Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 71 (1953)

Heft: 11: Sonderheft zum Geburtstag von Prof. Dr. E. Meyer-Peter. 3. Teil

Artikel: Einige Erfahrungen über die vergleichende Bewertung von Wasserkraft-Anlagen

Autor: Stambach, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-60517

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: 11.12.2025

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

Lawinendienst, dem Minenwerfer, Lawinenhunde und alles notwendige Material zugeteilt sind; er sorgt dafür, dass bei Lawinengefahr die Strassen gesperrt und im Notfall sofort Suchaktionen eingeleitet werden können.

Die Kraftwerkgruppe Mauvoisin wird nach Fertigstellung in einem Jahr mittlerer Wasserführung in der Lage sein,

in den 6 Sommermonaten	166 Mio kWh
in den 6 Wintermonaten	595 Mio kWh
zusammen	761 Mio kWh

zu erzeugen, bei einer maximalen Leistung der beiden Zentralen von 310 MW bei höchstem Stauspiegel von 1960 m. Diese Produktion macht etwa 6 % der heutigen Gesamterzeugung der schweizerischen Kraftwerke aus und kann mit einer Benützungsdauer der maximalen Leistung während der Winterperiode von nicht ganz 11 h pro Tag abgegeben werden. Für die Sommerperiode ist die Möglichkeit der Erzeugung von Leistungsspitzen besonders wertvoll. Mit einer Erzeugung an Winterenergie von 78 % der Gesamtproduktion stellt sich Mauvoisin in die Reihe der interessantesten Winterspeicherwerke der Schweiz und wird es einen namhaften Beitrag an die künftige Energieversorgung unseres Landes leisten.

Die Kraftwerke Mauvoisin sind als sogenanntes Partnerwerk konstituiert, das heisst die Aktionäre übernehmen den ihrer Beteiligung entsprechenden Anteil an der Energieerzeugung. Demzufolge muss die im Wallis anfallende Energie nach den Verbrauchszentren der Partner transportiert werden, die, mit einer Ausnahme, im Kanton Bern und in der Zentral- und Nordostschweiz liegen. Diese Verhältnisse bedingen die Erstellung der notwendigen Transportleitungen, deren Uebertragungsspannung entsprechend den schweizerischen Richtlinien mit 225 kV festgelegt wurde. Diese neuen Leitungsstränge dienen gleichzeitig der Fortleitung der Energie der weitern im Wallis im Bau befindlichen Werke. Ueber dieses neue Leitungssystem muss auch ein Austausch der Energie von im Wallis beheimateten elektrochemischen Werken, wie der Aluminium-Industrie AG. Chippis und der Lonza, stattfinden können. Um den zukünftigen Energieverkehr nicht zu beeinträchtigen und anderseits bei allen Verhältnissen die Weiterleitung der in Mauvoisin erzeugten Energie zu gewährleisten, musste die Unterstation Riddes, die als erste 225 kV-Unterstation im Wallis den Betrieb aufnehmen wird, entsprechend ausgebaut werden. Durch die Anlage von vier unterteilbaren Sammelschienensystemen dürfte es möglich sein, allen kommenden Anforderungen Genüge zu leisten. Vorläufig wird die Freiluftstation für den Anschluss an fünf 225 kV-Doppelleitungen ausgerüstet, nämlich

die Verbindungsleitung Fionnay—Riddes, welche die Energie der Zentrale Fionnay nach dem Rhonetal überträgt,

die ungefähr 100 km lange Verbindungsleitung von Riddes nach Mühleberg bei Bern über den Sanetschpass,

die Verbindungsleitung Riddes—Génissiat, die das Wallis an eines der wichtigsten Energiezentren der Electricité de France anschliessen soll,

die Rhonetalleitung Riddes—Chandoline—Mörel—Ulrichen, die über den Nufenen Anschluss an das Netz der Aare-Tessin AG. besitzt und später über die Grimsel Verbindung mit dem Netz der Kraftwerke Oberhasli finden wird,

die Anschlussleitung von Riddes nach Guercet an das geplante Grosskraftwerk der Grande Dixence bei Martigny.

Die Verbindung der neuen 225 kV-Leitung über die Berner Alpen mit dem bestehenden 150 kV-Netz soll in Mühleberg und Laufenburg erfolgen, was den Bau einer weitern 225 kV-Verbindung von Mühleberg nach Norden zur Voraussetzung hat. Da bei Inbetriebnahme der Kraftwerkgruppe Mauvoisin die neue Sanetschleitung bereits voll ausgelastet sein wird, lässt es sich nicht umgehen, noch eine zweite 225 kV-Doppelleitung aus dem Wallis nach Norden zu bauen, die voraussichtlich ihren Ausgang in Martigny nehmen und über den Col des Mosses in die Gegend von Galmiz-Mühleberg führen wird. Damit wären die Voraussetzungen geschaffen, um das Wallis energiewirtschaftlich an die übrige Schweiz anzuschliessen und es in den innerschweizerischen Verbundbetrieb einzugliedern.

Es sei auch auf die Möglichkeit des «Wasserverbundbetriebes» hingewiesen, wie er sich in der Zusammenarbeit der Kraftwerkgruppe Mauvoisin und der ebenfalls im Bau befindlichen Werke der Grande Dixence abzeichnet [1]). Das Einzugsgebiet von Mauvoisin erstreckt sich vom zukünftigen Stausee auf 1960 m Höhe bis zur italienischen Grenze. Die topographischen Verhältnisse des obersten Teils des Val de Bagnes sind derart, dass oberhalb des Hauptspeichers keine weiteren Staumöglichkeiten bestehen. Dagegen befindet sich im Nachbartal östlich des Val de Bagnes, im Val des Dix, ein Grosspeicher im Bau, der rd. 400 m höher liegt als der Stauspiegel von Mauvoisin. Dieses Gefälle kann nutzbar gemacht werden, indem man Wasser aus dem obern Val de Bagnes durch natürliches Gefälle dem Dixence-See zuleitet und die gleiche Wassermenge aus einem andern Einzugsgebiet der Werkgruppe Mauvoisin auf der Höhe des maximalen Stauspiegels des Speicherbeckens wieder zur Verfügung stellt. Damit lassen sich zusätzlich 60 bis 70 Mio kWh Winterenergie gewinnen, ohne dass ein neues Werk gebaut werden muss.

Abschliessend darf noch festgestellt werden, dass weder Kulturland noch Siedlungen dem neuen Staubecken zum Opfer fallen. Die Projektierung und Bauleitung der Anlagen liegt in den Händen der Elektro-Watt, welche sich Prof. E. Meyer-Peter als Oberexperten verpflichtet hat, während die grundlegenden Berechnungen und Modellversuche für die Staumauer Prof. A. Stucky anvertraut wurden.

[1]) Siehe SBZ 1948, Nr. 22, S. 303*.

Einige Erfahrungen über die vergleichende Bewertung von Wasserkraft-Anlagen

Von Obering. E. STAMBACH, Motor-Columbus AG., Baden

DK 621.311.21.003

Der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen kommt um so grössere Bedeutung zu, je mehr die Zahl der wirtschaftlich günstigsten Ausnützungsmöglichkeiten unserer Wasserkräfte abnimmt. Abgesehen von Ueberlegungen, die von der bestehenden allgemeinen politischen und volkswirtschaftlichen Lage, der Erhältlichkeit und den Bedingungen von Wasserrechtsverleihungen, der geographischen Situation der projektierten Kraftwerke gegenüber dem Konsumgebiet, den etwa vorhandenen, verfügbaren elektrischen Leitungen, der Nachfrage nach Lauf- oder Speicherenergie und andern Voraussetzungen beeinflusst werden, ist die Bauwürdigkeit eines Kraftwerkprojektes in erster Linie von der Höhe der Gestehungskosten der gewinnbaren, elektrischen Energie abhängig. Bei der Berechnung dieser Kosten hat man sich früher normalerweise damit begnügt, von den Jahreskosten des Werkes den angenommenen Erlös aus der Sommerenergie abzuziehen und aus dem Restbetrag die durchschnittlichen Gestehungskosten der Winter-kWh zu ermitteln. Dabei blieb die Qualität der Energie und die Beurteilung des Grades ihrer Verfügbarkeit in einem wasserarmen Jahr unberücksichtigt. Mit der vermehrten Errichtung von Staubecken ist die zuverlässige Berechnung der Gestehungskosten der Winterspeicherenergie wegen der Möglichkeit der Deckung des gesteigerten Energiespitzenbedarfes immer wichtiger geworden. Die Ermittlung der durchschnittlichen Energiekosten für die Halbjahrperioden genügt dabei nicht mehr. Die Frage nach dem unterschiedlichen Wert der während den Tages- und Nachtstunden erzeugbaren Energie, und zwar auch im Sommerhalbjahr, musste beantwortet werden [1]). Dies verlangte die Durchführung eines eingehenderen Berechnungsverfahrens, als es früher üblich war. Für den Vergleich verschiedener Kraftwerke oder Kraftwerkvarianten können indessen nur gültige Schlüsse gezogen werden, wenn auf gleicher Basis, also unter bestimmten einheitlichen Voraussetzungen und Annahmen gerechnet wird. Unter diesen sind zu nennen: die hydrologischen Gegebenheiten, die hydraulischen Berechnungsgrundsätze, die Maschinenwirkungsgrade, ferner die Energiequalität gemäss den jahreszeitlichen Betriebsperioden, die tägliche Betriebsdauer sowie die erreichbare Anpassung der Energieproduktion an den Konsum und schliesslich die Baukosten und die Jahreskostenansätze. Solche Unterlagen wurden von einer Kommission des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes unter der Leitung von Dr. h. c. H. Niesz und in Zusammenarbeit mit zuständigen eidgenössischen Behörden aufgestellt und unter dem Titel *Richtlinien für die*

[1]) Diese Art der Bewertung der Wasserkraftwerke wurde zum ersten Mal bei den Expertisen über die Beurteilung der Hinterrheinwasserkräfte, bei denen unser verehrter Jubilar, Prof. Dr. E. Meyer-Peter, massgebend mitwirkte, entwickelt.

vergleichende Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Wasserkraft-Vorprojekten im Jahre 1949 veröffentlicht. Nach diesen Richtlinien, die auf alle bei uns vorkommenden Wasserkraftwerktypen anwendbar sind, wird im allgemeinen die Qualität der Energie und im besondern der Wert der Wasserspeicherung gegenüber demjenigen des unausgleichbaren Wasserabflusses in Laufwerken gebührend berücksichtigt. Für die Aufstellung von Vorprojekten enthalten sie Empfehlungen, die zu beachten sehr im Interesse der vergleichbaren Beurteilung der Projekte liegt. Dass diese Richtlinien für die Bewertung im Einzelfalle nicht ein Urteil über die absolute Rentabilität eines Kraftwerkes geben können und wollen, ist einleuchtend. Es wird diesbezüglich in den Richtlinien wörtlich folgendes vermerkt: «Die Richtlinien können nur zur Lösung der vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband der Kommission gestellten Aufgabe dienen und dürfen daher weder ganz noch teilweise zu andern Zwecken als der Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Vorprojekten für Wasserkraftanlagen herangezogen werden.» Zudem sollen sie bei allfälligen Aenderungen der massgebenden Grundlagen entsprechend revidiert werden. Das Charakteristische des Bewertungsverfahrens nach den Richtlinien liegt in der Gegenüberstellung der Gestehungskosten zum Wert der Energie.

Unter dem Wert der Energie ist der Marktwert im Hauptkonsumgebiet zu verstehen [2]). Das Verhältnis dieses Wertes zu den Jahreskosten der Energie wird als Bewertungsquotient bezeichnet. Während der Marktwert auf den besonders für diese Berechnungen angenommenen, konventionellen Marktpreisen beruht, wird zur Ermittlung der Jahreskosten der seit jeher gebräuchliche Rechnungsgang eingeschlagen. Er ist durch folgende Hauptabschnitte gekennzeichnet:

1. Projektierung
   a) Festsetzung der gegebenen topographischen, hydrologischen, geologischen und rechtlichen Voraussetzungen
   b) Skizzierung der Gesamtdisposition
   c) Projektierung der Anlage
   d) Dimensionierung der wichtigsten Bauteile
   e) Berechnung der Energieerzeugung
2. Kostenschätzung
   a) Baukosten
   b) Allgemeine Kosten

Der Grad der Ausführlichkeit der Projektierung und der Kostenermittlung ist von Fall zu Fall verschieden und hängt vom jeweiligen Entwicklungsstadium des Kraftwerkprojektes ab.

3. Ermittlung des Jahreskostenansatzes, der den gegebenen Daten der Anlage entspricht

Dabei müssen verschiedene Annahmen getroffen werden, die vom Geld- und Arbeitsmarkt abhängig sind, und zwar: die Verzinsungsansätze des Anlagekapitals, des Tilgungs- und Erneuerungsfonds, ferner die Höhe der Betriebs- und Verwaltungskosten und endlich die Ansätze für Steuern und Wasserzins. Die Höhe der Kosten des Speicherbeckens im Verhältnis zu den Gesamtkosten sowie die Grösse der Ausbauleistung beeinflussen ebenfalls die Jahreskosten. Ausserdem sind diese auch von der Benützungsdauer der Ausbauleistung abhängig. Um die Kosten der Energieübertragung vom Kraftwerk zum Konsumgebiet zu berechnen, müssen schliesslich die Jahreskosten der Transportanlagen und der Gesamtwert der Energieverluste der Uebertragung, die gemäss den Richtlinien gesamthaft im Marktwert der Energie enthalten sind, berücksichtigt werden.

Bei der Anwendung des Rechnungsverfahrens nach den Richtlinien ist der Eindruck einer gewissen Schematik nicht von der Hand zu weisen. In Anbetracht der zu beschaffenden Unterlagen und den zu treffenden Annahmen ist dabei jedoch eine qualifizierte Ingenieurarbeit zu leisten, die Erfahrung und Weitblick verlangt. Die Bewertungsmethode ist ausserordentlich anpassungsfähig und ergibt mit hinreichendem Einfühlungsvermögen auch bei spärlich vorhandenen Unterlagen und einer für die Durchführung der Berechnungen knapp bemessenen Zeit einen relativ hohen Genauigkeitsgrad des Ergebnisses. Dies ist gerade bei Vorstudien, bei denen es zunächst vielleicht nur auf die Qualifikationen «gut», «mittel», «schlecht» ankommt, sehr wertvoll. Anderseits lassen sich aber auch genaue Resultate immer im Sinne von Vergleichswerten durch Verfeinerung des Verfahrens, über die noch zu sprechen sein wird, erzielen.

Es hat sich nach vielfacher Anwendung des Berechnungsverfahrens als zweckmässig erwiesen, schon bei der Projektierung und Bemessung gewisse Wegleitungen einzuhalten, ohne deshalb einer Schablonisierung zu verfallen. Die Behandlung der hydrologischen Fragen und die Bestimmung des Wasserhaushaltes beanspruchen dabei einen Grossteil der aufzuwendenden Arbeit. Zunächst ist das Festhalten an der Definition des hydrographischen Jahres (1. Oktober bis 30. September) und an den je sechsmonatigen Betriebsperioden (1. Oktober bis 31. März und 1. April bis 30. September) zu erwähnen. Die Abweichung des Schlussresultates gegenüber dem der Berechnung mit einer im Einzelfall wohl berechtigten andern Zeiteinteilung mit beispielsweise fünf- oder siebenmonatiger Winterperiode ist von untergeordneter Bedeutung, weil die Bewertung nach dem Energieanfall der einzelnen Monate erfolgt. Nur bei der Bewertung der Sommerenergie von Hochdruckkraftwerken spielt die jahreszeitliche Unterteilung eine gewisse Rolle. Das Schlussresultat der Rechnung wird indessen nur unwesentlich verfälscht, selbst wenn es sich in Extremfällen um die Ausnützung eines ausschliesslich von einem Gletscher gespiesenen Hochgebirgsbaches oder um ein Gewässer im untern Tessin mit besonderen hydrologischen Bedingungen, also um die Verteilung des eigentlichen Sommerabflusses auf fünf bzw. sieben Sommermonate, statt auf sechs, handelt.

Ein Hauptmerkmal der Bewertung nach den Richtlinien ist die besondere Berücksichtigung des Wasseranfalls im wasserarmen Jahr. Als solches gilt das hydrographische Jahr 1920/21, weil es in den letzten Dezennien für die Schweiz, gesamthaft betrachtet, das wasserärmste war und den verhältnismässig ausgeprägtesten Rückgang an verfügbarer Wasserkraft aufwies. Wenn für ein bestimmtes Projekt die erforderlichen Angaben der Jahre 1920/21 fehlen, kann ein anderes, in der Schweiz allgemein als wasserarm bekanntes Jahr, wie es z. B. 1948/49 auftrat, angenommen werden. Für Untersuchungen im östlichen und südlichen Graubünden und im Gebiet des unteren Tessin, wo die Zeitspanne 1920/21 nicht extrem wasserarm war, ist die Berücksichtigung einer andern Trockenperiode höchstens für kleine Kraftwerke zulässig, deren Energie im eigenen Produktionsgebiet verbraucht wird.

Als Durchschnittsjahr soll unter Verwendung aller verfügbaren, zuverlässigen Messungen das Mittel einer Zeitspanne von womöglich mehr als zehn aufeinanderfolgenden Jahren berücksichtigt werden. Besondere Aufmerksamkeit ist diesbezüglich bei der Ausnützung von Gletscherabflüssen angebracht. Es kann vorkommen, dass diese während eines im allgemeinen wasserarmen Sommers mit langen Schönwetterperioden, entgegen der Erwartung, nicht besonders grosse Wassermengen liefern, sondern eher durchschnittliche. Dies ist auf die Herabsetzung der Hochgebirgstemperaturen in klaren Nächten zurückzuführen, die eine wesentliche Verminderung der Eisabschmelzung zur Folge haben kann. Es ist aber auch möglich, dass Gletscherabflüsse während sonst wasserreichen Zeiten als Folge kurzer Sonnenscheindauer und niedriger Hochgebirgstemperaturen relativ gering ausfallen. Als Beispiel dieser möglichen Gegenläufigkeit der Wasserergiebigkeit innerhalb der schweizerischen Flussgebiete sind in Tabelle 1 die Abflussschwankungen eines bedeutenden Gletscherbaches mit denen des Rheins bei Rheinfelden, der als schweizerischer Durchschnitt gelten kann, verglichen.

Es ist auffallend, wie gerade während des allgemein abflussreichen Sommers 1951 (verhältnismässig hohe Rhein-

Tabelle 1. Prozentuale Sommerabflüsse (Mai-September) des Rheins bei Rheinfelden und eines Gletscherbaches im Wallis, bezogen auf den jeweiligen Sommerabfluss der Periode 1921/34.

Jahre	Rhein bei Rheinfelden	Gletscherbach im Wallis
1921/34	**100,0 %**	**100,0 %**
1949	100,3 %	138,6 %
1950	99,9 %	157,2 %
1951	105,7 %	110,0 %

[2]) Vgl. hierzu auch die beiden Aufsätze von Prof. Dr. B. Bauer: «Beitrag zur Theorie der Energiewirtschaft», SBZ 1949, Nr. 3 und Nr. 4, und «Ueber das Kriterium des volkswirtschaftlichen Nutzens in der Energieversorgung», SBZ 1950, Nr. 43.

Wasserführung) der Gletscherbach einen relativen Tiefwert aufwies. Dagegen brachte dieser im Sommer 1950 sehr viel Wasser zu gleicher Zeit, als der Rhein kaum das Mittel erreichte. In den allgemein hochprozentigen Abflüssen von 1949 bis 1951 des Baches gegenüber der Periode 1921/34 kommt übrigens der markante Gletscherrückgang zum Ausdruck, der im Alpengebiet bekanntlich schon seit über 80 Jahren mehr oder weniger ausgeprägt festgestellt werden konnte. Die dem Gletscherrückgang entsprechend überdurchschnittlich grossen Abflüsse dürfen nicht ohne eingehendes Kriterium den Berechnungen des Wasserhaushaltes zukünftiger Anlagen zu Grunde gelegt werden. Das Anwachsen oder die verstärkte Abschmelzung der Eismassen als Folge der Veränderungen des Klimas (mittlere Jahrestemperaturen und Niederschlagsmengen) im Zeitraum einer zukünftigen Konzessionsdauer eines Kraftwerkes im Hochalpengebiet können natürlich nicht vorausgesagt werden. Die der Projektierung zu Grunde zu legende Wasserführung wird deshalb in gewissen Grenzen zu einer Ermessensfrage. Je nach der Voraussetzung der stationären oder der vorstossenden oder der sich zurückziehenden Gletscher kann der mittlere Gletscherabfluss unter Umständen das Resultat der Wirtschaftlichkeit des Werkes beträchtlich beeinflussen. Dank den eingehenden Untersuchungen und Messungen der Abteilung für Hydrologie der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau der ETH in verschiedenen Gletschergebieten der Schweiz sind wertvolle Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen den Gletscherbewegungen und den Abflusschwankungen der Gletscherbäche gewonnen worden.

Bei der Ermittlung der fassbaren Wassermengen stösst man, besonders bei Wildbächen im Gebirge mit stark variierender Wasser- und Geschiebeführung, bisweilen auf Schwierigkeiten. Solange angenommen werden darf, dass eine Wasserfassung einwandfrei funktioniert, kann man die Begrenzung der ausnützbaren Wassermengen, wie die Richtlinien vorsehen, an Hand von monatlichen Dauerkurven bestimmen. Besteht jedoch die Gefahr von Betriebsstörungen der Fassung, z. B. durch Geschiebeansammlungen, die sich oft auch unter Anwendung der technisch möglichen baulichen Vorkehrungen und Unterhaltarbeiten nicht ganz vermeiden lassen, so ist es angebracht, die fassbaren Wassermengen nicht zu hoch einzuschätzen.

Ueber die bei den hydrologischen Untersuchungen zu berücksichtigenden Wasserverluste durch Versickerung, Verdunstung und Vereisung im Speicher hat das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft [3]) Ansätze bekanntgegeben, die mit hinreichender Genauigkeit den Vergleichsberechnungen zu Grunde gelegt werden können.

Bei Speicheranlagen ist die Wahl der Ausbaugrösse eines Kraftwerkes, d. h. des grössten ausnützbaren Wasserdurchflusses, zunächst von der Grösse des Staubeckens abhängig. Im allgemeinen wird eine Ausbaugrösse angestrebt, welche die Ausnützung der verfügbaren Winterwassermenge in 1800 bis 2200 Stunden ermöglicht. Auf Grund des tatsächlichen Energiebedarfes der Schweiz, wie er sich aus den langjährigen statistischen Erhebungen ergibt, ist in den Richtlinien eine Benützungsdauer der hochqualifizierten Werktags-Tagesenergie von 1860 Stunden im Winter angenommen worden. Dies entspricht einem Betrieb von durchschnittlich 13 Stunden während 5½ Werktagen pro Woche. Selbstverständlich ist auch eine andere Verteilung der Betriebsstunden möglich, wie sie z. B. im Verbundbetrieb praktisch vorkommt, und zwar bis zu 18 Tagesstunden im Hochwinter mit entsprechend reduzierter Betriebsdauer während den Uebergangsmonaten. Die Benützungsdauer vermag bei Hochdruckwerken grundsätzlich den Bewertungsquotienten je nach der Länge der Wasserzuleitungen zu beeinflussen, weil Stollen, Druckleitungen oder Druckschächte nach dem spezifischen Durchfluss dimensioniert werden und dementsprechend die Baukosten mehr oder weniger belasten. Tatsächlich wird aber in den praktisch vorkommenden Fällen das Endergebnis auch bei grosser Variation der Benützungsdauer (1000 bis 3000 Std.) nur um wenige Prozente geändert.

Die Richtlinien unterscheiden zwei Hauptkategorien der erzeugten Energie, nämlich die höherwertige minimale Erzeugung, mit der man auch in wasserarmen Jahren rechnen darf, und die nur im Durchschnittsjahr zusätzlich gewinnbare Mehrerzeugung. Für beide Energiedarbietungen werden monatweise Energiewerte, und zwar sowohl Tages- als auch Nacht- und Wochenenderzeugung, angegeben. Normalerweise kann man sich mit der Bewertung auf Grund dieser Annahmen begnügen. Die gesteigerte Nachfrage nach Energie zur Deckung der Gebrauchsspitzen, wie sie bei der Allgemeinversorgung beispielsweise am Mittag (Kochspitze) oder gegen Abend (Lichtspitze) auftritt, verlangt indessen eine Bewertung, die über den Rahmen der Richtlinien hinausgeht und die als verfeinerte Bewertung bezeichnet wird. Mit dieser kann die kurzfristige Energieproduktion, z. B. während nur fünf Stunden pro Wintertag, berücksichtigt werden. Es ist das Privileg der Hochdruckspeicherkraftwerke (gegenüber Wärmekraftanlagen), solche Spitzenenergie praktisch im Moment der Nachfrage liefern zu können. Deshalb ist es angezeigt, die günstig gelegenen Speicherkraftwerke hoch, also mit grosser installierter Leistung, auszubauen und diese Qualifikation durch die verfeinerte Bewertung zu berücksichtigen.

Abschliessend ist noch auf zwei Faktoren aufmerksam zu machen, welche durch die Bewertung nach den Richtlinien deutlich erfasst werden. Es betrifft dies die tatsächliche Werterhöhung der aus einer Speicheranlage gewonnenen Energie gegenüber der sog. Laufenergie und die berechtigte Verminderung des Energiewertes eines Kraftwerkes, wenn bei diesem ein Ueberangebot an Sommerenergie vorhanden ist. Auch darüber enthalten die Richtlinien die erforderlichen Angaben.

Die praktische Anwendung der Richtlinien in den letzten vier Jahren seit ihrem Erscheinen hat ihre Zweckmässigkeit bewiesen, besonders weil sie im Gegensatz zu der früheren Berechnungsart die Qualität und nicht nur die Quantität der gewinnbaren Energie als wesentliches Kriterium der Bewertung eines Kraftwerkes betrachten. Die Richtlinien erlauben die rasche Beurteilung eines Kraftwerkes, das nur als Idee skizzenmässig umschrieben ist, ebenso gut wie die eines fertigen Projektes. Besonders geeignet ist ihr Gebrauch bei der Ueberprüfung von Projektvarianten, die sich beispielsweise durch die angenommene Grösse des Speicherinhaltes oder des hydraulischen Ausbaues voneinander unterscheiden. Ferner kann auch leicht die Wirtschaftlichkeit einzelner Gefällsstufen einer Kraftwerkgruppe beurteilt werden. Ausserdem lässt sich mit ihnen die wirtschaftliche Grösse einzelner Bauobjekte (Staumauern, Ausgleichbecken, Wasserzuleitungen) und die zu installierende Maschinenleistung, also die Ausbaugrösse eines Kraftwerkes, bestimmen. Ebenso rasch und zuverlässig gibt die Bewertungsmethode nach den Richtlinien Aufschluss bei Untersuchungen von Wasserförderungsproblemen mit Pumpbetrieben, bei denen es sonst oft schwierig ist, den wirtschaftlichsten Ausbau der Pumpanlage und die günstigste Fördermenge richtig zu erfassen. Bei allen diesen Berechnungen zeigt sich immer wieder, dass der erreichbare Genauigkeitsgrad des Rechnungsganges der eigentlichen Bewertung grösser ist als derjenige der dieser vorangehenden Ermittlung der hydrologischen, geologischen und bautechnischen Untersuchungen einschliesslich der Schätzung der Baukosten.

*

Die Richtlinien haben nicht nur bei den Behörden, sondern auch in Fachkreisen des Auslandes Anerkennung gefunden und werden dort immer mehr zu Rate gezogen. Selbstverständlich müssen in diesen Fällen die ausserhalb der Schweiz jeweils massgebenden Annahmen, die sich infolge des anders gelagerten Geld- und Energiemarktes besonders auf die Ermittlung der Jahreskosten auswirken, berücksichtigt werden. So hat unter anderem Dr. H. Vogt, Augsburg, in seinem kürzlich erschienenen Buch [4]) die Grundgedanken der schweizerischen Richtlinien eingehend behandelt und für die deutschen Verhältnisse ausgearbeitet. Eine Anregung im gleichen Sinne wird von österreichischer Seite gemacht [5]). Die Bewertung der grossen Kraftwerkprojekte in Jugoslawien (erster Ausbau 300 MW [6]) stützt sich ganz auf die schweizerischen Richtlinien. Die Italiener haben diese vollinhaltlich in die italienische Sprache übersetzt, um sie ihren Landsleuten nahe zu bringen [7]). Schliesslich dienten sie auch als Ausgangspunkt beim Studium energiewirtschaftlicher Fragen zwischen verschiedenen europäischen Staaten.

---

[3]) 1932, Veröffentlichung Nr. 25. «Die verfügbaren Wasserkräfte der Schweiz, allgemeine Ausführungen», Seiten 31/32.

[4]) «Wasserkräfte in der Verbundwirtschaft», Verlag M. Riederer, München, 1952.

[5]) Vgl. «Oesterreichische Wasserwirtschaft» vom Dezember 1950.

[6]) «Possibilities of the energetic utilization of Cetina-river and karst-fields in southwestern Bosnia», Zagreb, Januar 1952.

[7]) Unione nazionale aziende produttrici auto-consumatrici di energia elettrica. «Bolletino di informazioni» Juli/August 1951.