

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 86 (1994)
Heft: 1-2

Artikel: Die externen Kosten und Nutzen der Wasserkraftproduktion
Autor: Hauerstein, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940774>

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: 22.02.2026

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

Tabelle 3. Vergleich der Festigkeitsentwicklung von neu entwickeltem Spritzbeton A ohne EB (Tabelle 2) mit herkömmlichem Spritzbeton B mit EB, sowie Anforderung nach österreichischer Spritzbeton-Richtlinie (J2) [2].

Betonalter	Druckfestigkeit (N/mm ²)		J2
	A	B	
2 Minuten	0,1	–	
3 Minuten	0,4	0,1	
6 Minuten	1	0,2	0,2
15 Minuten	1,6	0,5	–
30 Minuten	2	0,9	–
1 Stunde	2	1	0,5
2 Stunden	2	1	–
3 Stunden	2	1	1,0
6 Stunden	3	1,5	1,7
12 Stunden	7	2	–
1 Tag	13	7	5,0
3 Tage	20	14	–
7 Tage	35	20	–
28 Tage	55	30	–

ke sind um so weniger auslaugbar, je dichter der Beton ist. Im Tunnelbau und bei Baugruben sollte Spritzbeton mit gipsarmem Zement hergestellt werden, wobei die Zugabe von Silicastaub zu empfehlen ist; auf EB sollte möglichst ganz verzichtet werden. Dann wird durch Verdünnung bereits in geringem Abstand vom Bauwerk das Grundwasser kaum oder nur in vertretbarem Masse verändert. BG

Literatur

- [1] Mayer, L.: Beton keine Gefahr für Boden und Grundwasser. Vortrag. Deutscher Betontag 1993.
- [2] Richtlinie Spritzbeton, Teil 1: Anwendung. Österreichischer Betonverein. Wien 1/1989.

Die externen Kosten und Nutzen der Wasserkraftproduktion

Walter Hauenstein

Die Berücksichtigung externer Kosten – eine Anwendung des Verursacherprinzips

Die Produktion von Strom aus Wasserkraft erfordert Aufwendungen, welche sich in den Gestehungskosten niederschlagen. Daneben entstehen aber auch noch Veränderungen, wie zum Beispiel die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, die Reduktion von Lebensräumen gefährdeter Arten usw., welche nicht in Rechnung gestellt werden. Gründe dafür sind, dass sie entweder nicht befriedigend bewertet werden können oder sich ein möglicher Geschädigter nicht eindeutig definieren lässt. Solche Effekte werden als externe Kosten bezeichnet. Seit einiger Zeit melden sich Stimmen, welche eine Internalisierung dieser externen Kosten verlangen. Als bekanntes Beispiel aus dem Bereich der fossilen Energieträger kann die sogenannte CO₂-Abgabe erwähnt werden.

Eine solche Internalisierung kann als Anwendung des Verursacherprinzips betrachtet werden, indem allfällige

bisher nicht in Rechnung gestellte Schäden und Beeinträchtigungen durch die Wasserkraftnutzung, welche im allgemeinen zu Lasten der Öffentlichkeit gehen, durch die Betreiber der Wasserkraftwerke respektive durch die Stromkonsumenten abgegolten würden.

Externe Nutzen

Nun gibt es aber nicht nur Schäden und Beeinträchtigungen, die als externe Kosten zu betrachten sind, es gibt ebenso Effekte, welche Nutzen bewirken und entsprechend als externe Nutzen betrachtet werden müssen. Um konsequent zu sein, darf also nicht nur die Vergütung externer Kosten an die Allgemeinheit, sondern es muss auch die Vergütung der externen Nutzen an den Kraftwerksbetreiber zur Diskussion gestellt werden.

Bereits internalisierte Effekte

Bevor externe Kosten oder Nutzen bestimmt werden, ist abzuklären, von welcher Basis auszugehen ist. Die Stromgestehungskosten bestehen nicht nur aus den «technischen» Kosten; der Strom wird heute schon durch Zusatzkosten bedeutender Größenordnung belastet: Steuern, Wasserzinse, Gratis- und Vorzugsenergie, Strassen- und Uferunterhalt usw. Diese Zusatzkosten, die nicht direkt mit der Produktion zusammenhängen, können durchaus als Entgelt für externe Kosten angesehen werden.



Bild 1. Naturbeobachtung und Erholung am Klingnauer Stausee.



Bild 2. Klingnauer Stausee – neuer Lebensraum für Wasservögel.

Externe Effekte im Umwelt- und im sozio-ökonomischen Bereich

Ein Grossteil der externen Effekte der Wasserkraftnutzung (Artenschutz, Hochwasserschutz usw.) ergibt sich im Zusammenhang mit der Beeinflussung der Umwelt. Sie treten jedoch auch im sozio-ökonomischen Bereich auf (Tourismusförderung, Verhinderung der Abwanderung, Haftpflicht usw.).

Auf eine vollständige Aufzählung aller externen Kosten und Nutzen wird hier verzichtet. Im folgenden wird anhand einiger Beispiele auf die Problematik der Feststellung, Quantifizierung und Bewertung von Effekten, welche zu externen Kosten oder Nutzen führen können, eingegangen.

Veränderungen der Umwelt durch Wasserkraftnutzung

Je nach Kraftwerkstyp sind die Beeinflussungen der Umwelt unterschiedlich.

In der Regel wird durch alle Wasserkraftanlagen ein Gewässer aufgestaut, sei dies bei einem Fassungsbauwerk, einer Flussstaumaltung oder einem Speichersee. Dieser *Aufstau* vermindert die Fließgeschwindigkeit, was sich auf die Wasserqualität, die Fischwanderung, die Laichmöglichkeiten, das Nährstoffangebot, den Transport von Feststoffen, die Sohlenbeschaffenheit usw. auswirken kann. Ferner erhöht sich die Wassertiefe.

Durch das Bauwerk zum Aufstau wird auch die freie Wasseroberfläche unterbrochen, es entsteht eine *Diskontinuität in der Wasserlinie*. Konsequenzen aus dieser Diskontinuität sind u. a. eine Beeinträchtigung der Fischwanderung und in gewissem Ausmass auch ein Eingriff in den Kleintier- und Nährstoffhaushalt.

Kraftwerke mit Wasserausleitungen verändern das *Abflussregime* auf der von der Wasserentnahme betroffenen Strecke. Auf den Strecken mit reduziertem Abfluss wird die Abflusstiefe kleiner. Dies wirkt sich auf den Temperaturlaughalt und die Fischwanderung aus. Bei Niederdruck-Laufkraftwerken fliesst das ausgeleitete Wasser in der Regel in einem offenen Gerinne. Es werden neue, wertvolle Lebensräume geschaffen.

Durch den Rückhalt von Wasser in Speicherseen und die verzögerte Abgabe beim Turbinieren erfolgen *zeitliche Veränderungen* der Abflussmengen gegenüber dem Zustand ohne Speicherkraftwerke.

Um nun von diesen mannigfachen Beeinflussungen auf Kosten oder Nutzen schliessen zu können, müssen diese quantifiziert und schliesslich noch bewertet werden. Ferner muss festgestellt werden, ob es sich bei diesen Effekten nicht um bereits internalisierte Effekte handelt.

Änderungen der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung

Durch den Aufstau eines Gewässers wird in der Regel Boden beansprucht, der land- oder forstwirtschaftlich genutzt wird, sei dies durch die Überflutung einer Alpweide beim Einstau eines Stausees oder durch den Einstau eines Flusslaufes. Vor Baubeginn werden die betroffenen Grundstücke durch den Kraftwerksbetreiber erworben, so dass die entstehenden Beeinflussungen für die Grundeigentümer abgegolten und die Kosten damit internalisiert sind. Stellt der Verlust an Landwirtschaftsland jedoch einen volkswirtschaftlichen Schaden dar, welcher nicht vergütet ist? In der heutigen Zeit der landwirtschaftlichen Überproduktion in Europa und der hohen Agrarpreise in der Schweiz, wo sich bald die Frage stellt, wer das Land in Zu-

kunft noch pflegen wird, ist vielleicht eher das Gegenteil der Fall. Der Verlust an Landwirtschaftsland könnte zu einer Reduktion von Subventionszahlungen führen und daher eher als volkswirtschaftlicher Nutzen betrachtet werden. Unbestritten ist der externe Nutzen durch die Reduktion der Überflutung von Landwirtschaftsland durch den Uferunterhalt und die Stauregulierung, welche in der Regel dem Kraftwerksbetreiber obliegen. Durch die Vermeidung von Überflutungen können Ernteausfälle vermieden werden. Ertragsminderungen durch verändertes Grundwasserregime dürften in unseren Verhältnissen eher selten sein, da der Flurabstand dazu oft zu gross ist. In weiten Teilen der Schweiz wird das Wachstum von Gras, Gemüse und Getreide durch die Niederschläge und nicht das Grundwasser bestimmt. Bewässerungen werden denn auch kaum aus Gründen der Wasserkraftnutzung durchgeführt. Dort, wo Versumpfungen drohen, ist durch das Anlegen von Drainagemassnahmen Abhilfe geschaffen worden. Treten dennoch Überflutungen auf, welche durch den Kraftwerksbetrieb bedingt sind, haftet der Werkeigentümer für den entstandenen Schaden. Mit der Schadenregelung sind solche Kosten internalisiert.

Verlust an Naturraum

Die Überflutung von Uferstreifen oder Alpweiden stellt einen gewissen Verlust an Naturraum dar. Anderseits muss die Schaffung neuer Wasseroberflächen, auch wenn deren Existenz von Kunstbauten abhängig ist, auch wiederum als «Schaffung» neuen Naturraums betrachtet werden. Anders wäre nicht zu erklären, dass der Klingnauer Stausee im Kanton Aargau zum Naturschutzgebiet erklärt worden ist. Ferner ist nicht a priori klar, dass ein Verlust an Naturraum, welcher durch eine Wasserfläche ersetzt wird, auch tatsächlich als Verlust zu werten ist. Wenn man an die Tausenden von Erholungssuchenden denkt, welche mit Fernrohr, Velo und Kinderwagen die Staugebiete des bereits erwähnten Klingnauer Stausees, des Flachsees in Zufikon, des Gübsensees in St. Gallen oder anderer Stauhaltungen besuchen, erscheint einem der externe Nutzen grösser als die Kosten zu sein. Das gleiche gilt auch für die Erschließung der Speicherseen in den Alpen. Gerade für weniger berüchtigte Personen wird dadurch oft eine einmalig schöne, sonst kaum zugängliche Landschaft erschlossen. Die Wasserkraftanlagen in der Schweiz werden Jahr für Jahr von Zehntausenden von Personen besucht. Diese Besuche stellen nicht nur einen Ausflugswert dar, sie befriedigen auch die lokale Volkswirtschaft.



Bild 3. Der durch den Aufstau des Kraftwerkes Bremgarten-Zufikon gebildete Flachsee bereichert das Reusstal.

Einfluss auf Lebensräume

Eine ernst zu nehmende Folge des Verlustes von Naturraum ist der damit einhergehende Verlust an Lebensraum für einzelne Lebewesen, was zur Gefährdung von seltenen Arten führen kann. So wurden durch die Flusskorrekturen und Stauhaltungen die Lebensgrundlagen der auf Kiesbänken brütenden Vögel eingeschränkt. Das Verschwinden des Lachses, der früher im Hochrhein bis zum Rheinfall wandern konnte, ist nebst anderen zivilisatorischen Einflüssen sicher auch auf den Bau der Wasserkraftwerke mit ihren Stauwehren zurückzuführen. Wo möglich, werden die Folgen solcher Verluste reduziert, sei es durch den Bau von Fischaufstiegshilfen oder Beitragszahlungen an Fischaufzuchtstätten. Dass dies kein vollwertiger Ersatz der Verluste ist, ist unbestritten.

Bewertung der externen Effekte im Umweltbereich

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich bei den materiell nur unbefriedigend zu bewertenden Effekten im Umweltbereich Schäden und Nutzen gegenüberstehen. Wie weit die Gefährdung gewisser Arten und der Verlust an naturbelassenem Raum durch die Schaffung neuer Lebensräume für andere Arten und den Gewinn an Erholungsraum aufgewogen wird, bleibe dahingestellt.

Wirtschaftliche Auswirkungen

Nebst den beispielhaft erwähnten externen Effekten im Bereich der Umweltaspekte lassen sich auch externe Effekte im sozio-ökonomischen Bereich feststellen.

Schaffung von Arbeitsplätzen

So wurden insbesondere durch die Speicherkraftwerke in den Alpen Arbeitsplätze geschaffen, welche für gewisse, von der Abwanderung bedrohte, Talschaften willkommene Einkommensmöglichkeiten gebracht haben. Dass diese Arbeitsplätze weitgehend einheimischen Arbeitnehmern zugute kommen, ist positiv zu vermerken, trägt dies doch auch dazu bei, dass kulturelle Traditionen weniger rasch zerstört werden. Direkt sind diese Arbeitsplätze nicht als externe Effekte zu betrachten, da ihre Kosten der Produktion belastet werden. Indirekt hingegen entstehen externe Effekte daraus, indem wie bereits erwähnt die Abwanderung reduziert werden kann und auch indirekte Erwerbsquellen für das Gewerbe, wie Transportbetriebe, Restaurants usw., geschaffen werden.

Störfälle

In die Kategorie der sozio-ökonomischen Effekte können auch die Effekte von Störfällen eingereiht werden. Auch hier sind wiederum Schäden und Nutzen vorhanden. Der Kraftwerksbetreiber haftet mit dem ganzen Wert seines Vermögens für Schäden, welche Dritten durch einen unsachgemäßen Betrieb seiner Anlagen entstehen. Reicht dieser Wert nicht aus, um den vollen Schaden zu decken, entstehen externe Kosten. Auf der andern Seite ist auch hier die Abminderung des Überflutungsrisikos durch sorgfältigen Uferunterhalt ein Nutzen, welcher dem Kraftwerksbetreiber nicht vergütet wird. Es sei an das Hochwasserereignis vom Herbst 1993 im Wallis erinnert, wo durch die Existenz des Staausees Mattmark der Abfluss in der Vispa von rund 150 m³/s auf rund 80 m³/s reduziert werden konnte. Erstaunlicherweise wurde dieser Effekt nicht etwa honoriert, sondern es wurde in gewissen Kreisen der Vorwurf

laut, der Abfluss hätte noch mehr verringert werden können. Ein weiterer externer Nutzen im Zusammenhang mit Störfällen ist die Bereitstellung von immerhin 12 % des gesamten Energiebedarfs der Schweiz durch die Wasserkraft beim Ausfall der Zufuhren von Energieträgern aus dem Ausland. Die Wasserkraft kann somit als eigentliches Notstromaggregat für die Schweiz betrachtet werden.

Ist eine weitergehende Internalisierung sinnvoll?

Die obigen Überlegungen, welche noch weitergeführt und vertieft werden könnten, zeigen folgendes:

- Bei der Wasserkraftproduktion entstehen nicht nur externe Kosten, es fällt auch externer Nutzen an.
- Eine Quantifizierung und Bewertung dieser externen Effekte, soweit sie nicht bereits vorgenommen wurde und die Effekte internalisiert sind, ist schwierig.
- Die wichtigsten Effekte sind internalisiert. Bei den Bemühungen, weitere Effekte ausfindig zu machen und zu bewerten, besteht die Gefahr, sich in Spitzfindigkeiten zu verlieren oder sachliche Argumentation durch weltanschauliche Vorurteile zu ersetzen.
- Die Internalisierung externer Kosten ist im Sinne der Anwendung des Verursacherprinzips nicht von der Hand zu weisen. Sie wäre aber bei der Wasserkraft nur mit sehr grossem Aufwand zu erreichen. Die Beträge, die sich errechnen lassen, sind unbedeutend, und es ist zu erwarten, dass die externen Nutzen die externen Kosten übersteigen werden.

Literaturhinweise

- [1] H. Dobesch, F. Neuwirth: Über den Einfluss des Staausees eines Flusskraftwerkes auf das Klima seiner Umgebung. «Österreichische Wasserwirtschaft» 1977, Heft 7/8.
- [2] J. Burgener, A. Bezing: Analyse systématique des impacts sur l'environnement de l'aménagement hydro-électrique de Grande Dixence. 8. Internationale Fachmesse und Fachtagungen für Umweltschutz, 17.-21.6.1980.
- [3] K. Lehmann: Die Wasserkraftnutzung als Vorleistung zur touristischen Erschliessung von Alpentälern. 8. Internationale Fachmesse und Fachtagungen für Umweltschutz, 17.-21.6.1980.
- [4] D. Vischer: Die Auswirkungen Alpiner Speicherseen auf die Umwelt. 8. Internationale Fachmesse und Fachtagungen für Umweltschutz, 17.-21.6.1980.
- [5] P. Broz: Die Bedeutung von verlandenden Stauräumen für die Vogelwelt am Beispiel der Staauseen Klingnau und Bremgarten-Zufikon. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Nr. 53, 1981.
- [6] Dynamik der Gewässerbeschaffenheit, Kap. IV, Auswirkungen von Flussstauhaltungen auf die Gewässerbeschaffenheit. DVWK-Schriftenreihe, Heft Nr. 45, 1981.
- [7] R. Bischof, J. Vichr: Die Hochwasserkatastrophe fand im Bergell nicht statt. «wasser, energie, luft» 79 (1987), Heft 11/12, S. 307-308.
- [8] M. Schmidt: Zur Prognostizierbarkeit ökologischer Auswirkungen von Talsperrenbauten in den Mittelgebirgen Deutschlands. «gwf Wasser Abwasser» 130, 1989, Nr. 4.
- [9] F. Naef: Natürliche und künstliche Retention im Reusstal. Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Nr. 4, 1991.

Adresse des Verfassers: Dr. Walter Hauenstein, dipl. Bauing. ETHZ, Abteilungsleiter, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, NOK, Postfach, CH-5401 Baden.