Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 74 (1982)
Heft: 3

Artikel: Wasserkraftnutzung und Umweltschutz
Autor: Vischer, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941115

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: 06.01.2026

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

Wasserkraftnutzung und Umweltschutz

*Daniel Vischer**

Zusammenfassung

In einer knappen Übersicht werden einige Umwelteinflüsse von Wasserkraftwerken beschrieben, die für den Alpen- und Voralpenraum typisch sind. Für nähere Betrachtungen sei auf die neue Literatur verwiesen [8 bis 14].

Résumé: Les aménagements hydro-électriques et la protection de l'environnement

Quelques influences, exercées sur l'environnement par les aménagements hydro-électriques et caractéristiques des secteurs alpin et pré-alpin, sont décrites dans un bref aperçu. Une plus ample information peut être tirée des récents parutions bibliographiques [8 à 14].

Summary: Hydro power and the protection of the environment

A short review describes the environmental impacts of hydro power stations in alpine and prealpine regions. For more information refer to the recent literature [8 to 14].

* Vortrag an der Tagung «Die neuste Entwicklung in der Wasserkraftnutzung und Pumpspeicherung» im Haus der Technik, Essen, 24./25. November 1981.

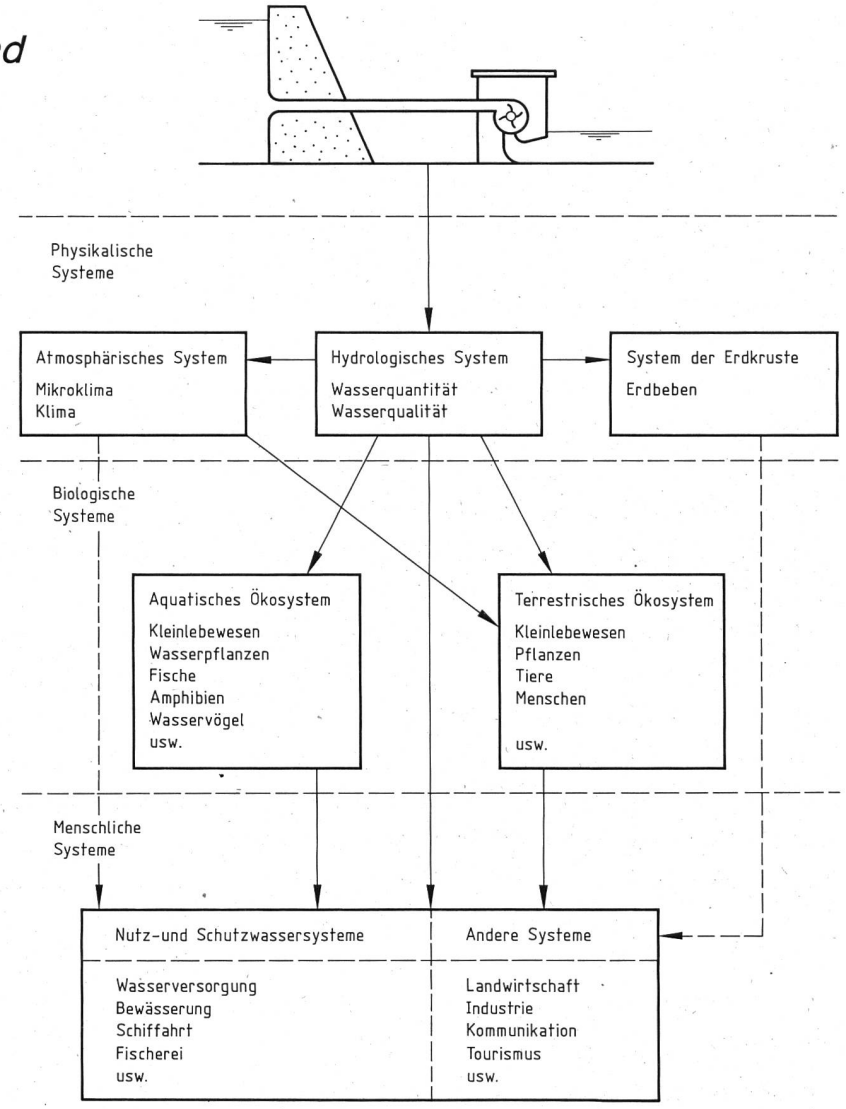


Bild 1. Systematik der Umwelteinflüsse von Wasserkraftanlagen nach [1].

Die Literatur über die Umwelteinflüsse von Wasserkraftanlagen ist im Vergleich zu derjenigen über die Umwelteinflüsse anderer Formen der Energieerzeugung spärlich. Am ehesten zu finden sind noch Hinweise auf die Umwelteinflüsse von Stauseen, die sowohl für die Wasserkraftnutzung als auch für andere Nutz- und Schutzwasserinteressen erstellt werden und darum nicht allein den Wasserkraftanlagen eigen sind.

Bild 1 zeigt solche Umwelteinflüsse von Stauseen in einer Systematik, wie sie in Anlehnung an *Lagler* und *White* [1] aufgestellt werden kann. Diese Systematik unterscheidet Umwelteinflüsse auf physikalische und biologische Systeme sowie auf menschliche Systeme. Sie kann praktisch unverändert auf Wasserkraftanlagen übertragen werden.

1. Einflüsse auf physikalische Systeme

Die Wasserkraftnutzung hat einen direkten Einfluss auf das hydrologische System, d. h. auf den Wasserkreislauf, und über diesen allenfalls einen indirekten auf das atmosphärische System und das System der Erdkruste.

1.1 Einflüsse auf den Wasserkreislauf

Diese Einflüsse können gegliedert werden in solche auf

a) die *Wasserquantität* hinsichtlich der Wassertiefen, der Wasserflächen, der Strömungsgeschwindigkeiten, der Abflüsse und der Mengen in
- Oberflächengewässern sowie
- unterirdischen Gewässern;

b) die *Wasserqualität* hinsichtlich des Geschiebes, der Schwebstoffe, des Geschwemmsels in
- Oberflächengewässern

und hinsichtlich der Temperatur in
- Oberflächengewässern sowie
- unterirdischen Gewässern.

Die Wasserquantität in den Oberflächengewässern

Mit der Schaffung eines Stausees werden die Wassertiefen des gestauten Oberflächengewässers naturgemäss erhöht. Damit wachsen dort die Wasserflächen zulasten der Ufergebiete, vergrössern sich die örtlichen Wasservorkommen, verringern sich die Strömungsgeschwindigkeiten.

Die weiteren Einflüsse fallen je nach Kraftwerktyp verschieden aus:

Bei *Speicherwerken* hat der Aufstau entsprechend dem Speicherbetrieb eine Vergrösserung der Wasserspiegelschwankungen im Stauraum und eine Veränderung der Abflüsse flussabwärts davon zur Folge. Letzteres äussert sich beispielsweise im Alpenraum dadurch, dass die kärglichen Winterabflüsse zulasten der reichlichen Sommerabflüsse gemehrt werden.

Bei *Laufwerken* führt der Aufstau zu einer Verringerung der Wasserspiegelschwankungen längs der Stauhaltung. Der Abfluss flussabwärts davon erfährt aber – gemäss der Definition der Laufwerke – keine Modifikation.

Bild 2. Aarestausee Klingnau, Blick flussabwärts. Ablagerung von Feststoffen in Form von Sandbänken (Foto Comet 1975).

Bei *Umleit- oder Kanalkraftwerken* verbleibt im Bach- oder Flussbett zwischen der Fassung und der Rückgabe nur noch das sogenannte Restwasser. Dieses besteht in wasserreichen Zeiten aus dem nicht nutzbaren Überschusswasser, in normalen und insbesondere in wasserarmen Zeiten dagegen bloss aus einer meist kleinen Pflichtwassermenge. In der Restwasserstrecke werden somit sämtliche quantitativen Aspekte der Oberflächengewässer stark verändert.

Die Wasserquantität in den unterirdischen Gewässern

Die Veränderungen der Oberflächengewässer wirken sich naturgemäss auch auf die mit ihnen in Verbindung stehenden unterirdischen Gewässer aus. So kann ein Aufstau zu einer Anreicherung und Anhebung der angrenzenden Grundwasservorkommen führen. Dadurch werden diese grundsätzlich quantitativ gemehrt.
Umgekehrt kann eine Wasserspiegelabsenkung etwa längs Restwasserstrecken oder im Gefolge von Ausbaggerungen längs von Unterwasserstrecken eine Minderung und Absenkung benachbarter Grundwasservorkommen zeitigen.
Als beonders heikel ist die Möglichkeit einer Beeinflussung von Heilquellen zu werten.

Die Wasserqualität in den ober- und unterirdischen Gewässern

Mit den Änderungen der Wasserquantität sind auch Änderungen des Feststoffgehaltes und der Temperatur verbunden.
Infolge eines Aufstaus wird die Erosion der Flüsse und Bäche meist nicht nur unterbunden, sondern durch eine Sedimentation abgelöst. Das heisst, die Stauhaltungen wirken als grosse Absetzbecken, in denen die zugeführten Geschiebe- und Schwebstoffmengen ganz oder doch teilweise zurückgehalten werden (Bild 2). Dadurch ergeben sich verschiedene Probleme:
Beim Eintritt feststoffreicher Flüsse und Bäche in einen Speichersee – gewöhnlich im Bereich der sogenannten Stauwurzel – entstehen deltaförmige Ablagerungen, die flussaufwärts eine Hebung des Fluss- oder Bachbettes verursachen können.
Andererseits haben dieselben Ablagerungen zur Folge, dass der Abfluss aus dem Stausee feststoffärmer ist, was je nach den Schleppkraftverhältnissen flussabwärts zu Erosionen – etwa in Form einer Senkung der Fluss- und Bachsohle – zu führen vermag.
Die Ablagerungen flussaufwärts und im Stauraum wie die Erosionen flussabwärts lassen sich zwar verhindern, wenn die Stauräume gespült werden. Solche Spülungen haben aber den Nachteil, dass sie die im Verlauf längerer Zeit zugeführten und abgelagerten Feststoffe in kurzer Zeit auflockern und weitergeben; sie erzeugen damit flussabwärts unangenehme Feststoffschübe. Deshalb werden Spülungen meist nur dort vorgenommen, wo ein Stauraum im Verhältnis zur Feststoffzufuhr klein ist und bald zu verlanden droht.
Feststoffablagerungen in einer Stauhaltung können sich aber auch auf die angrenzenden Grundwasservorkommen auswirken. Denn sie können die Infiltrationswege vom Oberflächengewässer ins Grundwasser mit der Zeit verstopfen und damit die Infiltration vermindern (Kolmatierungserscheinungen).
Hinsichtlich der Einflüsse einer Stauhaltung auf die Wassertemperatur ist zu erwähnen, dass jede grössere Wassermenge Sonnenwärme zu speichern und anschliessend abzugeben vermag. Daraus resultiert in der Regel eine Temperaturerhöhung im gestauten Oberflächengewässer wie in dem von diesem angespeisten Grundwasser (Bild 3).

1.2 Einflüsse auf die Atmosphäre

Die Schaffung von grösseren Stauseen und damit von weiten Wasserflächen könnte infolge der erwähnten Wärmespeicherung und der Evaporation klimatische Änderungen zeitigen. Diese sind beim verhältnismässig geringen Ausmass der alpinen Stauseen aber für den Menschen kaum und für die Fauna und Flora nur in unmittelbarer Ufernähe spürbar. Übrigens darf bei dieser Frage nicht ausser acht gelassen werden, dass beispielsweise die alpinen Stau-

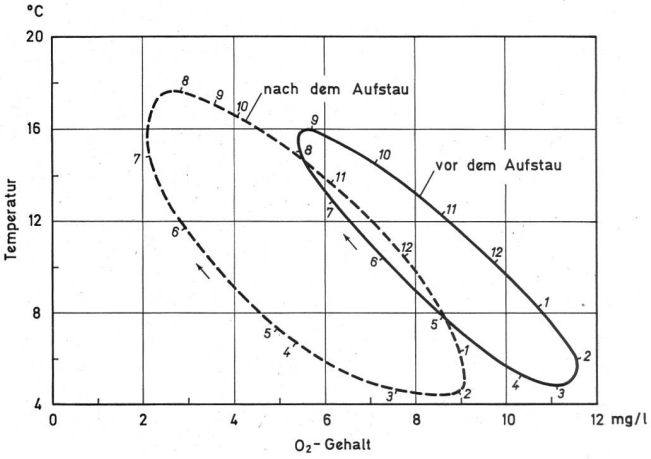


Bild 3. Rheinkraftwerk Rheinau. Grundwasserbeobachtungen in Ufernähe der Stauhaltung. Aufgetragen sind die Mittelwerte des Sauerstoffgehaltes und der Temperatur vor und nach dem Aufstau. Die Zahlen auf den Kurven geben die Monate des Jahres an (nach *E. U. Trüeb* 1971).

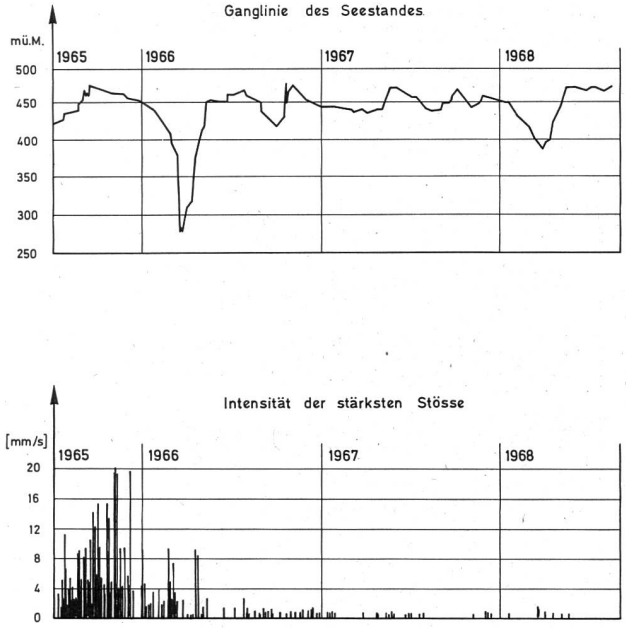


Bild 4. Stausee Contra an der Verzasca (200 m tief). Aufzeichnung der lokalen Erdbeben 1965 bis 1968. Oben die Ganglinie der Seestände von der ersten Füllung an, unten die gemessenen Erdbebenintensitäten. Es wurden insgesamt rund 500 Stösse mit einer Intensität von über 0,5 mm/s registriert, Schäden wurden keine beobachtet.

seen nicht allein, sondern zusammen mit vielen natürlichen Seen die Landschaft prägen. So macht in der Schweiz die Gesamtoberfläche der Stauseen weniger als 5% der Gesamtoberfläche der natürlichen Seen aus, was die Grössenordnung einer allfälligen Beeinflussung des Klimas klarlegt.

1.3 Einflüsse auf die Erdkruste

Die Schaffung eines Stausees führt zu einer mehr oder weniger starken Durchnässung der überstauten Talflanken, was deren Stabilität verringern kann. In einigen Fällen wurden auch entsprechende Hangrutsche beobachtet.
Auf einen ähnlichen Effekt wird auch die erhöhte Erdbebentätigkeit zurückgeführt, die bei einigen Stauseen während der ersten Füllungen registriert wurde. Vermutet wird nämlich, dass der durch den Aufstau geschaffene hohe Wasserdruck gleichsam den Scherwiderstand längs tiefgelegener Scherflächen verringert. Wenn diese also einer tektonisch bedingten Scherkraft unterliegen, können unter Umständen ruckartige Gleitungen und damit Erdbeben ausgelöst werden [2].
In der Schweiz wurde dieses Phänomen nur beim Stausee Contra im Verzascatal (bei Locarno) beobachtet. Die Erdbeben waren dort während der ersten Stauseefüllungen spürbar – von der Bevölkerung wurden sie als dumpfe Schläge wahrgenommen –, aber unschädlich (Bild 4, [3]).

2. Einflüsse auf biologische Systeme

Über die physikalischen Systeme beeinflusst die Wasserkraftnutzung auch die biologischen, das heisst, das terrestrische und das aquatische Ökosystem.

2.1 Einflüsse auf das terrestrische Ökosystem

Im überstauten Gebiet werden Tiere und Pflanzen naturgemäss vernichtet. Dadurch wird das angrenzende terrestrische Ökosystem zugunsten des aquatischen zurückgedrängt.
Bei Speicherseen mit stark schwankenden Wasserspiegeln bildet das von diesen beleckte Ufer oft eine Zäsur in Form eines unansehnlichen Ödlandstreifens. Dagegen siedelt sich längs Stauseen mit flachen Ufern und nahezu konstant gehaltenen Wasserspiegeln manchmal eine bereichernde Ufervegetation an.

2.2 Einflüsse auf das aquatische Ökosystem

Diese Einflüsse seien hier gegliedert in solche, die sich durch intensivierte biochemische Abbauprozesse ergeben, und in solche, die mehr physischer Natur sind.

Biochemische Abbauprozesse

Das erstmalige Überstauen von Tieren, Pflanzen und organischen Böden verursacht eine rasche Anreicherung des Wassers mit Nährstoffen. Dies beeinflusst natürlich über die verschiedenen Nahrungsketten die Population des Stausees von den Kleinlebewesen über die Wasserpflanzen bis zu den Fischen. Allerdings liegen einige Stauseen so hoch, dass sie keine an Tieren, Pflanzen und organischen Böden reichen Gebiete überstauen. Zudem ist es üblich, die Staubecken weitgehend zu räumen, insbesondere zu roden usw. Anders ist es in den Stauhaltungen der Niederdruckanlagen. Dort sind es allerdings weniger die überfluteten Gebiete, die zu biochemischen Abbauprozessen führen, sondern die Schmutzstoffe, die das zugeführte Wasser enthält. Hinsichtlich der Abwässer, die vielerorts immer noch unbedenklich in die Flüsse und Bäche geleitet werden, wirken die Stauräume naturgemäss als Sandfänge und Klärbecken, in denen sich Schmutzstoffe absetzen oder abgebaut werden.
Als Nachteil jedes solchen Abbauprozesses ist unter anderem die Sauerstoffzehrung zu werten. In dieser Beziehung ist allerdings zu erwähnen, dass die Flüsse und Bäche der an Wasserkraftanlagen reichen Schweiz nach wie vor mit Sauerstoff gesättigt sind. Lediglich in den Stauhaltungen von zwei Mitteldruckanlagen an der Limmat und an der Saane gab es diesbezüglich vorübergehend Probleme. Offenbar hält sich diese Sauerstoffzehrung also in verhältnismässig engen Grenzen oder wird durch die Sauerstoffanreicherung in den Durchflussorganen der Wasserkraftanlagen kompensiert.
Dagegen wurde in der Schweiz mehrfach eine zunehmende Sauerstoffzehrung im Grundwasser beobachtet, das durch Sickerwasser aus Stauhaltungen gespeist wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Sickerwasser durch den progressiv abgesetzten organischen Schlamm dringen muss (Bild 3).

Bild 5. Fischpass in Form eines Beckenpasses. Längsschnitt durch ein Bekken. Durch zeitweises Einsetzen einer Reuse kann die Funktionstüchtigkeit des Fischpasses geprüft werden (Auszählung der wandernden Fische nach Art und Grösse pro Zeiteinheit).

Bild 6. Aarekraftwerk Flumenthal. Fischpass. Einsetzen der Reuse in einem Becken gemäss Bild 5 (Foto Atel).

Bild 6

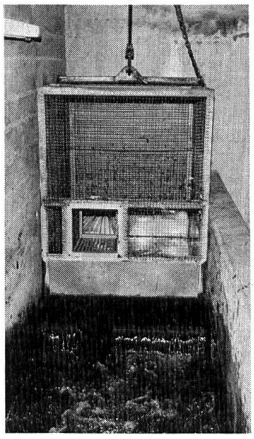


Bild 5

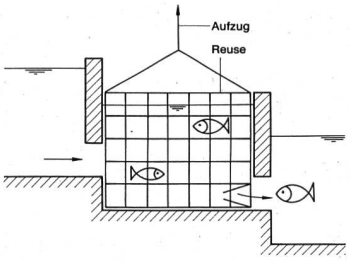
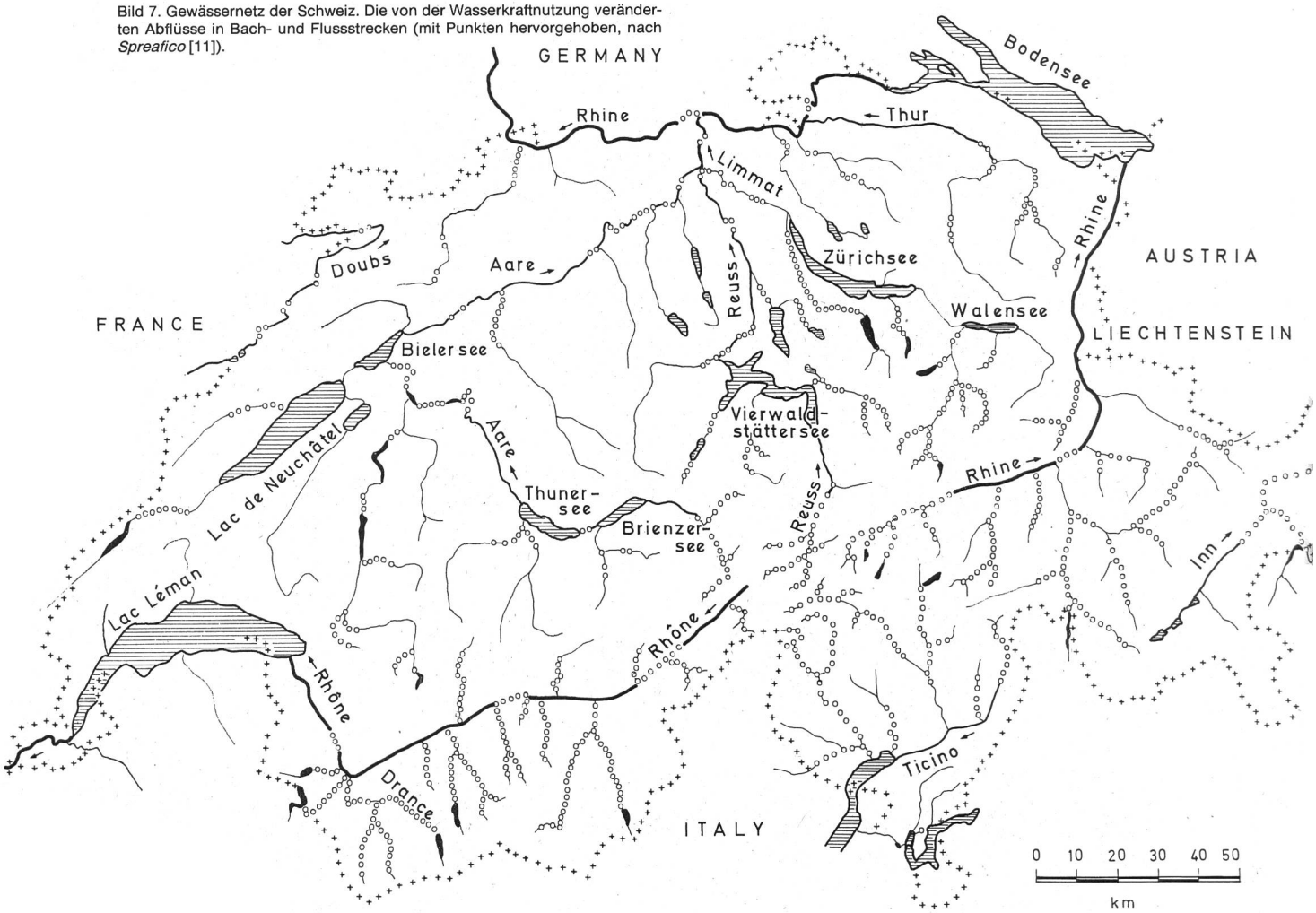


Bild 7. Gewässernetz der Schweiz. Die von der Wasserkraftnutzung veränderten Abflüsse in Bach- und Flussstrecken (mit Punkten hervorgehoben, nach *Spreafico* [11]).



Physisch bedingte Veränderungen

Bei starkem Aufstau eines Fliessgewässers wird das entsprechende Flussökosystem unterbrochen und örtlich durch ein Seeökosystem ersetzt. Dies wirkt sich auf die entsprechende Population und damit bis zu den Fischen, Amphibien und Wasservögeln aus.

So wird in den Stauseen infolge der veränderten Wassertiefen, Wasserflächen, Strömungsgeschwindigkeiten usw. insbesondere der Fischbestand verändert. Dabei passen sich Anzahl und Art der Fische nur langsam den neuen Bedingungen an, falls nicht gezielt Fische eingesetzt werden.

Für Wanderfische sind die Talsperren der Hochdruckkraftwerke unpassierbare Hindernisse. Die Zentralen und Stauwehre der Niederdruckkraftwerke sind bloss flussabwärts passierbar, jedoch nicht flussaufwärts, sofern sie nicht mit wirksamen Fischpässen ausgerüstet werden (Bilder 5/6).

Wo verlandete Stauräume gespült werden, besteht die Gefahr, dass der Fischbestand flussabwärts unter den hohen Schwebstoffbelastungen leidet. Spülschwälle sind deshalb möglichst auf schwebstoffreiche Hochwasserzeiten zu verlegen.

Neben dem Fischbestand wird naturgemäss auch der Bestand an Wasservögeln verändert. Interessanterweise entwickelten sich viele Stauhaltungen mit flachen Ufern zu neuen Lebensräumen für verschiedene Wasservögel. So hat sich beispielsweise der 45 Jahre alte Stausee Klingnau (Bild 2) an der Aare zu einem von Kennern als Vogelparadies bezeichneten Standort entwickelt. Die dort gemachten Erfahrungen führten die Ornithologen dazu, beim Reusskraftwerk Bremgarten-Zufikon eine Vergrösserung der Wasserfläche über die Bedürfnisse der Wasserkraftnutzung hinaus zu verlangen. Diesem Begehren wurde durch teilweise Weglassung der Uferdämme entsprochen (Bild 8).

3. Einflüsse auf den Menschen

Die Wasserkraftnutzung wirkt sich in mannigfacher Weise auf den Menschen aus. In erster Linie versieht sie den Menschen ihrem Zweck entsprechend mit Elektrizität und folglich mit Licht, Wärme, Kraft usw. Dann tangiert sie in zweiter Linie andere Wassernutzanlagen, also beispielsweise Wasserversorgungen, Bewässerungen, Schiffahrtsstrassen, gewässergebundene Erholungsanlagen, Fischereigewässer usw. Sie steht zu diesen meist in einer gewissen Konkurrenz, in der nach übergeordneten Gesichtspunkten ein Ausgleich gefunden werden muss.

Und in dritter Linie wirkt die Wasserkraftnutzung auf andere menschliche Systeme ein, die in (Bild 1) mit den Stichworten Landwirtschaft, Industrie, Kommunikation, Tourismus nur stichwortartig und unvollständig angedeutet sind. Aus der Fülle der Probleme seien sechs wichtige herausgegriffen, nämlich diejenigen in bezug auf

- Bauzeit,
- Umsiedlungen,
- Restwasserstrecken,
- Ästhetik der Bauten,
- Tourismus,
- ökonomische Ausstrahlung,
- Sicherheit der Unterlieger.

Bild 8. Reusskraftwerk Bremgarten–Zufikon. Naturschutzsee Unterlunkhofen, Blick flussaufwärts. Schaffung einer seichten Bucht durch Weglassen des Uferdamms, Aufschüttung von künstlichen Inseln für die Wasservögel (Foto Comet 1978).

3.1 Probleme der Bauzeit

Zu den ersten Auswirkungen einer Wasserkraftanlage gehören die lästigen Begleiterscheinungen jeder grösseren Bautätigkeit: Lärm, Staub, Abwasser, Deponien usw. Ihr Ausmass kann durch geschickte Dispositionen allerdings stark gemindert werden; überdies haftet ihnen das leichtere Gewicht des Vorübergehenden an.
Eher positiv ist zu beurteilen, wenn einheimisches Personal direkt oder indirekt am Bau teilhaben kann. Besonders in wenig entwickelten Talschaften bringen Kraftwerkbauten oft eine erwünschte Verdienstmöglichkeit.

3.2 Probleme der Umsiedlungen

Die Fälle, wo in europäischen Ländern Umsiedlungen von Bewohnern der Stauräume notwendig werden, sind glücklicherweise selten. Denn solche Umsiedlungen stellen, sofern sie ältere Dörfer oder Weiler betreffen, sehr grosse Anforderungen an das Einfühlungsvermögen der Verantwortlichen.
Sehr häufig sind dagegen die Fälle, wo bestehende Verkehrsträger aus den Stauräumen in die nicht überfluteten Nachbargebiete verlegt werden müssen. Dabei handelt es sich vorwiegend um Strassen, Bahnen und Übertragungsleitungen, die im Gebirge längs den Pässen oder im Flachland längs den Flüssen oft sehr gedrängt verlaufen und deshalb kostspielige Anpassungsarbeiten erheischen. Heikel sind auch Überstauungen von abbauwürdigen Lagerstätten, archäologischen Fundstellen und Kunstdenkmälern.

3.3 Fragen der Restwasserstrecken

Ein schäumender Fluss oder Bach hat unbestreitbar seine ästhetischen Vorzüge, aber auch ein See verfügt über solche; und eine Wasserkraftanlage verwandelt oft das eine in das andere. Dementsprechend werden Stauseen und Stauhaltungen auch häufig akzeptiert, ja in einigen Fällen sogar als landschaftsbereichernd empfunden. Wo aber diese Verwandlung nicht geschieht, sondern – wie bei gewissen Restwasserstrecken – einfach das eine, nämlich das schäumende Gerinne, aufgehoben und durch nichts ersetzt wird, darf nicht mit allgemeiner Zustimmung gerechnet werden. Deshalb ist der Festlegung einer angemessenen Pflichtwassermenge grosse Beachtung zu schenken. Es können dabei starke Schwankungen entsprechend der Saison und sogar der Tageszeit ins Auge gefasst werden.

Interessant sind diesbezüglich noch einige Zahlen aus der Schweiz: Es gibt dort gewisse Restwasserstrecken, die mit einer ungenügenden Pflichtwassermenge beschickt wer-

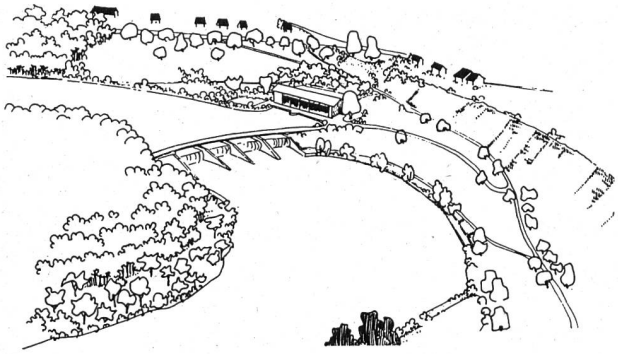


Bild 9. Rheinkraftwerk Rheinau, Ansicht flussaufwärts [5]. Das Maschinenhaus steht am Einlauf des Triebwasserstollens; es wurde harmonisch in die Landschaft eingeplant. Das Stauwehr ist im Grundriss leicht gekrümmt, damit es im stark gekrümmten Fluss optisch weniger stört.

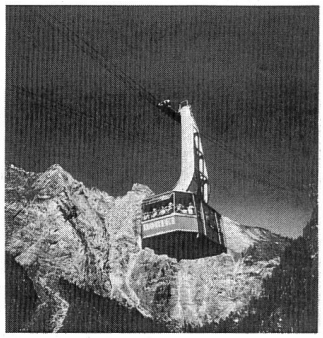


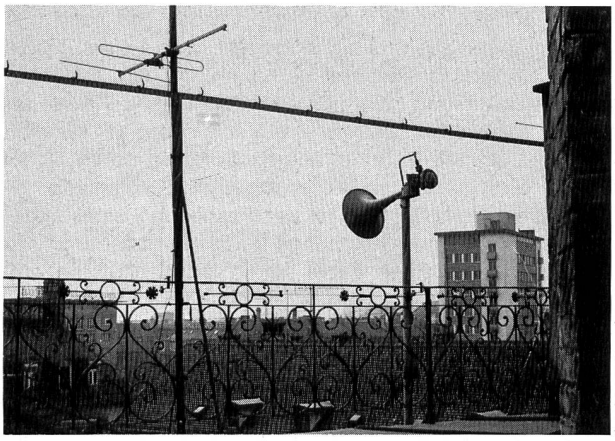
Bild 10. Maggia-Kraftwerke. Seilbahn Robiei. Für den Bau und den Betrieb der Kraftwerkstufe Robiei erstellt, dient diese Bahn heute auch dem Tourismus (Foto Ofima).

den. Dementsprechend sind auch Bestrebungen hinsichtlich einer angemessenen Erhöhung von Gesetzes wegen im Gange. In den dabei geführten Diskussionen werden lokale Probleme aber oft in unzulässiger Weise verallgemeinert. Deshalb hat das Bundesamt für Wasserwirtschaft in einer Untersuchung festgestellt, dass das schweizerische Gewässernetz sich gemäss den offiziellen topographischen Karten 1:50 000 über total 42 000 km erstreckt und hinsichtlich Abfluss nur über 2000 km in spürbarer Weise von der Wasserkraftnutzung beeinträchtigt wird. Als Schwelle wird dabei eine Veränderung der jährlichen Wasserfracht von 20% und mehr bezeichnet (Bild 7). Somit ergibt sich für die in bezug auf Wasserkraftnutzung praktisch voll ausgebaute Schweiz folgendes Bild: Vom gesamten schweizerischen Gewässernetz werden weniger als 5% durch die Wasserkraftnutzung beeinflusst. Es gibt aber selbstverständlich einige Regionen, in denen diese Verhältniszahl wesentlich über dem Durchschnitt liegt, beispielsweise im wasserkraftreichen Wallis zwischen Brig und St-Maurice bei 13% (weitere Angaben in [4]).

3.4 Ästhetik der Bauten

«Über den Geschmack lässt sich nicht streiten», stellt ein altes Sprichwort fest. Bekanntlich wird aber gerade über den Geschmack heftig gestritten und somit auch darüber, was an einer Wasserkraftanlage als schön zu bezeichnen sei oder ästhetischer gestaltet werden könnte.
Wie bereits erwähnt, werden die Stauseen und Stauhaltungen, sofern ihre Spiegelschwankungen nicht allzu sichtbar erscheinen, meist als schön empfunden. Diese Zustimmung erstreckt sich aber nicht uneingeschränkt auf die sie schaffenden Talsperren, Zentralen und Wehre. Die Reaktionen sind da bezüglich der Talsperren im Hochgebirge und der Flusssperren im Flachland verschieden.

Bild 11. Wasseralarmsystem der Stadt Zürich. Eine der 35 Tieftonsirenen, die im Hinblick auf einen Ausbruch des Sihlsees installiert worden sind (Foto Ericsson AG).



Talsperren, also Staumauern und Staudämme, stehen oft in abgelegenen Tälern und bilden dort die einzigen grossen Kunstbauten. Deshalb werden sie von naturverbundenen Leuten als landschaftsbelastend empfunden. Immerhin werden Talsperren grundsätzlich in Talengnissen erstellt, wo sie nicht von überall eingesehen werden. Zudem überragen sie definitionsgemäss die angrenzenden Talflanken nicht und können deshalb nicht in der gleichen, man möchte sagen arroganten Art auffallen, wie etwa Hochhäuser, Kühltürme, Kamine, Fernsehtürme. Von vielen Leuten werden Staumauern und Staudämme dagegen als schöne Bauwerke bewundert; die auf den Kräftefluss abgestimmte Form einer Kuppelmauer wirkt offensichtlich faszinierend.

Flusssperren, das sind Zentralen und Stauwehre, die einen Fluss aufstauen, wirken auf den Betrachter häufig provozierender. Dies hängt wohl damit zusammen, dass Flusssperren optisch als Schnitt in einem breiten und langen Flussband in Erscheinung treten. Auch liegen sie meist nicht in abgelegenen, sondern in erschlossenen Gegenden und stören damit längstgewohnte Bilder. Dazu mag beitragen, dass Flusssperren im Verhältnis zu Talsperren mehr mechanische Anlagen – wie Schützen, Krane, Rechenreiniger, Dammbalken, Schleusen, Kahnrampen – aufweisen und darum bei ungeschickter Gestaltung fast als Maschine erscheinen. Glücklicherweise stehen heute aber Bauweisen zur Verfügung, die in vielen Fällen eine annehmbare Einpassung der Bauwerke in die Umgebung erlauben.

Viele Elemente von Wasserkraftanlagen lassen sich in verschiedenster Weise verwirklichen, was eine weitgehende Berücksichtigung ästhetischer Belange gestattet. Dabei ist die Auswahl der Lösungen im Gespräch mit den Betroffenen anzustreben; an der entsprechend positiven Einstellung der Kraftwerkplaner sollte es nicht fehlen.

In diesem Zusammenhang sei einzig in Erinnerung gerufen, dass sich bei Hochdruckanlagen die meisten Wasserleitungen unterirdisch und darum unsichtbar führen lassen, ebenso können mancherorts die Zentralen als Kavernen unter Tag angeordnet werden. Und selbst bei Niederdruckanlagen lassen sich die notwendigen Kanäle oder eingedämmten Flussstrecken meist derart trassieren, dass keine Reissbrettlandschaften entstehen. Entscheidende Verbesserungen können dort zudem durch standortgerechte Bepflanzungen erzielt werden. Durch sie lassen sich die hässlichen Baunarben in der Landschaft rasch heilen und die Bauwerke gleichsam in ihre Umgebung integrieren. Die Landschaftsgestaltung kann in einigen Fällen soweit gehen, dass längs neuen Ufern auch neue Buchten, Halbinseln und Inseln geschaffen und landwärts allenfalls noch neue Teiche oder kleinere Seen angefügt werden (Bild 8).

Bei der Landschaftsgestaltung des seinerzeit heftig umstrittenen Kraftwerkes Rheinau (unterhalb des Rheinfalls) wirkte beispielsweise ein Landschaftsarchitekt mit, der heute mit einiger Berechtigung auf seine Erfolge hinweist (Bild 9, [5]).

3.5 Anregung des Tourismus

Die notwendige Erschliessung der einzelnen Baustellen mit Strassen, Seilbahnen, Telefon, Wasser usw. führt zwangsläufig zu einer Erschliessung grösserer Gebiete. Dies bringt insbesondere abgeschlossene Talschaften näher an die Zivilisation heran mit allen damit verbundenen Vor- und Nachteilen. Praktisch immer wird der Tourismus angeregt, der ja auf eine Erschliessung angewiesen ist. Dieser Tourismus setzt meist schon während der Bauzeit ein, sind doch Baustellen von Staumauern und Flusskraftwerken ein beliebtes Ausflugsziel. Die entsprechende Infrastruktur steht dann nach Vollendung des Baues zur Verfügung und kann bei zweckmässiger Anpassung weiter genutzt werden.
Die Fälle, in denen diese Anpassung erfolgt ist und zu einer touristischen Entwicklung geführt hat, sind in der Schweiz nicht selten. Sie sind unter anderem in den langen, abgelegenen Alpentälern der Kantone Graubünden, Wallis und Tessin zu beobachten (Bild 10).

3.6 Ökonomische Ausstrahlung

Ausser den im Zusammenhang mit dem Bau und dem Tourismus erwähnten indirekten Folgen einer Wasserkraftanlage sind aber noch die mehr oder weniger unmittelbaren ökonomischen Ausstrahlungen zu erwähnen. In einer gründlichen Untersuchung bei den Kraftwerken Hinterrhein wurde beispielswiese folgendes erhoben [6]:
Dem Kanton Graubünden und den achtzehn Konzessionsgemeinden fliessen pro Jahr an ordentlichen Steuern, Wasserwerksteuern, Zuschlagsteuern, Gratisenergie usw. Beträge zu, die 17% der gesamten Produktionskosten – das heisst von Zins, Amortisationen und Betriebskosten – ausmachen (1965 bis 1968 waren das immerhin 0,5 Rp/kWh). Ausserdem leistete die Kraftwerksgesellschaft während des Baues erhebliche Konzessionsgebühren, baute Strassen, Alpwege, Forstwege, beteiligte sich an der Schaffung einer leistungsfähigen Elektrizitäts- und Wasserversorgung sowie an der Erstellung von Kanalisationen und Abwasserreinigungsanlagen. Sie setzte damit in einem Gebiet von 450 km² Oberfläche und 2300 Einwohnern achtzehn kleine Gemeinden in die Lage, ihre Schulhäuser, Strassen, Bach- und Lawinenverbauungen zu erstellen, Aufforstungen vorzunehmen und Alpverbesserungen durchzuführen. Diese Möglichkeiten, verbunden mit gewissen Verbesserungen der finanziellen Lage der Einwohner selbst, trugen und tragen noch dazu bei, das Gefälle in den Lebensbedingungen zum Unterland zu verkleinern. Diese Möglichkeiten bedeuten deshalb eine echte Berghilfe, die nicht mit dem demütigenden Odium karitativer Massnahmen behaftet ist.

3.7 Sicherheit der Unterlieger von Stauseen

Abschliessend sei noch ein besonderer Umwelteinfluss erwähnt: Ein Stausee wirkt einerseits als Hochwasserschutzraum und befreit damit die Unterlieger von der Sorge häufiger Überschwemmungen und gewisser flussbaulicher Gegenmassnahmen.
Andererseits ist nicht zu übersehen, dass der gleiche Stausee ein neues Gefahrenmoment enthält, nämlich dasjenige einer Flutkatastrophe bei Versagen der Talsperre. Diesem Gefahrenmoment gilt es zu begegnen, indem der Sicherheit der Talsperre grösste Beachtung geschenkt wird. Hohe Anforderungen hinsichtlich Projektierung, Ausführung und Betrieb unter Einsatz voneinander unabhängiger Kontrollstellen sind unbedingtes Erfordernis, ebenso die fachgerechte Überwachung der Talsperren durch Messungen bei laufender Auswertung. Als zusätzliche Sicherheitsmassnahme ist ausserdem eine rasche Entleerungsmöglichkeit des Stausees vorzusehen und im Hinblick auf kriegerische Einwirkungen allenfalls eine Alarmorganisation.
In Zürich wurde 1972 beispielsweise die bereits vorhandene Alarmorganisation überholt und der Öffentlichkeit vorgestellt. Sie ist auf den Ausbruch des 35 km oberhalb der Stadt gelegenen Sihlsees, eines 90 Mio m³ fassenden Kraftwerkspeichers, ausgerichtet und verfügt über 35 Tieftonsirenen, mit denen die Bevölkerung alarmiert werden kann. Diese ist anhand von Merkblättern darüber informiert, in welcher Zeit und in welchem Umfang die Flutwelle gewisse Quartiere erreichen könnte und welche Evakuierungsmassnahmen selbsttätig zu ergreifen wären (Bild 11, [7]).

Bild 12. Reusskraftwerk Bremgarten–Zufikon. Das Wehr, das Maschinenhaus und die Schaltanlage wurden sorgfältig in die Landschaft eingepasst. Die gleichzeitig und anschliessend erstellten Hochbauten stören das Landschaftsbild wesentlich mehr (Bild VAW, Februar 1982).

4. Zusammenfassende Beurteilung

Wenn die gemäss Bild 1 und den voranstehenden Abschnitten geschilderten Umwelteinflüsse gesamthaft betrachtet werden, so ist jedenfalls folgendes festzustellen: Der Einfluss von Wasserkraftanlagen auf die Umwelt ist, lokal gesehen, äusserst mannigfaltig. Doch ist er nicht überall gleich und darum einer Verallgemeinerung wenig zugänglich. Denn Wasserkraftanlagen sind ja ausgesprochene Einzelanfertigungen, ausgerichtet auf die jeweils örtlichen topographischen, hydrologischen, geologischen und ökologischen Gegebenheiten (Bild 12). Die gleichen Umweltveränderungen, die bei der einen Anlage negativ zu bewerten sind, können deshalb bei der anderen positive Aspekte aufweisen. Pauschalurteile sind folglich zu vermeiden; an ihre Stelle muss die lokalspezifische Bewertung aufgrund ernsthafter ökologischer Studien treten. Die wünschbare Versachlichung rechtfertigt da gewisse Aufwendungen. (Weiterführende Literatur findert sich in [8 bis 14]).

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

Literaturnachweis

[1] *Berkowitz, D. A.* und *Squires, A. M.:* Power Generation and Environmental Change. Symposium of the Committee of Environmental Alteration. American Association for the Advancement of Science, December 28, 1969, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

[2] *Müller, St.:* Man-made Earthquakes, ein Weg zum Verständnis natürlicher seismischer Aktivität. «Geol. Rundschau», Bd. 59, Nr. 2, Stuttgart, Februar 1970.

[3] *Süsstrunk, A.:* Erdstösse im Verzascatal beim Aufstau des Speicherbekkens Vogorno. Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, 1968.

[4] Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: Natürliche und durch Ableitungen beeinflusste Wasserführung der schweizerischen Gewässer. Mitteilung Nr. 45, Bern, 1968.

[5] *Schubert, B.:* Die Landschaftsarchitekten im Rahmen der Raumplanung. «Schweiz. Bauzeitung» *93,* H. 18, 1. Mai 1975.

[6] *Wisler, H.:* Die Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Kanton Graubünden, insbesondere auf die Konzessionsgemeinden der Kraftwerke Hinterrhein. Juris-Verlag Zürich, 1970.

[7] *Vischer, D.:* Water Alarm Organization in Zurich. Transactions of the 14th Congress on Large Dams, Rio de Janeiro, 1982 (Question 52), im Druck.

[8] *Lauffer, H.:* Die Auswirkungen der Speicherkraftwerke auf die Umwelt. «Österr. Wasserwirtschaft» *27,* H. 5/6, 1975.

[9] *Fenz, R.:* Laufwasserkraft und Umwelt. «Österr. Wasserwirtschaft» *27,* H. 5/6, 1975.

[10] *Radler, S.:* Auswirkung von Speichern auf die Umwelt «Wasserwirtschaft», *67.* Jg., H. 7/8, 1977.

[11] Pro Aqua Pro Vita: Die Auswirkungen alpiner Speicherseen auf die Umwelt. Referate der Fachtagung in Basel. Pro-Aqua-Verlag, 1980.

[12] ICOLD: Dams and the Environment. Bulletin 35, June 1980.

[13] ICOLD: Dam Projects and Environmental Success. Bulletin 37, 1981.

[14] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Gewässerstau – Gewässergüte, Wien, 1981.

Der Bau der Wasserkraftanlage Pueblo Viejo-Quixal in Guatemala

Zusammenfassung eines Vortrages von Dr. Martin Gysel, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden, gehalten am 23. Februar 1982 im Linth-Limmatverband

1976 wurde die Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden – zusammen mit Partnern – vom guatemaltekischen Instituto Nacional de Electrificación beauftragt, die Detailprojektierung und die Bauleitung des Wasserkraftwerkes Pueblo Viejo-Quixal am Río Chixoy durchzuführen.

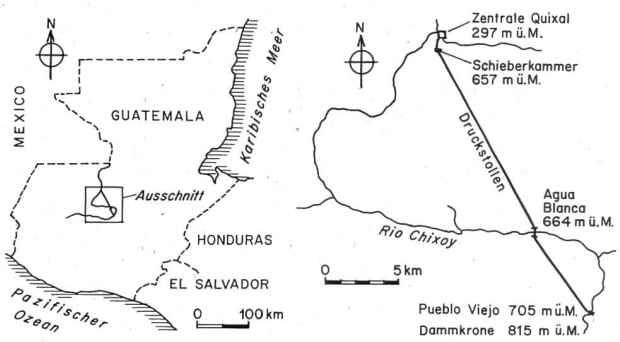


Bild 1. Übersichtsskizzen zur Lage der Wasserkraftanlage Pueblo Viejo-Quixal in Guatemala.

Bild 2, links. Die Dammbaustelle am 19. Januar 1982; Teilansicht der Hochwasserentlastungsanlage, die etwa 4000 m³/s abführen kann; Blick von der Unterwasserseite auf zwei der drei Einlauföffnungen.

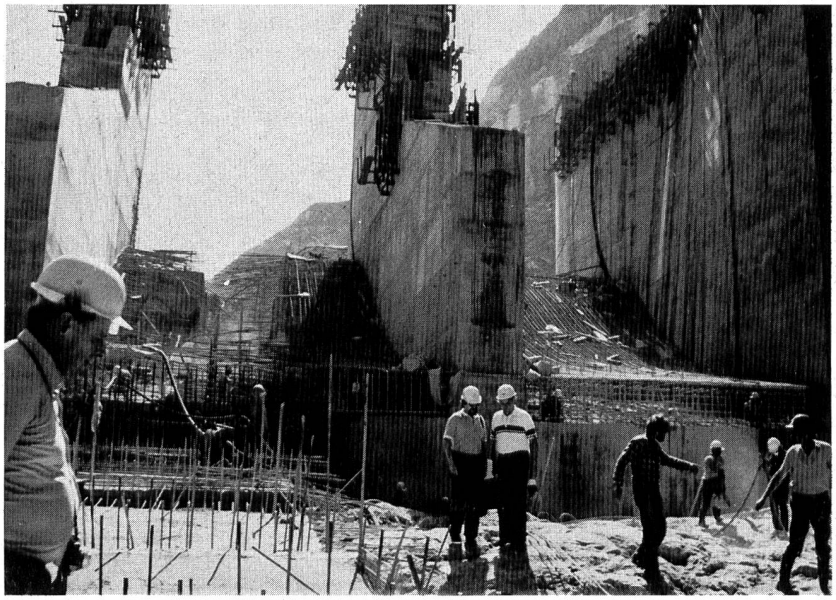
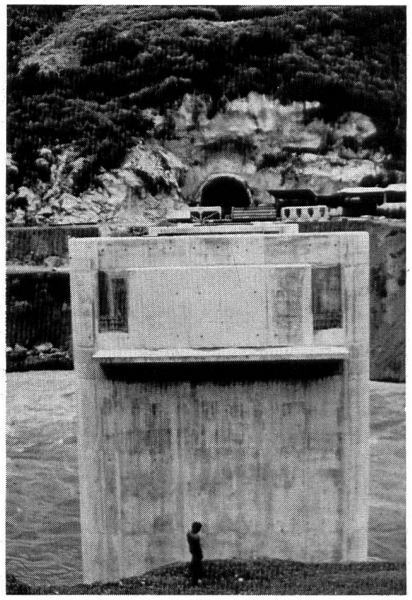



Bild 3, rechts. Die Rohrbrücke Agua Blanca, die im Zuge des 26 km langen Druckstollens über den Río Chixoy führt; Bauzustand Oktober 1980.