Gestalter von Bogenstaumauern im In- und Ausland, die Würde eines Doktors der Technischen Wissenschaften ehrenhalber».

Wir alle, die Herrn Gicot gekannt haben, werden ihn mit seinem bestimmten, treuen und zuverlässigen Charakter, seiner Freundlichkeit bei gleichzeitiger Distanz vermissen und ihm ein gutes Andenken bewahren.

Gerold Schnitter

### Auszeichnung für gute Veröffentlichung

Am 24. September 1982 wurde im Rahmen der Hauptversammlung des Landesverbandes Schleswig-Holstein und Hamburg des Bundes der Wasser- und Kulturbauingenieure in St. Peter-Ording der