

STAND UND PERSPEKTIVEN DER WASSERKRAFTNUTZUNG IN UNGARN

E. KERTAI

Institut für Wasserwirtschaft und Wasserbau,
Technische Universität, H-1521 Budapest

Eingegangen am 29 März 1984

Summary

Hungary is in possession of rather little hydroelectric power and so its part in the electric energy production hardly comes up to 1 percentage. Taking into consideration, however, that the country has not plenty of other energy sources either and that one third of her claim of electric energy is covered by import, due attention must be paid to these possibilities, too.

The Institute of Water Economy valued the presently available hydro-electric power to 1070 MW and 4.5 TWh resp. The hydroelectric plants now in operation have a total capacity of 50 MW their annual energy production being 217 GWh. From the Gabčíkovo—Nagymaros Barrage System Hungary's share will be 440 MW and 1800 GWh resp., so still 580 MW and 2.5 TWh resp. are waiting for building. Preparatory work is going on in connection with the river Tisza barrage system of Csongrád and the possibilities of utilization of the section of the river Dráva at Hungarian Yugoslavian border are studied.

Einleitung

Auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung sind im letzten Jahrzehnt bedeutende Veränderungen in der Welt eingetreten, die durch Erhöhung des Energiebedarfes, vor allem durch die schlagartige Erhöhung des Ölpreises hervorgerufen worden sind. Um Ersatz für die Ölkraftwerke zu finden, wendete sich die Aufmerksamkeit neben den Atomkraftwerken wieder den klassischen Energieträgern, unter ihnen der Wasserenergie zu. Das war durch die folgenden günstigen Beschaffenheiten der Wasserkraftwerke gerechtfertigt:

- Nutzung einer sich erneuernden Energiequelle
- Unabhängigkeit des Kraftstoffes von den Preiserhöhungen des Weltmarktes
- Durch Speicherung Möglichkeit zur Deckung des Spitzenbedarfs
- Verhältnismäßig kein großer Flächenbedarf
- Keine Umweltverunreinigung. Durch die Wasserkraftwerke wird weder Luft- noch Gewässer- oder Bodenverunreinigung hervorgerufen, auch besteht keine Wärme- und Strahlenwirkung.
- Möglichkeit für Mehrzwecknutzung.

Die Erhöhung des Ölpreises über das Zehnfache brachte auch die Umwertung der wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraftvorräte mit sich, ein Umstand, der zur Nutzung bedeutender Vorräte führte, an die man früher gar nicht denken konnte. Die Weltenergiekonferenz 1980 schätzte den nutzbaren Wasserkraftvorrat im Gegensatz zu 9800 TWh im Jahre auf 19 390 TWh. Die Wasserkraftnutzung nahm einen neuen Aufschwung. In der ganzen Welt werden unzählige Wasserkraftwerke erbaut und umfassende Pläne zur Erschließung der Möglichkeiten aufgestellt. Die voraussichtliche Gesamtenergieerzeugung der Kraftwerke im Bau- und Projektierungszustand kommt der des bisher ausgenutzten Wasserkraftvorrats gleich. Da bisher lediglich 16% des nutzbaren Wasserkraftvorrats ausgebaut worden sind, harren noch erhebliche Vorräte der Ausnutzung. Als ein Beweis für die Bedeutung der Wasserenergie soll erwähnt werden, daß 23% der Elektrizitätserzeugung im Weltmaßstab aus dieser Quelle stammen. Dieser Anteil ist bedeutend auch wenn der Anteil der Atomkraftwerke, der zur Zeit 10% beträgt, der Vermessung der Internationalen Atomenergie-Agentur entsprechend, im Jahre 1990 18% erreichen wird.

Was Ungarn betrifft, muß vorangehend bemerkt werden, daß die Wasserenergie keine bedeutende Rolle in unserer Energiewirtschaft spielt. Den Angaben der Ungarische Elektrizitätswerke Trust entsprechend liegt der Anteil der Wasserkraft in der Elektrizitätserzeugung unter 1%. Es stellt sich jedoch die Frage, ob dieser Anteil die aus dem Wasserkraftvorrat des Landes ergebenden Möglichkeiten treu widerspiegelt.

Ungarn ist arm an Energieträgern. Ein Drittel unseres Bedarfs an elektrischer Energie wird aus Import gedeckt, und obwohl das Land zweifellos nur über einen bescheidenen Wasserkraftvorrat verfügt, ist den Möglichkeiten auf diesem Gebiet besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Der Stand, die bisher erzielten Ergebnisse und die Perspektiven der Wasserkraftnutzung des Landes können im Spiegel dieser bescheidenen Möglichkeiten bewertet bzw. charakterisiert werden.

Wasserkraftvorrat in Ungarn

Mit der Ermittlung des Wasserkraftvorrats von Ungarn befaßte sich als Erster, Ede Viczián, der die Ergebnisse seiner Untersuchungen im Buch „Magyarország vízerői“ (Die Wasserkräfte von Ungarn) im Jahre 1905 veröffentlicht hat. Außer ihm stellten noch viele Fachleute Informationen über den Wasserkraftvorrat zusammen, diese erstrecken sich jedoch einerseits nicht auf alle Wasserläufe und verwenden andererseits auch für die Abflußmengen,

die der quantitativen Ermittlung zugrunde liegen, unterschiedliche Daten. Für alle wichtigen Wasserläufe in Ungarn hat als Erster, in den Jahren 1945-48, Emil Mosonyi — aufgrund der durch die Weltenergiekonferenz angenommenen Grundsätze — den theoretischen Wasserkraftvorrat bestimmt. Diese Daten wurden später durch das Entwurfsbüro für Wasserbau überprüft und einigermaßen geändert. In Anbetracht der Vernachlässigungen bei den Berechnungen kann das Ergebnis als unverändert betrachtet werden. Die neueste Zusammenstellung wurde durch das Institut für Wasserwirtschaft bereitet.

Dieser Zusammenstellung entsprechend läßt sich der anhand einer 70 Jahre umfassenden Datenreihe ermittelte Wasserkraftvorrat Ungarns durch die nachfolgenden Leistungs- bzw. Energiewerte kennzeichnen:

$$\begin{array}{ll} P_{30} = 1300 \text{ MW} & E_{30} = 8550 \text{ GWh} \\ P_{50} = 990 \text{ MW} & E_{50} = 7450 \text{ GWh} \\ P_{95} = 430 \text{ MW} & E_{95} = 3780 \text{ GWh} \end{array}$$

Der Wasserkraftvorrat der kleinen Wasserläufe beträgt außerdem etwa 47 MW (50 prozentige theoretische) Leistung und 320 GWh theoretische Energie. (Die Indexzahlen 30, 50, 95 weisen auf Abflußmengen gleicher Wahrscheinlichkeit hin.)

Am potentiellen Wasserkraftvorrat ist die Donau mit 72%, die Theiß mit 10%, die Drau mit 9%, die Raab und die Hernád zusammen annähernd mit 5% anteilig. Der theoretische Wasserkraftvorrat der wichtigsten Wasserläufe ist in Tabelle 1. enthalten.

Das Institut für Wasserwirtschaft schätzt die Möglichkeiten, die den zeitgemäßen Erfordernissen in der Nutzung entsprechen bzw. weiter zu untersuchen sind, insgesamt auf $P_{\text{Wass}} = 1070 \text{ MW}$ bzw. $E_{\text{Wass}} = 4,5 \text{ TWh}$ und zwar:

Donau	700 MW	3200 GWh
Theiß	120 MW	500 GWh
Drau	155 MW	600 GWh
Raab	59 MW	118 GWh
Hernád	33 MW	85 GWh
	<hr/>	
	1067 MW	4503 GWh

Ihre Realisierung würde eine 53 prozentige Nutzung des 30 prozentigen theoretischen Wasserkraftvorrats der Landes bedeuten.

Tabelle 1
Theoretischer Wasserkraftvorrat der wichtigsten Wasserläufe

Wasserlauf	P_{30} MW	P_{50} MW	P_{95} MW	E_{30} GWh	E_{50} GWh	E_{95} GWh
Duna	884	707	320	5970	5348	2805
Dráva	117	88	46	781	680	399
Mura	13	10	4,8	87	76	42
Sió	4,5	2,6	0,5	25	18	4,8
Ipoly	3,2	1,5	0,2	16	10	1,8
Rába	33	24	13	219	187	110
Lajta	1,3	1,1	0,4	8,7	7,9	3,3
Insgesamt:	1056,0	834,2	384,9	7106,7	6326,9	3365,9
Tisza	157	99	27	912	718	239
Maros	13	8	4,5	78	59	39
Körösök	7,5	4,8	1,6	44	35	14
Sajó	24	15	5,2	143	111	46
Hernád	28	19	6,5	170	139	57
Bodrog	3,9	2,2	0,5	21	15	4,7
Kraszna	0,5	0,2	0,1	2,4	1,6	0,6
Szamos	15	6,9	2,2	77	50	19
Insgesamt:	248,9	155,1	47,6	1447,4	1118,6	419,3
Summiert:	1305	989	433	8554	7446	3785

Dieser nutzbare Wasserkraftvorrat ist zwar bescheiden, kann aber doch nicht außer Acht gelassen werden. Seine Bedeutung kann am besten durch einen Vergleich mit dem Bedarf des Landes an elektrischer Energie (E_{el}) wahrgenommen werden, der durch die nachfolgende Zahlenreihe charakterisiert wird:

Jahr:	1960	1965	1970	1975	1980	1982
E_{el} (TWh)	8,1	12,5	17,9	24,7	31,3	33,5
E_{Wass}/E_{el} (%)	56	36	25	18	14,4	13

Dementsprechend wäre es im Jahre 1960 möglich gewesen, 56% des Gesamtbedarfs aus Wasserenergie zu decken. Da die Ansprüche sehr schnell zunehmen und der Wasservorrat sich nicht ändert, verringert sich dieses Verhältnis immer mehr. Die Bedeutung unseres Wasserkraftvorrats ist aber trotzdem bemerkenswert. Die Bruttoerzeugung des Elektrizitätssystems in Ungarn betrug im Jahr 1982 24,7 TWh, wobei der Anteil der Wasserenergie

daran noch immer 18% war. Dieser Wert wird sich zur Jahrtausendwende auf 3 bis 5% verringern, bezogen auf die voraussichtlich der gegenwärtigen ähnliche Importenergie macht dieser Wert jedoch 18 bis 20% aus.

Vergangenheit und gegenwärtiger Stand der Wasserkraftnutzung

Die Wasserkraftnutzung geht auch in Ungarn annähernd auf ein Jahrtausend zurück. Vom 11. bzw. 12. Jahrhundert an werden in den erschlossenen Urkunden, vor allem in den Donationsurkunden Hunderte von Wassermühlen erwähnt. Die Wasserkraftnutzung war bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts neben der Dampfenergie eine der grundlegenden Formen der Energierzeugung, vor allem in der Mühlenindustrie. Laut Statistik des Jahres 1885 waren auf dem damaligen Gebiet Ungarns 22 647 Wasserräder und 99 Turbinen mit rund 76 000 PS (56 MW) in Betrieb. Von der Jahrhundertwende an begannen einige Wassermühlen auch elektrischen Strom zu produzieren, uzw. an den Wasserläufen Gyöngyös, Pinka und Klein-Raab, dann an der Rabnitz, Leithe und Séd. Die Entwicklung der Wasserkraftnutzung wurde durch das Erscheinen der Turbinen gefördert. Zur Entwicklung der Turbinen haben auch ungarische Ingenieure beigetragen. 1917 hat unser großer Wissenschaftler, Donát Bánki die nach ihm benannte und allbekannte Durchströmturbine (Bánki-Turbine) konstruiert.

Die erwähnten Wasserkraftwerke niedriger Leistung befriedigten nur lokale Bedürfnisse und dienten im allgemeinen lediglich einem Zweck — der Energierzeugung. Ihre Bedeutung in der gegebenen Zeit darf jedoch nicht unterschätzt werden. Die günstigen Eigenschaften der Wasserkraftwerke werden auch dadurch bewiesen, daß das im Jahre 1896 erbaute Wasserkraftwerk Ikervár auch heute noch in Betrieb ist.

Unsere Flüsse sind Flachlandflüsse, haben folglich niedrige Gefälle, was für die Wasserkraftnutzung ungünstig ist. Sie können jedoch auf eine komplexe Weise nutzbar gemacht werden, da sie sowohl Industrie- als auch Agrargebiete berühren, die Investierkosten der Staustufen sich also unter den interessierten Volkswirtschaftszweigen verteilen. Folglich werden Wasserkraftwerke nur dann und dort errichtet, wenn und wo die Voraussetzungen für die komplexe Nutzung gegeben sind. Dementsprechend wurden an der Theiß die Staustufen Tiszalök und Kisköre ausgebaut und wird zur Zeit das Staustufensystem Gabčíkovo (Bős)-Nagymaros an der Donau erbaut.

Gegenwärtig sind in Ungarn 37 Wasserkraftwerke in Betrieb. Davon sind 26 sog. Kleinstkraftwerke mit einer eingebauten Leistung unter 100 kW. Die Wasserkraftwerke Tiszalök und Kisköre übertreffen an Bedeutung weitaus die anderen. Erwähnenswert ist noch das Kanalkraftwerk Kesznyéten an der Hernád. Die Wasserkraftwerke in Betrieb liefern insgesamt 50 MW Leistung und im Jahr durchschnittlich 217 GWh Energie, d. h. etwas unter 1% der gegenwärtigen Energieerzeugung des Landes. Die Zahlen weisen auf einen verhältnismäßigen Rückstand der Wasserkraftnutzung in Ungarn hin, wofür die Gründe darin zu suchen sind, daß

- die Wasserkraftwerke neben ihrer vielseitigen günstigen Beschaffenheiten gegenüber anderen Formen der Energieerzeugung im allgemeinen größere Investitionen erfordern und die immer beschränkten Investitionsmöglichkeiten dazu zwingen, den dynamisch wachsenden Energiebedarf durch Realisierung von Varianten zu decken, die bei gleicher Investitionssumme eine größere Leistung gewährleisten, auch wenn an die Inbetriebhaltung dieser gegenüber dem Betrieb der Wasserkraftwerke, ständig eine mehrfache Summe aufzuwenden ist.
- Niederdruck-Flußkraftwerke nur bei einer Mehrzwecknutzung wirtschaftlich sind, da in diesem Fall die Kosten sich unter der betroffenen Volkswirtschaftszweigen verteilen lassen, die Notwendigkeit der Mehrzwecknutzung von Staustufen hat sich jedoch in der Vergangenheit nicht in dem Maße gestellt wie heute.
- Kein Energiemangel im Weltmaßstab aufgetreten ist und die andern Energiequellen praktisch unerschöpflich zu sein schienen.

Durch den im Jahre 1965 genehmigten Landesrahmenplan für Wasserwirtschaft wurde der Ausbau von fünf Staustufen an der Theiß bei Vásárosnamény, Dombrád, Tiszalök, Kisköre und Csongrád vorgesehen, von denen die Staustufen Tiszalök und Kisköre erbaut, für die von Csongrád Vorbereitungsarbeiten durchgeführt worden sind.

Die Staustufe Tiszalök ermöglicht gegenwärtig durch den anschließenden Östlichen bzw. Westlichen Hauptkanal die Bewässerung eines Gebietes von 60 000 ha und versorgt Fischteiche von 7000 ha mit Wasser. Aus dem Östlichen Hauptkanal wird $10 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser der Körös zugeführt, wodurch dem Wassermangel des Raumes erheblich abgeholfen wird. Außerdem spielt er eine wichtige Rolle in der Wasserversorgung der Stadt Debrecen. Das Wasserwerk von Debrecen wird über eine 18 km lange Fernleitung aus dem Östlichen Hauptkanal mit Wasser beliefert. Über der Staustufe kann etwa 10 Millionen m^3 Wasser gespeichert werden. Durch die Stauung entstand an der

Theiß zwischen Tiszalök und Komoró eine europäische Wasserstraße IV. Klasse und auch die Bodrog wurde bis zur Landesgrenze schiffbar. Das ausgebaute Wasserkraftwerk hat eine Leistungsfähigkeit von 11,5 MW, seine durchschnittliche Energieerzeugung im Jahr beträgt 54 kWh.

Die Staustufe Kisköre und die daraus abzweigenden Anfangsabschnitte der Hauptkanäle wurden 1973 in Betrieb gesetzt. In den nächsten Bauabschnitten wird der Stausee erbaut und das Bewässerungssystem weiter ausgebaut. Der Stausee wird zwischen den Schutzdämmen ausgebaut, eine Lösung, die auch im Weltmaßstab neuartig ist. Sein Fassungsvermögen wird nach dem endgültigen Ausbau 400 Millionen m³ betragen, wodurch die Bewässerung 300 000 ha landwirtschaftlichen Gebietes ermöglicht wird und die Industriebetriebe des Raumes mit einer bedeutenden Menge Wasser beliefert werden. Die Wasserstraße der Theiß verlängert sich um 120 km. Das Wasserkraftwerk wird bei einer Leistung von 28 MW im Jahr durchschnittlich 116 Millionen kWh Energie erzeugen. Das Wasser überflutet gegenwärtig bei einer Stauhöhe von 89 m ü.M. mit verschiedenen Tiefen ein Hochwasserbett von 90 km². Unter diesen Bedingungen kann eine Wassermenge von 120 Millionen m³ gespeichert werden, die bis zur Jahrtausendwende ausreichen wird, wenn man beachtet, daß der Wasseranspruch langsamer zunimmt als es vorgesehen wurde.

Die Staustufen Tiszalök und Kisköre sind seit 30 bzw. 10 Jahren in Betrieb und während dieser Zeit haben sie den in den Projekten festgelegten technischen Anforderungen in jeder Hinsicht entsprochen. Was die wirtschaftliche Seite der Anlage betrifft, erlitt die Nutzung der Staustufe Tiszalök — wegen ungenügend abgestimmter Vorbereitung der interessierten Volkswirtschaftszweige — eine gewisse Verzögerung, während die Nutzung der Staustufe Kisköre dem vorgesehenen Tempo entsprechend vorgeht, da aus den bei der vorigen Anlage gesammelten Erfahrungen die Lehre gezogen worden ist. Das ist das erste Wasserwirtschaftssystem für einen Großraum, wodurch die Aufgaben der Wasserwirtschaft abgestimmt nicht nur aufeinander, sondern auch auf die allgemeine wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung des Raumes für mehrere Jahrzehnte gelöst werden. Das Wasserdargebot nimmt zu, durch den Anschluß des Industriekomplexes Leninváros der Verbrauch an Betriebswasser auch, die Schifffahrt entwickelt sich und die Wasserkraftanlage liefert sehr billig — für die Hälfte des Landesdurchschnitts die elektrische Energie in der ihrer Kapazität entsprechenden Menge. Es ist zu betonen, daß sich die Umwelteinflüsse planmäßig gestalteten, das Stauseewasser von guter Qualität ist, unter dem Einfluß der Sickerkanäle entlang des Speichers das Grundwasser auf optimalem Niveau gehalten werden kann, die umliegenden Gebiete sich in einer günstigeren Lage als früher befinden.

Die umwelt- und landschaftformende Rolle der Wasserkraftwerke verdient ebenfalls einige Worte. Bereits vor einem Jahrhundert beachtete man, daß Wasserbauten sich harmonisch der Umgebung anpassen. Diese Tradition wird auch heute fortgesetzt. Ein Umstand, der angesichts der sich immer verengenden Naturumgebung für den Menschen von unermeßlicher Bedeutung ist.

Die Staustufe Tiszalök mit dem Östlichen und Westlichen Hauptkanal ist ein überzeugendes Beispiel der Umwelt- und Landschaftsgestaltung. Der Park von der Fläche 35 ha und das Erholungsgebiet von der Fläche 50 ha um die Staustufe stellen einen beliebten Ausflugsort des Raumes dar. Die Hauptkanäle mit ihren grünen Uferstrichen machen heute bereits den Eindruck eines natürlichen Wasserlaufes. Am Ufer des Östlichen Hauptkanals, der in der Volkssprache den Namen, Neue Theiß hat, sind bereits bis jetzt über tausend Wochenendhäuser gebaut worden.

Die Einfügung des Speichers Kisköre in die Landschaft nimmt ebenfalls guten Fortgang. Die Bucht von Abádszalók mit einer Wasserfläche, die der des Velenceer Sees entspricht, entfaltet sich allmählich zum Erholungsgebiet des Raumes. Unter Heranziehung kleiner Inseln und die einzelnen Wasserflächen verbindender Spülkanäle vereinigt der zukunftsweisende Raumordnungsplan den Charakter der wildromantischen Theißegend des vorigen Jahrhunderts mit den Erfordernissen der kultivierten Erholung am Wasser.

Die im Laufe des Ausbaus und des Betriebs der beiden Staustufen gewonnenen Erfahrungen beweisen weitgehend, daß die ungarischen Fachleute für Wasserbau, Strömungsmaschinen und Elektrotechnik auch der Lösung größerer Aufgaben gewachsen sind.

Die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung des Landes, die veränderten Verhältnisse erfordern die Nutzung der unermeßlichen immanenten wirtschaftlichen Kraftquellen der Donau und zeitigten den Ausbau des ersten Staustufensystems an diesem Fluß.

Im Landesrahmenplan für Wasserwirtschaft wurden an der Donau vier Staustufen vorgesehen: zwei Staustufen an dem gemeinsamen ungarisch-tschechoslowakischen Donauabschnitt und die weiteren bei Adony bzw. Fajsz. Diese passen sich den durch den RGW erarbeiteten Planen für die komplexe Nutzung der Donau an.

Das Staustufensystem Gabčíkovo (Bős)—Nagymaros ist nach jahrzehntelanger sorgfältiger Vorbereitungsarbeit im Bau begriffen, wird durch die Tschechoslowakei und Ungarn gemeinsam erbaut. Die Arbeit erstreckt sich auf den ganzen Donauabschnitt zwischen Bratislava (Pozsony) und Budapest, so daß beide Staaten sowohl an den Aufwendungen als auch an den

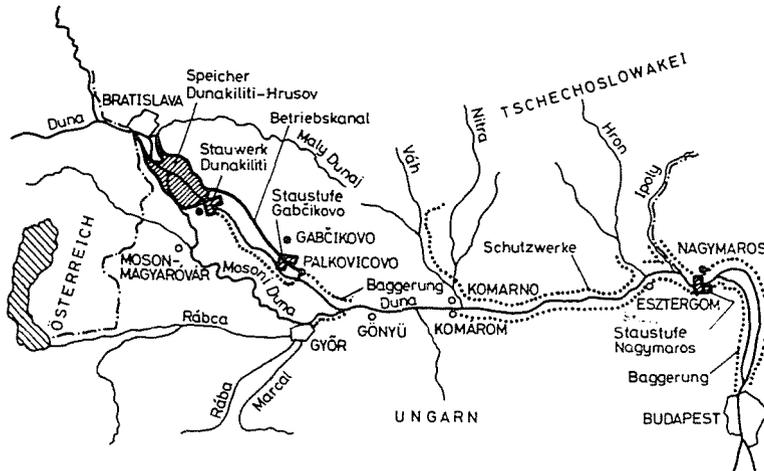


Abb. 1. Staustufensystem Gabčíkovo (Bős)—Nagyymaros

Ergebnissen den gleichen Anteil haben. Die Inbetriebsetzung wurde durch die Vereinbarung der Ministerpräsidenten der beiden Länder vom 10. October 1983 für 1994 vorgesehen.

Die Anlage wird aus zwei Stufen: aus der Wasserkraftanlage Gabčíkovo mit Triebwasserkanal und dem Flußkraftwerk Nagyymaros bestehen (s. Abb. 1). Das Wasserkraftwerk Gabčíkovo und der dazugehörige Triebwasserkanal werden auf tschechoslowakischem Gebiet, das Stauwerk Dunakiliti und das Wasserkraftwerk Nagyymaros auf ungarischem Gebiet erbaut. Sie bilden ein einheitliches, zusammenarbeitendes, komplexes System.

Die wichtigsten Anlagen des Wasserkraftwerks Gabčíkovo sind das bei Dunakiliti auszubauende Stauwerk, der anschließende, von Schutzdeichen umringte Speicherbecken von 49 Millionen m³ Nutzinhalt sowie der daher ausgehende etwa 25 km lange Triebwasserkanal und die bei Gabčíkovo zu erbauende Wasserkraftanlage, mit Schiffschleusen. Bei Nagyymaros wird die aus dem Stauwerk, der Wasserkraftanlage und den Schiffschleusen bestehende Staustufe im Bett der Donau ausgebaut. Die sich hier ergebende günstige Möglichkeit wird zum Bau einer Verbindungsstraße zwischen den beiden Ufern über die Staustufe ausgenutzt. In die Wasserkraftanlage werden Rohrturbinen eingebaut, die die Ausgestaltung eines niedrigen Krafthauses ermöglichen, so daß die Staustufe sich schön in das Tal einschmiegen kann.

Das Staustufensystem Gabčíkovo (Bős)-Nagyymaros ist sowohl für Energetik, Schifffahrt und Wasserwirtschaft, als auch für Raumplanung, Erholung und Fremdenverkehr von sehr großer Bedeutung. Die beiden Wasserkraftanlagen werden bei einer eingebauten Gesamtleistungsfähigkeit von 878 MW, im

Jahresdurchschnitt 3,6 TWh, größtenteils Spitzenenergie erzeugen, deren Hälfte Ungarn zusteht. Die Voraussetzungen für die Schifffahrt werden wesentlich besser. Die Teilung der Wasserableitung durch die verstärkten Schutzdeiche und den Triebwasserkanal resultiert in einer erheblichen Verringerung der Hochwassergefahr. Der Einfluß des Staufensystems auf die allgemeine Entwicklung des Raumes läßt sich zahlenmäßig nicht erfassen, ist aber von hervorragender Bedeutung.

Der sowohl hinsichtlich des Volumens als auch der Auswirkungen als großangelegt geltender Eingriff in das Regime der Donau — der bloß mit der Regelung der Theiß zu vergleichen ist — warf selbstverständlich auch Probleme von ähnlicher Größenordnung auf. Diese werden durch den Plan aufgrund von eingehenden Studien sowie Labor- und Großversuchen die von den Forschern und Projektanten beider Länder durchgeführt und aufeinander abgestimmt wurden, befriedigend gelöst, während einige offene Fragen — unter Beachtung bisher bei keiner Investition wahrgenommener außerordentlich umfassender gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Diskussionen, Beiträge, Vorschläge — weiteren Prüfungen unterworfen bzw. aufgrund von Verwertung der Betriebserfahrungen gelöst werden.

Möglichkeiten der Entwicklung

Der nutzbare Wasserkraftvorrat Ungarns wurde durch das Institut für Wasserwirtschaft — wie früher schon erwähnt — auf 1070 MW bzw. 4,5 TWh geschätzt. Unter Berücksichtigung der Leistung von 50 MW bzw. der Energieerzeugung der Wasserkraftwerke, die bereits in Betrieb sind, sowie der Leistung von 439 MW bzw. der Energieerzeugung von 1,8 TWh des im Bau begriffenen Staustufensystems Gabčíkovo (Bős)-Nagymaros, beträgt die Gesamtleistung der Wasserkraftwerke, deren Ausbau noch in Betracht kommen kann 580 MW bzw. 2,5 TWh. Dazu kommen noch die Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung kleiner Wasserläufe.

Die Aktualität der für die Donau vorgesehen Wasserkraftwerke Adony und Fajsz ist von der Zunahme des Schiffverkehrs und von anderen Anspruchsanmeldungen der Volkswirtschaft abhängig. In der nächsten Zukunft ist ihr Ausbau nicht zu erwarten. Für das Wasserkraftwerk Adony wurde eine Leistung von 150 MW und eine Energieerzeugung von 775 GWh im Jahresdurchschnitt, für Fajsz 100 MW bzw. 650 GWh vorgesehen.

An der Theiß sind nach den Staustufen Tiszalök und Kisköre noch weitere drei vorgesehen, von denen für die Staustufe Csongrád bereits Vorbereitungsarbeiten ausgeführt worden sind. Mit dieser Staustufe wird die

Kanalisation der Theiß zwischen Záhony und der Einmündung in die Donau vollständig werden, wodurch die unbehinderte Schifffahrt für die Gesamtlänge des Flußes gewährleistet wird. Es wurde noch nicht entschieden ob bei der Staustufe ein Wasserkraftwerk ausgebaut werden soll, oder nicht. Nach der Studie zu diesem Thema würde die Leistung des hier zu erbauenden Wasserkraftwerkes 15-21 MW bzw. 60-100 GWh betragen. Der Ausbau der beiden obersten Staustufen scheint noch nicht aktuell zu sein.

Am ungarischen Abschnitt der Drau und der Mur gibt es gegenwärtig keine Wasserkraftnutzung. Mit der komplexen Nutzung des Drauabschnittes, an dem sowohl Ungarn als auch Jugoslawien interessiert sind, befassen sich die Projektanten beider Länder unter der Leitung des Ungarisch-Jugoslawischen Ausschusses für Wasserwirtschaft nahezu seit zwei Jahrzehnten. Aufgrund der eingehenden Untersuchungen wurden die Standorte der Wasserstufen bei Djurdjevac, Barcs, Moslavina und Osijek (Eszék) bestimmt. Die Vorbereitung des Staustufensystems Djurdjevac-Barcs wurde bereits eingeleitet. Neben der Nutzung der Wasserenergie des Flußes hat die komplexe Nutzung der Wasserstufen den Hochwasserschutz, die Flußregelung, die Sicherung der Wasserstraße und die Befriedigung der Wasserbewertungsansprüche zum Zweck.

Für die vier Wasserstufen wurden folgende Leistungen und Energieerzeugungen vorgesehen:

	<i>P</i> (MW)	<i>E</i> (GWh)
Djurdjevac	125	728
Barcs	78	382
Moslavina	47	232
Osijek (Eszék)	35	186

Der Anteil Ungarns an der Leistung der Wasserkraftwerke Djurdjevac und Barcs beträgt etwa 70 MW bzw. 330 GWh. Durch den Landesrahmenplan für Wasserwirtschaft wurde an der Mur ein Wasserkraftwerk mit einer Leistung von 30 MW und einer Energieerzeugung von 200 GWh vorgesehen, wobei der Anteil Ungarns 15 MW bzw. 100 GWh beträgt.

Von unseren mittleren Wasserläufen können für Nutzung vor allem die Raab und die Hernád in Betracht kommen.

Die Wasserkraftnutzung der Raab kann in Verbindung mit dem auf dem Einzugsgebiet geplanten Speichersystem komplexen Zwecks entwickelt werden. Die eingebaute Gesamtleistung und Energieerzeugung im Jahresdurchschnitt der vorgesehenen acht Wasserkraftanlagen beträgt etwa 58 MW bzw. annähernd 120 GWh in folgender Teilung:

	Anzahl der Was- serkraftanlagen	P (MW)
Alsószölnök	1	0,2
Kemenestaródfa	1	11,4
Nagymizdó	1	2,5
Csörnöcvölgy	3	24,0
Magyargencs	2	20,4

Die Wasserkraftnutzung der Hernád kann unter Beachtung der vorhandenen Wasserkraftwerke in Anschluß an das System zur Bereitstellung von Zuschußwasser des Raumes entwickelt werden. Die Gesamtleistung der drei Wasserkraftwerke beträgt 33 MW, die Energieerzeugung im Jahresdurchschnitt 85 GWh, in der folgenden Verteilung:

	P (MW)	E (HWh)
Gibárt (neu)	19,0	47,0
Felsődotsza (erweitert)	4,0	10,0
Kesznyéten (erweitert)	10,0	28,0

Neuerdings wird der Nutzung des Wasserkraftvorrats kleiner Wasserläufe in der ganzen Welt wieder besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Die Kleinwasserkraftwerke stellen in den industriell entwickelten Ländern energiesparende Zusatzquellen, in den Entwicklungsländern die Hauptenergiequellen dar. Die Studie des Instituts für Wasserwirtschaft über die Nutzung kleiner Wasserläufe lenkte die Aufmerksamkeit auf die kleinen Wasserläufe, deren spezifische Leistung den Wert von 10 kW/km erreicht. Diese ergeben insgesamt 35 MW bzw. 255 GWh.

Im Zusammenhang mit den Möglichkeiten der Entwicklung ist auch die Pumpspeicherung zu erwähnen. Die Spitzenbelastungen des Kraftwerkssystems im Verbundbetrieb können auch durch gespeicherte Energie gedeckt werden. Die Pumpspeicherung stellt dafür eine wirtschaftliche Lösung dar.

Das Pumpspeicherkraftwerk ist ein spezifisches Wasserkraftwerk, das zu Zeiten geringerer Belastungen unter Verwendung der durch andere Kraftwerke erzeugten und von den Verbrauchern nicht beanspruchten Energie Wasser in eine höher liegenden Speicher fördert und wenn es erforderlich ist, mittels der potentiellen Energie des gespeicherten Wassers Energie in das Energiesystem speist.

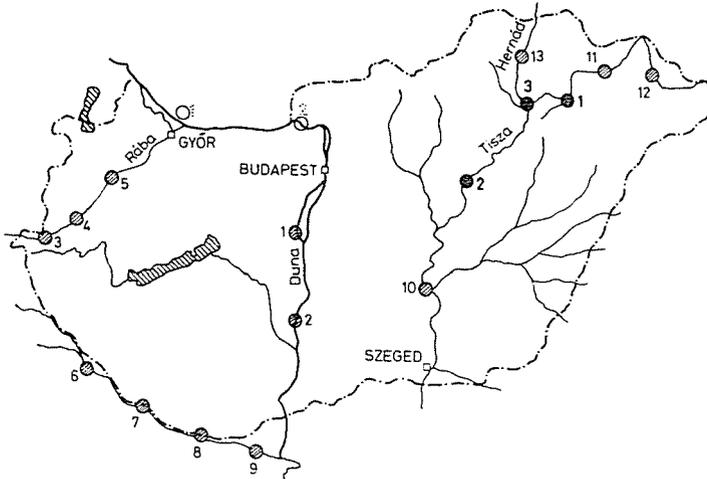


Abb. 2. Wasserkraftwerke in Ungarn
 In Betrieb (1. Tiszalök, 2. Kisköre, 3. Kesznyéten)
 Im Bau (1. Gabčíkovo, 2. Nagymaros)

Vorgesehen (1. Adony, 2. Fajszt, 3. Kemenestárod, 4. Csörnőcvölgy, 5. Magyargencs, 6. Djurdjevác, 7. Barcs, 8. Moslavina, 9. Osijek, 10. Csongrád, 11. Dombrád, 12. Vásárosnamény, 13. Gibárt)

In Ungarn gibt es günstige Möglichkeiten für die Anlegung von Pumpspeicherwerken besonders entlang des Donauknies, in den Gebirgen Börzsöny und Pilis, wo ein Pumpspeicherwerk am günstigsten auf der Spitze Prédikálószték ausgebaut werden kann. Die vorgesehene Leistungsfähigkeit beträgt 1200 MW, die nutzbare Fallhöhe 510 m. Für die günstigen wirtschaftlichen Kennwerte liegt die Erklärung vor allem in dieser erheblichen Fallhöhe.

Die wichtigsten schon leistenden, im Bau begriffenen und vorgesehenen Wasserkraftanlagen Ungarns sind in Abb. 2 dargestellt.

An internationalen Foren wird Ungarn oft als Großmacht auf dem Gebiet der Hydrologie bezeichnet, wodurch die Anerkennung für unsere im Vergleich zu der Fläche und den Gegebenheiten unseres Vaterlandes erzielten beachtenswerten Ergebnisse zum Ausdruck kommt, zu denen mit Recht auch die Wasserkraftnutzung gezählt werden kann. Die Anerkennung ist wohl einigermaßen übertrieben. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die ungarischen Fachleute — bei den bescheidenen Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung sowohl auf dem Gebiet der Forschung, der Entwicklung und der Ausbildung von Fachleuten als auch auf dem des Wasserbaus und der

technologischen Einrichtungen — auch mit internationalem Maßstab gemessen ein beachtenswertes Niveau erreicht haben. Von den Großen soll jetzt nur GÉZA Á. PATTANTYÚS hervorgehoben werden, dessen wir jetzt anlässlich des 100. Jahrestages seiner Geburt gedenken und der auch auf diesem Gebiet Unvergängliches geschaffen hat.

Zusammenfassung

Ungarn verfügt nur einen bescheidenen Wasserkraftvorrat. Der Anteil der Wasserkraft an der Elektrizitätserzeugung ist unter 1%. Auch an anderen Energieträgern ist sie arm. Ein Drittel des Bedarfs an elektrischer Energie wird aus Import gedeckt, deswegen ist den Möglichkeiten auf diesem Gebiet besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Der nutzbare Wasserkraftvorrat Ungarns unter den jetzigen Wirtschaftsverhältnissen — nach der Schätzung des Institutes für Wasserwirtschaft — beträgt 1070 MW, bzw. 4.5 TWh. Unter Berücksichtigung der Leistung von 50 MW bzw. der Energieerzeugung der Wasserwerke, die bereits im Betrieb sind, sowie der Leistung von 439 MW bzw. der Energieerzeugung von 1.8 TWh des im Bau begriffenen Straustufensystems Gabčíkovo (Bős)—Nagyymaros, beträgt die Gesamtleistung der Wasserkraftwerke, deren Ausbau noch in Betracht kommen kann 580 MW bzw. 2,5 TWh. Für die Staustufe Csongrád an der Theiß und für das Staustufensystem Djurdjevac—Barcs an der Drau wurden bereits Vorbereitungsarbeiten eingeleitet.

Literatur

1. BANCSI, I.—BERTA, E.—HAMAR, J.—B. TÓTH, M.—VÉGVÁRI, P.—WIGANDT, J.: A Kiskörei tározó vízminőségi viszonyai (Wassergüteverhältnisse des Speichersees von Kisköre), *Vízügyi Közlemények* 60, 593/1983
2. BREINICH, M.—NAGY, L.—SZÁNTÓ, M.: A dunai vízlépcsőrendszer koncepciójának kialakulása (Die Entwicklung der Konzeption des Donau-Staustufensystems), *Vízügyi Közlemények*, 60, 483/1983
3. DÓRA, T.: 10 éve üzemel a Kiskörei Vízlépcső (Zehn Jahre in Betrieb die Staustufe Kisköre), *VÍZITERV Tájékoztató*, Budapest, 1983/3
4. KERTAI, E.—KOZÁK, M.—SÁROSI, L.: Magyarország Nagyobb Vízépítési Műtárgyai. (Größere Wasserbauwerke Ungarns. Wasserstufen), Budapest, 1963.
5. KERTAI, E.—MÁTRAI, I.: Vízfolyások többcélú hasznosítása (Mehrzweck-Nutzung der Wasserläufe), Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
6. KERTAI, E.—KOZÁK, M.: Új lehetőségek kis esésű vízerőművek gazdaságosabb kialakítására (Neue Möglichkeiten für die wirtschaftliche Ausgestaltung von Niederdruckanlagen), *Hidrologiai Közlöny*, 62, 433 (1982)
7. MOSONYI, E.: Wasserkraftwerke, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959
8. NAGY, I.: A kiskörei tározó hullámterének átalakítása (Umgestaltung des Kisköre Stausees), *Vízügyi Közlemények*, 64, 453 (1982)
9. PATTANTYÚS, A. G.: A vízerőgép-kísérleti állomás, (Versuchstation für Strömungsmaschinen), *Vízügyi Közlemények*, 30, 481 (1982)

10. Survey of Energy Resources 1980 (Weltenergiekonferenz, München 1980)
11. Magyarország műszakilag hasznosítható vízerőkészlete (Das technisch nutzbare Wasserkraftpotential Ungarns), Vizgazdálkodási Intézet, Budapest, 1978.
12. Országos Vizgazdálkodási Kereterv (Landes Rahmenplan der Wasserwirtschaft) OVH, 1965.
13. Kiskörei Vízlépcső (Staustufe Kisköre), Vízügyi Közlemények 1973. évi külön kötete
14. A Csongrádi Vízlépcső erőtelepe (Das Kraftwerk der Staustufe Csongrád), VIZITERV, 1980.
15. A Hajdúhátsági Többcélú Vizgazdálkodási Rendszer (Das Mehrzweck-Wasserwirtschaftssystem von Hajdúhátság), Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság, Debrecen, 1974.
16. A Gabčíkovo—Nagymarosi Vízlépcsőrendszer (Das Staustufensystem Gabčíkovo—Nagymaros) OVH, 1977.
17. Gabčíkovo—Nagymarosi Vízlépcsőrendszer Közös Egyezményes Terv (Staustufensystem Gabčíkovo—Nagymaros, Gemeinsames, Konventionelles Projekt) VIZITERV—HYDROCONSULT, 1977.
18. Adony, OVH, 1972. Sonderheft
19. Fajsz, OVH, 1972. Sonderheft.
20. Djurdjevác—Barcsi Vízlépcsőrendszer Közös Tervtanulmánya (Gemeinsame Plan-Studie für das Staustufensystem Djurdjevác—Barcs), VIZITERV—ELEKTROPROJEKT, 1976.
21. Magyar Villamos Művek Tröszt, Előzetes műszaki adatok, Budapest 1983.

Prof. Dr. Ede KERTAI H-1521 Budapest