

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 23

Artikel: Wasserkraftnutzung im Widerstreit der Meinungen
Autor: Vischer, Daniel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77447>

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: 14.01.2026

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

Wasserkraftnutzung im Widerstreit der Meinungen

In einer Zeit, in der fast alle bisherigen Werte hinterfragt werden, gerät auch die Wasserkraftnutzung in den Widerstreit der Meinungen. Soll die Wasserkraftnutzung weiter ausgebaut werden? Ist sie auf dem heutigen Stand zu belassen und zu erhalten? Zeichnet sich eine Extensivierung oder gar ein Rückbau ab? Der vorliegende Beitrag stellt die Wasserkraftnutzung zuerst in den Kontext der anderen Wassernutzungsarten und geht dann auf diese Fragen ein. Dabei wird auf die Verhältnisse in der Schweiz und die derzeitigen Diskussionen im Parlament Bezug genommen.

Die Arten der Gewässernutzung

Einleitend scheint es sinnvoll, sich die Arten der Gewässernutzung zu vergegenwärtigen. Gewässernutzung ist

VON DANIEL VISCHER,
ZÜRICH

nämlich keineswegs ein Synonym für Wasserkraftnutzung, wie heute manche meinen, sondern ein *Oberbegriff* für die

- Wasserversorgung
- Abwasserentsorgung
- Bewässerung
- Entwässerung
- Wasserkraftnutzung
- Schifffahrt
- gewässergebundene Erholung, einschliesslich Fischerei.

Es ist im vorliegenden Zusammenhang wichtig festzustellen, dass in der Schweiz sämtliche oben erwähnten Arten die Oberflächengewässer und unter diesen vornehmlich die *Fließgewässer* beanspruchen.

Die *Wasserversorgung*, das heisst die Trink- und Brauchwasserversorgung der Schweiz, beruht zum weitaus überwiegenden Teil auf dem Wasserdargebot der Oberflächengewässer. Die meisten Grundwasserpumpwerke stehen nämlich in der Nähe von Flüssen und Bächen und fördern Uferfiltrat, das heisst also Wasser, das aus den Fließgewässern ins Grundwasser sickert. Und in manchen Fällen ist es so, dass die Fördermenge des Pumpwerks die Sickermenge beeinflusst, in andern Worten, dass es sich beim Grundwasserpumpwerk indirekt um eine Bach- oder Flusswasserfassung handelt. Dieser Zusammenhang macht sich vor allem in Niederwasserperioden bemerkbar, wenn eben die Sickermengen gegenüber den ohnehin spärlichen Abflüssen ins Gewicht fallen. Vereinzelt Wasser-

versorgungen entnehmen aber auch direkt Wasser aus einem See oder einem Fluss, das sie dann entsprechend aufbereiten. Kleinere Wasserversorgungen basieren auf Quellwasserfassungen, nützen also ein Fließgewässer gleichsam an der Quelle.

Auch die *Abwasserentsorgung*, die als Gegenstück zur Wasserversorgung bezeichnet werden kann, nutzt die Oberflächengewässer als Vorfluter. Infolge der erfreulichen Anstrengungen im Gebiet des Gewässerschutzes enthält das dem schweizerischen Gewässernetz übergebene Abwasser meist keine grosse Belastung mehr, sondern nur noch eine sogenannte Restbelastung. Aber auch diese Restbelastung ist nicht vernachlässigbar und entspricht einer bestimmten Menge an Abfallstoffen. Demzufolge kann das schweizerische Gewässernetz gleichsam als System für den Gratisabtransport von Abfallstoffen ins Ausland gesehen werden.

Auch die *Schifffahrt* benutzt das Gewässernetz an verschiedenen Orten als Transportsystem. Dabei werden vor allem Personen transportiert, um touristische Bedürfnisse zu befriedigen. Doch werden auf den Schweizer Seen auch erhebliche Mengen an Gütern, in erster Linie Baustoffe, wie Sand, Kies und Steine, umgeschlagen. Erwähnenswert ist ferner der recht bedeutende Transport von festen Abfällen auf der Rhône in Genf.

Die *Bewässerung*, die als eine Art landwirtschaftliche Wasserversorgung bezeichnet werden kann, spielt in der Schweiz zwar keine dominierende Rolle; sie beschränkt sich bloss auf einige wenige Regionen. Als Beispiele seien hier die Wässerwiesensysteme des Mittellandes angeführt wie auch die seit alters her berühmten Suonen im Wallis. Sie entnehmen das Bewässerungswasser direkt den Oberflächengewässern. Doch ist darauf hinzuweisen, dass die grossen Bedarfsspitzen bei vielen schweizerischen Wasserversorgungen

während Trockenzeiten im Sommer entstehen, wenn Tausende von Gartensprengkern und andere häusliche Bewässerungsanlagen in Betrieb stehen.

Auf die *Wasserkraftnutzung* wird weiter unten noch eingegangen.

Eine weitverbreitete Art der Gewässernutzung besteht in der *Befriedigung von Erholungsbedürfnissen* mittels der Gewässer. Es ist geradezu ein Merkmal unserer Zeit, dass die Gewässer als Erholungsraum gesehen und dafür freigestellt werden sollen. Das offene Wasser wird nicht nur als landschaftsbereichernd empfunden und entsprechend hoch bewertet, sondern auch als Element für Baden, Schwimmen, Surfen, Paddeln, Rudern, Segeln, Motorbootsfahren usw. Nicht nur Seen und Stauseen gehören heute zum Tummelplatz des «homo ludens», sondern auch viele Flussstrecken, die an gewissen Wochenenden etwa von Schlauchbooten und andern Wasserfahrzeugen wimmeln. Aber auch gewisse Wildbachstrecken spielen für die Kajaks und Kanus sowie neuerdings für das «White Water Rafting» eine grosse Rolle.

Zur Erholung gehört in der Schweiz aber auch die *Fischerei*, die ja zum weitaus überwiegenden Teil aus reiner Liebhaberei betrieben wird. Sie hat sich in den letzten Jahrzehnten ausserordentlich ausgedehnt und beansprucht die Gewässer mehr und mehr und vor allem auch bis in Meereshöhen hinauf, die früher von ihr verschont blieben.

Es ist nun selbstverständlich, dass diese verschiedenen Arten der Gewässernutzung nicht konfliktfrei nebeneinander bestehen. In vielen Fällen sind die Interessen eben nicht gleich gelagert. Die grössten Divergenzen bestehen heute zweifellos zwischen der Fischerei und der Wasserkraftnutzung, wobei es dem einen Kontrahenten, nämlich der Fischerei, bis jetzt gelungen ist, seine Anliegen als quasi *ökologische* darzustellen. Mit andern Worten, wenn es dem schweizerischen Fisch heute schlecht geht, wird das gerne der Wasserkraftnutzung und damit den Wasserbauern angelastet, nicht aber jenen Zehntausenden von Anglern, die dem Fisch direkt und aus reinem Vergnügen nachstellen. Selbstverständlich wird sich dieser extreme Standpunkt nicht beliebig lange mehr halten können. Er kann aber als Überschwingen eines Pendels gedeutet werden, das sich entsprechend den gesellschaftlichen Präferenzen von einer intensiven Gewässernutzung zum ebenso intensiven Gewässerschutz hin bewegt.

Ein neues Rechtsempfinden bezüglich Gewässerschutz

Im schweizerischen Parlament wird gegenwärtig der revidierte Text des *Gewässerschutzgesetzes* behandelt. Dieser Text trägt unter anderem den Bedürfnissen des quantitativen Gewässerschutzes Rechnung, mit dem sozusagen das Überleben der Gewässer in unserer expansiven Zeit gesichert werden soll. Noch deutlicher widerspiegelt sich dasselbe Anliegen in der Volksinitiative mit dem Titel «Zur Rettung unserer Gewässer», die dem Erhaltungsgedanken eine verfassungsmässige Priorität gegenüber allen anthropogenen Einflüssen ausser jenen der Fischerei verleihen will. Ähnliche Bestrebungen zu einem absoluten Gewässerschutz finden sich auch in andern Ländern. Man kann sich deshalb fragen, ob die entsprechenden Normierungsvorschläge gleichsam eine Art Magna Charta der Gewässer begründen wollen. Die Magna Charta war bekanntlich eine im Jahre 1215 zum Schutz englischer Bürger ausgefertigte Urkunde und stellte für lange Zeit das wichtigste Grundgesetz Englands dar. Sie war, wie man im Lexikon lesen kann, eine dem *König Johann «ohne Land»* von Adel und Klerus abgenötigte lehensrechtliche Urkunde, die Garantien gegen willkürliche Verhaftung, Eigentumsbeschlagnahme und masslose Besteuerung enthielt sowie die Freiheit der Kirche und die Privilegien der Städte schützte. Persiflierend auf die Gewässer abgewandelt, könnte man heute nun etwa folgendes definieren:

Magna Charta der Gewässer: Eine dem Volk ohne Land sprich ohne Naturreserven abgenötigte wasserrechtliche Urkunde, die Garantien gegen willkürliche Verbauung, quantitative Beschränkung und masslose Nutzung der Gewässer enthält sowie die Freiheit zur Erholung und die Privilegien der Fischerei schützt.

Tatsächlich schreibt man heute den Gewässern und damit auch den Flüssen gleichsam Grundrechte zu und behandelt sie wie Lebewesen, ja fast wie Menschen. Oder anders gesehen: Man will die Gewässer um ihrer selbst willen bewahren. Dementsprechend haben diese Gewässer heute ihre Anwälte, die sie gegen den Wasserbau und die Landwirtschaft verteidigen, die genau zu wissen scheinen, was den Gewässern frommt, und die solche, die das nicht anerkennen wollen, vor Gericht ziehen. Was schon längere Zeit im Tierschutz gilt, wird nun auf Pflanzen und Gewässer übertragen. Ebenso werden Vereine legitimiert, gleichsam deren Interessen wahrzunehmen, eine Möglichkeit, von der die grossen Umwelt-

schutzverbände heute eifrig und vor allem gegen Pläne zur Wasserkraftnutzung Gebrauch machen.

Der Stand der Wasserkraftnutzung in der Schweiz

Die Intensivierung der Wasserkraftnutzung der Vergangenheit war im wesentlichen durch vier Phasen gekennzeichnet:

- die Pionierzeit von den ersten Anfängen bis 1907,
- der Aufschwung von 1908 bis 1945,
- die Blütezeit von 1946 bis 1970,
- der Endausbau von 1971 bis heute.

Hier soll nur auf die letzte Phase eingegangen werden. Schon in den 60er Jahren zeichnete sich ab, was man aufgrund der damals ungestümen Bautätigkeit zwar vorausgesagt, aber vielleicht doch nicht ganz geglaubt hatte, nämlich der *Endausbau* der schweizerischen Wasserkraft! Mangels weiterer realisierbarer Projekte verlangsamte sich der Bau von Wasserkraftanlagen zunehmend und vermochte mit dem weiterhin steigenden Strombedarf nicht mehr Schritt zu halten. Deshalb mussten die für die Stromversorgung Verantwortlichen nach andern Energiequellen Ausschau halten. Die Inbetriebnahme des ersten schweizerischen Kernkraftwerkes in Beznau im Jahre 1969 kündete die neue Zeit an. Anfang der 80er Jahre kam der Bau von neuen und reinen Wasserkraftanlagen praktisch ganz zum Erliegen. Die weitere Aktivität betraf vor allem den Umbau einiger älterer Anlagen sowie die Ergänzung von bestehenden Hochdruck-Speicher-Kraftwerken mit Speicherpumpen. Sie bedingte damit nur wenige spektakuläre Bauten und insbesondere keine stolzen Talsperren. Für die heutige Situation ist kennzeichnend, dass in der Schweiz für die Wasserkraftnutzung derzeit keine einzige *Talsperre* in Bau ist. Es ist bloss eine Erhöhung einer bestehenden Staumauer, nämlich jener von Mauvoisin, im Gang. Auch decken die Wasserkraftanlagen bekanntlich nur noch 60% des schweizerischen Strombedarfs.

Damit ist die Ausgangslage für eine Beurteilung der Entwicklung gegeben. Zunächst soll nur von der eigentlichen Wasserkraftnutzung, also von der Umwandlung der Schwerkraftenergie der Gewässer in Strom, die Rede sein. Die Umwandlung von Sommerstrom in Winterstrom mit Speicherpumpen in Speicherkraftwerken wird weiter unten behandelt. Es gilt in der Elektrizitätswirtschaft nämlich gleichsam den «Generator» von der «Batterie» zu unter-

scheiden: Ein reines Kraftwerk ist seinem Wesen nach ein Generator, weil es aus einer fremden Energie Strom erzeugt. Ein reines Pumpspeicherwerk ist hingegen eine Batterie, weil es Strom aufnimmt und anschliessend wieder abgibt. Das eine ist also eine Produktionsanlage, das andere ein Lager oder ein Speicher.

Die Weiterentwicklung der Stromproduktion aus Wasserkraft

Die schon seit längerer Zeit besonders von Fischerei und Naturschutzkreisen angestrebte Erhöhung der *Restwasserabflüsse* soll bekanntlich im Rahmen der Revision des Gewässerschutzgesetzes oder aber der Volksinitiative «Zur Rettung unserer Gewässer» verwirklicht werden.

Der dem Parlament im Juli 1987 vorgelegte Revisionsentwurf sieht diesbezüglich ja ein Zweifaches vor: eine *Mindestanforderung* und einen *Ermessensspielraum*. Die Mindestanforderung schreibt vor, welcher Abfluss auf jeden Fall im Fluss oder Bachbett belassen werden muss und damit nicht gefasst und abgeleitet werden darf. Sie wird durch eine Kurve dargestellt, aus der sich die Mindestabflüsse in Funktion des Wasserdargebots herausgreifen lassen.

Der Ermessensspielraum besagt, dass die Kantone als Vollzugsbehörde des Gewässerschutzgesetzes gehalten sind, den Mindestabfluss im Einzelfall allenfalls soweit zu erhöhen, als dies aufgrund einer Interessenabwägung geboten ist. Diese Abwägung hat sämtliche mit dem Abfluss zusammenhängenden Fragen zu berücksichtigen, also zum Beispiel neben ökologischen auch ökonomische.

Nun ist es ohne weiteres möglich, die sich aus der *Mindestanforderung* ergebende Energieeinbusse von Umleitkraftwerken zu bestimmen. Hingegen kann die sich aus dem *Ermessensspielraum* ergebende Energieeinbusse grundsätzlich nicht vorausgesagt werden. Einen gewissen Anhaltspunkt liefert vielleicht der Umstand, dass einige Kantone kürzlich Mindestabflüsse festgelegt haben, die um 30% bis 270% höher lagen als der Mindestanforderung entsprechend. Dabei stützten sich die Entscheidungsinstanzen vornehmlich auf Fischereigutachten.

Auch die Untersuchungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich im Zusammenhang mit Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) haben ergeben, dass die Mindestabflüsse bei alpinen Wildbächen während der Sommermo-

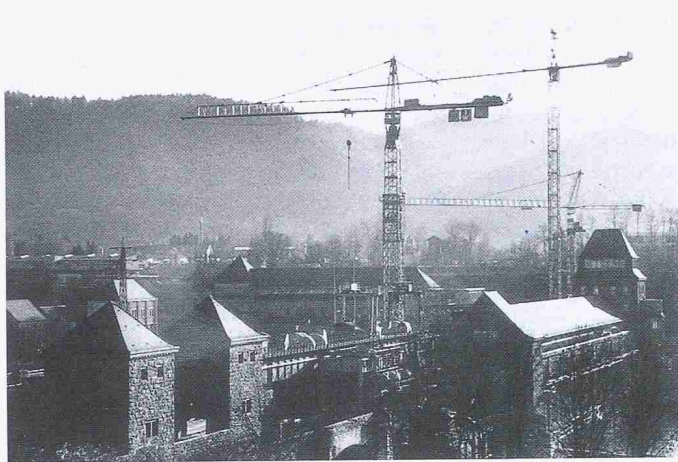


Bild 1. Das im Umbau befindliche Rheinkraftwerk Laufenburg. Unter Wahrung der Bausubstanz werden die 10 alten Turbinengruppen durch 10 moderne ersetzt, die ein grösseres Schluckvermögen aufweisen. Dadurch lässt sich die gesamte Jahresproduktion um 150 GWh oder 31% steigern. (Bild KWL).

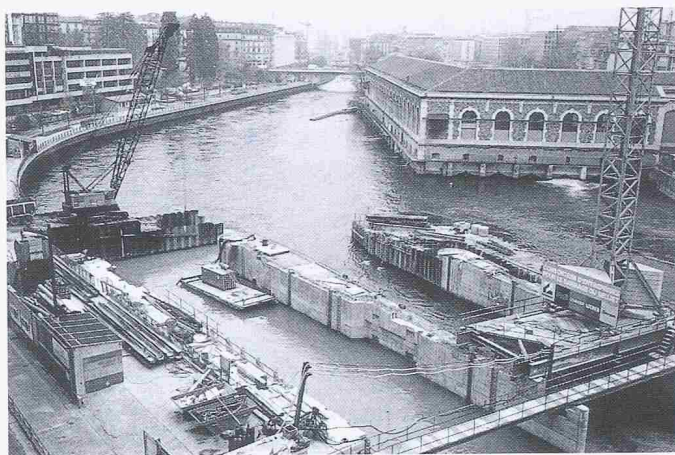


Bild 2. Zur Ablösung des alten Regulierwehrs in der Rhone am Ausfluss des Genfersees und des zugehörigen Kraftwerks wird gegenwärtig die Stauanlage Seujet in Genf erstellt. Das neue Kraftwerk erhält eine Ausbauleistung von 5,6 MW und wird eine mittlere Jahresproduktion von rund 30 GWh erzielen.

nate bis dreimal so hoch sein sollen wie der Mindestanforderung entsprechend, damit ihr gewässermorphologischer Charakter – also ihr Aussehen und bis zu einem gewissen Grad auch ihre Geräuschentwicklung – erhalten bleiben. In den Wintermonaten ist dies weniger wichtig, so dass die Mindestanforderung dann als angemessen erscheinen mag.

Aufgrund dieser Überlegungen kann man ausrechnen, dass die durch die neuen Restwasserbestimmungen verursachten Energieeinbussen in der Gröszenordnung von 2,6 bis 5,0 Milliarden kWh pro Jahr betragen werden. Nimmt man an, dass der wahrscheinliche Wert der Energieeinbüsse genau in der Mitte der Gabel liegt, erhält man 3,8 Milliarden kWh, was 12% der heutigen Jahresproduktion aller Schweizer Wasserkraftwerke ausmacht. Immerhin wird sich diese Energieeinbüsse nicht *schlagartig* manifestieren. Denn das neue Gewässerschutzgesetz anerkennt die laufenden Konzessionen als wohlerworbene Rechte und sieht für die Einführung der Mindestabflüsse zwei Fälle vor: Entweder erfolgt diese Einführung während einer laufenden Konzession, dann wird die verursachte Einbusse voll entschädigt, oder sie tritt bei einer Konzessionserneuerung oder einer neuen Konzession ohne weiteres in Kraft. Geht man davon aus, dass der zweite Fall der häufigere sein wird, erstreckt sich die Einführungszeit theoretisch über die nächsten 80 Jahre, also fast bis ins Jahr 2070, weil die meisten und insbesondere auch die neusten der bestehenden Konzessionen über 80 Jahre laufen.

Die Weiterentwicklung der Wasserkraftnutzung in der Schweiz im Sinne einer Stromproduktion ist also jene einer *Extensivierung*, falls es nicht ge-

lingt, die restwasserbedingten Einbussen durch Um- oder Neubauten zu kompensieren.

Die Effizienz von Um- und Neubauten

In der Diskussion um die restwasserbedingten Einbussen wird etwa vermerkt, dass diese durch den Ausbau bestehender Anlagen und durch Neubauten *kompensiert* werden können. In einer Studie von Fachleuten aus dem Jahre 1987 wird das Potential der Aus- und Neubaumöglichkeiten bis 2005 auf 3,2 Milliarden kWh pro Jahr veranschlagt und bis zum Planungshorizont von 2025 um weitere 0,2 Milliarden erhöht. Diese Zahlen ergeben sich aus einer Prognose der

- Erhöhung der Produktivität bestehender Anlagen durch *Verbesserung des Wirkungsgrades und Erhöhung des Schluckvermögens*, Nutzung bisher ungenutzter Fluss- und Bachstrecken durch grössere *Neuanlagen*, Auferstehung der einst weitverbreiteten *Kleinkraftwerke*.

Diese Prognose ist heute nicht mehr vertretbar. Sie postuliert eine Vermehrung der mittleren Jahresproduktion der Schweizer Wasserkraftwerke um rund 10%, und zwar schon bis 2005, also in den nächsten 15 Jahren. Das würde gegenüber heute ein beschleunigtes Wachstum voraussetzen, woran wohl niemand mehr glaubt.

Die Praxis beweist allerdings, dass eine Erhöhung der Produktivität bestehender Anlagen bis zu einem gewissen Grad durchaus möglich ist. In den letzten Jahren wurde eine Anzahl von älteren Kraftwerken erneuert und hinsichtlich des *Wirkungsgrades* verbessert.

Weitere Erneuerungsarbeiten sind noch im Gang. Diese Erneuerung geschah und geschieht hauptsächlich durch den Ersatz von überholten Maschinen – gemeint sind Turbinen, Generatoren und Transformatoren – durch neuere. Die überholten Maschinen weisen ein Alter von 50 bis 60 Jahren auf, stammen also aus den späteren 20er und 30er Jahren und damit aus einer Zeit, in der die entsprechende Technik noch nicht voll ausgereift war. Darum bringt ihr Ersatz durch moderne Einheiten eben auch eine nennenswerte Verbesserung. Es darf aber nicht damit gerechnet werden, dass sich eine solche Aufwertung auch in Zukunft erzielen lässt, denn schon die Maschinen der 40er und dann insbesondere jene der 50er Jahre weisen Wirkungsgrade auf, die sich nur wenig oder gar nicht übertreffen lassen. Wenn sie einmal um das Jahr 2000 und später ersetzt werden müssen, springt produktionsmässig kaum etwas heraus.

Im Zuge gewisser Erneuerungen konnte und kann auch die *Schluckfähigkeit* der Anlagen mit neuen Maschinen erhöht werden. Auch das bringt insbesondere bei den älteren und darum niedrig ausgebauten Wasserkraftwerken der Vorkriegszeit eine Produktionserhöhung. Wenn aber einmal, das heisst um das Jahr 2000 und später, die von Anfang an höher ausgebauten Anlagen der Kriegs- und Nachkriegsjahre erneuerungsbedürftig werden, ist eine ähnliche Steigerung nicht mehr möglich. Ausserdem ist zu bedenken, dass die Erhöhung der Schluckfähigkeit eines Kraftwerkes grundsätzlich eine Änderung der Konzession bedingt. Dabei wird bei Umleitkraftwerken unweigerlich die Restwasserfrage aufgerollt und im bereits besprochenen Sinne so geregelt, dass eine Produktionseinbusse re-

sultiert. Diese wird den durch den höheren Ausbau erzielbaren Produktionsgewinn schmälern oder gar wettmachen. Folglich ist eine bedeutende Produktionserhöhung nur bei einigen der wenig zahlreichen Flusskraftwerken möglich.

Die Akzeptanz eines Ausbaus der Wasserkraftnutzung

Sobald die Erneuerungen ein Ausmass annehmen, das über den Ersatz der alten Maschinen durch grössere und bessere, einschliesslich der damit verbundenen Anpassung der Zentralen, hinausgeht, werden sie *praktisch wie Neubauten* behandelt. Und da muss einfach festgestellt werden, dass sich heute solche Neubauten für Wasserkraftanlagen weder längs bereits genutzten Gewässerstrecken noch ungenutzten leicht verwirklichen lassen. Im Gegenteil! Es erwächst ihnen nicht nur von Naturschutz und Fischereiverbänden, sondern auch von breiten Kreisen der Bevölkerung ein nachhaltiger Widerstand. Das äussert sich unter anderem in langwierigen Verfahrensprozeduren bis vor Bundesgericht und in entsprechenden politischen Vorstössen. Es ist deshalb nicht auszuschliessen, dass sich die mit dem Inkrafttreten des Umweltschutzgesetzes am 1. Januar 1985 eingeführte Umweltverträglichkeitsprüfung für Wasserkraftanlagen letztlich als *bauverhindernd* auswirken wird. Denn wenn eine neue Wasserkraftanlage «per se» schon abgelehnt wird, vermag ihr auch keine noch so subtile Argumentation im Umweltbereich mehr zu helfen. So hat denn heute auch noch kein einziges grösseres Neubauprojekt eine Umweltverträglichkeitsprüfung bestanden. Ja, bis jetzt hat auch unter den Umbauprojekten einzig Rheinfelden diese Hürde genommen. Die entsprechenden Untersuchungen ziehen sich überall in die Länge und weisen zum Teil einen kaum zu bewältigenden Detaillierungsgrad auf. Es ist auch un schwer vorauszusehen, dass die Ergebnisse, sollten sie gesamthaft gesehen positiv ausfallen, sehr viele Ansatzpunkte für Einsparungen bieten können und werden.

Die heutige Situation in der Schweiz ist also nicht weit von einem *Moratorium* für neue Wasserkraftwerke entfernt. In dieser Situation an eine Auferstehung der Kleinkraftwerke zu glauben, fällt dementsprechend schwer. Von einer *Auferstehung* möchte ich hier deshalb sprechen, weil es früher eine grosse Anzahl solcher Anlagen gab. Eine Statistik des Bundesamtes für Wasserwirtschaft für Kraftwerke unter 10 MW Leistung

zeigt, dass davon 1914 fast 7000 in Betrieb waren, 1985 aber nur noch 1400. Innerhalb der letzten 70 Jahre wurden in der Schweiz also mehrere tausend Kleinkraftwerke stillgelegt. Dieses Kleinkraftwerksterben setzte vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg ein, als viele ältere Anlagen erneuerungsbedürftig wurden, sich die notwendigen Erneuerungskosten aber nicht lohnten.

Eine Auferstehung der Kleinkraftwerke wäre nur denkbar, wenn sich die bisherigen wirtschaftlichen Verhältnisse grundlegend ändern würden. Eine solche Entwicklung zeichnet sich gegenwärtig nicht ab. Im Gegenteil! Angesichts des Revisionsentwurfes des Gewässerschutzgesetzes, wonach bei kleinen Gewässern im Verhältnis bedeutend grössere Restwasserabflüsse gefordert werden als bei grossen, läuft dies auf eine ausgesprochene Benachteiligung der Kleinkraftwerke hinaus. Denn diese werden von der Restwasserfrage weit stärker betroffen als mittlere und grosse Anlagen.

Aus diesen Überlegungen gelangt man nun zu folgendem Fazit: Die heute weitgehend *fehlende Akzeptanz* für neue Energiebauten und insbesondere Wasserkraftanlagen lässt einen wesentlichen Weiterausbau der Wasserkraft kaum zu. Zwar ist anzunehmen, dass wenigstens der bestehende Kraftwerkspark laufend erneuert werden wird. Dabei lassen sich durch bessere Wirkungsgrade und höhere Schluckvermögen lokal gewisse Verbesserungen erzielen. Doch wird der entsprechende Energiegewinn durch Einbussen andernorts mehr als wettgemacht werden. Zu denken ist dabei nicht nur an die Restwasserfrage, sondern auch an Langzeiteffekte, wie etwa die Verlandung der Stauhaltungen. Über alles gesehen, wird die Produktion aus den schweizerischen Wasserkraftanlagen in der Zukunft also abnehmen. Offensichtlich folgt nun nach einer langen Phase der Intensivierung der Wasserkraftnutzung eine solche der *Extensivierung*.

Der zweckmässigere Einsatz der Wasserkraft

Nachdem festgestellt werden muss, dass die Stromproduktion aus der Wasserkraftnutzung in der Schweiz zurückgehen wird, stellt sich die Frage, ob sich diese Produktion, weil sie ja letztlich *Sonnenenergie* nutzt und darum sowohl kurz- wie langfristig keine Schadstoffe emittiert, nicht zumindest besser einsetzen liesse.

Bedingt durch die klimatischen Verhältnisse, führen die Schweizer Flüsse im Sommer ja wesentlich mehr Wasser

als im Winter. Dementsprechend ist auch die Wasserkraftproduktion im Sommer höher als im Winter. Daher wäre es naheliegend, einen Teil der Sommerproduktion zu speichern, um sie im Winter, in jener Jahreszeit, in der wir bekanntlich Strom aus Frankreich importieren, zur Verfügung zu haben. Nun lassen sich Kilowattstunden als solche *nicht speichern*, sondern müssen in eine speicherbare Energie umgewandelt werden. In Frage kommt eine Konversion in chemische Energie, so wie das in den Akkumulatoren, beispielsweise in den Autobatterien, gemacht wird. Ebenso kann man sich vorstellen, dass man Schwungräder antreibt, deren Bewegungsenergie später wieder durch Generatoren zurückgewonnen wird, oder dass man Gewichte hebt und Federn spannt. Andere Konversionen stehen diesbezüglich weniger im Vordergrund.

Vielleicht ist es nützlich, hier auf diese Möglichkeiten einzugehen: Die Umwandlung von grösseren Strommengen in chemische Energie ist zu teuer. Dies leuchtet ohne weiteres ein, wenn man sich eine Autobatterie vergegenwärtigt, die für ihren verhältnismässig bescheidenen Energieinhalt doch recht sperrig und teuer ist. Schwungräder enthalten, selbst wenn sie ein beträchtliches Ausmass annehmen, ebenfalls nicht sehr viel Energie. Eine grosse Versuchsanlage in Deutschland brachte es bloss auf ein paar Megawattsekunden, was um mehrere Zehnerpotenzen unter dem liegt, was man benötigt. Dennoch wird das Schwungradprinzip im schweizerischen Verbundnetz bereits im grossen Stil ausgenutzt, sind doch dort Hunderte von Kraftwerken mit Tausenden von Turbinen zusammengeschlossen, die Zehntausende von Motoren antreiben und somit erhebliche Schwungmassen in Bewegung halten. Und zweifellos profitiert die Stabilität unseres Stromversorgungsnetzes stark von diesen «Kreisel».

Die Konversion mit dem Gewichtheben und Federnspannen lässt sich natürlich auf sehr vielfältige Weise realisieren, am einfachsten aber durch Hinaufpumpen von Wasser von einem tiefer gelegenen in ein höher gelegenes Reservoir, wo die Schwereenergie und der Druck dieses Wassers dann für die Rückwandlung in Strom wieder zur Verfügung stehen. Wie zahlreiche Vergleichsstudien zeigen, sind solche *Pumpspeicherwerke* für die Umwandlung und Speicherung grosser Strommengen in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht unübertroffen. Wenn es darum geht, Dutzende von Millionen von Kilowattstunden zu speichern – und das ist die gewünschte Grössenordnung –, dann ist das Pumpspeicher-

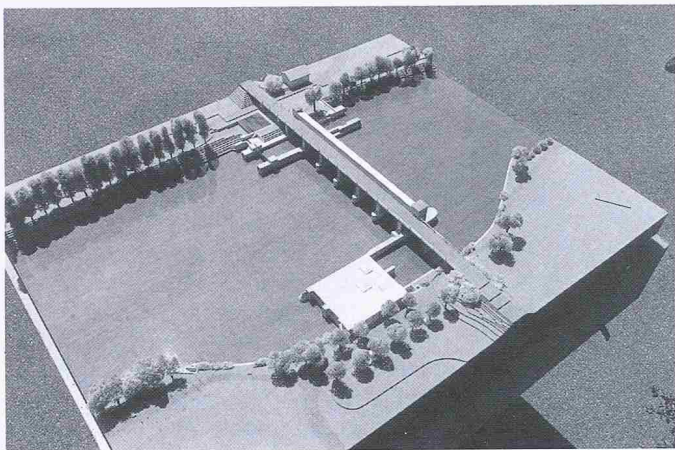


Bild 3. Das im Rahmen der Juragewässerkorrektion erstellte Aareregulierungsbauwerk bei Brügg soll durch ein Kraftwerk ergänzt werden, das bei einer Ausbauleistung von 5,2 MW eine mittlere Jahresproduktion von 25 GWh aufweist. Der Berner Grosse Rat hat dafür kürzlich die Konzession erteilt (Bild BKW).



Bild 4. Eines der wenigen in den letzten 10 Jahren neuerrichteten Kleinwasserkraftwerke: Zentrale Val Giuf bei Sedrun mit einer Ausbauleistung von 1,5 MW und einer Jahresproduktion von 6,2 GWh.

kraftwerk mit Abstand die günstigste und umweltfreundlichste «Batterie».

Damit sei auch mit Nachdruck betont, dass es sinnvoll ist, in der Schweiz die Pumpspeichermöglichkeiten zu verbessern. In der Tat stehen ja verschiedene neue Saisonspeicher und Erweiterungen von bestehenden Saisonspeichern zur Diskussion oder werden bereits verwirklicht. Pumpspeicherwerke sind grundsätzlich *Spitzenkraftwerke* und darum für die Lieferung von edler Energie besonders geeignet. Unter edler elektrischer Energie versteht man solche, die sich sekundenschnell an die Konsumbedürfnisse anpassen lässt und darum *konumentenfreundlich* ist. Die ganze Stromversorgung beruht ja darauf, dass jeder Konsument mit Knopfdruck die von ihm gewünschten Kilowattstunden sekundenschnell abrufen kann und auch sofort – nämlich mit der unübertreffbaren Liefergeschwindigkeit von 300 000 km/s – erhält. Bei uns ist es ja letztlich der Konsument, der die Kraftwerke betreibt, weil er es ist, der im Alltag darüber entscheidet, ob irgendwelche Turbinen irgendwo vermehrt Leistung abgeben oder nicht.

Rückbau von Wasserkraftanlagen?

In der Zeit der Euphorie des um 1955 beginnenden Zeitalters der Kernkraftwerke tat der damalige Delegierte des Bundesrates für Fragen der Atomenergie den Ausspruch: «Der Moment mag kommen, wo der Mensch den Genuss der reinen Natur höher schätzt als den Genuss der billigsten Energie und wo er, sei es auch nur um des Fremdenverkehrs willen, zu einem materiellen Opfer bereit ist. Er wird dann einige Atomkraftwerke mehr bauen als unbedingt nötig

und die abgefangenen und erdrosselten Bäche zum Teil wieder frei springen lassen.»

Diese an sich kühne Idee hat im Gefolge einen grossen Rückschlag erlitten. Niemand hat sich inzwischen ja bereit gezeigt, Kernkraftwerke *auf Vorrat* zu bauen, um Bäche zu befreien. Dessen ungeachtet hat aber der Widerstand gegen Wasserkraftwerke zugenommen. Man kann sich deshalb die Frage stellen, ob es eines Tages vielleicht doch möglich sein wird, die Bäche und Flüsse von den sie belastenden Wasserkraftanlagen zu befreien, also die einst verbauten Fließgewässer gleichsam zurückzubauen.

Gegenwärtig laufen ja an verschiedenen Orten Programme an, um kanalisierte, das heisst, allzu naturfremd korrigierte Flüsse und Bäche zu *renaturieren* oder eingedolte Bäche *offenzulegen*. Mit einigem Pathos wird dabei auch der Lebendverbau wieder eingeführt, der vor zwei Generationen noch selbstverständlich war, inzwischen aber in Vergessenheit geraten ist. Der Verfasser findet diese Programme sehr sympathisch und ist sehr dafür zu haben, wenn sie sich vernünftig verwirklichen lassen. Sie sind manchmal zwar recht kostspielig, doch können sie sich die Schweizer in ihrem derzeitigen Reichtum wohl ebensogut leisten wie beispielsweise die stilgerechte Restauration von ehrwürdigen Altbauten. Angesichts der ungewissen Zukunft der schweizerischen Energiewirtschaft wäre es aber *verfehlt*, Wasserkraftanlagen abzubrechen, um Renaturierung zu betreiben. Es gibt übrigens *entgegen der Volksmeinung* noch sehr viele Fließgewässer, die nicht von Wasserkraftanlagen belegt sind. Gerade im Alpenvorland und im Mittelland fließen Tausende von Bächen frei ab. Unter ihnen be-

finden sich manche, die seinerzeit im Zusammenhang mit dem Hochwasserschutz, den landwirtschaftlichen Meliorationen und neuen Verkehrsanlagen so verbaut worden sind, dass sie dem heutigen ästhetischen Empfinden nicht genügen. Dort kann sich der neue Trend zur Renaturierung also zur Genüge ausleben.

Zudem hat sich bei der Stilllegung oder Erneuerung einiger älterer Wasserkraftanlagen bereits gezeigt, dass eine *Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands* meist illusorisch ist. Oft haben diese Anlagen über die Jahrzehnte ihres Bestehens lokal zu neuen hydrologischen Gleichgewichten etwa im Zusammenspiel zwischen Oberflächen- und Grundwasser geführt, die nicht mehr gestört werden dürfen. Dann sind sie manchmal derart in ihre Umgebung eingewachsen, dass sie zusammen mit ihren Werk- und Fabrikkanälen zum Ortsbild gehören und ihre Maschinenhäuser und Wehre als Zeugen der Baugeschichte schützenswert erscheinen. Ferner spielen viele Wehre und Kanäle für die Erholung einschliesslich der Fischerei eine wichtige und darum nicht ohne weiteres aufgebbare Rolle.

Zusammenfassung

Der gegenwärtige Trend zur Erhaltung oder Renaturierung von Fließgewässern steht einer weitergehenden Wasserkraftnutzung entgegen. Die Umweltverträglichkeitsprüfungen wirken sich auf diesem Gebiet nahezu als bauverhindernd aus. Dementsprechend herrscht in der Schweiz faktisch ein *Moratorium für neue grössere Wasserkraftwerke*. Aber auch der Bau von Kleinwasserkraftwerken ist stark er-

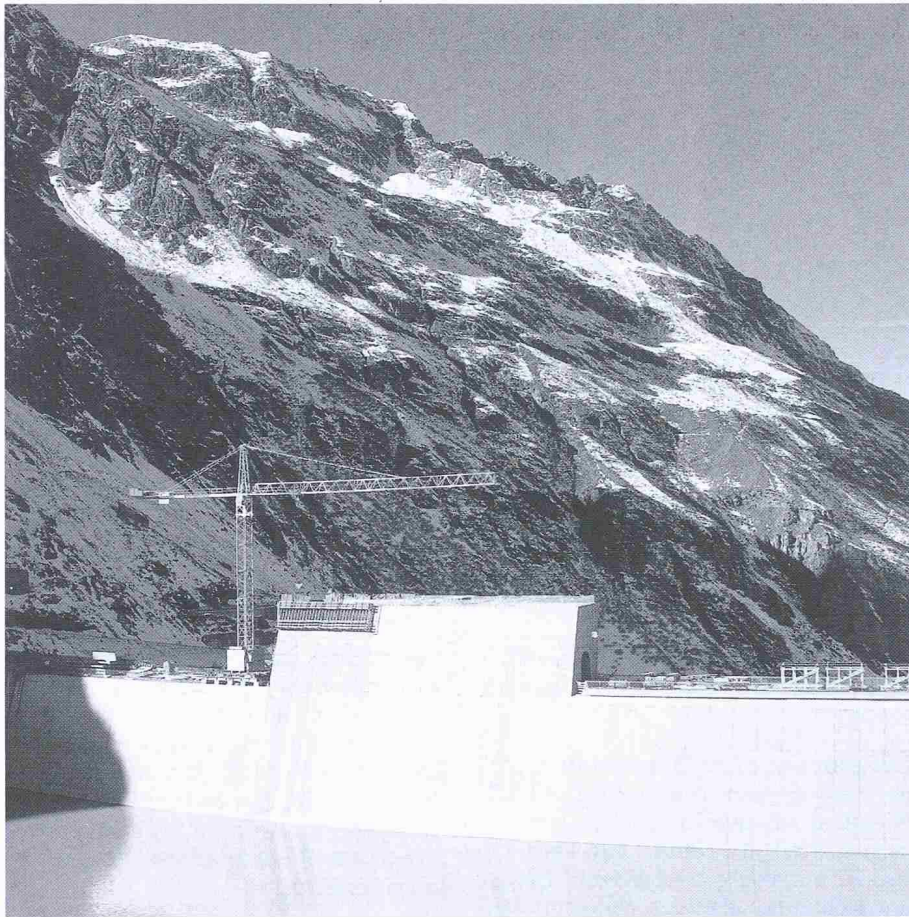


Bild 5. Die Staumauer Mauvoisin wird zur Zeit um 13,5 m erhöht, wodurch der Inhalt des Stausees um 17% auf 210 Millionen m³ vergrößert werden kann. Das ermöglicht eine jährliche Mehrproduktion von 100 GWh im Winter, bei einer entsprechend gleichen Minderproduktion im Sommer (Bild Quinche).

schwert, weil die zur Diskussion stehenden Restwasserbestimmungen für kleine Gewässer weitaus einschneidender sind als für grosse.

Die gleichen Restwasserbestimmungen werden auch eine *Minderproduktion* der bestehenden Wasserkraftanlagen verursachen. Treten sie gemäss dem Vorschlag des Bundesrates für das revidierte Gewässerschutzgesetz in Kraft, so liegt die Einbusse in der Grössenordnung von 12%, was etwa dem heutigen

Beitrag sämtlicher Bündner Kraftwerke entspricht, macht sich aber erst im Laufe einiger Jahrzehnte bemerkbar. Treten sie gemäss den Absichten der Verfassungsinitiative «Zur Rettung unserer Gewässer» in Kraft, so sind sie grösser und werden ohne Rücksicht auf die laufenden Konzessionen sofort eingeführt. Wie einige Überlegungen zeigen, ist es nicht möglich, diese Einbusse durch Umbauten und Erneuerungen zwecks Erhöhung des Wirkungs-

grades und des Schluckvermögens voll aufzufangen. Folglich steht die Schweiz heute bezüglich Wasserkraftnutzung an einem Wendepunkt. Nach einer seit 1900 dauernden Intensivierung derselben folgt jetzt eine *Extensivierung*.

Der Verfasser ist der Meinung, dass es das Recht jeder Gesellschaft ist, ihre *Prioritäten* zu setzen; sie sollte sich aber der *Konsequenzen* bewusst sein. Im übrigen empfiehlt er, den bestehenden Wasserkraftwerkspark sorgsam zu erhalten, und trotz dem erwähnten Trend, einige Saisonspeicher zu vergrössern und andere neu zu erstellen, um die Umlagerung von überschüssigem Sommerstrom in raren Winterstrom zu ermöglichen. Der Überschuss im Sommer ergibt sich ja durch den Umstand, dass die Schweizer Flüsse und Bäche im Sommer wesentlich mehr Wasser führen als im Winter. Das entsprechende und durch den saisonbedingten Mehrbedarf bestehende Manko im Winter zwingt die Schweiz bekanntlich zum Import von erheblichen Strommengen aus Frankreich, was – weil es sich eigentlich um die Reserve dieses Nachbarlandes handelt – eines Tages zu Problemen führen könnte.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Daniel Vischer, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

Überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten anlässlich der Sessionsveranstaltung des Energieforums Schweiz am 22. März 1990 in Bern.