

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 65 (1973)
Heft: 3-4

Artikel: Das Donaukraftwerk am eisernen Tor
Autor: Rochle, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921132>

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: 20.02.2026

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

1. Die Kataraktenstrecke der Donau

Die landschaftlich so reizvolle, ca. 120 km lange Donau-strecke im Bereich der Karpaten war noch 1971 das grösste Schifffahrtshindernis der bedeutenden Wasserstrasse Donau. Einst war hier eine Meeresenge, die das Pannonische Meer mit dem (rumänisch-) russischen verband. Sie verwandelte sich in ein Flusstal, als sich die Meere zurückzogen. Die Erosionsarbeit des strömenden Wassers und die allmähliche Hebung des Gebirges schufen ein tief eingeschnittenes Durchbruchstal mit einer Vielfalt von Talformen. Schmale Schluchten, die sich bis auf 150 m Breite verengen (Oberer Kasan, Bild 1), wechseln mit flachen Beckenlandschaften ab, in denen der Fluss eine Breite bis zu 2000 m annimmt (Svinita, Milanovac). Ohne scharfe Abgrenzung wechseln weiche, stark geschieferte Gesteine mit harten Gneisen ab. Die härteren Gesteine leisteten der Erosionsarbeit erfolgreichen Widerstand und bildeten bizarr geformte Riffe, Klippen und in den Strom ragende Felsnasen, in der Flussole aber breite Felsbänke — die gefährlichen Gefällsstufen — die Katarakte.

Man nennt diesen für die Schifffahrt so gefährlichen Abschnitt die Kataraktenstrecke (Bild 2). An ihrem unteren Ende, unweit der alten Römerstadt — dem jetzigen Turnu-Severin —, versperrte der Prigradafelsen, eine mächtige Felsplatte, den Schifffahrtsweg. Nur bei höheren Wasserführungen war hier eine, wenn auch gefährliche Durchfahrt möglich. Brausend schossen die Wassermassen in einzelnen Rinnen über die Felsklippen des Kataraktes «Eisernes Tor». Nach ihm nannte man fälschlich die ganze Kataraktenstrecke «das Eisernen Tor».

2. Durchgeführte Regulierungsmassnahmen

Um 1830, also vor über 140 Jahren, begann man mit den Arbeiten zur Verbesserung dieses Wasserweges. In den

Niederwasserperioden wurden von den Arbeitern der umliegenden Bergwerke Felsblöcke aus der Fahrinne bergmännisch beseitigt. Der Erfolg dieser Bemühungen war gering.

Beim Berliner Kongress von 1878, als sich die Türken nach Beendigung des Russisch-Türkischen Krieges aus diesem Gebiet zurückzogen und Serbien und Rumänien selbständige Staaten wurden, verpflichteten sich diese und Oesterreich-Ungarn, die gewaltige technische Aufgabe, die Schaffung eines leistungsfähigen Wasserweges in der Kataraktenstrecke, gemeinsam zu lösen. Verschiedene internationale Ingenieurkommissionen einigten sich schliesslich, die Herstellung einer mindestens 60 m breiten Fahrinne mit einer garantierten Wassertiefe von 2 m unter dem niedrigsten bekannten Wasserspiegel vorzuschlagen. Zusätzlich sollten Längsdämme bei niedrigen Wasserständen die Wassermengen in den neu geschaffenen Kanälen zurückhalten. Bei Stenka, Kozla, Dojke, von Izlas bis zum Grebenberg, bei Jucz und am «Eisernen Tor» (Bild 2) sollten Kanäle von insgesamt über 15 km Länge in den reissenden Strom gesprengt, Leitdämme von über 12 km Länge geschüttet und die vorspringenden Felshänge des Grebenberges (Bild 3) auf eine Länge von über 150 m abgesprengt werden. Insgesamt sollten also — grösstenteils unter Wasser — 630 000 m³ Fels gesprengt und entfernt werden. Für die Steinschüttungen der Leitdämme, die wegen der riesigen Kolke an einzelnen Stellen bis zu 1000 m³ Material pro Laufmeter erforderten, wurden weitere 1 780 000 m³ Wurfsteine benötigt. Diese auch für heutige Begriffe schwierige und grosse Bauaufgabe wurde international ausgeschrieben. Das heute noch bestehende Braunschweiger Bauunternehmen Luther erhielt den Auftrag und führte diese Arbeiten ab 1890 aus. Es waren bis zu 250 Spezialschiffe und zeitweilig über 9000 Mann gleichzeitig eingesetzt. Die dort entwickelten Verfahren sind



Bild 1
Oberer Kasan in der
Kataraktenstrecke

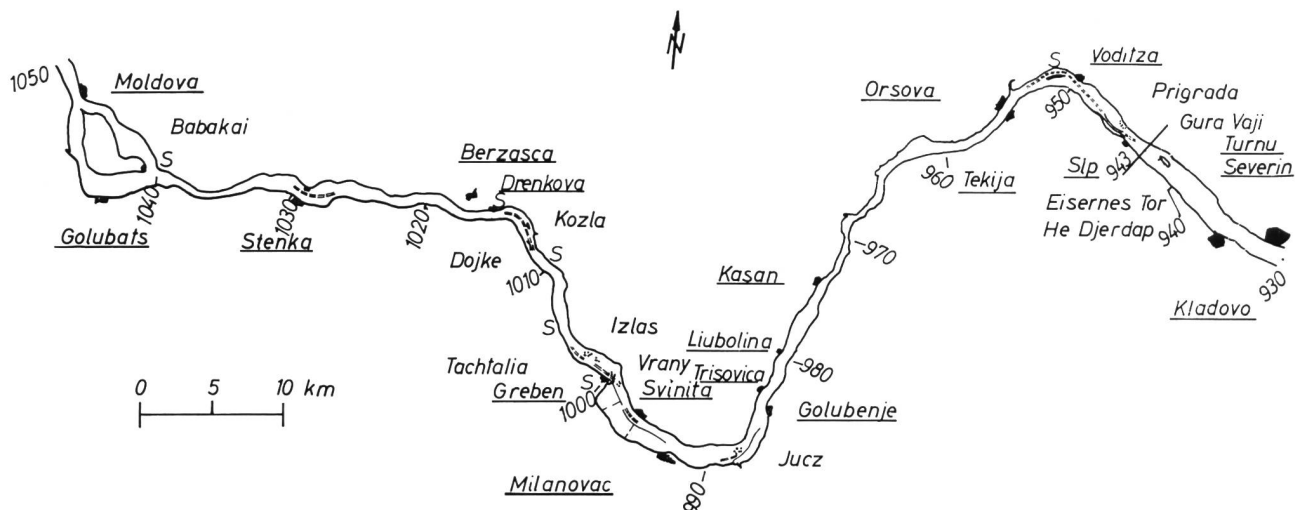


Bild 2 Die Kataraktenstrecke

auch bei heutigen Arbeiten noch in Anwendung. Das Kernstück dieses Auftrages war die Errichtung eines ca. 2 km langen Umfuhrgskanals des «Eisernen Tor-Katarakts», des Sip-Kanals (Bild 4) mit einer Sohlbreite von 80 m, der in geschlossener, trockener Baugrube errichtet wurde. Die Bedeutung der fertiggestellten Arbeit war so gross, dass sich 1896 zur Eröffnung Kaiser Franz Joseph, der serbische und der rumänische König einfanden.

Die durchgehende Fahrrinne in der Kataraktenstrecke war geschaffen. Die starke Strömung mit all ihren Gefahren für die Schifffahrt blieb aber bestehen. Am Sip-Kanal und am Greben musste auch weiterhin zusätzliche Schlepphilfe gegeben werden. Am Sip-Kanal bauten während des Ersten Weltkrieges deutsche Pioniere eine Treidelbahn, und seither versahen dort schwere Spezial-Dampflok der Borsigwerke den Schleppdienst. Aber auch in der übrigen Kataraktenstrecke fanden nur Lotsen den vom jeweiligen Wasserstand abhängigen Fahrweg, und zeitweise blieb die Fahrt immer noch unmöglich. Die grosse Strömung von örtlich bis zu 5 m/s verlangte weiterhin besonders starke Zugschiffe, die im anderen Teil der

Donau ihre Kraft nicht wirtschaftlich nutzen konnten. Die geringe Fahrwassertiefe verbot es, die Lastkähne bei Niedrigwasser voll zu beladen. Engstellen und unübersichtliche Krümmungen gestatteten nur einen durch Signalstellen geregelten Einbahnverkehr, der zu bedeutenden Wartezeiten zwang. Ein Schiffsverkehr bei Nacht war natürlich unmöglich und verboten. Die jährliche Transportleistung blieb in diesem Abschnitt bei günstigen Wasserständen auf 14 Mio t beschränkt und wurde 1969 erreicht.

Diese schwierigen, natürlichen Verhältnisse hatten ausser grossen Zeitverlusten auch erhebliche finanzielle Mehrbelastungen zur Folge.

Das Ergebnis der durchgeführten Arbeiten zeigte, dass eine endgültige Verbesserung der bestehenden Verhältnisse nur durch Ueberstauung der Hindernisse und einer mit dem Aufstau verbundenen natürlichen Ermässigung der Fliessgeschwindigkeit erreicht werden kann.

3. Die Planung von Staustufen

Die seit 1830 in diesem Abschnitt exakt durchgeführten hydrologischen Messungen bildeten die Grundlage ver-

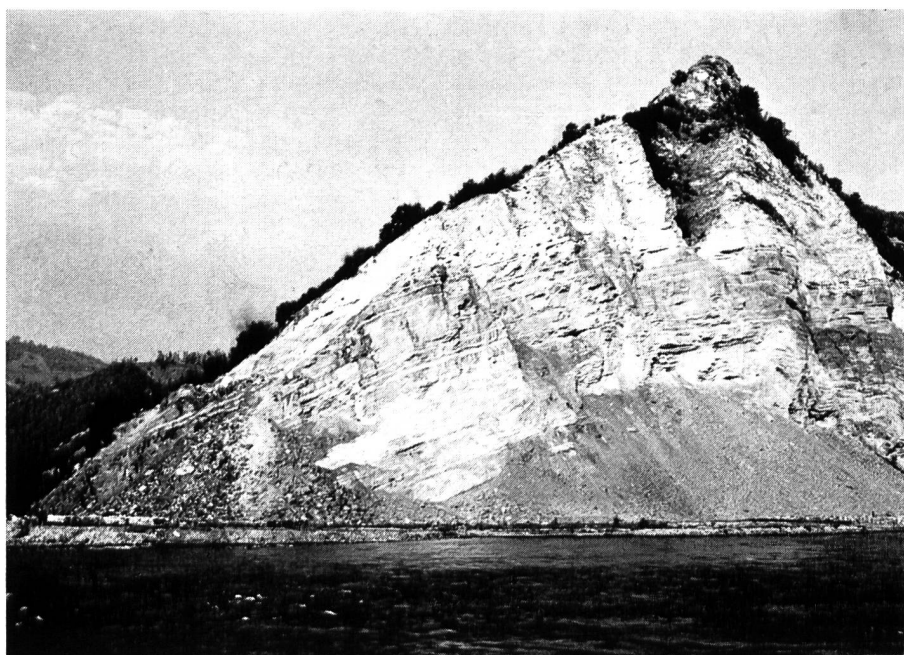


Bild 3
Der Grebenberg

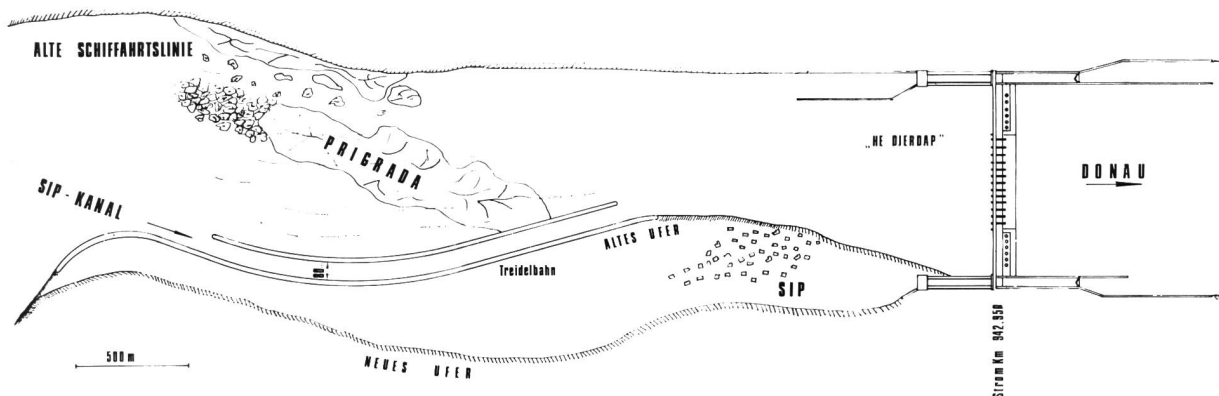


Bild 4 Der Sip-Kanal, Lageplan

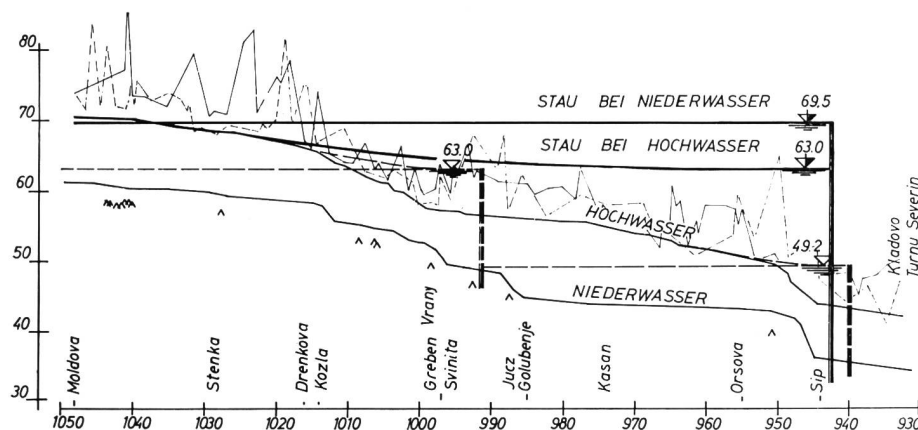


Bild 5
Schematisches Längenprofil
des zirk 1925 erarbeiteten
Projekts von Prof. Halter, Wien

schiedener Planungen von Staustufen. Prof. Halter der TH Wien arbeitete nach dem Ersten Weltkrieg ein Projekt aus, das zwei Stauhaltungen vorsah und bei welchem alle Schifffahrtshindernisse der Kataraktenstrecke endgültig und dauernd überstaut werden sollten (Bild 5). Die untere Stauhaltung bei Kladovo hätte mit einem Stauziel von 49,2 m ü. A. auch noch den Jucz-Kanal eingestaut. Die dort errichtete zweite Staustufe mit einem Stauziel von 63,00 m ü. A. hätte die endgültige Beseitigung der Hindernisse dieses Abschnittes und damit die «Entschärfung» des gefürchteten Kataraktes von Greben gesichert. Auch dem heutigen, bereits ausgeführten Projekt liegt aus dem glei-

chen Grund ein Mindeststauziel von 63,00 m ü. A. zugrunde.

Alle Projekte hatten natürlich eine Nutzung der Wasserkraft zur Erzeugung elektrischen Stromes vorgesehen. Die grossen Durchflussmengen und das starke Gefälle ergeben in der Kataraktenstrecke ein sehr grosses verfügbares Wasserkraftpotential von durchschnittlich 11 335 kW/km. Unmittelbar oberhalb bzw. unterhalb dieser Strecke beträgt es nur 2060 bzw. 3260 kW/km (siehe Bericht Fenz «Heutige und geplante Wasserkraftnutzung an der Donau» in diesem Heft).

Die Kosten für die Verwirklichung solcher Stauprojekte waren und sind sehr hoch. Die Schifffahrt ist nicht in der Lage, diese zu tragen. Das ungeheuer grosse Energiepotential und die bestehenden Steilufer erlauben aber eine sehr wirtschaftliche Nutzung der Wasserkraft. Weder Jugoslawien noch Rumänien als Agrarländer waren bisher in der Lage, den erzeugten elektrischen Strom zu verwerten, noch weniger aber konnten sie das erforderliche Investitionskapital aufbringen.

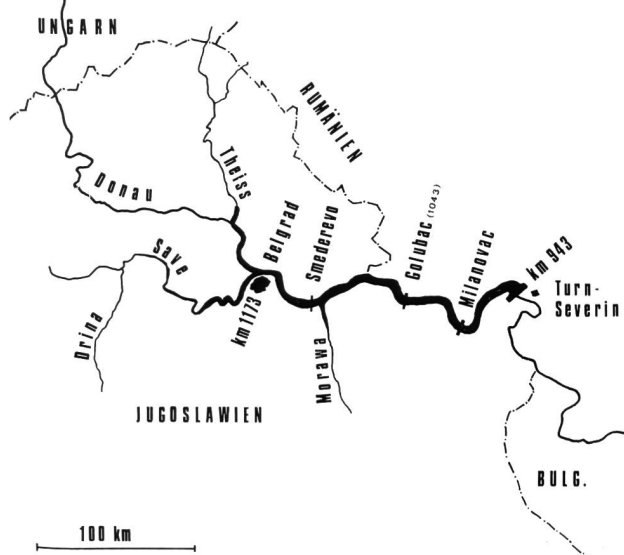


Bild 6 Lageplan des Rückstaugebietes

4. Das Wasserkraft- und Schifffahrtssystem

«Eisernes Tor»

(Djerdap—Portile de Fer)

Das schnelle wirtschaftliche Wachstum Jugoslawiens und Rumäniens in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg, der wachsende Energiebedarf, der so wie in den anderen europäischen Ländern eine Verdoppelung der Erzeugung in jeweils zehn Jahren erforderte, und schliesslich nicht zuletzt der immer mehr steigende internationale Schiffsverkehr auf der Donau führten 1963 zu einem Abkommen

RUMÄNIEN

DONAU

OW 69,5-63,0

UW 35,0 - 41,4

14 Wehrfelder LW 25m

Zweistufige Schleuse

6 Turbinen

JUGOSLAWIEN

AUSBAUWASSERMENGE 8700 m³/sec

JAHRESARBEIT ~ 11 300 GWh

Ort	Strom-km	Entfernung von der Staustelle	Aufstau bei $Q = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$	Aufstau bei $Q = 16\,200 \text{ m}^3/\text{s}$
Staustelle	943	0 km	34,24 m	18,72 m
Milanovac	993	50 km	17,62 m	7,15 m
Golubac	1043	100 km	5,95 m	0,11 m
Smederevo	1116	173 km	2,26 m	0,40 m
Semlin	1173			
(Belgrad)		230 km	1,65 m	0,06 m
Theissmündung	1215	272 km	1,10 m	0,00 m

4.4 Die Schleusenanlagen (Bilder 7, 11, 12, 13)
Je Ufer eine zweistufige Kammerschleuse; Kammergrösse 310 x 34 m;

Aufnahmefähig für ein Zugschiff + 9 Lastkähne (1350 t);

Abmessungen der Vorhöfen: 580 x 100 m;

die jugoslawische Schleuse für 5000-t-Lastkähne (See-Flussschiffe) geeignet, da Lichtraumprofil 13,50 m und Fahrwassertiefe 5,5 m in der Schleuse vorhanden;

die rumänische Schleuse besitzt (laut Empfehlung der Donaukonvention) 4,5 m Fahrwassertiefe und Lichtraumprofil 10,5 m;

technische Ausrüstungen der Schleusen siehe Bild 13;

Dauer einer Kammerfüllung zirka 10 Minuten;

Passagezeit eines Schiffszuges im Mittel 90 Minuten.

5. Das zweistaatliche Abkommen

5.1 Grundlagen und grundsätzliche Bestimmungen

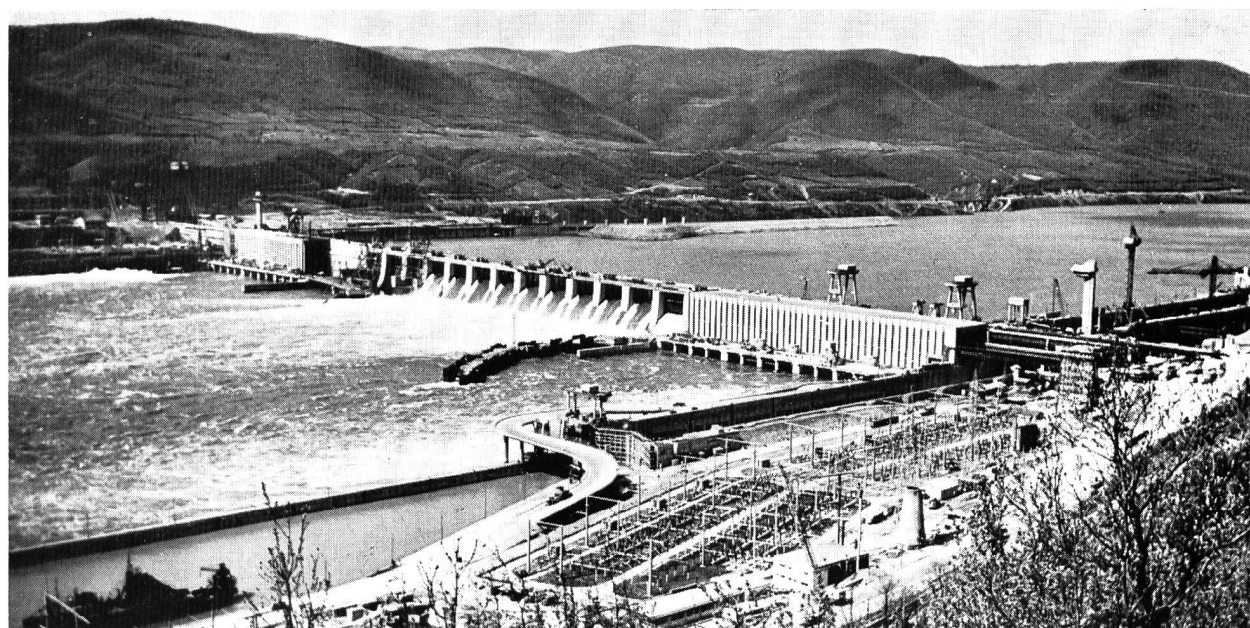
In dem 1963 geschlossenen Abkommen zwischen Rumänien und Jugoslawien wurden praktisch alle technischen und organisatorischen Belange sowie die Finanzierung und Verwaltung der gemeinsam zu errichtenden und künftig gemeinsam zu betreibenden Anlage prinzipiell geregelt. Es basiert auf dem Ergebnis der sehr gründlichen Arbeit einer von 1956 bis 1963 tätigen gemischten Planungskommission. Das eingehende Studium moderner westlicher und russischer Flusskraftwerke und Schifffahrtsanlagen ist bei den getroffenen eigenständigen technischen Entschei-

dungen unverkennbar. Die sichtbare Auseinandersetzung mit diesen oft gegensätzlichen Prinzipien bei der Gestaltung ist jedenfalls interessant und kann für den Fachmann sehr lehrreich werden, falls diesem auch die späteren Betriebserfahrungen zugänglich gemacht werden.

Die offensichtlich geglückte Zusammenarbeit dürfte nicht zuletzt darauf zurückzuführen sein, dass vor Baubeginn und als Grundlage des Uebereinkommens eine weitgehend detaillierte Planung aller Anlageteile vorlag. Ausserdem waren natürlich der Bauablauf, also die Bau-grubenfolge, die Massnahmen zur Aufrechterhaltung der Schiffspassage und zur Sicherung der Hochwasserabfuhr während der Bauzeit genauso eindeutig festgelegt wie ein genereller Terminplan. Ergänzt wurden diese Ausarbeitungen durch eine Kostenschätzung auf der Preisbasis 1962, die mit einer Gesamtinvestitionssumme von 400 Millionen US-Dollar endete und die Preise der einschlägigen europäischen Märkte berücksichtigte.

Neben vielen anderen Festlegungen, die zum Beispiel die Abwicklung des Grenzverkehrs, gemeinsame Verkehrseinrichtungen (Einbeziehung einer Strassen- und Eisenbahnbrücke in die Gestaltung der Rechenplattform) sowie die Ermöglichung eines künftigen Stromaustausches im Bereich der Anlage betrafen, sind folgende grundsätzliche Bestimmungen dieses Abkommens für manche technische Lösung, die sonst wohl unverständlich schiene, massgebend:

Bild 8 Gesamtansicht des Hauptbauwerkes, Blick vom rumänischen Ufer gegen Jugoslawien



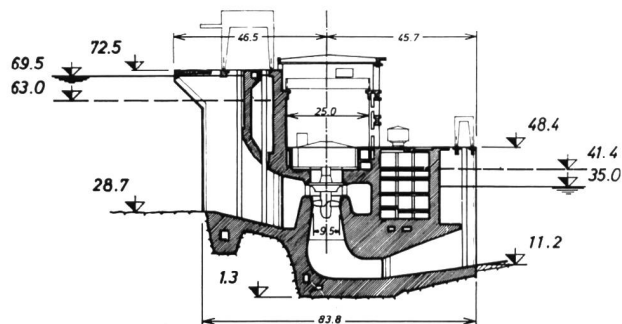


Bild 9 Krafthausquerschnitt

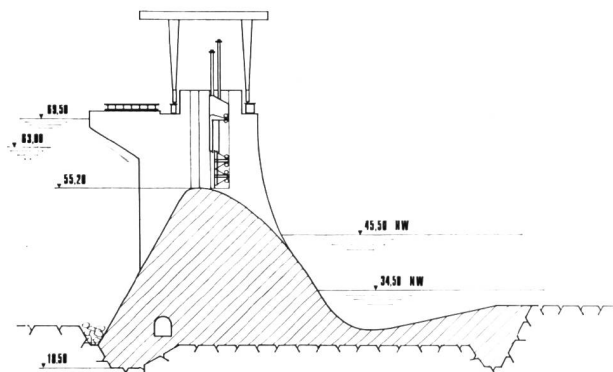


Bild 10 Wehrquerschnitt

Jeder der beiden Staaten trägt die Hälfte des nach einem vereinbarten Bewertungssystems ermittelten Gesamtaufwandes und erwirbt das ausschliessliche Eigentumsrecht an den auf seinem Gebiet errichteten Anlagen.

Beide Staaten verpflichten sich, die gleichen baulichen und betrieblichen Voraussetzungen in ihren Kraftwerk-, Wehr- und Schleusenanlagen — der gemeinsamen Planung entsprechend — zu schaffen.

Die Betriebsführung, also die Kraftnutzung und Stau-
regelung, muss jederzeit und bis ins Detail berück-

sichtigen, dass beiden Staaten gleiche Pflichten und Rechte entstehen.

Die Schifffahrtseinrichtungen beider Staaten, und natürlich auch die Schleusenanlagen selbst, erfüllen die Empfehlungen der Internationalen Donaukonvention. Diese Anlagen stehen der internationalen Schifffahrt vorbehaltlos zur Verfügung und werden stets funktionsbereit gehalten.

5.2 Das Problem der Bewertung und der Kostenteilung

Technische Auswirkungen

Die Bestimmungen des Abkommens fordern eine absolut gleich gross zu bewertende Leistung beider Staaten. Dies liess sich beim Hauptbauwerk an der Staustelle durch eine zur Strommitte vollkommen symmetrische Anordnung aller Anlagenteile erreichen. Die künftige Staatsgrenze wurde in die Symmetrieachse verlegt. Die so gefundene grundsätzliche Lösung zeigt der Lageplan (Bild 7). Die geteilte Kraftnutzungsanlage — je ein Krafthaus mit sechs Maschinensätzen anschliessend an die mittig gelegene Wehranlage — vor allem aber die Anordnung je einer Schleusenanlage an beiden Ufern, hat keine technisch-wirtschaftliche Begründung sondern ist die natürliche Folge der Bestimmungen über die künftigen Besitzverhältnisse und die Betriebsführung. Man ist hier bewusst gänzlich andere Wege gegangen als bei der Regelung gleicher Fragen bei den deutsch-österreichischen Kraftwerken an Inn und Donau.

Unter Berücksichtigung von gewissen Unterschieden, vor allem bei den Untergrundverhältnissen und bei den Anschlussdämmen an den Ufern, konnten beide Teile des Hauptbauwerkes praktisch gleich hoch bewertet werden. Die Bewertungssumme jedes Partners ergab sich aus der Gesamtkostenschätzung und stand ihm aus den Mitteln der Gesamtfinanzierung nach Leistungsnachweis zur Verfügung. Die tatsächlichen Kosten der Ausführung hatte aber jeder Partner selbst zu tragen. Im Rahmen der Gesamtplanung blieb es ihm natürlich überlassen, die günstigste und wirtschaftlichste Ausführungsmethode zu wählen. Auch für die Auftragsvergebung bestanden keine Bindungen aus dem Abkommen.

Dieses Bewertungssystem erlaubte es, manche Detailplanung und Herstellungen für beide Partner gemeinsam und gleich ausführen zu lassen. So wurde zum Beispiel

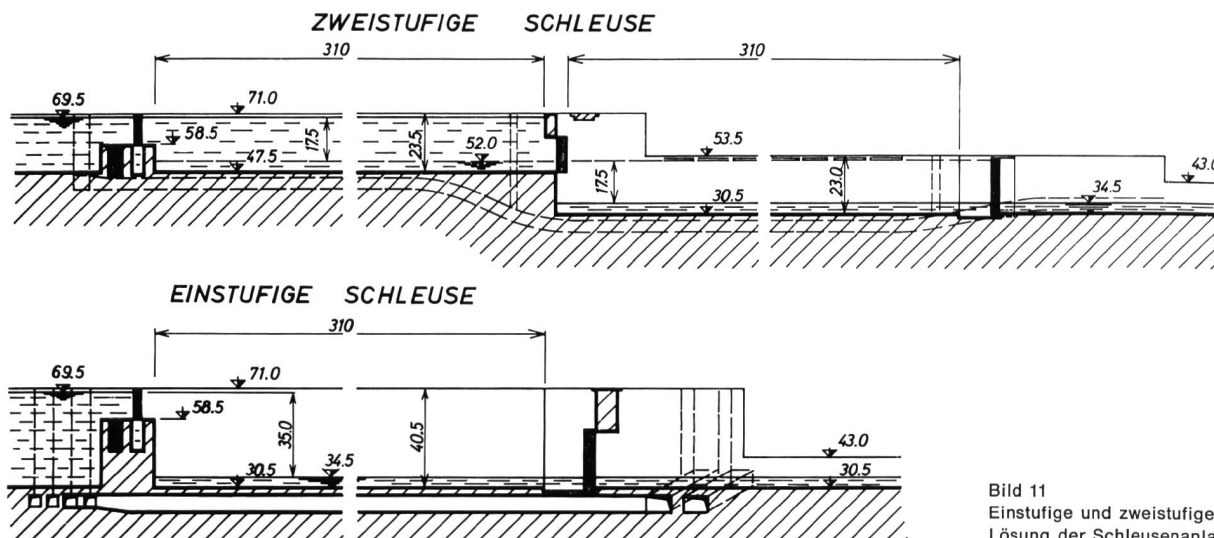
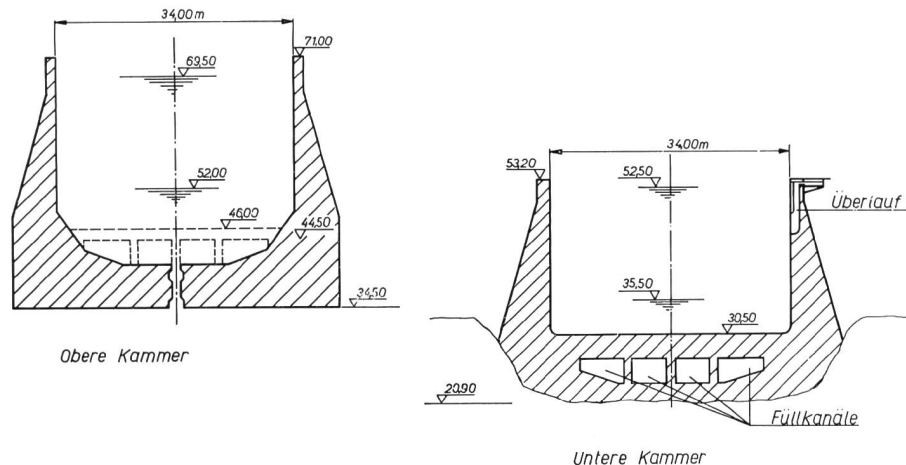


Bild 11
Einstufige und zweistufige
Lösung der Schleusenanlage

Bild 12
Querschnitte der Schleusen-
kammern



der Stahlwasserbau der gesamten Wehranlage von ein und derselben Firmengruppe ausgeführt, in der übrigens auch eine österreichische und eine bundesdeutsche Firma vereinigt waren. Auch die Planung aller Hauptturbinen wurde meines Wissens gemeinsam an eine Leningrader Firma vergeben. Völlig verschieden hingegen waren die prinzipielle Gestaltung der Baustelleneinrichtungen auf beiden Ufern, die Methoden der Durchführung des Tiefbaues und diverse Ausrüstungskonstruktionen.

Das Prinzip der symmetrischen Ausführung musste allerdings auf das Hauptbauwerk beschränkt bleiben. An den beiden Flussufern des Stauraumes waren gänzlich unterschiedliche Baumassnahmen notwendig, die zu einer wesentlich höheren Bewertungssumme für das rumänische Ufer im Bereich der Kataraktenstrecke führten. Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich, waren hier eine stärkere Besiedlung, mehr Industrie und Verkehrsanlagen vorhanden.

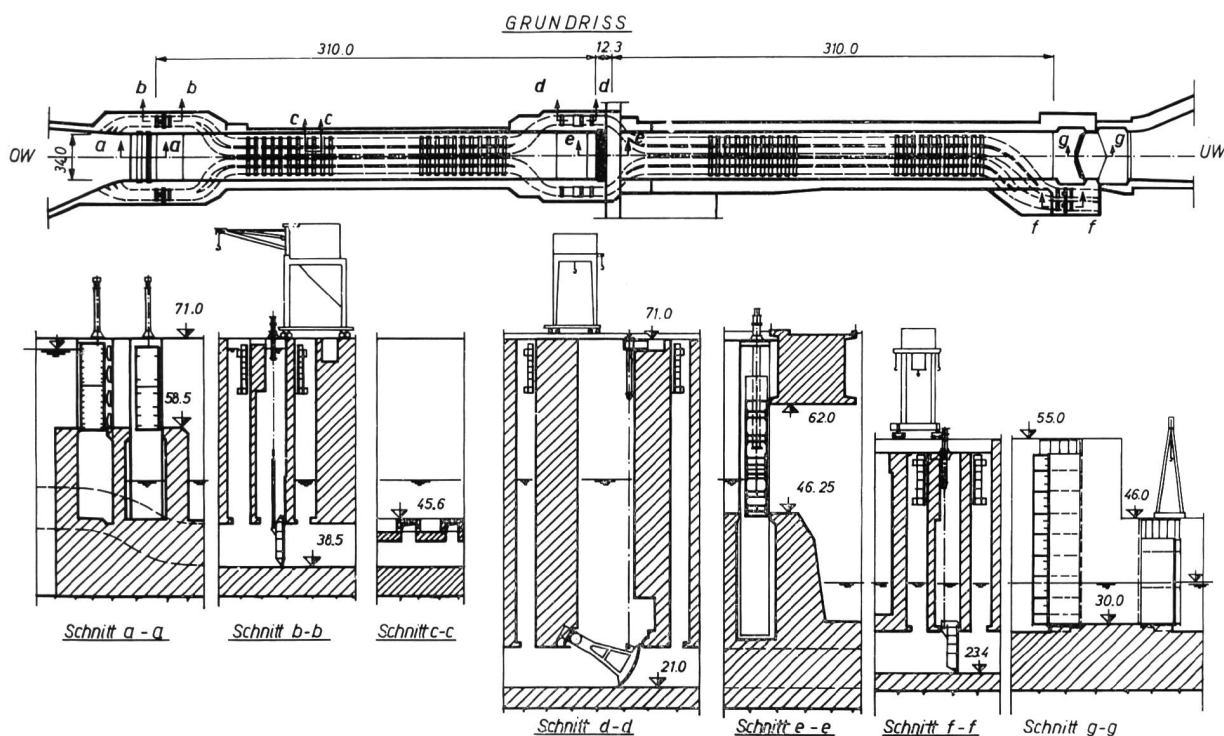
Während die Gesamtkosten des Hauptbauwerkes mit ca. 258 Mio US-Dollar (also über 60 % der bewerteten Gesamtkosten) problemlos geteilt werden konnten, stellte

Zusammenstellung der vom Einstau betroffenen Flächen, Gebäude, Industrien, Verkehrsanlagen und Zahl der auszusiedelnden Bewohner

Tabelle 2

		Masseinheit auf dem Landesgebiet		Insgesamt
		Rumänien	Jugoslawien	
Ackerflächen	ha	1 667	1 570	3 237
Wiesen	ha	617	1 422	2 039
Wälder	ha	519	2 284	2 803
Brachland	ha	404	979	1 383
Weiden	ha	276	587	863
Obst- und Weingärten	ha	79	37	116
Grundstücke total	ha	3 562	6 879	10 441
Einwohner	Personen	14 534	8 400	22 934
Gebäude in öffentlichem Besitz	m ²	88 000	38 571	126 571
Industriebetriebe	Raumfläche	23 425	6 418	29 843
Maschinenanlagen	t	873	243	1 116
Strassen	km	100	60	160
Eisenbahnstrecken	km	24	—	24
Hafenanlagen	Anzahl	4	3	7

Bild 13 Schleusenlängsschnitte und Grundriss



die Festlegung der Bewertungsmethoden für die erforderlichen Massnahmen im Stauraum wegen der genannten Unterschiedlichkeit ein echtes Problem dar. Diese Bewertungsmethode und die daraus resultierenden Entschädigungsleistungen sind so unterschiedlich zu gewohnten westlichen Verhältnissen, dass später noch einmal auf diese Frage eingegangen wird.

Die Massnahmen am rumänischen Ufer der Kataraktenstrecke wurden mit ca. 55 Mio US-Dollar, jene am jugoslawischen Ufer mit ca. 19 Mio US-Dollar bewertet. Die grösste Differenz ergibt sich bei den Verkehrsanlagen, da ausser einer Strassenverlegung an beiden Ufern die Strecke Turnu-Severin—Orsova einer leistungsfähigen Hauptbahnlinie auf den steilen Hängen des linken Ufers um 20 bis 40 m höher gelegt werden musste. In diesen Bewertungssummen ist natürlich nur die Ausführung eines Minimalprojektes mit den gleichen Krümmungsradien und Betriebsbedingungen wie sie die alte Linie aufwies berücksichtigt. Die tatsächliche Ausführung, die eine Elektrifizierung und eine grosszügige moderne Linienführung verwirklichte, ist in diesen Kosten nicht inbegriffen. Es mag zur Illustration dienen, dass die alte Bahn keine Tunnel und nur 170 m Brücken aufwies, während im Zuge der neuen Strecke sieben Tunnel mit einer Gesamtlänge von 1110 m und 21 Brücken mit einer Gesamtlänge von 1850 m ausgeführt wurden.

5.3 Der vergrösserte Stauraum und die Stauregelung

Ursprünglich war das höchste Stauziel mit 63,00 m ü. A. festgelegt. Man wollte den Stauraum auf die Kataraktenstrecke beschränken bzw. bei der Neraumündung bei Batias (Bild 6) begrenzen, da dort am linken Ufer das Staatsgebiet Rumäniens endet.

Von dort stromaufwärts sind beide Ufer jugoslawisches Gebiet. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ergab, dass die mit einer Stauzielerhöhung auf 69,50 m ü. A. verbundenen Mehrkosten geringer sind als der Gewinn an zusätzlicher Leistung und Stromerzeugung. Diese Mehrkosten, soweit sie das rein jugoslawische Gebiet bis über Belgrad hinaus betreffen, werden in der Bewertung zum Ausgleich der Bilanz benützt. Sie betragen 43 Mio US-Dollar.

In dieser Bewertungssumme sind Dammerhöhungen und -sanierungen (120 km), Drainagemassnahmen für 70 000 ha, die Errichtung von 21 Pumpstationen und die Anlage von ca. 900 Brunnen enthalten. Dies alles ist notwendig, um dieses tiefelegene, fruchtbare Landwirtschaftsgebiet Serbiens vor zusätzlichen Ueberflutungen und vor einer Veränderung der Grundwasserverhältnisse zu schützen. Bei einer solchen kommt es in diesem äusserst empfindlichen Boden zu einer Umlagerung von Mineralsalzen, wodurch schon bisher erhebliche Teile dieses Landes unfruchtbar wurden.

Ein weiteres für die Bewertung und technische Konzeption der Gesamtanlage wichtiges Problem bei einer Verlängerung des Stauraumes stellt die dann auftretende Geschiebe- und Schwebstoffablagerung der Morawa und damit das Verlandungsproblem des Stauraumes dar. Die Morawa ist der schwebstoffreichste Fluss Europas, da die Bodenerosion in weiten Gebieten Serbiens sehr stark ist. Der kostspielige Ausbau des Morawa-Flusssystems — er ist bereits im Gange — wird hier Erleichterungen schaffen.

Sowohl technische und wirtschaftliche Probleme, aber auch Bewertungs- und Aufteilungsschwierigkeiten der Investitionskosten, haben letztlich zu der bereits beschriebenen Stauregelung geführt.

Bei der Bewertung musste natürlich auch berücksichtigt werden, dass das Jugoslawien gehörige Energiepotential im Stauraum oberhalb der Neraumündung nun beiden Staaten zugute kommt. Der rumänische Partner wurde daher schliesslich verpflichtet, die Tiefbauarbeiten in der letzten Baugrube (11 Wehrfelder) und die schwierigen Massnahmen zur Donauabriegelung bei der Schliessung der letzten Baugrube zum Ausgleich der Bewertungsbilanz auf seine Kosten auszuführen.

Natürlich wurden während der Bauzeit Kostengleitungen bei den Bewertungssummen berücksichtigt. Diese Steigerungen erreichten angeblich letztlich eine Höhe von ca. 23 Prozent.

6. Die Gesamtkosten

Die geschätzten Gesamtkosten von 400 bzw. 440 Mio US-Dollar unterteilen sich wie folgt:

Baukosten (direkt und indirekt)	159 Mio US-Dollar
Ausrüstung (Stahl- und Maschinenbau, Elektrobau usw.)	108 Mio US-Dollar
Dämme und Meliorationen	43 Mio US-Dollar
Landkauf und Entschädigungen	73 Mio US-Dollar
Allgemeine Kosten (Planung, Verwaltung usw.)	17 Mio US-Dollar
	<hr/> 400 Mio US-Dollar

Eine Unterteilung nach anderen Gesichtspunkten:

Hauptbauwerk	258 Mio US-Dollar
Hilfsobjekte	9 Mio US-Dollar
Dämme und Stauraum	120 Mio US-Dollar
andere Kosten	13 Mio US-Dollar
	<hr/> 400 Mio US-Dollar
Schutzmassnahmen gegen Ablagerungen aus der Morawa (zusätzlich)	40 Mio US-Dollar

7. Kostenteilung Schifffahrt—Energieerzeugung

Wie bereits erwähnt, ist für die Beseitigung der Schifffahrtshindernisse in dieser Strecke ein Aufstau auf Kote 63,00 m ü. A. erforderlich. Für die Energieerzeugung hingegen — dies ergaben die eingehenden technisch-ökonomischen Untersuchungen in den Jahren 1956 bis 1963 — ist ein Stauziel von 68,00 m ü. A. bzw. 69,50 m ü. A. wirtschaftlicher. Der von der Schifffahrt zu tragende Anteil wurde daher wie folgt ermittelt:

Die Schifffahrt trägt die Kosten der ausschliesslich für ihre Zwecke benötigten Anlagen, der Stromerzeuger jene der ausschliesslich der Kraftnutzung dienenden Anlagen. Die Kosten für gemeinsame Anlagen werden im Verhältnis dieser direkten Kosten geteilt. Da jedoch die Schifffahrt nur einen Aufstau auf 63,00 m ü. A. benötigt, wurden die Mehrkosten für Schifffahrtsanlagen, die bei einem höheren Stauziel entstehen, der Energieerzeugung zugerechnet. Mit diesen Anteilen ergibt sich, dass von den Gesamtkosten der Anlage (Schätzung 1962) in Höhe von 400 Mio US-Dollar, die Schifffahrt 95 Mio US-Dollar, also 23,7 % zu tragen hat.

Diesen Investitionskosten für die Schifffahrt stehen Ersparnisse der laufenden Betriebskosten nach Fertigstellung der Anlage gegenüber. Die bisherigen Kosten für eine Passage (gemittelt aus Berg- und Talfahrt) betrugen 0,60 US-Dollar/t, wovon ca. 0,15 US-Dollar für Lotsendienst und Fahrwassererhaltung, Schleppdienst im Grebenkanal und Treidellokdienst im Sip-Kanal bezahlt werden mussten. Der Rest von 0,45 US-Dollar beinhaltet die Betriebskosten der Schiffe in diesem Abschnitt. Nach Fertigstellung der Anlage und nach Tilgung der Kapitalzinsen

für die Investition werden die Kosten je Tonne nur noch 0,20 US-Dollar betragen. (Hierin ist eine Erhaltungsabgabe von 0,08 US-Dollar enthalten. Diesen Ermittlungen ist ein bisheriger Verkehr von 12 Mio t und ein künftiger Verkehr des Jahres 1990 von 30 Mio t zugrundegelegt.)

Berücksichtigt wurden hierbei lediglich die günstigeren Fahrwasserverhältnisse, die damit zusammenhängende schnellere Passagezeit und die bessere Ausnutzung der Zugkraft. Weitere Vorteile sind durch folgende Verbesserungen zu erwarten:

Die bisherige zweimonatige Unterbrechung wegen Niederwassers entfällt; es sind keine Havarien und daher auch keine Reparaturaufenthalte zu erwarten; es ergeben sich Einsparungen von Reparaturkosten; die gesicherte Fahrwassertiefe macht eine volle Ausnutzung der Lade-fähigkeit möglich; die Einführung der Schubschiffahrt oder anderer rationellerer Methoden und die damit verbundene Betriebskostenminderung ist möglich.

8. Internationale Kostenbeteiligung?

Es ist verständlich, dass Rumänien und Jugoslawien unter Hinweis auf diese Berechnungen eine Kostenbeteiligung der anderen, donauschiffahrtbetreibenden Länder erwarten. Dies wirft aber prinzipielle Probleme auf, da ja auch andere Donaustaaten, wie zum Beispiel Oesterreich, den Fluss ausbauen bzw. laufend Schifffahrtsverbesserungen und Erhaltungsarbeiten durchführen, deren Kosten laut Donaukonvention nicht auf andere Schifffahrttreibende, zum Beispiel als Passagegebühren, umgelegt werden können. Die Fertigstellung des Europakanals Rhein—Main—Donau wird hier noch weitere Rechtsfragen aufwerfen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

9. Probleme der Umsiedlung aus den überfluteten Gebieten

Im Bereich des tief eingeschnittenen Durchbruchstaes der Kataraktenstrecke waren keine künstlichen Uferdämme zu errichten. Der Schwankungsbereich des Donauspiegels betrug hier vor Stauerrichtung 5 bis 6 m. Schlammablagerungen zufolge dieser periodischen Ueberflutungen waren für den land- und forstwirtschaftlichen Ertrag dieser Gegend durchaus günstig.

Im unteren Bereich des Staures wird für die kritische Wasserspiegellage das hohe Stauziel bei Niederwasser, im oberen Bereich des Staures eine Hochwasserführung (zum Beispiel das 100jährige Hochwasser) massgebend sein. Diese Wasserstände plus einem Sicherheitsmass von 1,0 m begrenzen das betroffene Gebiet. In diesem lebten ca. 23 000 Bewohner, die ausgesiedelt werden mussten (siehe Tabelle 2). Von der Gesamtzahl der Betroffenen waren ca. ein Drittel in der Industrie, ein Drittel in der Landwirtschaft und ein Drittel in anderen Berufen tätig. Von den Familienerhaltern waren 36 % Besitzer eigener Wohnhäuser.

9.1 Die Grundstückbewertung

Die überflutete Fläche beträgt ca. 10 400 ha. Der Bewertung liegt nicht ein konjunktureller Bodenwert sondern ein Ertragswert bei Berücksichtigung fortschrittlicher, zukünftiger Bearbeitungsmethoden zugrunde. Entsprechend den verschiedenen Bodenkulturen wurde ein Ernteertrag unter Berücksichtigung der 1962 erzielbaren Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse auf europäischen Märkten angenommen. Die Erzeugungskosten wurden mit der Hälfte des Ertragswertes angenommen und der so gefundene

Wert mit 4 % Verzinsung kapitalisiert. Es ergaben sich die in Tabelle 3 angegebenen Bewertungspreise.

Bewertung von Grund und Boden

Tabelle 3

Ackerland	1400 US-Dollar pro Hektar
Obstgärten	2400 US-Dollar pro Hektar
Weingärten	3300 US-Dollar pro Hektar
Wiesenflächen	700 US-Dollar pro Hektar
Weideflächen	400 US-Dollar pro Hektar
Waldflächen	475 US-Dollar pro Hektar
Brachland	200 US-Dollar pro Hektar

9.2 Die Bewertung bei Umsiedlung

Als Entschädigung für verlorenen Wohn- und Arbeitsraum wurden die Kosten einer Neuerrichtung zugrundegelegt, wobei eine vierköpfige Familie als Durchschnitt angenommen wurde und dabei für je vier Umsiedler eine Neuwohnung bzw. ein neues Wohnhaus zu berücksichtigen war. Pro Umsiedler wurde ferner eine reine Wohnfläche von 8 m² zusätzlich modernen Nebenräumen und Installationen angenommen. Für die städtische Bevölkerung (Orsova) wurde ein grösserer Komfort, für ländliche Wohngebiete ein geringerer, aber zusätzliche Ställe und Scheunen berücksichtigt. Für ein dörfliches Haus wurde unter diesen Voraussetzungen und auf Preisbasis 1962 ein Bewertungssatz von 1630 US-Dollar ermittelt, wobei für die Verwendung alter Baustoffe ein Abzug von 20 % von dieser Summe angesetzt wurde. Dies ergibt 1360 US-Dollar je Familie bzw. 340 US-Dollar je Umsiedler.

9.3 Bewertung von öffentlichen Bauten und Bauten der Industrie

Öffentliche Bauten wie Kinos, Rathäuser usw., wurden mit 37 US-Dollar/m² Fläche bewertet.

Für Maschinen wird eine Entschädigung für die Umstellung in Höhe von 85 bis 195 US-Dollar/t bezahlt.

9.4 Abwicklung der Umsiedlung

Von der Abwicklung der Umsiedlung im rumänischen Teil ist folgendes bekannt geworden:

Es werden 15 Ortschaften überflutet, darunter die Stadt Orsova mit ca. 7500 Einwohnern. 5 % der Umsiedler wollten eine Geldablösung und das Gebiet verlassen. Der rumänische Staat liess für die neuen Ufergebiete einen Struktur- und Besiedlungsplan erstellen. An Stelle der 15 Orte wurden nur drei Gemeinden neu erstellt; je ein Ort mit 500, 1500 und 3000 Einwohnern und die Stadt Neu-Orsova für 11 500 Einwohner. 64 % der Umsiedler sind nun Mieter in neuen Wohnhausbauten, welche auf Kosten der Gemeinden erstellt wurden und mit verbesserten Installationen ausgerüstet sind (Kanalnetz, Trinkwasserversorgung und grösstenteils Anschluss an eine Fernheizanlage). Ehemalige Hausbesitzer konnten neuen Grundbesitz zu sehr günstigen Bedingungen, meist unentgeltlich, erwerben und erhielten Zuschüsse für die Errichtung von Neubauten. Bei Verbesserungen gegenüber ihren ehemaligen Besitzungen erhielten sie Kredite mit einer Laufzeit von 15 Jahren bei 1 % Verzinsung. In den neuen Ortschaften bzw. in Neu-Orsova wurden entsprechende Schulen, Krankenhäuser, Sportstätten und Filmtheater neu errichtet. Nach Abschluss dieser Aktionen ergab sich, dass statt der 340 US-Dollar, die in der Bewertung pro Einwohner vorgesehen waren, 1020 US-Dollar und bei Berücksichtigung der Neueinrichtungen für die Allgemeinheit 1800 US-Dollar pro Einwohner aufgewendet wurden.



Bild 14 Die alte Trajantafel über der Römerstrasse

Strassen- und Brückenbauer berichten. Die Trajantafel wurde aus dem Felsen herausgelöst (Bild 15) und über dem Spiegel des neuen Stausees neuerlich angebracht. Auch ein kurzes Stück der endgültig unter den Fluten verschwindenden Römerstrasse wurde nachgebildet.

Auch für Rumänien hatten diese Kulturdenkmäler am rechten Ufer ihre Bedeutung: Die Nachfahren der später friedlich zusammenlebenden Daker und Römer sind zweifellos die heutigen Rumänen, deren Sprache dem Latein sehr verwandt ist.

10.2 Die Türkeninsel Ada-Kaleh

Unweit dem alten Orsova lag inmitten des Stromes ein 2 km langer Geschiebehafen, die Insel Ada-Kaleh. Sie war von Türken bewohnt und gehörte abwechselnd zu Serbien, Rumänien, zu Oesterreich und zur Türkei. Abgesehen von malerischen Gässchen, verfallenen Festungswerken aus der Oesterreicherzeit, war sie wegen eines Gebetsteppichs in der Moschee und der orientalischen Lebensart ihrer Bewohner bekannt. In Basaren und Kaffeehäusern trieben sie mit den immer zahlreicher werdenden Touristen, Matrosen und wohl auch Schmugglern einen schwunghaften Handel mit Tabak und Zuckerwerk. Auf einer anderen Donauinsel, unterhalb von Turnu-Severin und Kladovo, wird das alte Ada-Kaleh neu entstehen. Der Aufwand hierfür beträgt allein über 1,2 Mio US-Dollar. Die ehemaligen Bewohner werden aber wohl mit Vergnügen ihr einsames, armes Inseldasein gegen ein Leben in einer modernen Stadt eintauschen.

10. Erhaltung der Kulturstätten

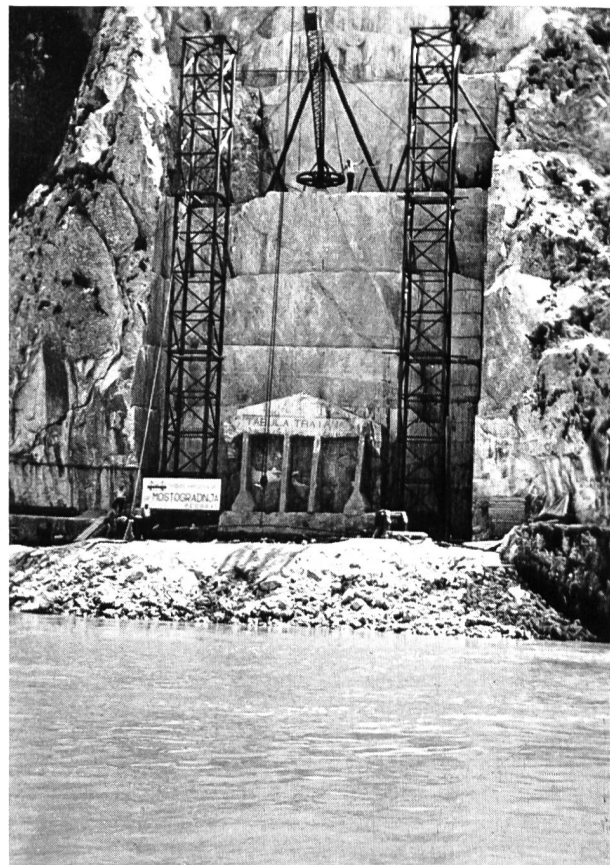
Für die Erhaltung der sonst in den Fluten verschwindenden Kulturstätten wurden in die Gesamtkostenschätzung bzw. in die Bewertung je Partner 150 000 US-Dollar eingesetzt. Tatsächlich wurden natürlich von beiden Teilen wesentlich grössere Summen aufgewendet.

10.1 Die Römerstrasse und die Trajantafel

Das Durchfahren der gefährlichen Kataraktenstrecke stellte schon die Römer vor eine schwierige Aufgabe. Sie hatten am rechten Ufer im Zuge ihrer nördlichen Grenzbefestigung, dem Limes, Kastelle errichtet und wollten nun, unter Kaiser Trajan ca. 100 n. Chr., die kriegerischen und wohlorganisierten Daker am linken Ufer besiegen. Bei Turnu-Severin wurde nach einem Plan des Apollodores von Damaskus eine Brücke über die Donau errichtet und von den römischen Legionären in die steil abfallenden Felsen des rechten Ufers, knapp über dem natürlichen Wasserspiegel der Donau, eine sichere Nachschubstrasse geschlagen. Diese diente auch als Treidelpfad beim Bergwärtsziehen der Schiffe. Die Widerlager der Brücke und die Felsenstrasse sind bis in unsere Tage erhalten geblieben.

Von einem römischen «Heeresbildhauer» wurde eine marmorne Schrifttafel hergestellt und in den Felsen eingelassen — die berühmte «Trajantafel» (Bild 14). Obwohl ihre Schriftzeichen vom beissenden Qualm des Feuers der hier windgeschützt lagernden Hirten und von den Hochfluten der Donau stark beschädigt sind, kann man die nüchternen Worte entziffern, die von der grandiosen Leistung römischer Bauingenieure und «Pionierlegionen» als

Bild 15 Höherlegung der Trajantafel



10.3 Die Ausgrabungen von Lepenski-Vir
Bei den Arbeiten im Stauraum stiess man, unweit bekannter Ausgrabungsstätten römischer Kastelle, auf Zeugen einer 8000 Jahre alten Kultur. Vom baldigen Einstautermin gehetzt, sicherte man die Reste. Bekannte Wissenschaftler versuchen nun an Hand dieser Zeugnisse Licht in das Dunkel der uns unbekannten Kultur zu bringen.

11. Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt zuerst die Schwierigkeiten, die sich den Bauingenieuren des vergangenen Jahrhunderts entgegenstellten, als sie versuchten, in dieser herrlichen Gebirgs- und Flusslandschaft eine leistungsfähige Wasserstrasse herzustellen. Das Ergebnis dieser enormen Anstrengungen kann auch heute noch als Beweis dafür dienen, dass man eine leistungsfähige Wasserstrasse unter ähnlichen Voraussetzungen nur durch einen Aufstau erreichen kann.

Die technische Konzeption des nunmehr vollendeten Werkes war bereits mehrfach Gegenstand von deutschsprachigen Veröffentlichungen und wurde kurz beschrieben.

Die folgenden Ausführungen sollten aber aufzeigen, welche Gründe für manche ungewohnte Lösung massgebend waren. Diese sind nicht nur im technischen Bereich und durch den gleichzeitigen Einfluss westlicher und russischer Ingenieure zu suchen. Wesentlich grösser war zweifellos der Einfluss der Zweistaatlichkeit des Bauherrn. Es wurden daher die Bestimmungen des Abkommens, welches die Pflichten und Rechte beider Partner regelt, skizziert und auf die Auswirkungen näher eingegangen.

Die bekanntgewordenen Gesamtkosten sind, bezogen auf die Leistungsfähigkeit der Anlage, im Vergleich zu

westlichen Flusskraftwerken ausserordentlich klein. Dies hat nicht nur seine Begründung in der besseren Wirtschaftlichkeit eines Grosskraftwerkes gegenüber einer kleineren Anlage, sondern sicherlich auch in der gänzlich unterschiedlichen Behandlung von Entschädigungsfragen. Auf diese wurde an Hand bekannt gewordener Einzelheiten bei der Umsiedlung näher eingegangen.

Abschliessend wurde noch auf die Erhaltung der vom Untergang bedrohten Kulturdenkmäler hingewiesen.

LITERATUR-VERZEICHNIS

- Djordjevic, V. und Puric, V.: «Die Djerdap Kraftwerks- und Schifffahrtsanlage» — Die Wasserwirtschaft, 1970, H. 8.
Focsa, V.: «Umsiedlungen und Ersatzleistungen bei der Errichtung des Stauraumes «Eisernes Tor». — OeZE 1973 (zur Veröffentlichung vorbereitet).
Gonda, B. V.: «Die Regulierung des 'Eisernen Tores'» — Budapest 1896.
Internat. Donaukommission, Budapest: «Memorandum über technische und wirtschaftliche Angaben über den Ausbau des Donauabschnittes am Eisernen Tor für die Schifffahrt.»
Kertai, E.: «Die Nutzung der Wasserkräfte der mittleren und unteren Donau» — Schriftenreihe d. OeWWV 1963, H. 16.
Niel: «Studienfahrt des OeWWV zum Eisernen Tor» — Oesterr. Wasserwirtschaft, Jg. 22, H. 1/2.
Partl, R.: «Ausbaupläne für das Eisernen Tor» — OeZE, 1960, 13. Jg., H. 3.
Paunovic, J.: «Der Einfluss des Systems Djerdap (Eisernes Tor) auf die Donauschifffahrt» — Schifffahrt und Strom 1971.
Roehle, W.: «Das Donaukraftwerk am Eisernen Tor» — OeZE, Jg. 23, 1970, H. 3.
Roehle, W.: «Das Kraftwerk am Eisernen Tor, das grösste geplante Donaukraftwerk» — OeZE, Jg. 19, 1966.
Roehle, W.: «Das Donaukraftwerk am Eisernen Tor» — VDI-Berichte, Nr. 158/1970.
Wex, G.: «Ueber die Schiffbarmachung der Donau am Eisernen Tor und an den sieben Felsbänken oberhalb Orsova» — Wien 1872, Zeitschrift d. OelAV, 1872, H. 10.

Adresse des Verfassers:

Dipl.-Ing. W. Roehle,
Oesterreichische Donaukraftwerke AG
Parkring 12
A-1010 Wien

Bildernachweis:

Bilder 1 und 3 Konrad DoKW
Bilder 7/8 Oesterr. Donaukraftwerke
Bild 14 Roehle/DoKW, Bild 15 Adolf/DoKW

DER STAUSEE UND DIE UMSIEDLUNGSPROBLEME AM EISERNEN TOR

Ferdinand Gradl

DK 627.81:325.5

Die Situation vor Beginn der Arbeiten

Im Grenzgebiet zwischen der Sozialistischen Republik Rumänien und der Föderativen Sozialistischen Republik Jugoslawien durchfliesst die mittlere Donau «Das Eisernen Tor», bis vor kurzem das bei weitem grösste Schifffahrts-Hindernis auf ihrer ganzen Länge. Der gemeinsame rumänisch-jugoslawische Abschnitt, zwischen Einmündung der Nera und des Timocul-Flusses hat eine Länge von 229 km, während die Länge des engeren Abschnittes «Eisernes Tor» 107 km beträgt. Im gemeinsamen Abschnitt von 229 km beträgt das Gefälle der Donau rund 34 m, das insbesondere im Gebiet Gura Vaih—Sip konzentriert ist.

Wie bereits in den anderen Berichten mehrfach erwähnt, war die Stromstrecke im Abschnitt «Eisernes Tor» wegen Katarakten, Felsklippen, grossen Strömungsgeschwindigkeiten, ungenügender Wassertiefe und anderen Hindernissen bei Niedrigwasser für die Schifffahrt die schwierigste.

Trotz aller wichtigen wasserbaulichen Arbeiten, die schon zur Römerzeit und in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts durchgeführt wurden, stiess der Schiffsverkehr weiterhin auf viele Schwierigkeiten und Hindernisse.

Es sei hier auf die anschaulich-romantische Beschreibung des bekannten rumänischen Schriftstellers Alexandru Vlahuta in seinem Buch: «Das malerische Rumänien» hingewiesen: «Vor uns, auf dem bleifarbenen Glanz des Wassers erscheint quer zum Strom zuerst ein Streifen, eine gelbe, gekräuselte Mähne. Wir nähern uns der Schwelle der Stromschnellen. Die Donau beginnt wütend zu schäumen, es ist ein Toben und Wirbeln der Wellen von einem Ufer zum andern. Ueber den Tiefen bilden sich grosse Wirbel, die sich auf der Stelle drehen. Hier sinkt das Wasser in die Tiefe, schäumend, wie von einem mächtigen Wasserstrudel aufgesogen, dort schwellt es an,