

Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 18 (1926)

Heft: 6

Artikel: Wirtschaftliche Betrachtungen über Abfallenergieverwertung, insbesondere hydraulische Hochdruckspeicherung

Autor: Mann, Victor

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920422>

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: 29.12.2025

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

mungen Ansprüche erhoben werden, das Bundesgericht auf Grund des Art. 71 anrufen.

Eine weitere Kompetenz des Bundesrates ergibt sich aus Art. 43 Abs. 3. Es handelt sich dabei auch um eine Streitigkeit aus dem Verleihungsverhältnis; aber sie entsteht auf andere Art: die Verleihungsbehörde verlangt die Schmälerung des verliehenen Nutzungsrechtes aus Gründen des öffentlichen Wohles, und der Konzessionär bestreitet die Zulässigkeit einer solchen Beschränkung. Beispiele: Die Verleihungsbehörde setzt die zulässige Stauhöhe herab, weil Gefahr von Erdrutschungen oder Versumpfung besteht. Darin liegt keine Streitigkeit im Sinne von Art. 71 W. R. G., weil kein Anspruch aus dem Verleihungsverhältnis erhoben wird, sondern streitig ist, ob eine Schmälerung des verliehenen Rechts im speziellen Fall zulässig sei. Es ist zweckmäßig und juristisch korrekt, daß eine Verwaltungsbehörde für Beurteilung von Abänderungen der Konzession zuständig ist, da nur sie bestimmen kann, wie das öffentliche Wohl gewahrt werden kann (Ermessensfrage). Fraglich ist, ob die Zuständigkeit des Bundesrates nach Art. 43 nur dann gegeben ist, wenn die nachträgliche Abänderung das Wassernutzungsrecht beeinträchtigt, also z. B. die nutzbare Wassermenge beschränkt, oder ob die Zulässigkeit aller Neuauflagen im öffentlichen Interesse vor dem Bundesrat bestritten werden kann, also auch z. B. solche auf vermehrte Schutzverbauungen, Wasserlaufkorrekturen etc. Solche Ansprüche der Verleihungsbehörde beeinträchtigen das Verleihungsrecht selbst nicht, sie beeinflussen nur die übrigen Rechte und Pflichten aus der Konzession und sind im Wortlaut des Art. 43 nicht enthalten. Es wäre nur ein Rekurs an die Verwaltungsbehörde zulässig, in der Regel also an dieselbe Instanz, die die Abänderung verfügt hat. Es ist daher angezeigt, den Art. 43 ausdehnend zu interpretieren, so daß alle Verfügungen der Verleihungsbehörde, die im Interesse des öffentlichen Wohles nachträglich die Rechte und Pflichten des Beliehenen abändern, vor dem Bundesrat angefochten werden können. Auch das Bundesgericht äußert sich nebenbei in diesem Sinne, Bd. 49 I S. 574 unten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das W. R. G. dem Konzessionär einen Rechtsschutz garantiert, der in allen Fällen befriedigen dürfte. Speziell bei der Tendenz der Verleihungsbehörden, ihre verfügbaren Wasserkräfte als Finanzquellen zu betrachten, ist es ein großer Vorteil für den Konzessionär, daß eine neutrale Instanz über dem Verleihungsverhältnis steht.

Wirtschaftliche Betrachtungen über Abfallenergieverwertung, insbesondere hydraulische Hochdruckspeicherung.

Von Dr.-Ing. Victor Mann, Konstanz.

Unter Abfallenergie pflegen wir Energieüberschüsse zu verstehen, die aus einem in bestimmter — oft veränderlicher — Größe vorhandenen Energiefluß in Wechselwirkung mit einer vorhandenen Kraftanlage von bestimmter Installationsgröße und deren durch den Energiebedarf bedingten Nutzungsdauer sich ergeben. Ein solcher kontinuierlicher Energiefluß ist vorhanden bei Wasserkraftaufwerken, bei Gaskraftwerken, die der Ausnutzung von Hochofengichtgasen, von Kokerreigasen und Schwelgasen (Tief temperatur-Teergewinnung), der Stein- und Braunkohle, von Naturgas dienen, schließlich bei Kraftanlagen zur Nutzung von Gezeitenergie, sowie bei Windkraftanlagen. Die als Abfallenergie verfügbare Energie ist also begrenzt durch die Wechselwirkung zwischen Energiefluß, Installationsgröße der Kraftanlage und insbesondere deren Nutzungsdauer. Läßt sich letztere durch Vergrößerung des Energiebedarfes erhöhen, so vermindert sich dementsprechend die ungenutzte Abfallenergiemenge. Die Betriebskosten von Kraftwerken sind in hohem Maße von der Nutzungsdauer abhängig, es muß daher der Tarifbildung für den Verkauf der Energie stets eine bestimmte zu erwartende Nutzungsdauer zugrunde gelegt werden. Das Bestreben jeder Kraftwerksleitung wird es sein, die Nutzungsdauer ihres Werkes zu erhöhen, um dadurch einerseits durch Mehrverkauf von Energie ihre Einnahmen zu vermehren, anderseits durch die bessere Werkausnutzung niedrigere durchschnittliche Gestehungskosten der erzeugten Arbeit zu ermöglichen. Das Schwerpunkt des letztgenannten Vorteils liegt allerdings bei verhältnismäßig recht niedriger Nutzungsdauer, während bei höheren Ausnutzungsgraden hierin nur noch geringe Verbesserungen zu erreichen sind, da die Linie der Gestehungskosten in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer sich einem Mindestwert in asymptotisch - ähnlicher Weise nähert. Den Verbesserungen der Nutzungsdauer sind aber durch den besonderen Verwendungszweck des Kraftwerkes wie auch durch die Gewohnheiten der Konsumenten gewisse Grenzen gesetzt, so daß meist ein Teil des Energieflusses als Abfallenergie verbleiben wird. Ihre jährliche Menge wird also durch die Nutzungsdauer beeinflußt und dem Betrag $(8760 - \beta)$ proportional sein, wenn β die jährliche Nutzungsdauer der Anlage und $8760 = 365 \cdot 24$ die Zahl der jährlich verfügbaren Betriebsstunden bedeutet.

Die Abfallenergie entsteht also dadurch, daß der Energiefluß nicht gehemmt wird, wenn kein Energieverbrauch stattfindet. Die Abfallenergie erzeugenden Werke unterscheiden sich dadurch von Werken, bei welchen mit der Einstellung des Energieverbrauchs auch der Energiefluß aufhört, bei welchen die Energie speicherfähig ist wie bei allen mit Stein- oder Braunkohle, mit Koks, Öl, Torf betriebenen Dampfkraftwerken. Dieser Unterschied ist, mindestens gesamtenergiewirtschaftlich betrachtet, noch kein Nachteil, da ja bei Nichtbenutzung des Teilenergiestromes auch dieser Energieteil verloren ginge, ja es läßt sich mit solchen Werken in der Regel Energie besonders billig erzeugen, da das Betriebsmittel selbst kostenlos zur Verfügung steht. Gerade dadurch aber ergeben sich auch besonders günstige Aussichten, solche Abfallennergie, deren Betriebsmittel von der Natur oder in Verbindung mit irgend einem Arbeitsprozeß (technische Gase als Nebenprodukt) kostenlos dargeboten wird, zu speichern, um sie in den Stunden des Energiebedarfes wieder ausgeben zu können. Dadurch werden auch Abfallenergie ergebende Werke, die wir als kontinuierliche bezeichnen können, den vorgenannten diskontinuierlichen annähernd gleichgestellt, wiewohl bei den letzteren für die Energiespeicherung Aufwendungen nicht zu machen sind, die kontinuierlichen jedoch eine solche Sonderbelastung auf sich nehmen müssen. Es dürfte in jedem Falle wichtig sein, diese Sonderbelastung niedrig zu halten.

Zur Speicherung von Abfallenergie kommen nun vorwiegend zwei Möglichkeiten in Betracht,

für $\eta = 1$

- $\eta = 0,75$ (mittlerer Wert für Dampfkesselfeuerung)
- $\eta = 0,50$ (gute Hausbrandfeuerung)
- $\eta = 0,25$ (mäßige Hausbrandfeuerung)

erstens die elektrothermische Speicherung, zweitens die hydraulische Hochdruckspeicherung. Bei letzterer wird Abfallenergie auf rein mechanische Weise in potentielle Energie verwandelt (Schwergewichtsspeicherung), in welcher Form sie für beliebige Zwecke wieder zur Verfügung steht. Die elektrothermische Speicherung verwandelt die meist schon in elektrischer Form vorhandene Abfallenergie in Joule'sche Wärme und steht in dieser Form im allgemeinen nur für thermische Zwecke, seltener oder wenigstens nur mittelbar (z. B. bei Speisewasservorwärmung) für mechanische oder elektrische Energieerzeugung zur Verfügung. Wegen der allgemeinen Verwendbarkeit verdient daher die hydraulische Hochdruckspeicherung wohl eine gewisse allgemein energiewirtschaftliche Bevorzugung, während der elektrothermischen Speicherung der Vorteil der un-

mittelbaren Verwertbarkeit — ohne erneute Energieumformung — zukommt. Doch sprechen im Einzelfalle auch andere Momente, insbesondere die Kostenfrage und der Bedarf an bestimmten Energieformen mit.

Bei der elektrothermischen Speicherung bzw. Verwertung von Abfallenergie (sie läßt sich z. B. oft zweckmäßig zur Beheizung von öffentlichen Gebäuden usw. benutzen, was bei kommunalen Elektrizitätswerken mit Abfallenergie besonders beachtenswert erscheint) fällt das Wärmeäquivalent A_w der Kilowattstunde in die Wagschale. Es entspricht theoretisch (verlustlos) einer kWh einem Wärmebetrag von $A_w = 860$ kcal. Daher kann man ein Kilogramm Steinkohle, deren Heizwert 7000 kcal./kg beträgt, bei verlustloser Verbrennung (theoretisch) $7000/860 = 8,14$ kWh gleichsetzen. Bei Fällen der Praxis kommt der Wirkungsgrad der Verbrennung des Brennstoffes hinzu. Allgemein kann man sagen, daß bei einem Heizwert H kcal. je kg eines Brennstoffes und einem Wirkungsgrad der Verbrennung η das Kilowattstundenäquivalent E_η zu setzen ist:

$$E_\eta = \frac{H \cdot \eta}{A_w} \text{ kWh}$$

also im obigen Falle von Steinkohle $E_\eta = 8,14 \cdot \eta$ kWh. Für einen Preis K_B in Franken je kg Brennstoff ergibt sich dann das Preisäquivalent k des Kilowattstundenäquivalents des Brennmaterials (der Paritätspreis) zu

$$k = \frac{K_B}{1000 \cdot E_\eta} = \frac{K_B \cdot A_w}{1000 \cdot H \cdot \eta} \text{ in Cts./kWh.,}$$

d. h. z. B. bei $K_B = 25$ Fr./kg Steinkohle von $H = 7000$ k cal Heizwert

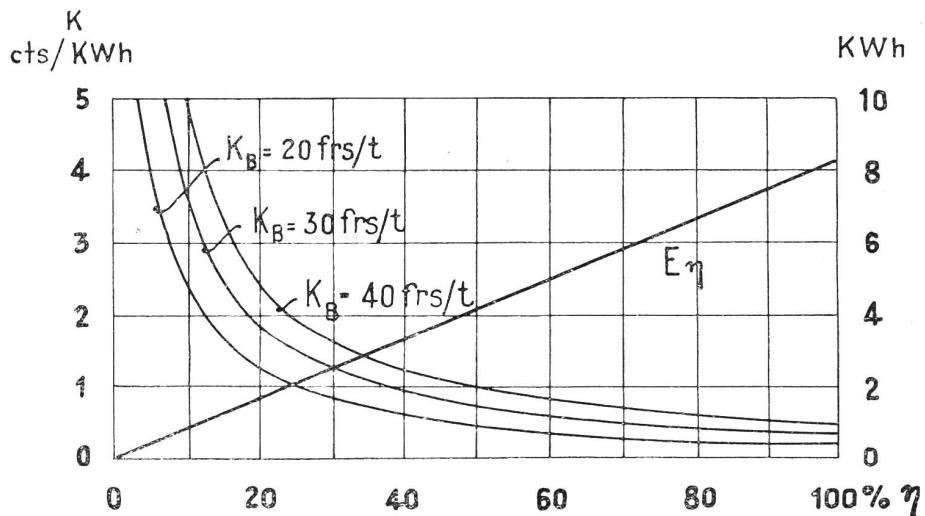
$$E_\eta = 8,14 \text{ kWh } k = 0,3075 \text{ Cts./kW}$$

$$E_\eta = 6,10 \text{ kWh } k = 0,410 \text{ Cts./kW}$$

$$E_\eta = 4,07 \text{ kWh } k = 0,615 \text{ Cts./kW}$$

$$E_\eta = 2,04 \text{ kWh } k = 1,23 \text{ Cts./kW}$$

Eine zusammenfassende Darstellung der Werte E_η und k für Steinkohle von einem Heizwert $H = 7000$ kcal. bei einem Steinkohlenpreis von 20 bzw. 30 bzw. 40 Fr. je Tonne gibt das nebenstehende Diagramm. Dieses Preisäquivalent k bezieht sich dabei rein auf die Brennmaterial- bzw. Energiekosten, also auf die Kosten des Betriebsmittels, den wesentlichen Teil der direkten, beweglichen Kosten, während kleine Verschiebungen in diesem Vergleich durch Differenzen in den festen Betriebskosten, die insbesondere von den Anlagekosten der verschiedenen Betriebseinrichtungen sowie von den Unterschieden in der Bedienung abhängig sind, eintreten können. Daß dabei in mancher Hinsicht die elektrothermische Wärmeerzeugung im Vorteil ist, liegt auf der Hand. Sie bietet also insbesondere als Ersatz von Hausbrand, dessen Wir-



kungsgrad meist erheblich unter dem angegebenen Wert 0,5 (bis 0,15) bleibt, während anderseits der Wirkungsgrad der elektrothermischen Erwärmung kaum hinter 100 % zurückbleibt, die besten Aussichten, und ein kWh-preis von 0,5 bis 1,5 Cts. und mehr erscheint hier insbesondere im Hinblick auf den oft höheren Kohlenpreis sowie die sonstigen Vorteile der elektrothermischen Wärmeerzeugung (Reinlichkeit, Einfachheit in der Bedienung, verbunden mit Zeitersparnis, jederzeitige Betriebsbereitschaft, geringe Anlagenkosten für die Kocheinrichtungen, Wegfall von Anfeuer- und den bei Außerbetriebsetzung von Kohlefeuerungen entstehenden Verlusten u. a. m.) wohl tragbar. Es ist daher ein naturgemäßes Bestreben der Elektrizitätswerke, ihre Kundschaft zu veranlassen, die für Heizzwecke benötigte elektrische Energie als Abfallenergie zu beziehen und sie auf dem Wege der elektrothermischen Speicherung für Heizzwecke nutzbar zu machen, da im Rahmen der normalen Werknutzung so geringe Energiepreise für die elektrischen Werke untragbar sind. So begnügen sich die elektrischen Werke in der Schweiz für Koch- und Heizstrom mit einem Preis von 3 bis 6 Rappen je kWh, und mögen damit trotz dieses an sich ungenügenden Preises den technisch-wirtschaftlichen Vorteil einer im Durchschnitt höheren und gleichmäßigeren und damit für die Ausnutzung des Werkes mit besseren Wirkungsgraden günstigere Belastung erzielen.

Die hier in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung kurz skizzierte Verwendung der Abfallenergie für elektrothermische Zwecke, insbesondere elektrothermische Speicherung, ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verwendung eine unmittelbare und nahezu verlustlose ist, welchem gesamtwirtschaftlichen Vorteil der bürgerlich-wirtschaftliche Nachteil der Beschränkung der Stromabgabe auf die Zeiten außerhalb der bedarfsmäßigen Benutzungs-

dauer des Kraftwerkes entgegen steht, weil die Energieabgabe zu besonders billigem Preis erfolgen muß, durch den die Wirtschaftlichkeit dieser Verwendungsart garantiert ist. Es ist Aufgabe der Elektrizitätswirtschaft, den erheblichen Vorteil der unmittelbaren und verlustlosen (in Beziehung auf das Schaltbrett der primären Erzeugung) Nutzbarmachung der anfallenden Abfallenergie praktisch auszuwerten. Es ist dies eine umso dringendere Forderung, je geringer die Menge der anfallenden Abfallenergie ist, für die eine anderweitige Speicherung sich nicht lohnt. Der Vorteil der ganzen oder teilweisen Ausgleichung von Tageslastlinien durch so verwendete Abfallenergie würde schon erwähnt. Oft genug läßt sich auch eine solche Verwendung nicht ermöglichen, insbesondere, wenn die anfallenden Mengen erheblich sind. Anderseits ist sie unter Umständen gar nicht oder nur in beschränktem Maße erwünscht, nämlich dann, wenn ein größerer Spitzenbedarf vorliegt, oder wenn im Saisonausgleich Mangelflächen zu decken sind, für welche sonst teuere Spitzen- und Reservekraft in Anspruch genommen werden muß. In diesem Falle ist es zweckmäßiger — vorausgesetzt, daß die technische und wirtschaftliche Möglichkeit dazu gegeben ist, — die in größeren Mengen anfallende Abfallenergie durch hydraulische Pumpspeicherung zu veredeln und die gespeicherte Energie zu vorgenannten Zwecken zu verwenden. In solchem Falle kann daher der Wert der veredelten Energie ein vielfacher derjenigen aus natürlichem Abflusse sein, da sie ja Spitzenenergie und eventuell Mangelflächenenergie im Saisonausgleich ersetzen soll, deren anderweitige Beschaffung wegen schlechten Ausnutzungsgrades der hiefür erforderlichen besonderen Anlagen wesentlich kostspieliger als diejenige von Grundenergie ist. Es ist daher auch verständlich, daß für solche Veredelungsarbeit unter Umständen Kosten in Kauf genommen wer-

den können, die man bei der Erzeugung von Grundleistung mit Recht vermeiden würde. Bei der hydraulischen Hochdruckspeicherung sind jedoch die Gestehungskosten der Arbeitseinheit (kWh) für Anlagen mittlerer Wirtschaftlichkeit so gering, daß gegenüber dem Konkurrenzpreis anderweitiger Anlagen für Spitzens- und Mangelflächenleistung stets ein gewisser Spielraum bleibt, so daß es sogar möglich ist, für die Abfallenergie einen gewissen Preis zu zahlen. Daher ist es auch wohl denkbar, daß die Arbeit der Energieveredelung von einem dritten Unternehmer wirtschaftlich übernommen werden kann, wenn er über geeignete Anlagen hierzu, insbesondere etwa einen größeren und noch schlecht ausgenutzten Hochdruckspeicher verfügt. Gibt dieser die veredelte Energie an das primäre, die Abfallenergie liefernde Kraftwerk zurück, so wird er füglich weder für die bezogene Abfallenergie etwas bezahlen, noch für die in proportionalem Umfang zurückgelieferte Energie einen Preis fordern, sondern sich lediglich die Kosten der Veredelung zuzüglich eines angemessenen Gewinnzuschlages ersetzen lassen (Lohnarbeit, wobei die Ware, hier Energie, nicht in das Eigentum des Unternehmers übergeht. Ist dieser dritte Unternehmer jedoch in der Lage, die veredelte Energie selbst zu verwerten, so ist für den Preis, den er für die bezogene Abfallenergie bezahlen darf, der Konkurrenzpreis für anderweitig zu beschaffende Energie maßgebend, und die Spanne zwischen diesem und den Gestehungskosten der veredelten Energie multipliziert mit dem technischen Gesamtwirkungsgrad der Energieveredelung ist maßgebend für den Preis, der ohne Schaden und Verlust für die Abfallenergie bezahlt werden kann.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber Tarifbildung im Energie-Engros-verkauf aus Wasserkraftanlagen.

Von H. Roth, Beratender Ingenieur, Bern.

Die verschieden hohen Gebrauchstarife für elektrische Kraft in Haushalt und Gewerbe geben oft zu heftigen Auseinandersetzungen in der Presse Anlaß. Da die Abstufung der Engros-Tarife zum Teil aus denselben Gründen, wenn auch nicht in demselben Maße erfolgt, sind einige Notizen über diese Tarife heute von Interesse. Wir nehmen vorläufig an, die Energie werde mit hohen Leistungen in hoher Spannung loko Zentrale bezogen.

Im Ausland sind die Stromkosten in der Hauptsache zusammengesetzt aus Kosten für die Brennstoffe, den eigentlichen Betriebsunkosten und den Kosten, welche die Verzinsung und die Amortisa-

tion der in den Anlagen investierten Geldmitteln erfordert.

Bei uns in der Schweiz — im Wasserkraftland — dominiert der letztere Faktor und belastet die Energiegestehungskosten mit 50—70 % der Gesamtkosten. Man ist daher allgemein bestrebt die Anlagekosten soweit möglich niedrig zu halten.

Wenn ein Industrieller eine Wasserkraftanlage ganz für sich allein, d. h. während den 365 Tagen in Anspruch nimmt, dann hat er außer den Abgaben an den Staat und den reinen Betriebskosten auch den gesamten Anteil zu tragen, welcher den investierten Mitteln entspricht.

Derjenige Anteilhaber, welcher eine Anlage zur Hälfte, also mit der Hälfte der Leistung besitzt, trägt bei halber Ausnutzung des Wassers die Hälfte der gesamten Jahreskosten. Wer jedoch die gesamte Energiemenge aus einer Anlage nur während der Hälfte der Zeit mietet, zahlt, wie später gezeigt wird, meist bedeutend mehr oder bedeutend weniger, je nach der Verteilung dieser 4380 Stunden pro Jahr auf die Monate und auf die Tageszeit.

Ausser bei raschem Anschwellen infolge heftiger Niederschläge oder starker Schneeschmelze, fliesst die Wassermenge der Flüsse relativ gleichmäßig ab. Man kann somit, ohne den Lauf des Wassers allzustark zu verändern, durch sein Ableiten nach einer Kraftanlage, Tag und Nacht mit relativ geringen Kosten annähernd gleichviel Energie erzeugen.

Wird mehr Geld aufgewendet, und wird der Flußlauf durch ein höheres und teureres Wehr unterbrochen, so daß sämtliches Wasser, welches sonst in 24 Stunden genutzt wird, während den 12 Tagesstunden verbraucht werden kann, dann ist die gesamte Energiemenge während den 12 Stunden gleich groß wie im ersten Fall in 24 Stunden. Die Anlage kostet jedoch, weil das Wehr, die Zuleitung, die Turbinen etc. größer sind, mehr Geld. Es kommt somit die Kraft, welche auf diese Weise während den 12 Stunden des Tages erzeugt wird, also die „Tageskraft“, teurer, als im ersten Fall, die „Tag- und Nachtkraft“ und muß daher, sofern das Kraftwerkunternehmen nicht zu Schaden kommen soll, besser bezahlt werden.

Aehnliche Erwägungen zeigen, daß bei Wasserkraftanlagen Winterenergie in besonderem Maße höher als andere Energiesorten bewertet werden muß, weil im Winter der Betriebsstoff für das Kraftwerk seltener ist. Die meisten schweiz. Gewässer liefern während den Wintermonaten bedeutend weniger Wasser als im Sommer. Um den im Winter noch gesteigerten Bedarf an Energie doch zu decken, müssen die Abflussmengen durch Schaffung von Staueseen künstlich erhöht werden. Die Schaffung von Staubecken erfordert große Mittel —