

# BEITRÄGE ZU DEN ABKOMMEN ÜBER DIE NUTZUNG INTERNATIONALER WASSERKRÄFTE

Von

J. KLÁR

(Eingegangen am 3. Juli 1957)

Der stets ansteigende Bedarf an elektrischer Energie in einzelnen Ländern hat das Zustandekommen von internationalen Vereinbarungen über die Lieferung von elektrischer Energie stark gefördert. Diese Frage wurde auch von der Weltkraftkonferenz in die Berichte ihrer jüngsten Sitzung aufgenommen.

Die Schwierigkeiten bei der Nutzung internationaler Wasserkräfte sind vorwiegend rechtlicher Natur, da als Grundbedingung für die Inangriffnahme der technischen Arbeiten vorerst die Rechtsverordnungen verschiedener Staaten entsprechend aufeinander abgestimmt werden müssen.

Auf dem Gebiet des internationalen Wasserrechtes stehen sich in den kapitalistischen Ländern zwei verschiedene Auffassungen gegenüber, uzw. das Territorialprinzip und das Prinzip der Integrität. Nach dem ersten Grundsatz verfügt jeder Staat frei über die in sein Gebiet fallende bzw. diesen durchfließende Gewässer und kann in seinen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen von keinem anderen Staat eingeschränkt werden. Nach dem zweiten Prinzip dagegen darf kein Staat an Gewässern, die sein Gebiet durchfließen, Veränderungen veranlassen, die die Interessen eines anderen Staates an demselben Gewässer beeinträchtigen, es sei denn, daß sich der betreffende Staat mit deren Durchführung im vorhinein einverstanden erklärt. In kapitalistischen Ländern wurden — seit zwischenstaatliche Vereinbarungen zustande gekommen sind — wiederholt Versuche zur Zusammenfassung der internationalen Wasserrechtsfragen in einer sogenannten internationalen Konvention unternommen. Diese Bemühungen führten bisher zu keinem positiven Ergebnis, doch hat man sich im allgemeinen für die Anerkennung des Integritätsprinzips ausgesprochen. Hemmend auf die Ausarbeitung und Entwicklung von internationalen rechtlichen Konventionen (z. B. die Genfer Konvention vom 1923 bzw. der Versuch anlässlich des Juristen-Kongresses in Madrid im Jahre 1911) wirkte sich in den kapitalistischen Ländern die Erkenntnis aus, daß die Einhaltung der internationalen rechtlichen Verfügungen nicht immer erzwungen werden kann, da diese weit mehr von der Machtstellung der betreffenden Staaten abhängen als von den oft als tot betrachteten Buchstaben der Abkommen.

An *längsgeteilten Wasserläufen*, wo also der Fluß die Landesgrenze bildet und deshalb dessen Wasserkraft keiner der Nachbarstaaten ohne den anderen entsprechend zu nutzen vermag, begünstigt die enge Gemeinschaft der Interessen auch das Abschließen und Einhalten der erforderlichen zwischenstaatlichen Vereinbarungen. Solche werden in der Regel unter Beachtung des Grundsatzes der Parität abgeschlossen; eventuell bauen beide Vertragspartner je die Hälfte der Grenzwasserkraft aus und auch die erzeugte elektrische Energie fällt ihnen je zur Hälfte zu. In anderen Fällen werden die Grenzkraftwerke gemeinsam gebaut (z. B. durch die Gründung gemeinsamer Aktiengesellschaften), oder man teilt die Grenzwerte in Abschnitte und jeder der Vertragspartner baut den ihm zufallenden Abschnitt selber aus und nutzt ihn auch allein.

Anders gestaltet sich die Lage an den sogenannten *quergeteilten Wasserläufen*, bei denen die Grenze den Fluß durchquert und die Interessen der Verhandellenden in den meisten Fällen auseinandergehen. Oberlieger und Unterlieger haben oft recht gegensätzliche Interessen; dementsprechend sind auch zwischen den Vertragspartnern Schwierigkeiten betreffend der Vereinbarungen, Vertragsbrüche usw. auf der Tagesordnung. Das Land des Oberlieggers bekennt sich in der Regel zum Territorialprinzip, das ihm das Recht der freien Verfügung über seine Wasserkräfte zugesteht. Der Unterlieger dagegen beruft sich angesichts der Wasserentnahme des Oberlieggers und ähnlicher Einschränkungen seiner Gewässernutzungen meistens auf das Integritätsprinzip. So konnte z. B. die Meinungsverschiedenheit hinsichtlich der Umleitung des Abflusses am *Michigan-See* und des Ausbaues des *St. Lorenz-Stromes* bis zum heutigen Tag nicht geregelt werden, obwohl zwischen den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanda im Jahre 1909 ein internationales Abkommen unterzeichnet worden ist. Selbst dieses konnte keine befriedigende Regelung der unterschiedlichen Interessen zwischen Oberlieger und Unterlieger zustande bringen.

Beim Betrieb gemeinsamer Kraftwerke, deren Stromerzeugung zur Hälfte den Teilhabern zufällt, kann es z. B. zu ersten Schwierigkeiten führen, wenn die Maschinensätze des Kraftwerkes nicht auf einer gemeinsamen Sammelschiene arbeiten. Eine vertragsmäßige Verteilung der Belastung zwischen den entsprechend der jeweiligen Wasserführung gefahrenen Maschinensätzen gewährleistet nicht die Nutzung des Durchflusses mit optimalem Wirkungsgrad. (Dieser Nachteil ist bei Kaplan-Kraftwerken weniger ausgeprägt.) Gleichzeitig mit dem Bau gemeinsamer Kraftwerke sind noch zahlreiche andere wichtige Fragen zu regeln, wie z. B. einzelne Fragen auf dem Gebiet des öffentlichen Rechtes und der Verwaltung, Fischerei- und Jagdrecht, Steuer-, Zoll-, Ein- und Ausfuhrverordnungen, Erteilung von Bauaufträgen, Sicherung der finanziellen Mittel. Frage der Betriebsleistung usw.

Über die Arten der Nutzung von quergeteilten Gewässern auf Grund zwischenstaatlicher Vereinbarungen liegen zur Zeit in Europa keine Erfahrungen vor, deren eingehendere Behandlung lohnend wäre. Erst vor kurzem wurde

zwischen Österreich und Jugoslawien hinsichtlich der Nutzung quergeteilter Gewässer solch ein internationales Abkommen über die Betriebsführung der Drauwasserkraftwerke abgeschlossen.

Ebenso mangelt es an einer einheitlichen rechtlichen Praxis z. B. in der Frage, ob der Unterlieger verpflichtet werden kann, Kompensationsabgaben zu leisten, wenn durch den Ausbau des Oberliegers dem unteren Kraftwerk Vorteile erwachsen.

Beim Abschluß internationaler Vereinbarungen ist eine umfassende komplexe Betrachtungsweise erforderlich. Darunter versteht sich, daß eine längere Strecke des Grenzflusses als einheitliches Ganzes betrachtet und auch für deren Ausbau eine *einheitliche Lösung* geplant werden soll.

Die Fragen, die in den zwischenstaatlichen Abkommen geregelt werden müssen, sind teils *technischer Natur* (wie z. B. Teilnahme an den Entwurfsarbeiten, an der Fabrikation), teils *wirtschaftlichen Charakters* (z. B. Zusammensetzung der Arbeitskräfte, Versicherungs- Zollangelegenheiten usw.).

Die schwerstwiegenden und wichtigsten Punkte derartiger Vereinbarungen sind in der Regel:

- A) *Verteilung der erzeugten elektrischen Energie* und
- B) *Aufteilung der mit dem Ausbau des Kraftwerkes verbundenen Kosten.*

#### **A) Grundsätze der Verteilung der erzeugten elektrischen Energie**

Vorausgesetzt sei, ob es sich nun um Fluß- oder Umleitungskraftwerke handelt, daß das Kraftwerk zum Teil das Wasser *gemeinsamer Flußstrecken* nutzt und zum Teil auch den *Wasserkraftvorrat von Flußabschnitten beeinflusst, die auf das Territorium des einen oder des anderen Vertragspartners fallen.* Die Aufgabe kann sich in mannigfaltiger Form stellen. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, wird ein Versuch gemacht, einige grundlegende Gesichtspunkte festzulegen. Bei der Verteilung der erzeugten Energiemenge kann man von verschiedenen Auffassungen ausgehen:

a) *Aufteilung der verfügbaren Energie auf Grund der beeinflussten Uferlängen.* Dies bedeutet mit anderen Worten: der Einfluß des ganzen Kraftwerkssystems auf den betreffenden Fluß muß ermittelt und festgestellt werden, in welcher Länge der sogenannte *beeinflusste Flußabschnitt* die Staatsgrenze bildet. Diese Strecke ist mit je 50%, die Uferlänge der gänzlich in das Hoheitsgebiet des einen oder des anderen Vertragspartners fallenden Abschnitte dagegen entsprechend der Gebietszugehörigkeit mit 100% anzurechnen.

b) Offenbar kann die Aufteilung auf Grund der Uferlängen in vielem beanstandet werden; so ist es unter anderem denkbar, die Energiemenge *dem örtlichen Gefälle* der Flußabschnitte *gemäß* zu verteilen.

Aber auch dieser Lösung ist der Mangel eigen, daß *die Verteilung des Gefälles den Anteil am tatsächlichen Wasserkraftvorrat ausschließlich in dem Sonderfall zum Ausdruck bringt*, wenn in dem durch die Wasserkraftwerke beeinflussten Abschnitt des Wasserlaufes *keine beachtenswerten Zuflüsse einmünden*, wenn also die Durchflußwassermenge in der ganzen Länge der betrachteten Strecke als unveränderlich angenommen werden könnte.

c) Die vorangegangene schrittweise Annäherung läßt erkennen, daß der Energiegehalt offenbar dann richtig verteilt wird, wenn *die Vertragspartner an der möglichen Stromerzeugung den Anteil haben, der der Verteilung des theoretischen (potentiellen) Wasserkraftvorrates zwischen den einzelnen Abschnitten der beeinflussten Stromstrecke gleichkommt*. Offensichtlich kann ausschließlich der Anteil an der natürlichen Wasserkraft des Flusses auf den ersten Blick die richtige Grundlage der Verteilung bilden. (Im weiteren wird sich zeigen, daß dieser Grundsatz noch nicht ganz klar und genau abgefaßt ist und daß deshalb versucht werden muß, diesen in gewisser Hinsicht weiterzuentwickeln bzw. zu vereinfachen.)

Demnach stellt sich die Frage: *Welcher Wasserkraftvorrat soll als Grundlage der Verteilung genommen werden?* Nach den Beschlüssen der Weltkraftkonferenz lassen sich unterscheiden bzw. statistisch erfassen: der *Kleinwasserkraftvorrat*, der *mittlere Wasserkraftvorrat* und der durchschnittliche (50%ige oder mediane) *Wasserkraftvorrat*.

Der *theoretische* (oder *potentielle*) *Kleinwasserkraftvorrat* einer Flußstrecke errechnet sich aus der Beziehung

$$N_{P95} = 9,8 Q_{95} H \quad [\text{kW}],$$

in welcher  $Q_{95}$  den *Durchflußvorrat* 95%iger Dauer (auf den Durchschnitt einer längeren — mehrere Jahre oder Jahrzehnte umfassenden — Periode bezogen)

und  $H$  den *geodätischen Höhenunterschied* des Wasserspiegels bei diesem Durchflußwert, d. h. das natürliche Gefälle des Flußabschnittes bedeutet.

Setzt man  $Q$  in  $[\text{m}^3/\text{sec}]$ ,  $H$  in  $[\text{m}]$  ein, dann erhält man — nach entsprechenden Kürzungen — mit dem Multiplikator 9,8 die Lösung in  $[\text{kW}]$ .

Dem *mittleren theoretischen* (potentiellen) *Wasserkraftvorrat* wird der Durchschnittswert der *mittleren Wassermengen* (bezogen auf einen längeren Zeitraum) zugrundegelegt. Er kann durch eine ganz ähnliche Formel ausgedrückt werden:

$$N_{Pm} = 9,8 Q_m H \quad [\text{kW}],$$

worin  $Q_m$  = das arithmetische Mittel der jährlichen mittleren Durchflüsse

und  $H$  = der geodätische Höhenunterschied der dazugehörenden Wasserstände an den beiden Grenzprofilen des untersuchten Flußabschnittes.

Als dritten und wichtigsten Kennwert hebt die Definition der Weltkraftkonferenz den *durchschnittlichen* sogenannten *50%igen theoretischen (potentiellen) Wasserkraftvorrat* hervor, der sich ganz ähnlich errechnet :

$$N_{P_{50}} = 9,8 Q_{50} H \quad [\text{kW}],$$

wobei  $Q_{50}$  = der Durchflußwert 50%iger Dauer (bezogen auf die untersuchte längere Zeitspanne) oder nach der Begriffsbestimmung in der mathematischen Statistik der *Median-Durchfluß*, den die Wassermengen im Durchschnitt der Jahre in der gleichen Anzahl unter bzw. überschreiten.

$H$  bedeutet natürlich auch hier den dazugehörigen Fallhöhenunterschied am untersuchten Flußabschnitt.

Offenbar können sich im Verhältnis der Klein-, Mittel- und durchschnittlichen Wasserkraftvorräte der Teilstrecken an den durch politische Grenzen geteilten Flußabschnitten Unterschiede zeigen. Der Unterschied kann oft unbedeutend sein, darf aber nicht in allen Fällen vernachlässigt werden. *Will man daher den Wasserkraftvorrat* davon ausgehend *verteilen*, welcher Anteil auf die Strecke entfällt, in der der Fluß bzw. dessen Mittellinie (eventuell der Stromstrich) die Grenze bildet und welcher auf die Abschnitte, die ganz in das Hoheitsgebiet des einen oder des anderen Staates fallen, *dann muß* vorher *entschieden werden, welcher Wasserkraftvorrat* als Grundlage dienen soll. In dieser Hinsicht hat man darauf rückzugreifen, in welchem Grad der praktische Ausbau erfolgen wird. Als man vor etwa 50—60 Jahren den Ausbau der ersten größeren Flußkraftwerke für die Kleinwasserführung oder deren nachliegende Durchflüsse in Angriff nahm, war es fast selbstverständlich, in allen Fragen der Verteilung und Nutzung, in denen der Begriff des theoretischen Wasserkraftvorrates eine Rolle bekam, vom Kleinwasserkraftvorrat auszugehen. Da sich aber heutzutage der Ausbaugrad immer mehr gegen die höheren Durchflüsse zu, d. h. in Richtung der niedrigeren Dauerwerte verschiebt und in der letzten Zeit in den meisten Fällen selbst der 50%ige Durchflußwert weit überschritten wird, kann *als Ausgangspunkt der Verteilung einzig die 50%ige theoretische Leistung in Frage kommen*, wenn man von einer Grundgröße ausgehen will, die von der Weltkraftkonferenz definiert und als Vergleichsbasis für die internationalen Wasserkraftstatistiken angenommen worden ist.

*Auf dieser Grundlage scheint die Frage gelöst werden zu können, u. zw. in erster Annäherung in der Fassung, daß auf der durch das Wasserkraftwerkssystem beeinflussten Flußstrecke der Anteil der Vertragspartner an der erzeug-*

baren elektrischen Energie folgendermaßen richtig bestimmt wird: Man ermittelt auf Grund der tatsächlichen Durchflüsse — womöglich auf eine längere Zeitspanne bezogene Durchschnittswerte — ferner des geodätischen Höhenunterschiedes der Wasserspiegel die 50%igen theoretischen Wasserkraftvorräte, und zwar abschnittsweise und führt die Verteilung dementsprechend durch.

Wichtigere Gesichtspunkte bei der Teilung in Abschnitte:

1. Die Aufteilung in Flußabschnitte hat in erster Reihe so zu erfolgen, daß die Einmündung jedes beachtenswerten Zuflusses eine Abschnittsgrenze bilde, denn nur auf diese Weise kann der theoretische Wasserkraftvorrat mit Hilfe der angeführten Formeln technisch einwandfrei ermittelt werden.

2. In zweiter Reihe ist die ganze beeinflusste Flußstrecke auch nach den politischen Grenzen zu gliedern, so daß festgestellt werden kann, welcher Anteil des Wasserkraftvorrates auf die Flußabschnitte fällt, die ganz im Hoheitsgebiet der Vertragspartei A liegen und wie groß der Wasserkraftvorrat jener Flußabschnitte ist, die gänzlich in das Hoheitsgebiet der Vertragspartei B fallen.

3. Schließlich ist auch der Wasserkraftvorrat derjenigen Abschnitte zu erfassen, in denen der Fluß bzw. dessen Mittellinie (eventuell der Stromstrich) die Grenze bildet, wo man also von einer 50%igen Verteilung pro Partner der Wasserkraft ausgehen muß.

Außerdem dürfte noch berücksichtigt werden, daß die Vertragspartner einen Nachbarstaat zu entschädigen haben, in dessen Gebiet das auszubauende Kraftwerkssystem einstaut, doch in einem so geringen Maß, daß der beispielsweise erwähnte Nachbarstaat »C« am gemeinsamen Bau des Kraftwerkssystems noch nicht interessiert ist. In diesem Fall können die Vertragsparteien den Nachbarstaat »C« vertragsgemäß gemeinsam entschädigen oder gemeinsam vereinbaren, wie der betreffende Staat abzufinden sei, wenn er auf einen Teil der erzeugten elektrischen Energie Anspruch erhebt.

d) Führt man diesen Gedankengang weiter und geht man davon aus, daß man sich bereits bei der theoretischen Teilung die praktische Nutzung vor Augen halten soll, dann taucht noch ein neuer Gesichtspunkt auf: die Zugrunde-nahme des nach dem voraussichtlichen Ausbaugrad gewogenen Wasserkraftvorrates. Obwohl dieser Begriff nicht in allen Fällen einen wesentlichen Einfluß auf die Verteilung ausüben wird, soll er dennoch untersucht werden, da sich Fälle ergeben können, in denen die Aufteilung der Energie durch solche Erwägungen weiter verfeinert werden muß.

Dies kann anhand eines Beispiels klargelegt werden. An einer Flußstrecke, die teils auf ein gemeinsames Gebiet, teils auf die Hoheitsgebiete der Vertragspartner fällt, soll ein zusammenhängendes Wasserkraftwerks-System ausgebaut werden. An einem Teilabschnitt der erwähnten Flußstrecke besteht das Kraftwerkssystem aus Wasserkraftwerken anderer Art als in den übrigen Abschnitten (z. B. an einer Stelle Flußkraftwerke, im übrigen Teil Umleitungs-

kraftwerke, usw.). Folglich wird nach der eingebürgerten technischen Praxis, hauptsächlich aber wegen der Verschiebung der Wirtschaftlichkeitsgrenze *der Ausbaugrad bei der einen Kraftwerksart ein anderer sein als bei der anderen*. Den Ausbaugrad können aber nicht nur die Bauart des Kraftwerkes beeinflussen, sondern auch solche zusätzliche Kosten, die z. B. auf die Überflutung der ufernahen Gelände, das übermäßige Ansteigen der Sickerwassermengen, die Umlegung von Straßen und Eisenbahnlinien usw. zurückzuführen sind; ebenso vermögen landwirtschaftliche und Siedlungsverhältnisse, usw. auf den Ausbaugrad von Einfluß zu sein. Infolgedessen kann *es zweckmäßig und wirtschaftlich sein, die eine Kraftwerksbauart (z. B. das Flußkraftwerk) für Durchflüsse von viel kürzerer Dauer auszubauen, als es sich für die andere Bauart rentabel erweist*. Doch bleibt die Frage offen, ob man in diesem Fall richtig vorgeht, die Energiemenge, die an der gesamten beeinflussten Stromstrecke erzeugt werden kann, einfach in dem Verhältnis zu verteilen, das sich unmittelbar aus der Aufteilung des zugrunde genommenen — z. B. 50%igen — Wasserkraftvorrates nach den Staatsgrenzen ergibt.

Dieser Gedankengang soll näher beleuchtet werden. Auf das Hoheitsgebiet *A* falle ein theoretischer Wasserkraftvorrat 50%iger Dauer  $N_A$  [kW], auf *B* ein  $N_B$  [kW] großer und auf den gemeinsamen Abschnitt ein Wasserkraftvorrat  $N_G$  [kW]. Nach der früheren Aufstellung (Teilungsart *c*) müßte das Jahresarbeitsvermögen des gesamten Kraftwerksystems  $E$  [kWh], bzw. dessen Spitzenleistung  $N_{\max}$  folgendermaßen verteilt werden:

*A* bekäme den Anteil  $\alpha E$ ,

*B* bekäme den Anteil  $\beta E$ ,

wobei

$$\alpha = \frac{N_A + 0,5 N_G}{N_A + N_G + N_B} \quad \text{und} \quad \beta = \frac{N_B + 0,5 N_G}{N_A + N_G + N_B}.$$

Man setze aber voraus, daß infolge der angeführten Erwägungen *der Ausbaugrad an einem Abschnitt (bzw. Kraftwerk) wesentlich anders angenommen werde* als an dem anderen. Ermöglichen also dem einen Vertragspartner die besseren natürlichen Gegebenheiten auf seinem Gebiet die Wahl einer Kraftwerksbauart und technischen Lösung, die im Vergleich zu anderen auch bei einem höheren Ausbaudurchfluß wirtschaftlich ist, so wird er offensichtlich auch berechtigt sein, die hieraus erstehenden Vorteile zu genießen, da günstigere Gegebenheiten als ebensolche Naturschätze zu betrachten sind wie die Wasserkraft des Flusses selbst. Kann also z. B. der Ausbau des Flußabschnittes auf dem Gebiet des Vertragspartners *B* auf einen Durchfluß von 25- oder 30%iger Dauer gesteigert werden, dann würde der Partner *B* offensichtlich benachteiligt sein und nicht seinen natürlichen Gegebenheiten gemäß an der Energieerzeu-

... gung Teil haben, wenn ihm nur der soeben abgeleitete Anteil  $\beta E$  zukäme, obwohl die Kraftwerke im Staatsgebiet des Partners *A* zweckmäßig nur auf eine 50- oder 70%ige Durchflußdauer ausgebaut werden könnten. Es ist also

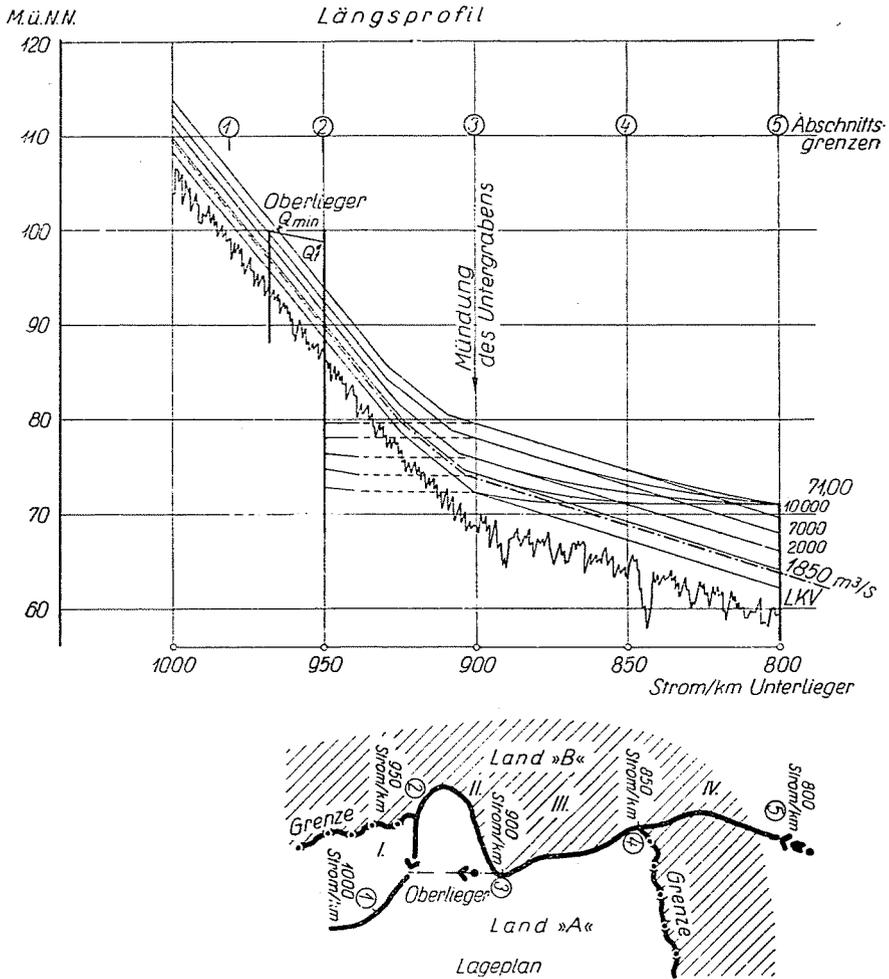


Abb. I

notwendig, mit guter Einschätzung der technischen und wirtschaftlichen Verhältnisse einen neuen Faktor einzuführen. In diesem käme das Verhältnis zum Ausdruck, in dem der voraussichtliche Ausbaudurchfluß zu jenem Durchflußwert steht, der bei der Erfassung des als Grundlage genommenen theoretischen Wasserkraftvorrates beachtet worden ist. Mit diesem Faktor müssen die Glieder  $N_A$ ,  $N_G$  und  $N_B$  multipliziert und die Berechnung mit diesen gewogenen Werten wiederholt werden.

Das hier beschriebene Verfahren wird zahlengemäß in nachstehendem Beispiel durchgeführt.

Gegeben sei ein Strom mit einer Niedrigwasserführung von 800 m<sup>3</sup>/sec einer Hochwassermenge von 10 000 m<sup>3</sup>/sec. *Lageplan und Längenprofil dieses fiktiven Flusses sind aus Abb. 1 ersichtlich.* In das Längenprofil sind die verschiedenen Durchflüssen zugehörigen Wasserspiegellinien eingezeichnet. Der dargestellte Flußabschnitt kann mit einem unteren Flußkraftwerk und einem Umleitungskraftwerk als Oberlieger genutzt werden. Der Untergraben des oberen Kraftwerkes mündet gerade an der Stelle in den Fluß zurück, an welcher der Rückstau des unteren Kraftwerkes endet. In die untersuchte Flußstrecke fällt kein Zufluß und auch keine Wasserentnahme. Der genutzte Flußabschnitt liegt teils auf dem Gebiet des Landes »A«, teils auf jenem des Landes »B«, während ein dritter Teil die Grenze bildet. Der theoretische Wasserkraftvorrat  $N_{P50}$  verteilt sich folgendermaßen :

Auf der ganzen Strecke  $Q_{50} = 1800 \text{ m}^3/\text{sec}$

Abschnitts- grenze	Abschnitt	Wasserstand bei $Q_{50}$ [m. ü. . N.]	Gefälle $H_{50}$ [m]	$N_{P50} = 9.8 \cdot Q_{50} H_{50}$ [1000 kW]	Leistungsanteil [1000 kW]	
					Land A	Land B
1	I.	102,30	12,40	219	219	
2	II.	89,90	16,10	284	142	142
3	III.	73,80	5,00	88	44	44
4	IV.	68,80	5,00	88		88
5		63,80				
Verteilung der theoretischen Wasserkraft				679	405	274
				100%	59,6%	40,4%

$$\alpha = 0,596, \quad \beta = 0,404$$

Angenommen, daß bei *einem* gegebenen Stauspiegel (dieser wird hier nicht variiert, weil das die Aufgabe übermäßig komplizieren würde) am unteren Flußkraftwerk verschiedene Durchflüsse, u. zw. von 60, 50, 40, 30, 20 und 15%iger Dauer genutzt werden können. An der Oberstrecke hingegen werden infolge der ungünstigeren Kostenverhältnisse Durchflüsse größerer Dauer gewählt, u. zw. die 40, 50, 60 und 70%igen Durchflußwerte. *Nun soll untersucht werden, welche prozentuale Unterschiede sich im Energieanteil der Partner »A« und »B«, aus dem in seinen Grundsätzen beschriebenen Verfahren der gewogenen Werte, einer obiger angenommenen Anordnung ergeben, verglichen mit jenem Anteil, der aus der einfachen Teilung des 50%igen theoretischen Wasserkraftvorrates nach den Beiwerten  $\alpha$  und  $\beta$  folgen würde,*

$\varphi_1$  bezeichnet das Verhältnis der Ausbauwassermenge zum Durchfluß 50%iger Dauer für das untere Kraftwerk und  $\varphi_2$  das gleiche für das obere.

Kraftwerk. Bei den verschiedenen Ausbauwassermengen nehmen  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  folgende Werte an:

Dauer %	Durchfluß* [m <sup>3</sup> /sec]	$\varphi_1$	$\varphi_2$
15	3000	1,67	—
20	2700	1,50	—
30	2270	1,26	—
40	2010	1,12	1,12
50	1800	1,00	1,00
60	1680	0,93	0,93
70	1580	—	0,88

\* Die Durchflußwerte wurden von der angenommenen Dauerlinie abgelesen.

Entfallen also auf Grund der aus  $Q_{50}$  errechneten Werte von der Energieerzeugung des Umleitungskraftwerkes auf beide Staaten  $N_{UA}$  bzw.  $N_{UB}$ , von der Produktion des Flußkraftwerkes hingegen  $N_{FA}$  bzw.  $N_{FB}$ , dann bringen den Anteil der Vertragspartner an der Gesamtproduktion die Faktoren

$$\alpha_1 = \frac{\varphi_1 N_{FA} + \varphi_2 N_{UA}}{\varphi_1 (N_{FA} + N_{FB}) + \varphi_2 (N_{UA} + N_{UB})}$$

bzw.

$$\beta_1 = \frac{\varphi_1 N_{FB} + \varphi_2 N_{UB}}{\varphi_1 (N_{FA} + N_{FB}) + \varphi_2 (N_{UA} + N_{UB})}$$

zum Ausdruck. Da ohne diese Korrektur die Werte

$$\alpha \text{ bzw. } \beta$$

als Grundlage der Verteilung dienen würden, ändert sich (steigt oder sinkt) der Anteil der beiden Partner um die Prozentsätze

$$\frac{\alpha_1 - \alpha}{\alpha} 100 \%$$

bzw.

$$\frac{\beta_1 - \beta}{\beta} 100 \%$$

Des weiteren wird berechnet, wie sich der Anteil des Staates »B« im Vergleich zu den ursprünglich errechneten 40,4% ändert, wenn man im Zuge dieser Ermittlung auch das Verhältnis der Ausbauwassermenge zum Durch-

fluß 50%iger Dauer, also die nach dem Ausbaugrad gewogenen Werte, in Betracht zieht. In den Flußabschnitten 1—2 und 2—3 sind die Werte  $\varphi_2$ , in den Abschnitten 3—4 und 4—5 hingegen die Werte von  $\varphi_2$  zu benutzen. Alle beliebigen Werte von  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  können nebeneinander vorkommen. Vom gesamten Wasserkraft-

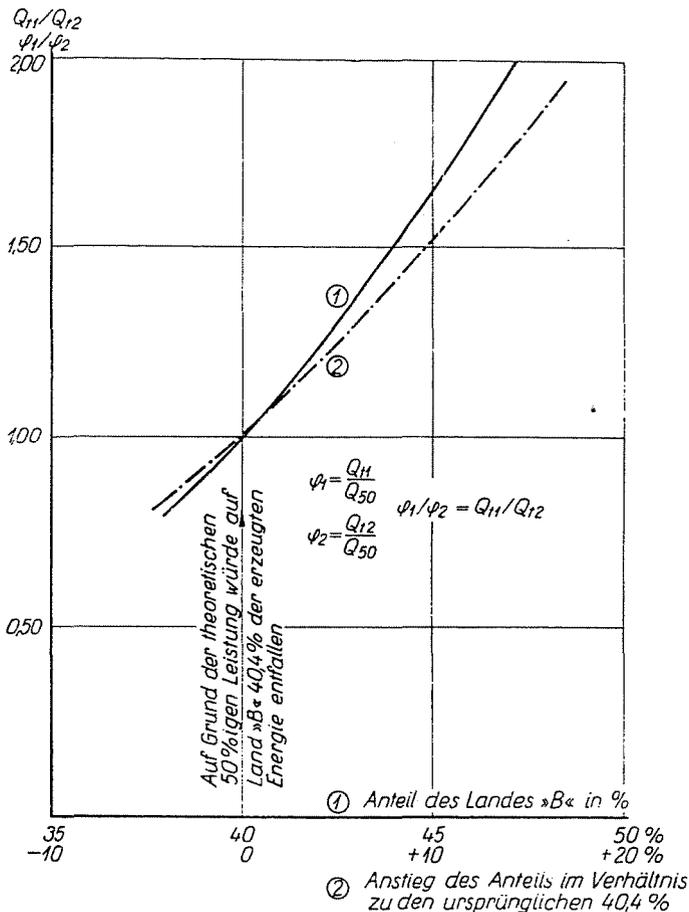


Abb. 2

vorrat (503 MW) auf der Oberstrecke steht dem Staat »B« eine theoretische Wasserkraft von 142 MW zu. Von der Unterstrecke, deren Gesamtwasserkraft 176 MW beträgt, fällt auf den Staat »B« ein Wasserkraftvorrat von 132 MW.

Bei  $\varphi_1 = \varphi_2$  bleiben die Anteile der beiden Staaten offenbar dieselben, die auf Grund des theoretischen Wasserkraftvorrates ermittelt worden sind; bei  $\varphi_1 > \varphi_2$  steigt der Anteil des Staates »B«, bei  $\varphi_1 < \varphi_2$  dagegen wird er kleiner.

Anteil des Staates »B« an der gesamten Energieerzeugung unter Beachtung der nach der Ausbauwassermenge gewogenen Werte

$\varphi_1$	$\varphi_2$	$132 \varphi_1$	$142 \varphi_2$	$x = 132 \varphi_1 + 142 \varphi_2$	$176 \varphi_1$	$503 \varphi_2$	$y = 176 \varphi_1 + 503 \varphi_2$	Anteil von »B« $\beta_1 = 100 \frac{x}{y}$ [%]	Prozentuale Änderung des Anteils im Vergleich zu den ursprünglichen 40,4%	$\frac{\varphi_1}{\varphi_2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,67	1,12		159	380		564	858	44,3	+ 9,6	1,48
	1,00	221	142	363	294	503	797	45,6	+12,9	1,67
	0,93		132	353		468	762	46,4	+14,8	1,80
	0,88		125	346		442	736	47,0	+16,3	1,90
1,50	1,12		159	357		564	828	43,2	+ 6,9	1,37
	1,00	198	142	340	264	503	767	44,4	+ 9,9	1,50
	0,93		132	330		468	732	45,1	+11,6	1,62
	0,88		125	323		442	706	45,8	+13,4	1,71
1,26	1,12		159	325		564	786	41,4	+ 2,5	1,12
	1,00	166	142	308	222	503	725	42,6	+ 5,4	1,26
	0,93		132	298		468	690	43,2	+ 6,9	1,36
	0,88		125	291		442	664	43,9	+ 2,6	1,44
1,12	1,12		159	307		564	761	40,4	0,0	1,00
	1,00	148	142	290	197	503	700	41,5	+ 2,7	1,12
	0,93		132	280		468	665	42,1	+ 4,2	1,20
	0,88		125	273		442	639	42,7	+ 5,7	1,28
1,00	1,12		159	291		564	740	39,3	- 2,7	0,89
	1,00	132	142	274	176	503	679	40,4	0,0	1,00
	0,93		132	264		468	644	41,0	+ 1,5	1,08
	0,88		125	257		442	618	41,6	+ 3,0	1,14
0,93	1,12		159	282		564	728	38,8	- 4,0	0,83
	1,00	123	142	265	164	503	667	39,8	- 1,5	0,93
	0,93		132	255		468	632	40,4	0,0	1,00
	0,88		125	248		442	606	41,0	+ 1,5	1,06

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist bei gleichen Werten von  $\varphi_1/\varphi_2$  auch der Anteil der gleiche. Die Tabellenwerte sind in Abb. 2 dargestellt.

Aus der Berechnung und aus Abb. 2 geht hervor, daß der Anteil des Staates »B« in Extremfällen des Beispiels um -4% bzw. +16% von dem aus der theoretischen Wasserkraft einfach berechneten Verhältnis abweichen kann, wenn man die nach der Ausbauwassermenge gewogenen Werte in Betracht zieht.

Natürlich kann hier eingewendet werden, das Verhältnis der Ausbauwassermengen sei nicht gleich dem Verhältnis der erzeugbaren Energiemengen, weil größeren Durchflußwerten kleinere Dauerwerte zugehören. Gleichgroßen Stufen in den Durchflüssen gehört also kein gleichgroßer Zuwachs an Arbeitsvermögen zu, u. zw. je höher man die Ausbauwassermenge annimmt, desto kleinerer Zuwachs an Energie gehört der Leistungsstufen-Einheit zu. Mit anderen Worten, die Werte in den Spalten 9 und 10 der vorangegangenen Tabelle können also gemäßigt werden. Deshalb wird man die *Anteil-Beiwerte* zweckmäßig zwischen den Werten  $\alpha$  und  $\alpha_1$  bzw.  $\beta$  und  $\beta_1$  annehmen.

e) *Das genaueste Aufteilungsverfahren*, nämlich die Beachtung des nach dem tatsächlichen Ausbaugrad gewogenen Wasserkraftvorrates *kann schließlich im Zuge der Verwirklichung bestimmt werden*. Dennoch muß man sich auch mit der unter Punkt d) angeführten Einschätzung befassen, weil der vorhergesehene Anteil nicht übermäßig stark von dem zuletzt ermittelten tatsächlichen Verhältnis abweichen darf, da ansonsten das Ausmaß der Teilnahme beider Parteien am Bau der Werke unrichtig wäre und größere Abweichungen später Abrechnungsschwierigkeiten verursachen könnten. Würde dagegen die endgültige Verteilung im vorhinein richtig eingeschätzt, dann wird nach Abschluß der Bauarbeiten und Inbetriebnahme des Werkes die Endabrechnung nicht übermäßig schwierig sein.

Das Wesen der auf Tatsachenwerten ruhenden richtigen Aufteilung besteht darin, daß *die theoretische Wasserkraft der betreffenden Flußabschnitte mit den tatsächlichen Ausbauwassermengen*, d. h. auf Grund der wirklich erzeugbaren Energiemengen errechnet werden muß.

## B) Aufteilung des Kostenaufwandes für den Ausbau des Kraftwerkes

Die auf die Energieerzeugung fallenden Lasten werden im allgemeinen in zwei Hauptgruppen geteilt, in die Gruppe der sogenannten *Investitionskosten* und in die Gruppe der jährlich wiederkehrenden *Betriebskosten*, in denen auch die Aufwendungen für Instandhaltungen und Überholung inbegriffen sind. Dieser Einteilung gemäß *wird die Aufteilung der Kosten untersucht, u. zw. einerseits zwischen den Vertragspartnern, andererseits in der Hinsicht, mit welchen Kosten im Rahmen der Volkswirtschaft der eine oder andere Partner an der Energieerzeugung belastet werden kann oder darf*.

Klarzustellen ist also

a) *welcher Teil der Investitionskosten dem Ausbau des Kraftwerkes bzw. des Kraftwerkssystems und hiermit der Energieerzeugung zur Last fällt*.

b) *Ferner muß untersucht werden, welcher Art jährliche oder periodische Betriebskosten auftreten*. Von diesen ist ebenfalls der die Energieerzeugung belastende Anteil auszuwählen.

c) Schließlich muß festgestellt werden, welcher Art *einmalige oder periodisch wiederkehrende Schäden* — einerseits *beim Bau*, infolge Herstellung der Bauwerte, andererseits *im Betrieb*, als Folge des Stauens bzw. der Triebwasserumleitung nachweisbar sind, die dann wiederum in die Energieerzeugung belastende und sonstige Schäden getrennt werden sollen.

Der Bau eines Wasserkraftwerkes oder eines ganzen Systems von Wasserkraftwerken berührt — wie bereits erwähnt — einerseits die Landflächen beider Vertragspartner, andererseits beeinflusst er innerhalb einer Volkswirtschaft auch andere volkswirtschaftliche Zweige. Hierfür sollen einige Beispiele folgen. Infolge der Stauwirkung großer Flußkraftwerke können folgende Arten der sogenannten *zusätzlichen Investitionen* in Frage kommen :

*Der hohe Überstau kann einerseits die Erhöhung der Hochwasserschutzdeiche, andererseits deren Verstärkung notwendig machen.* Die Deichkronen sind auf das bisherige Maß der Sicherheit zu heben. Es ist aber möglich, daß ein derartig großzügiger Eingriff die Leiter der Volkswirtschaft veranlaßt, gleichzeitig mit dem Bau auch die Sicherheit gegen Hochwasser zu steigern, weil sich der bisher ausgebaute Hochwasserschutz z. B. nunmehr als unzureichend erweist. In diesem Fall muß man also feststellen, in welchem Ausmaß die Deiche ohnehin erhöht werden müßten, um die nun erwünschte Sicherheit zu erzielen und nur mit der darüber hinaus notwendig gewordenen Erhöhung darf das Kraftwerk belastet werden. Die zweite Frage : die eventuelle *Verstärkung der Deiche* kann notwendig werden, weil die von gestautem Wasser ständig getränkten Deiche einen größeren Querschnitt haben müssen als die früher lediglich zeitweise vom Wasser benetzten Hochwasserschutzdeiche. Auch ist es möglich, daß die Dämme wegen des ständigen Stauens verkleidet werden müssen.

Infolge des ständigen Überstauens können zwecks Unterbindung der Durchsickerung unter den Hochwasserschutzdeichen an einzelnen Strecken spezielle technische Vorkehrungen getroffen werden, wie z. B. Einbau von Tonkernen unter den Dämmen, Abdichtung oder Abriegelung von Bodenschichten großer Durchlässigkeit durch Stahlspundwände, Zementinjektionsschürzen, Tonspundwände u. a. m. Möglicherweise können diese Kosten ganz der Wasserkraftnutzung zu Lasten fallen, aber auch das kommt vor, daß durch den Einbau dieser Schubwerke an einzelnen Strecken wesentlich günstigere Verhältnisse geschaffen werden als in früheren Hochwasserperioden. Wenn möglich, muß man versuchen, die hervorgerufene günstigere Lage finanziell auszuwerten, damit die Kosten auch hier reell geteilt werden können. Eine solche Trennung der Kosten wird aber nicht bis auf alle Einzelheiten gelingen, besonders bei Einrichtungen, die die Sicherheit gegenüber Durchsickerungen erhöhen sollen. So wird man sich bei einzelnen Kostensätzen darauf beschränken müssen, diesen oder jenen Posten ohne weitere Aufteilung ganz der Energieerzeugung anzuschreiben.

Um der *Versumpfung* des ufernahen Geländes bzw. der *schädlichen Hebung des Grundwasserspiegels* Einhalt zu gebieten, können nicht nur oder nicht ausschließlich die bereits erwähnten technischen Maßnahmen Anwendung finden, sondern auch der *Ausbau von Entwässerungsgräben und Systemen an der geschützten Seite* — im sogenannten *Hinterflutgebiet des Flusses* — bzw. der *Bau von Sickergräben (sogenannten Saugern) an der Freiluftseite der Hochwasserschutzdeiche*. Die Kosten dieses Entwässerungsnetzes müssen ebenfalls mit großer Umsicht in Rechnung gestellt werden. Zum Entwässerungssystem gehören auch Objekte, wie Brücken, Durchlässe, Fallen, Schützen, Siele und Pumpwerke. Der unter den Sammelbegriff: Entwässerungssystem zusammengefaßte Komplex *erhöht jedoch gleichzeitig den Schutz des Hinterflutgebietes gegen Binnenwasser*. Genügt die Leistungsfähigkeit des auszubauenden Systems lediglich zur Beseitigung des Plus an Sickerwasser infolge der gestauten Wasserspiegel, dann belasten seine Kosten zur Gänze die Energieerzeugung. In der Regel aber ist nicht dies der Fall, da im betreffenden Hinterflutgebiet bereits Entwässerungssysteme bestehen. Erfahrungsgemäß erfordern Entwicklung der Landwirtschaft, Einführung der Bewässerungswirtschaft in einzelnen Gebieten, Förderung des Verkehrs, Ausbau neuer Industriegelände eine stets steigende Leistungsfähigkeit der Entwässerungsanlagen. Deshalb ist es üblich, das Saugersystem zur Beseitigung der Mehrsickerwasser infolge des Staubetriebes — im Anschluß und in Erweiterung mit dem eventuell bereits bestehenden Entwässerungsnetz — in solchem Maß und mit einer derartigen Leistungsfähigkeit auszubauen, daß das ergänzte und erweiterte Entwässerungssystem auch den zeitgemäßen landwirtschaftlichen und sonstigen Erfordernissen entspricht. In diesem Fall ist es ganz offensichtlich, daß der weitere Ausbau des Entwässerungsnetzes nicht der Energieerzeugung allein zugeschrieben werden darf. Sehr sorgfältige geologische, bodenmechanische, hydrologische und landwirtschaftliche Studien und Forschungen sind durchzuführen, bevor man objektiv festzustellen vermag, welche der Aufwendungen für den Ausbau eines neuen oder für die Weiterentwicklung eines bestehenden Entwässerungssystems auf die Energieerzeugung und welche Kosten auf die Landwirtschaft bzw. auf andere Zweige der Volkswirtschaft entfallen, weil durch diese Bauten die Leistungsfähigkeit der Entwässerungsanlagen wesentlich erhöht und der Wasserhaushalt des betreffenden Gebietes im allgemeinen günstig beeinflußt wird.

In den Hinterflutgebieten, aber auch im höher liegenden Gelände können Dörfer, Städte, industrielle Siedlungen sein, deren *Kanalisationsfragen durch den Kraftwerksbau berührt werden*. Es ist nämlich möglich, daß die Kanalisation einzelner Siedlungen umgebaut, neue Abwässerpumpwerke erbaut werden müssen, usw. Erfahrungsgemäß werden in solchen Fällen oft die örtlichen Interessen übermäßig hervorgehoben und der allgemeine Nutzen von ihnen in den Hintergrund gedrängt, wodurch hinsichtlich der Kostenverteilung ein vollkommen verzerrtes Bild entstehen kann. Unter gewissen Umständen ist

es zwar durchaus möglich, daß der Umbau oder die Erweiterung eines Kanalisationsnetzes gänzlich den Kraftwerksbau belastet. Ebenso besteht aber auch die Möglichkeit — und das ist häufiger der Fall —, daß einzelne Siedlungen und Städte bereits akute Kanalisationsprobleme haben, deren Lösung seit Jahren oder Jahrzehnten immer wieder verschoben wird. Die Lösung dieser Aufgaben könnte auch noch länger warten, wenn der Kraftwerksbau nicht aktuell geworden wäre. Doch schafft der Bau des Kraftwerksystems eine neue Lage, weil infolge des Stauens die radikale Gesundung der betreffenden Gebiete und somit die Entwicklung bzw. der Umbau der Kanalisationen meistens nicht mehr länger aufgehoben werden kann. Die Kostenaufwendungen dürfen daher nicht ohne weiteres zu Lasten des Kraftwerks gebucht werden. In Fällen, wenn man die Lösung solcher Probleme noch hätte verschieben können, kann man höchstens davon sprechen, daß der Kraftwerksbau deshalb belastet wurde, weil infolge seines Ausbaues die Aufwendungen für eine Investition, die erst in einem späteren Zeitpunkt fällig geworden wären, früher bereitzustellen sind. In dem Fall, daß eine für einen späteren Termin vorgesehene Investition früher durchgeführt wird, haben finanzielle und wirtschaftliche Erwägungen darüber zu entscheiden, mit wieviel Prozent der tatsächlich notwendigen Investition jener andere Zweig zu belasten ist, dessen Entwicklung den früheren Ausbau notwendig macht. Wohl seltener, doch kann ein dritter Fall vorkommen, wenn örtliche wirtschaftliche und technische Leiter, die nur ihre lokalen Interessen vor Augen halten, angesichts der Möglichkeit und Bedeutung eines großen Bauvorhabens, danach trachten, ihre Stadt, Industrieanlage oder landwirtschaftliche Siedlungen auf Kosten des auszubauenden Kraftwerksystems mit Anlagen zu bereichern, die mit dem Kraftwerksbau eigentlich in keinem Zusammenhang stehen. Kosten dieser Art dürfen natürlich keinesfalls zu Lasten der Energieerzeugung geschrieben werden.

*Infolge des Einstauens können kleinere oder größere Flächen überflutet werden, andere auch trotz der Schutzdeiche versumpfen bzw. können für die Kulturen schädliche Hebungen des Grundwasserspiegels eintreten.* In dieser Beziehung sind folgende Untersuchungen durchzuführen: Einerseits soll untersucht werden, welche Schäden aus der ständigen Überschwemmung gewisser Flächen im Vorland zwischen den Hochwasserschutzdeichen erwachsen. *Es ist nämlich nicht sicher, daß der Schutz dieser Gebiete vor Überschwemmung die wirtschaftlichste Lösung darstellt.* Der Schutz kleinerer Flächen mit Deichen kann unrentabel sein. Die Versumpfung anderer Flächen oder der Anstieg des Grundwasserspiegels hingegen bedeutet nicht immer eine Entwertung der betreffenden Flächen. Deshalb hat sich die Untersuchung auch darauf zu erstrecken, wie man diese Flächen — wenn auch mit schlechterem Wirkungsgrad — dennoch nutzen kann. Solche Lösungen können sein: Umbau der versumpfenden Gebiete in Fischteiche, ihre Einrichtung für Reiskultur, Einführung anderer Kulturen, wenn der gehobene Grundwasserspiegel die zurzeit bestehende Pflanzenzucht

schädlich beeinflussen würde. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß man den wirtschaftlichen Schaden in den betreffenden Gebieten nicht mit dem vollen Ausfall dieser Flächen in Rechnung stellen muß, sondern dieses Problem in einzelnen Gebieten, wenn auch mit gewissen Investitionen und Umorganisation der Landwirtschaft, ohne Schädigung gelöst werden kann. In anderen Landstrichen wiederum mögen die Ernteerträge eventuell sinken, und so fällt nur der Unterschied zwischen den alten und den neuen Verhältnissen zur Last der Energieerzeugung. Natürlich müssen auch die Investitionen zur Umorganisation der Produktion dem Kraftwerk zugeschrieben werden. Die Übernahme dieser Aufwendungen wird auf der anderen Seite die Jahreskosten günstiger gestalten, weil sich durch diese die der Energieerzeugung anzubelastenden jährlichen Schäden wesentlich vermindern.

*Der Kraftwerkbau kann sich auch auf die Verkehrsverhältnisse auswirken.* Der Einfluß, den der Kraftwerkbau außer auf die Schifffahrt auch auf den Eisenbahn- und Straßenverkehr ausübt, ist nicht belanglos. Hinsichtlich der Schifffahrt können folgende Möglichkeiten auftreten. War der Fluß *ursprünglich nicht schiffbar* und ist die Lage reif zu seiner Schiffbarmachung, dann kann ein bedeutender Teil der Kosten der Schifffahrt anbelastet werden. Diese Erwägung kann nicht nur auf ganz unschiffbaren Flüssen zur Geltung kommen, sondern auch bei solchen, die zwar zeitweise schiffbar sind, bei denen aber infolge der vielen schlechten Furten die Schifffahrt für längere Zeit unsicher wird. Ein gutes Beispiel hierfür ist die *Tisza* (Theiß), an der eine große Anzahl schlechter Furten den Schiffsverkehr sozusagen lahmlegt. In solchen Fällen müssen zweifelsohne die ganzen Kosten der Schiffsschleusen zur Last der Schifffahrt geschrieben werden, höchstens das kann noch erwogen werden, ob die Schifffahrt auch noch einen Teil der Kosten für das Stauwerk übernehmen kann, von der Auffassung ausgehend, daß das Stauwerk mit dem Aufstau gleichzeitig mehreren Zweigen der Wasserwirtschaft dienlich ist: der Energieerzeugung, der Schifffahrt und eventuell auch der Bewässerung. Im Extremfall teilt man die Aufwendungen für das Stauwerk in zwei oder drei Teile und dann belasten die Kosten der Schiffsschleuse und ein Drittel der Stauwerkskosten die Schifffahrt. Dies ist als Extremfall zu betrachten, weil er in der Praxis selten vorkommt. In der Regel kann nämlich die Schifffahrt keine so großen Kosten tragen und nach internationalen Erfahrungen war es nur bei sehr regem Schiffsverkehr möglich, außer den Schiffsschleusen auch noch einen Teil des Stauwerkes, ausnahmsweise sogar die ganzen Staukosten der Schifffahrt anzurechnen.

*Wie ist aber diese Frage zu betrachten, wenn es sich um die Kanalisierung eines Flusses handelt, der auch im natürlichen Zustand gut schiffbar ist?* Offenbar kann die Schifffahrt in diesem Fall nicht ohne weiteres mit den Bau der Staustufe belastet werden, da die Vertreter der Schifffahrt oft damit argumentieren, daß der Bau der Staustufe die Schiffbarkeit nicht hebt, sondern im Gegenteil hemmt.

Obwohl diese Argumentation nicht immer gerechtfertigt ist, kann man dennoch im allgemeinen feststellen, daß es an Flüssen, die auch in ihrem natürlichen Zustand einwandfrei schiffbar sind, unbegründet wäre, auch nur einen Teil der Kosten des Stauwerkes der Schifffahrt anzurechnen, ja es ist möglich, daß die Energieerzeugung sogar die Kosten der Schiffschleuse zum großen Teil oder im ganzen tragen muß. Die Schifffahrt hat nur dann zum Bau der Staustufe beizutragen, wenn ihr daraus nachweisbar beachtenswerte Vorteile erwachsen. Nun kann in vielen Fällen nachgewiesen werden, daß der Bau von Staustufen auch an Flüssen, die in ihrem natürlichen Zustand gut schiffbar sind, der Schifffahrt bedeutende Vorteile bringt, die einerseits in der Abkürzung der Fahrzeit, andererseits in Triebstoffeinsparungen zur Geltung kommen. Je größer die natürliche Strömungsgeschwindigkeit des Flusses, desto mehr tritt dieser Gesichtspunkt in den Vordergrund. Die Frage kann an einem extremen Beispiel beleuchtet werden. An einem schnellfließenden Fluß erfolgt die Talfahrt zwar sehr schnell, dafür ist aber die Bergfahrt infolge der großen Strömungsgeschwindigkeit sehr zeitraubend und mühselig. Der Bau von Staustufen bedeutet einen Eingriff in die Schifffahrtsverhältnisse, u. zw. in beiden Richtungen: die Talfahrt wird langsamer, die Bergfahrt dagegen schneller. Diese zwei gegensätzlichen Wirkungen sind aber weder in wirtschaftlicher noch in technischer Hinsicht gleichwertig. In den meisten Fällen kann nämlich nachgewiesen werden, daß der Zeitgewinn und die Triebstoffeinsparung infolge der schnelleren Bergfahrt bedeutend größer sind, als die entsprechenden Verluste infolge der langsamen Talfahrt. Bei einer Hin- und Rückfahrt wird also unbedingt eine Triebstoffeinsparung gebucht werden können, während sich ein Zeitgewinn nur dann zeigen wird, wenn die Fahrtzeitverkürzung größer ist als der Zeitverlust der Schleusungen.

Wirkt sich die Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit in beachtenswertem Maß günstig auf den Schifffahrtsbetrieb aus, dann kann man durch Kapitalisierung der nachweisbaren Einsparungen an Betriebskosten einen Beitrag zur Investition berechnen, der die Aufwendungen für die Schiffschleuse im ganzen oder zum Teil deckt.

Zeitgewinn und Triebstoffeinsparung der Schifffahrt infolge Einstau wurden bisher nur qualitativ festgestellt. Eine zahlenmäßige Lösung dieses Problems auf strenger mathematischer Grundlage hat zuerst Dr. E. MOSONYI gegeben und für einen Sonderfall der Flußkanalisierung der Fünften Weltkraftkonferenz (Wien 1956) eingereicht. Die ganz verallgemeinerte Lösung hat der gleiche Verfasser dem XIX. Internationalen Kongreß für Schifffahrt (London, 1957) vorgelegt. Das Verfahren von MOSONYI wurde von der internationalen Praxis bereits übernommen. Dr. H. FUCHS widmet dem Verfahren von Mosonyi in der Nummer 6/1956 der »Binnenschifffahrtsnachrichten« einen ganzen Artikel, in dem er dessen Anwendbarkeit auf den deutsch—österreichischen kanalisiertem Donauabschnitt nachweist. Dr. O. VAS beruft sich auch in seinem Beitrag zum

Internationalen Schiffahrtskongreß in London (1957) auf die Theorie von MOSONYI.

Der Einstau kann die *Sicherheit der Eisenbahn- und Straßenlinien* gefährden bzw. ist es möglich, daß diese teilweise überstaut werden. In diesem Fall sind Umbau der Eisenbahnlinie bzw. der Straße, Trassenkorrektion, Damm- und Fahrbahnerhöhung, Wellenschutz usw. auf Lasten des Kraftwerkbaus zu verrichten. Schließt sich aber dieser Vorgang an ein Programm zur Entwicklung des Verkehrsnetzes und tritt der Bau einer neuen Eisenbahnlinie oder Straße in den Vordergrund, dann können deren Kosten offenbar nicht den Wasserkraftwerken zugeschrieben werden. Man muß dann Berechnungen durchführen und untersuchen, welche Umbauten auch ohne Kenntnis dieses verkehrsfördernden Programmes zur Lösung der Aufgabe notwendig wären, um die frühere Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Eisenbahn und der Straße aufrechterhalten zu können. Der Beitrag, den die Energiewirtschaft zur Verwirklichung des verkehrsfördernden Programmes leisten kann, ist gleich den Kosten dieser supponierten Umbauten und der zugehörigen zusätzlichen Investitionen.

Eine andere Gruppe der zusätzlichen Kosten kommt der *Entwicklung der Bewässerungen in den anrainenden Gebieten* zugute. Der Bau einer Staustufe bringt der Bewässerung folgende Vorteile :

Der gestaute Wasserspiegel begünstigt die Bewässerung in den anrainenden oder auch weiter entfernt liegenden Gebieten. Der Stau ermöglicht den Bau von Bewässerungskanälen mit Freispiegelentnahme, die die zu bewässernden Flächen oder einen Teil derselben beherrschen. Bei Umleitungskraftwerken kann der Werkgraben bzw. der hochliegende Obergraben den Hauptkanal des Bewässerungssystems bilden. Aber auch darin ist der Einstau von Vorteil, wenn es nicht gelingt, das zu bewässernde Gebiet gravitatisch zu bedienen. Kann ein Pumpen des Bewässerungswassers nicht vermieden werden, dann fällt die Verminderung der Förderhöhe und somit der Betriebskosten für die Bewässerung zugunsten des Staus. Die Landesbewässerung kann daher in beachtenswertem Maß zum Ausbau der Staustufe beitragen, da im Endergebnis der Bewässerung folgende Vorteile zukommen :

a) Einzug neuer Gebiete in die Bewässerung bzw. Möglichkeit der wirtschaftlichen Bewässerung ;

b) grundsätzliche Änderung der Bewässerungsmöglichkeiten, da einzelne Gebiete anstatt des Pumpbetriebes durch Freispiegelentnahme mit Bewässerungswasser versorgt werden können ;

c) Verminderung der Förderhöhe für Gebiete, die nur durch hochgepumptes Wasser versorgt werden können.

Der von der Landesbewässerung bereitzustellende Beitrag läßt sich also folgendermaßen errechnen ; festzustellen ist, welche neue Gebiete in die Bewässerung eingezogen und welche Kosten infolge Schaffung der Bewässerungsmöglichkeit auf das neue Bewässerungssystem übertragen werden können.

Wie groß sind die Kosten der Pumpwerke, deren Bau unnötig geworden ist, weil gewisse Gebiete durch Freispiegelentnahme versorgt werden können. Schließlich sind die Einsparungen infolge Verminderung der Förderhöhe bei den Betriebskosten in Rechnung zu stellen. Auch das darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Stauwerke infolge der Speichermöglichkeit der Stauhaltungen Wasserreserven bereitstellen können, die in extremen Trockenjahren die Sicherheit der Bewässerungswirtschaft erhöhen können, ohne daß dabei die Energieerzeugung in größerem Maß beeinträchtigt würde. Dies ist eine recht schwerwiegende Frage, die an Flüssen mit extremer Wasserführung bei der Bestimmung der Kostenanteile mit großem Gewicht in die Waagschale fällt.

Auch dafür gibt es Beispiele, daß die Sache umgekehrt liegt und die Interessen der Bewässerung so groß sind, daß nicht nur die Aufwendungen für das Stauwerk, sondern auch ein Teil der sonstigen Kosten (eventuell auch jene der Schiffsschleuse) von der Bewässerungswirtschaft getragen werden und nur das Krafthaus im engeren Sinne und dessen zusätzliche Kosten der Energieerzeugung zugeschrieben wird. Häufig werden Staustufen gebaut, bei denen der primäre Zweck die Bewässerung und die Energieerzeugung lediglich eine zusätzliche Verwertung ist. Unter ungarischen Verhältnissen gehören die Staustufen an der *Tisza* größtenteils in diese Gruppe.

Auch der Kostenbeitrag, der auf die Landwirtschaft übertragen werden kann, ist sehr schwer auszuwerten; besonders schwierig gestaltet sich die Berechnung unter stark schwankenden meteorologischen und hydrologischen Verhältnissen. In solchen Fällen erfordert nämlich die Ermittlung der notwendigen Bewässerungsmenge besondere Sorgfalt; zur Einschränkung der übermäßigen Ansprüche an Bewässerungswasser, die wirtschaftlich nicht befriedigt werden könnten, müssen mannigfaltige statistische Untersuchungen eingeleitet werden. Die eingehendere Behandlung dieser Frage gehört aber nicht eng zu diesem Gegenstand. Das von MOSONYI vorgeschlagene derartige Verfahren löst die Frage des Wasserbedarfes für Bewässerungszwecke mit Hilfe einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, die auf die Häufigkeit der Ernteausfälle aufgebaut ist.

Bei Umleitungskraftwerken kann der tiefgeführte Untergraben eine *Absenkung des Grundwasserspiegels* hervorrufen, die sich je nach den geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten auf eine größere oder kleinere Umgebung erstreckt. Diese Grundwasserspiegelabsenkung kann indifferent, nützlich aber auch schädlich sein. Auch diese Frage muß gründlichst untersucht werden; die schädlichen Einflüsse lassen sich folgenderweise aufheben:

a) Einführung von Pflanzenzuchten bzw. von Pflanzenarten, die auch bei tiefer liegendem Grundwasserspiegel gut gedeihen;

b) Bau eines Speisekanalsystems, wie dies beim Kraftwerk *Donzère-Mondragon*, Frankreich, der Fall war. Die Bewässerungskanäle speisen mit

Hilfe von Sinkbrunnen die wasserführende Kiesschicht, die unter der undurchlässigen Bodenschicht liegt.

c) Geländeberieselung, d. h. starke Bewässerung der Landstriche.

Bei der Berechnung der zusätzlichen Kosten infolge dieser Maßnahmen ist wiederum zu erwägen, welcher Anteil der Kosten zur Zurückstellung des ursprünglichen Zustandes genügen würde und wie groß die restlichen Ausgaben sind, wodurch die landwirtschaftlichen Produktionsverhältnisse wesentlich verbessert werden. Offensichtlich braucht man nur den ersterwähnten Kostenanteil der Energieerzeugung anzubelasten.

Schließlich können zusätzliche Kosten auch *im Zuge des Schutzes bzw. der Entwässerung tiefliegender Städte, Gemeinden und Industriegelände* auftreten. Die in der Umgebung solcher Siedlungen oder Industrieanlagen zu erwartenden neuen Zustände müssen von Fall zu Fall untersucht sowie die Aufwendungen für deren Schutz bzw. Entwässerung erwogen werden. Handelt es sich um kleinere Siedlungen, einzelne tieferliegende Häuser oder kleinere Industrieanlagen, dann kann eventuell deren Umsiedlung günstiger sein als ihr Schutz. Diese Frage wird nicht eingehender behandelt, weil allgemeingültige Grundsätze nur schwer angeführt werden könnten; die örtlichen Gegebenheiten bestimmen die Art der Lösung und somit die Größe der zusätzlichen Kosten. Im allgemeinen kann bemerkt werden, daß diese Kosten bei der Kanalisierung von Flachlandflüssen zumeist nicht vernachlässigt werden und die Investition mit erheblichen zusätzlichen Kosten belasten können.

2. Der *zweite* wichtige Schritt bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Energieerzeugung besteht in der Aufteilung der *Betriebskosten*. Die Betriebskosten sind in der Hinsicht zu überprüfen, welche der regelmäßig oder unregelmäßig auftretenden Kosten zum Teil oder ganz auf einen anderen Zweig der Volkswirtschaft übertragen werden können. Einerseits gehört diese Frage nicht eng zu der hier gesteckten Aufgabe, andererseits sind im Zuge der Aufteilung sinngemäß die gleichen Grundsätze zu beachten wie bei der Trennung der Investitionen. Offenbar gibt es auch hier Kosten, die scharf und klar aufgeteilt werden können. Von einzelnen Betriebskosten kann man unschwer feststellen, daß sie die Kosten der Energieerzeugung erhöhen, während von anderen eindeutig festgestellt werden kann, daß sie im Dienst oder im Zuge der Entwicklung eines anderen volkswirtschaftlichen Zweiges auftreten. Es können sich aber Kosten ergeben, die außerordentlich schwer, eventuell nur *schätzungsweise* aufgeteilt werden können. So werden die Pumpkosten zwischen den *Binnenwässern und Sickerwässern* sehr schwer aufgeteilt werden können, weil es recht schwierig wäre, die tatsächlichen Binnenwässer und das Plus an Sickerwasser infolge des Einstaues in jedem Fall genau zahlenmäßig zu trennen.

Im allgemeinen wird es zweckmäßig sein, *die den Kraftwerksbetrieb nicht direkt betreffenden Mehrkosten in drei Teile zu trennen*, u. zw. auf Betriebs-

kosten der Landwirtschaft, des Verkehrs und schließlich die Mehrkosten der Siedlungen bzw. Industrieanlagen.

Zur richtigen Erfassung der Jahreskosten muß man die Betriebskosten in noch einer Hinsicht untersuchen: vom Gesichtspunkt der »negativen« Betriebskosten, d. h. der Senkung der Betriebskosten. In diesem Sinne kann von *positiven und negativen zusätzlichen Betriebskosten* gesprochen werden. Als *positiv* bezeichnet man jene, bereits erwähnten Betriebskosten, die im Zusammenhang mit dem Bau des Kraftwerkes auftreten und zum Teil oder ganz der Energieerzeugung bzw. der Entwicklung eines anderen Zweiges der Volkswirtschaft zur Last geschrieben werden können.

Demgegenüber kann aber infolge des Kraftwerkbaues eine in mancher Hinsicht neue Lage entstehen, die es ermöglicht, daß auf andere wasserwirtschaftliche Zweige kleinere Betriebskosten fallen als bisher bzw. daß man zur Weiterentwicklung eines Zweiges der Wasserwirtschaft geringere Betriebskosten bereitstellen muß als in dem Fall, wenn das Kraftwerk nicht erbaut würde, wie z. B. Senkung der Pumpkosten oder stellenweise deren gänzlicher Wegfall als Folge des Einstaues. Ein anderes Beispiel aus dem Verkehrswesen: infolge Ausbau eines Flußkraftwerkes oder eines schiffbaren Werkgrabens können die Betriebskosten der Remorkierung in bedeutendem Maß sinken. *Das Wegfallen oder Sinken der Betriebskosten anderer volkswirtschaftlicher oder wasserwirtschaftlicher Zweige (die negativen Kosten) sind im Zuge der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Kraftwerkes entsprechend zu beachten*, da solche Umstände die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes offenbar günstig beeinflussen.

Diese Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftnutzung läßt sich an Hand zweier Abfassungen nachweisen.

1. Man nimmt an, daß die bei anderen Zweigen *eingesparten Betriebskosten zur Betriebsführung des Kraftwerkes beitragen*, daß also die Summe der andernorts ersparten Betriebskosten von den Betriebskosten des Kraftwerkes abgezogen werden.

2. Man kann auch davon ausgehen, daß es sich für *andere Zweige rentiert, mit einer bestimmten Summe zu den Investitionen des Kraftwerkes bzw. der ganzen Staustufe beizutragen*, weil ihre Betriebskosten in einem berechneten oder voraussehbaren Maß sinken. In diesem Falle bleiben die Betriebskosten des Kraftwerkes unverändert, dafür sinken aber dessen Investitionskosten.

Schließlich sollen auch über die während des Kraftwerkbaues oder auch später wiederholt auftretenden Schäden einige Worte gesagt werden. Ihre nähere Behandlung erübrigt sich aber, denn die Schäden sind geradeso aufzuteilen wie die sonstigen Kosten: *während des Baues* sind die notwendigen Entschädigungen den Investitionskosten hinzuzurechnen, während die *jährlich oder periodisch auftretenden* Schäden den Betriebskosten gleichzustellen sind.

### Schrifttum

1. BAUER, L.—ERBACHER, W., Regelung des Internationalen Energieaustausches und Frequenzhaltung. Österr. Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft 6, 100/6 (1953).
2. Genfer Konvention über die Nutzung von Wasserkraften, an der mehrere Staaten interessiert sind, vom 9. 12. 1923. Soc. des Nations J. Off. (1924) S. 289.
3. Deutsche Verbundgesellschaft: Deutschland und die Österreichischen Alpenwasserkraften. Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft 6, 66/71 (1953).
4. GRÉZEL, P.—CASTILLON, L., Le développement des échanges d'énergie électrique entre la France et les pays limitrophes et les possibilités de relation électriques entre la France et l'Autriche. (Österr. Z. f. Elektrizitätswirtschaft 6, 71/79 (1953).
5. Rapport du Comité permanent de droit international public de Rio de Janeiro, sur les principes généraux qui pourraient faciliter la conclusion d'accords régionaux entre états limitrophes, au sujet de l'utilisation à des fins industrielles ou agricoles des eaux des fleuves internationaux. 23. Juli 1932.
6. Aspects juridiques de l'aménagement hydroélectrique des fleuves et des lacs d'intérêt commun. Genf. 1950. Deutsche Ausgabe besorgt von L. Wolf 1951.
7. SMITH, H. A., The Economic Uses of International Rivers. London 1931.
8. STEINHAUSER, L., Ausnützung von Grenzwasserkraftwerken. Elektrizitätswirtschaft 51, 484/89 (1952).
9. WOLF, L., Der Ausbau internationaler Wasserkraften in Europa (1953).

### Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie beschäftigt sich der Verfasser mit der Verteilung der erzeugten elektrischen Energie und der Aufteilung der mit dem Ausbau des Kraftwerkes verbundenen Kosten.

Für die Verteilung der erzeugten Energie werden verschiedene Grundsätze vorgeschlagen. Bei der Aufteilung des Kostenaufwandes für den Ausbau des Kraftwerkes werden drei prinzipielle Fälle beantwortet, und zwar:

a) Welcher Teil der Investitionskosten dem Ausbau des Kraftwerkes bzw. des Kraftwerkssystems und hiermit der Energieerzeugung zur Last fällt.

b) Welcher Art jährliche oder periodische Betriebskosten auftreten. Von diesen ist ebenfalls der die Energieerzeugung belastende Anteil auszuwählen.

c) Welcher Art einmalige oder periodisch wiederkehrende Schäden — einerseits beim Bau, infolge Herstellung der Bauwerke, andererseits im Betrieb, als Folge des Staus bzw. der Triebwasserumleitung nachweisbar sind, die dann wiederum in die Energieerzeugung belastende und sonstige Schäden getrennt werden sollen.

Prof. a. D. J. KLÁR, Budapest XI. Budafoki út 4.