Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 67 (1976)

Heft: 3

Artikel: Der Wasserkraftausbau in der Sowjetunion

Autor: Kroms, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915118

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: 10.12.2025

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

in der Höhe von 360 Millionen sKr. bewilligt, mit denen auch weitere Energieträger wie Wasserstoff und Methanol sowie ein grossangelegtes Programm zur Erforschung weiterer Energiesparmassnahmen finanziert werden sollen.

3.3 Die internationale Zusammenarbeit

Den vierten Schwerpunkt in der schwedischen Energiepolitik bildet die internationale Zusammenarbeit. Diese Zusammenarbeit ist insofern wichtig, als sie im Zusammenhang mit einer langfristigen Energieplanung steht. Schweden setzt sich intensiv für einen Dialog zwischen den ölproduzierenden und ölkonsumierenden Ländern ein und versucht, im Rahmen der IEA einen sinnvollen Beitrag zur Verbesserung der internationalen Kooperation zu leisten.

Literatur

[1] Ansprache des Premierministers vor dem Exekutivkomitee der Schwedischen Sozialdemokratischen Partei am 1. Februar 1975.
[2] Energy for Sweden, Forecast and R & D-Programme. Ministry of Industry, October 1974.
[3] Schwedischer Energieplan bis 1985. EWD Energiewirtschaftsdienst Nr. 34 vom 19. Februar 1975.
[4] Schwedischer Versorgungsplan. EWD Energiewirtschaftsdienst Nr. 38 vom 29. April 1975.
[5] Zuversichtliches Schweden. The Petroleum Economist, November 1974.
[6] Schweden will Energie einsparen. The Petroleum Economist, Mai 1975.

Adresse der Autoren

Sekretariat des Schweizerischen Nationalkomitees der Welt-Energie-Konferenz, Postfach 13, 4600 Olten 1.

Der Wasserkraftausbau in der Sowjetunion

Von A. Kroms

Die Sowjetunion ist ein industrialisiertes Land, welches über ergiebige, noch nicht erschlossene Wasserkräfte verfügt, so dass hier noch erhebliche Ausbaumöglichkeiten vorhanden sind. Diesbezüglich nimmt die Sowjetunion eine besondere Stellung zwischen den anderen Industrieländern ein, wo die meisten Wasserkräfte schon genutzt sind. Der Flussausbau erfolgt in der Sowjetunion in grossem Umfang, wodurch zahlreiche bemerkenswerte Wasserkraftanlagen entstanden sind; eine ganze Reihe weiterer Anlagen befindet sich im Bau und in der Planung. Die wichtigsten Wasserkraftprojekte, wie auch die zukünftigen Ausbaupläne, werden erörtert.

L'Union soviétique est un pays industrialisé, n'ayant pas encore épuisé ses immenses ressources hydrauliques, ce qui lui ouvre des perspectives non négligeables dans ce domaine. Cette réalité lui confère dans ce domaine une position particulière au sein des pays industrialisés, dans lesquels l'essentiel des forces hydrauliques disponibles est déjà exploité. L'aménagement sur une grande échelle du réseau fluvial lui a permis de disposer de nombreuses centrales hydrauliques. Cet exposé résume les plus importants projets hydrauliques en cours, ainsi que le programme pour les aménagements futurs.

1. Die Wasserkräfte in der Sowjetunion

Die Sowjetunion verfügt über ein enormes Wasserkraftpotential, wobei sich der überwiegende Teil der hydraulischen Energiequellen in den asiatischen Gebieten des Landes – in Sibirien und in Zentralasien – befindet (Tabelle I) [1–8].

Da die Ausbauwürdigkeit der Wasserkräfte von verschiedenen technischen und wirtschaftlichen Umständen beeinflusst wird und dadurch nicht fest abgrenzbar ist, sind die Vorräte der ausnutzbaren Wasserkräfte in der Literatur zwischen 1100 und 1700 TWh/a angegeben. Die in der Tabelle I angegebenen Werte stellen eine konservative Schätzung dar, so dass sich die Zahlen im Laufe der technischen Entwicklung noch erhöhen können. Ungefähr 80 % der Wasserkraftvorräte befinden sich im asiatischen Teil der Sowjetunion, wobei rund 50 % auf Sibirien, 16 % auf Zentralasien und 14 % auf den Fernen Osten entfallen. Obwohl die Flüsse des europäischen Teils weniger als 20 % des gesamten hydraulischen Energiepotentials umfassen, ist der Flussausbau während der vergangenen Jahrzehnte doch vorwiegend in den europäischen Gebieten durchgeführt worden, weil der grösste Teil der Bevölkerung, die wichtigsten Industriezentren und die Großstädte sich in diesem Teil des Landes befinden. Da letzthin aber die industrielle Tätigkeit sich allmählich auf die östlichen Gebiete, jenseits des Uralgebirges, verschiebt, wo ergiebige Naturschätze (Metalle, Kohle, Erdgas) vorhanden sind, verlagert sich auch der Schwerpunkt des Wasserkraftausbaus auf die reichlichen Wasserkräfte des asiatischen Teils. Sibirien nimmt dabei eine hervorragende Stelle ein, weil die zentrale Zone Sibiriens von wasserreichen, günstig auszubauenden Flüssen durchquert wird, deren verwertbare Jahresarbeit in der Grössenordnung von 500 TWh/a liegt [9–11]. Mit der zunehmenden Industrialisierung der östlichen Gebiete sind hier riesige Flussbauprojekte realisiert worden, die zu den grössten bisher ausgeführten Wasserkraftbauvorhaben gehören. Die wichtigsten Wasserkräfte Sibiriens konzentrieren sich im Jenissei/Angara-Flußsystem, wo günstige Voraussetzungen zur Erstellung grosser Wasserkraftwerke vorliegen; einige Grossanlagen mit Leistungen von 4,5 bis 6 GW sind hier erstellt worden oder befinden sich im Bau, eine Reihe anderer Anlagen wird geplant.

Die Wasserkräfte der Sowjetunion Tabelle I

		Europäischer Teil	Asiatischer Teil	Insgesamt
Theoretisches Potential	TWh/a	690	3250	3940
	%	17,5	82,5	100,0
Technisch erschliessbar	TWh/a	315	1790	2105
	%	15,0	85,0	100,0
Wirtschaftlich ausnutzbar	TWh/a	195	900	1095
	%	18,0	82,0	100,0

Ein anderes Gebiet ist Zentralasien, in der Nähe der chinesischen und afghanischen Grenze. Hier kann man an Flüssen, welche dem Altaigebirge entspringen, hohe Fallhöhen ausnutzen und inhaltsreiche Wasserspeicher errichten, auch wenn man bei der Bauausführung mit der Einwirkung von Erdbeben rechnen muss. Auch hier werden grosse Flussbaupläne verwirklicht, wobei in diesen wasserarmen Gebieten neben der Energieerzeugung besonderer Wert auf die Bewässerung der weiten Steppen und Wüstenflächen gelegt wird.

In Ostsibirien befinden sich einige grosse Flüsse – Lena, Amur u. a., die ebenfalls erhebliche Wasserkräfte abgeben können. Da aber die industrielle Entwicklung hier noch nicht angelaufen ist, sind auf diesen Flüssen bisher keine grösseren Bauvorhaben realisiert worden. Der Flussausbau wird hier durch die spärliche Besiedlung und das rauhe Klima behindert. Da aber in diesen Gebieten reichliche Vorkommen an Metallerzen, Kohle, Gas u. a. verborgen sind, werden in Zukunft voraussichtlich auch diese Wasserkräfte erschlossen werden.

Im Jahre 1962 betrug die installierte Wasserkraftleistung der Sowjetunion 18,5 GW, mit einer Jahresarbeit von 72 TWh. Der Wasserkraftanteil in der Bilanz für elektrische Energie des Landes betrug 20 %. Zufolge einer regen Tätigkeit im Flussausbau ist diese Leistung bis 1974 auf 35,4 GW angestiegen, d. h., sie hat sich ungefähr verdoppelt; zu diesem Zeitpunkt befanden sich Wasserkraftwerke mit einer Leistung von 20 GW im Bau, so dass man mit einem erheblichen Anstieg der Wasserkraftleistung auch in kommenden Jahren rechnen kann [1, 5, 8]. Doch damit sind die Wasserkräfte der Sowjetunion bei weitem noch nicht genügend erschlossen worden. Da der Energiebedarf rasch zunimmt, muss der Bedarfsanstieg zum überwiegenden Teil von thermischen Kraftanlagen übernommen werden, so dass der Wasserkraftanteil in der Energiebilanz, trotz dem umfangreichen Flussausbau, allmählich zurückgeht. Dies stimmt mit der vorherrschenden Tendenz in der allgemeinen Strukturänderung zur modernen Energieversorgung überein.

Da die meisten neuen Werke an wasserreichen Flüssen errichtet und in ausgedehnten Energiesystemen eingeschlossen werden, wird die neu zu erstellende Leistung vorwiegend in Grossanlagen, mit Leistungen über 1 GW, untergebracht (Tabelle II) [1].

Die Gruppe dieser Grosskraftwerke enthält rund 70 % der hydraulischen Gesamtleistung, wobei rund 85 % der Leistung sich in Anlagen über 300 MW befinden. In einigen Werken werden die grössten bisher gebauten Wasserkraftaggregate installiert; so stehen im Krasnojarsk-Werk 500-MW-Einheiten schon in Betrieb, im Ssajan-Werk baut man sogar 640-MW- und im Rogun-Kraftwerk 600-MW-Turbosätze ein. Wasserkraftaggregate dieser Grössenordnung kommen anderswo nur selten vor. Hier könnte die Erweiterung des Grand-Coulee-Kraftwerkes in den USA mit über 600-MW-Aggregaten erwähnt werden [12]; ausserdem enthält das kanadische Werk an den Churchill-Stromschnellen 475-MW-Aggregate [13, 14].

Beim planmässigen Ausbau der Flüsse wird eine möglichst allseitige Nutzung der Wasserkräfte angestrebt [15–17]. Obwohl bisher die Energieerzeugung in den meisten Fällen das erste und das wichtigste Ziel des Flussausbaus gewesen ist, hat doch die wirtschaftliche Entwicklung eine zunehmende Bedeutung für die anderen Sektoren der Wassernutzung; dies bezieht sich auf die Flussregelung zum Zweck der Schiffahrt, der Bewässerung, der Wasserversorgung und des Hochwasserschutzes. Es ist zu erwarten, dass diese Wassernutzer in Zukunft nicht selten die Priorität gegenüber der Energieversorgung erwerben werden.

Drei wichtige Aufgaben des sowjetischen Flussausbaus sind [1, 3, 9, 18]:

a) Der Ausbau leistungsfähiger Wasserwege auf den grossen Flüssen des europäischen Russlands (Wolga, Kama, Dnepr u. a.). Diese Wege können die Wirtschaft ausgedehnter Gebiete, mit einer Bevölkerung von mehr als 100 Millionen oder rund 40 % der gesamten Bevölkerung der Sowjetunion, erheblich beleben.

Die Grossanlagen — Tabelle II

Kraftwerk	Fluss	Gefälle	Leistung, MW		Jahresarbeit
		m	Anlage	Einheiten	TWh
A. In Betrieb					
Krasnojarsk	Jenissei	100	6000	500	20,7
Bratsk	Angara	106	4100 [1])	225	22,6
Wolgograd	Wolga	27	2560	125	11,1
Kuibyschew	Wolga	30	2300	115	10,9
Saratow	Wolga	15	1360	60	5,5
Wotkinsk	Kama	22	1000	100	2,4
B. Im Bau					
Ssajan	Jenissei	220	6400	640	23,7
Ustj-Ilim	Angara	90	4320	240	21,9
Tscheboksary	Wolga	19	1400	78	3,5
Nurek [2])	Wachsch	275	2700	300	11,2
Ingury	Ingury	410	1300	260	5,5
Seya	Seya	95	1290	215	4,9
Untere Kama	Kama	17	1250	78	2,7
Toktogul	Naryn	180	1200	300	4,4
Tschirkey	Sulak	205	1000	250	2,5

[1]) Eine Erweiterung mittels zweier Maschinensätze für 2 × 250 MW = 500 MW wird geplant.
[2]) Teilweise in Betrieb.

b) Die Errichtung inhaltsreicher Wasserspeicher für Bewässerungszwecke, besonders an den Flüssen der dürren Steppengebiete der Ukraine, von Zentralasien, des Kaukasus u. a.

c) Der Ausbau der wasserreichen Flüsse Sibiriens (Jenissei, Angara, Ob u. a.). Hier können Grossanlagen mit einem jährlichen Arbeitsvermögen von mehr als 270 TWh erstellt werden; die billige Wasserkraft wird die Entwicklung der Schwerindustrie begünstigen, welche auch auf die reichen Mineralvorkommen der anliegenden Gebiete zurückgreifen kann.

2. Die Wasserkräfte des europäischen Teils

Die wichtigsten Kraftwerkgruppen des europäischen Teils befinden sich an der Wolga, am Dnepr und der Daugava. Da die Wasserströme der europäischen Sowjetunion Flachlandflüsse sind, welche die weite Ebene Osteuropas durchqueren, kann ihre Ausnutzung nur mittels Kraftwerkketten, die aus einer Reihe von Niederdruckanlagen bestehen, wirksam durchgeführt werden.

2.1 Kraftwerkkette Wolga–Kama

Die grösste Kraftwerkkette des europäischen Russlands ist im Wolga/Kama-Flußsystem ausgebaut worden [18].

Die *Wolga* ist der längste und der wasserreichste Fluss Europas. Sie entspringt der Waldaihöhe, durchquert die waldbedeckte nordrussische Ebene und fliesst nach der Aufnahme des grössten Zubringers – Kama – durch die trockenen Steppengebiete südwärts; nach einem 3700 km langen Lauf mündet sie in das Kaspische Meer. Die Wolga ist ein typischer Flachlandfluss, mit niedrigen Ufern und mit einem gesamten Gefälle von nur 260 m; ihr mittlerer Jahresabfluss beträgt rund 250 km³ [1]), wovon 125 km³ auf Kama entfallen. Die Wasserführung der Wolga schwankt innerhalb weiter Grenzen, wobei im Frühling eine hohe Wasserspitze durch die Schneeschmelze verursacht wird.

Die Wolga ist seit jeher ein wichtiger Transportweg des russischen Grossraums gewesen. Die Wasserbauten, die im Laufe der letzten Jahrzehnte auf der Wolga errichtet worden sind, haben die Schiffahrtsverhältnisse wesentlich verbessert,

[1]) 1 km³ = 1 Mia m³

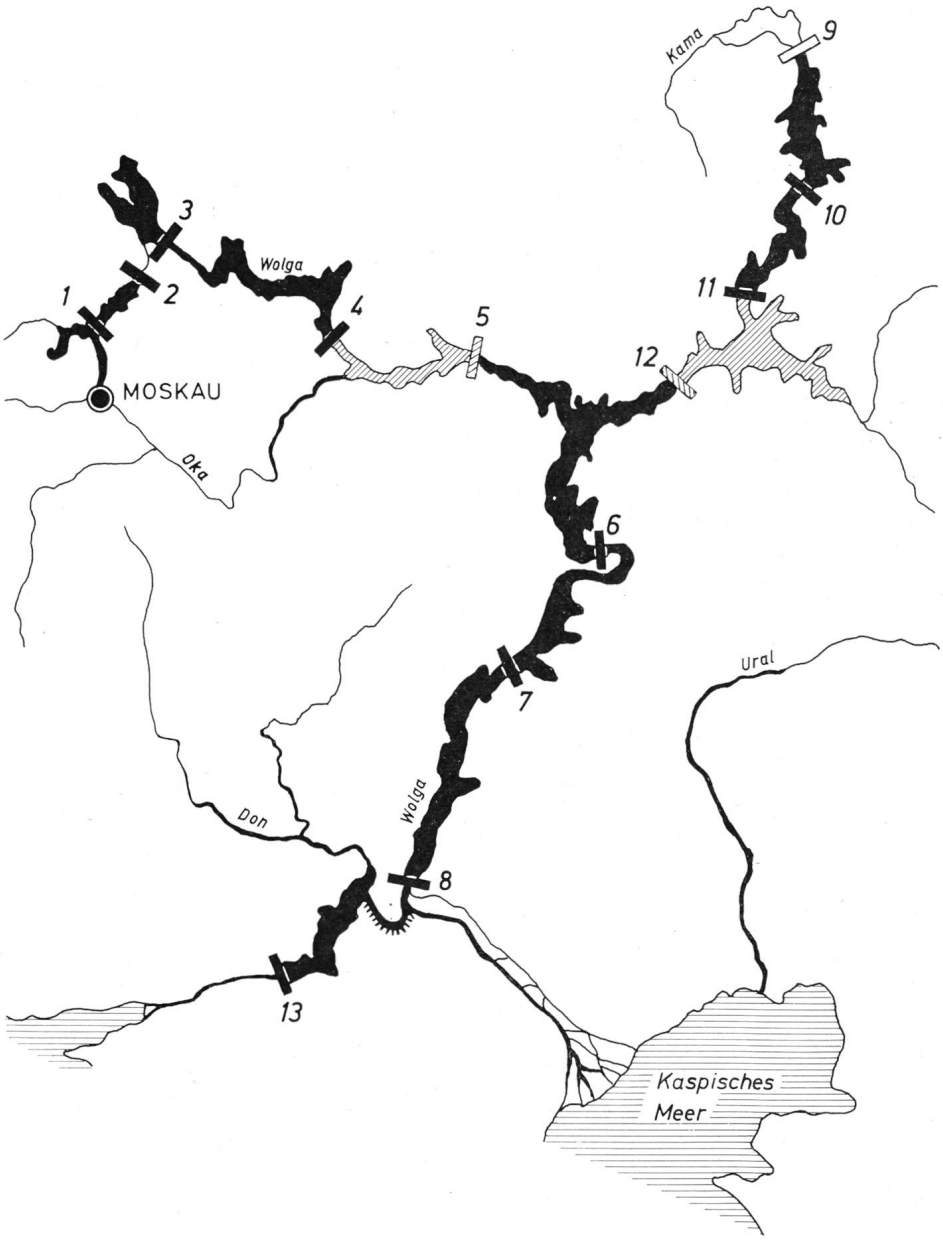


Fig. 1
Kraftwerkkette Wolga/Kama
- in Betrieb
- im Bau
- in Planung

Bemerkung:
Die angegebenen Zahlen entsprechen bei allen Figuren jeweils den Bezeichnungen in den dazugehörigen Tabellen.

Kraftwerkkette des Wolga-Flußsystems Tabelle III

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Jahresarbeit TWh	Nutzinhalt des Speichers km³ [3])
A. Auf der Wolga				
1. Iwankowo	14,5	30	0,12	1,0
2. Uglitsch	16	110	0,24	0,6
3. Rybinsk	18	330	1,10	16,7
4. Gorki	17	520	1,51	2,8
5. Tscheboksary	19	1400	3,45	5,7
6. Kuibyschew [1])	30	2300	10,90	34,6
7. Saratow	15	1360	5,40	
8. Wolgograd [2])	27	2560	11,10	8,2
B. Auf der Kama				
9. Obere Kama	19	630	2,07	6,9
10. Kama	22	500	1,90	9,8
11. Wotkinsk	22,5	1000	2,40	3,7
12. Untere Kama	17	1250	2,70	4,6
C. Auf dem Don-Kanal				
13. Zimljansk	24	165	1,10	

[1]) Offiziell «Wasserkraftwerk W. I. Lenin».
[2]) Offiziell «Wasserkraftwerk des 22. Parteikongresses».
[3]) 1 km³ = 1 Milliarde m³

so dass die Wolga eine führende Stelle im Transportsystem des europäischen Russlands einnimmt. Sie ist mittels mehrerer Kanalsysteme mit dem Weissen, dem Baltischen und dem Schwarzen Meer verbunden; ein Kanal verbindet sie auch mit Moskau. Die Bevölkerung des Wolga/Kama-Gebietes, die aus den Wasserkräften Nutzen zieht, beträgt 80 bis 90 Millionen.

Das Energiepotential des Wolga/Kama-Systems wird auf 45 bis 50 TWh/a geschätzt. An beiden Flüssen sind umfangreiche Wasserbauten errichtet worden, welche mehrere wasserwirtschaftliche Aufgaben erfüllen müssen [18]:

a) eine günstige Schiffahrtsstrasse zu bilden;
b) grosse Mengen hydraulischer Energie zu erzeugen;
c) die Bewässerung der Steppengebiete zu verwirklichen;
d) den Wasserabfluss auszugleichen und damit Hochwasserschäden zu vermeiden.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben sind auf beiden Flüssen Staustufenketten geplant worden, wobei die meisten Stufen schon erstellt worden sind (Tabelle III, Fig. 1) [1].

An der Wolga befinden sich acht Staustufen mit einer Leistung von rund 8,7 GW und einem Arbeitsvermögen von 34,7 TWh/a. Vier Anlagen der Kette, mit Leistungen von 1 bis 2,5 GW, gehören zur Gruppe der Grossanlagen (siehe Tabelle II). Der Nutzinhalt der Staubecken beträgt 66 km³, wobei die grössten Wasserspeicher an den Staustufen Rybinsk und Kuibyschew zum Zurückhalten der Flutwässer und zur Bewässerung beitragen.

Die *Kama,* der grösste Nebenfluss der Wolga, hat eine Länge von 2000 km mit einem Jahresabfluss von 125 km³. Die Kama entspringt im Hochgebiet westlich des Uralgebirges und entwässert einen grossen Teil des Uralplateaus. Da sie den Charakter eines Gebirgsflusses hat, ist ihre Wasserführung noch ungleichmässiger als diejenige der Wolga. An der Kama ist eine Kraftwerkkette mit vier Staustufen geplant worden, wobei die zwei mittleren Stufen, Kama und Wotkinsk, fertiggestellt sind, die untere Stufe sich im Bau befindet und die obere geplant wird. Die Gesamtleistung dieser Kette beträgt 3,4 GW mit einer Jahresarbeit von 9 TWh. Der Nutzinhalt der Wasserspeicher ist auf 25 km³ geschätzt worden; hier sind grosse Wasservorräte zum Ausgleich der stark schwankenden Wasserführung von besonderem Wert.

Man plant, den oberen Wasserspeicher der Kama mit dem nördlich fliessenden Petschora-Fluss zu verbinden, um Wasser aus der Petschora in die Kama einzuleiten. Die Petschora mündet in die Barentssee. Man erwägt dabei, den rund 100 km langen Kanal, der die Wasserscheide überqueren soll, mittels Kernexplosionen zu errichten. Das zusätzliche Wasser würde es ermöglichen, sowohl mehr Energie im Wolgaflußsystem zu erzeugen als auch die Wasserbilanz des Kaspischen Meeres zu stabilisieren; der Spiegel des Meeres sinkt, wobei die projektierte Wasserentnahme aus der Wolga für die Bewässerungszwecke diesen Vorgang noch beschleunigen kann.

Das niedrigstgelegene Werk der Wolgakette bei Wolgograd befindet sich inmitten eines ausgedehnten Steppengebiets. Hier wird eine grosszügige Feldbewässerung projektiert. Das Wasser soll dem Stausee des Kraftwerkes entnommen und den östlich der Wolga gelegenen Steppenfeldern zugeleitet werden. Man plant, eine Fläche von 56 000 km² zu bewässern.

Unterhalb von Wolgograd ist die Wolga mittels eines 100 km langen Schleusenkanals mit dem Don und damit mit dem Schwarzen Meer verbunden. Dabei kann das Wasser vom Don-Stausee bei Zimljansk über die Schleuse des Kanals hochgepumpt und in die Wolga eingeleitet werden. Mit

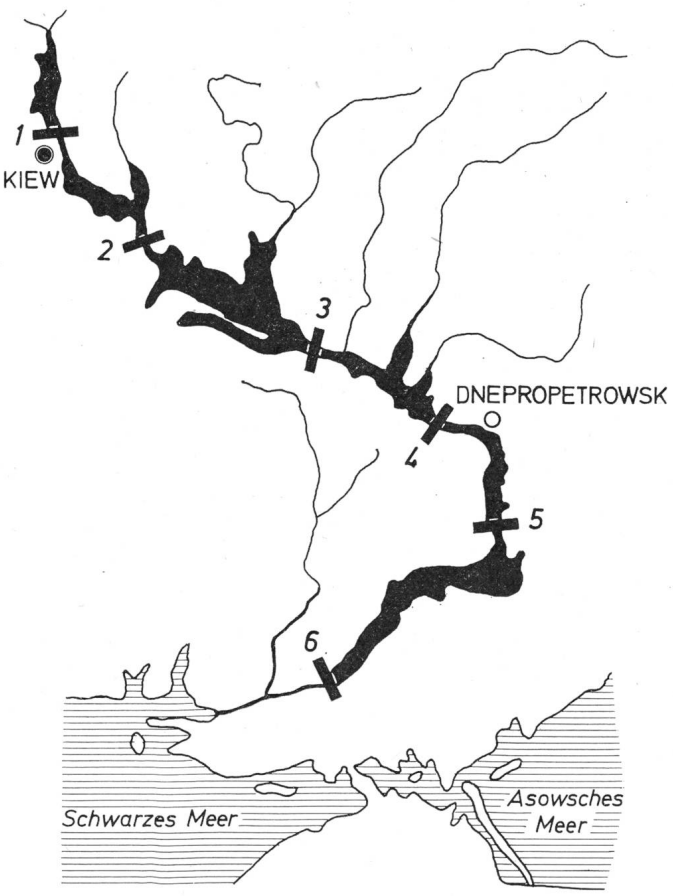


Fig. 2 Dnepr-Kraftwerkkette

Dnepr-Kraftwerkkette Tabelle IV

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Jahresarbeit TWh	Nutzinhalt des Speichers km³
1. Kiew	11,5	350	0,6	1,2
2. Kanew	15,0	420	0,8	0,3
3. Krementschug	17,0	625	1,5	9,0
4. Dneprodserschinsk	15,5	350	1,3	0,3
5. Dneproges[1])	38,5	650	3,6	0,8
6. Kachowka	16,5	350	1,4	6,8

[1]) Offiziell «Wasserkraftwerk W. I. Lenin»; wird um 850 MW erweitert.

dem 300 km langen Staubecken bei Zimljansk, welches ein Fassungsvermögen von 24 km³ hat, ist die Bewässerung der Trockensteppe zwischen Rostow und Wolgograd verbunden.

Die Wolga-Kraftwerkkette kann wie folgt charakterisiert werden:

1. Die Kraftwerkkette besteht aus Niederdruckanlagen mit Nutzgefällen von 15 bis 30 m. Des geringen Gefälles wegen entstehen oberhalb der Staudämme lange Stauseen, die sich auf mehrere hundert Kilometer aufwärts erstrecken und die Schiffahrt verbessern.

2. Die Anlagen erfüllen mehrere Aufgaben. Sie liefern Energie, schaffen eine Schiffahrtsstrasse, regeln die ungleichmässige Wasserführung und dienen zur Bewässerung der Steppengebiete.

3. Die meisten Kraftwerke sind Grossanlagen mit elektrischen Leistungen von 500 bis 2500 MW. Der niedrigen Gefälle und des weichen Baugrundes wegen ist ihre Leistung auf eine grosse Anzahl von Turboaggregaten aufgeteilt worden, so dass die Einheitsleistungen der Maschinensätze 125 MW nicht übersteigen. Ausserdem sind die meisten Kraftwerke der Kette in einer Zeit projektiert worden, wo die technische Leistungsgrenze der Wasserkraftaggregate tiefer als heute lag.

4. Die Kraftwerke arbeiten mit einer Ausnutzungsdauer von 2500 bis 5000 h/a, wobei der Spitzenbetrieb während der Trockenzeiten von den Schiffahrtsbedürfnissen begrenzt wird. Nach dem Vollausbau der beiden Ketten wird es aber möglich sein, die Kraftwerke im Schwallbetrieb vermehrt zur Deckung der Tagesspitzen einzusetzen, ohne den Schiffahrtsverkehr zu gefährden. Die räumlichen Speicher am Oberlauf der Wolga und der Kama rechtfertigen es, in einigen Kraftwerken nachträglich eine zusätzliche Spitzenleistung einzubauen. Eventuell werden später auch Pumpspeicherwerke im Wolgagebiet errichtet.

2.2 Dnepr-Kraftwerkkette

Der Dnepr ist der zweitgrösste Fluss der europäischen Sowjetunion. Er fliesst durch die landwirtschaftlichen Gebiete der Ukraine und mündet nach 2300 km in das Schwarze Meer. Der jährliche Wasserabfluss beträgt 52 km³, wobei die Wasserführung eine hohe Frühlingsspitze aufweist und sich sehr ungleichmässig auf die einzelnen Jahressaisons verteilt. Der Fluss setzt sich aus zwei Strecken unterschiedlichen Charakters zusammen. Die obere, rund 1300 km lange Strecke, samt mehreren Nebenflüssen, führt durch sumpfige, waldbedeckte und niederschlagsreiche Flachgebiete Weissrusslands. Hier nimmt der Fluss den überwiegenden Teil des Wassers auf; die jährliche Abflussmenge ist oberhalb von Kiew bereits zu 80 % erreicht. Der flachen Ufer und des geringen Gefälles wegen sind auf der oberen Strecke nur sehr begrenzte Möglichkeiten für den Wasserkraftausbau gegeben. Die untere Strecke, von Kiew bis zur Mündung, strömt durch die niederschlagsarmen Steppengebiete der Ukraine. Hier führt der Fluss über Stromschnellen, weshalb auf dieser Strecke eine Staustufenkette ausgebaut worden ist. Sie enthält sechs Kraftwerke mit einer installierten Gesamtleistung von 2,7 GW und einem jährlichen Arbeitsvermögen von 9,3 TWh (Tabelle IV, Fig. 2) [1].

Das grösste Kraftwerk der Kette, das Dneproges-Werk, mit Staudamm unterhalb der bekannten Sapororoshje-Stromschnellen, wurde bereits 1932 errichtet; die Stufe überflutete die Schnellen und verbesserte die Schiffahrt. Während des Krieges wurde das Werk zerstört. In der Nachkriegszeit ist es erneuert worden; seine Leistung wird durch die Errichtung des zweiten Maschinenhauses um 850 MW erhöht. Die übrigen Staustufen der Kette sind nach dem Kriege erstellt worden.

Die Kraftwerke des Dneprs erfüllt mehrere wirtschaftliche Aufgaben:

1. Sie überdeckt die Stromschnellen und schafft einen 1000 km langen, genügend tiefen Wasserweg, der durch wirtschaftlich wichtige Gebiete führt.

2. Die Wasserkraftwerke erzeugen erhebliche Mengen an Elektrizität für die Schwerindustrie der umliegenden Gebiete.

3. Die Wasservorräte der Staubecken werden zur Bewässerung der Steppenfelder ausgenutzt; sie ermöglichen ausserdem, Hochwasserschäden der Schneeschmelzperiode abzuwenden und eine genügende Wassertiefe für die Schiffahrt in den Trockenzeiten aufrechtzuerhalten.

Die Bewässerung erwirbt allmählich den ersten Platz zwischen den Zielsetzungen der Flussausnutzung. Der Nutzinhalt der Wasserspeicher beträgt 18,4 km³, wobei die grössten Wasservorräte an der mittleren Stufe bei Krementschug und der unteren Stufe bei Kachowka aufgespeichert werden. Bisher sind rund 900 km² bewässert worden; man schätzt aber, dass es möglich sein wird, das Wasser aus den Speichern für eine Fläche von 24 000 km² bis zu 48 000 km² zu versorgen.

Der Dnepr ist mittels der geschlossenen Staustufenkette von Kiew bis zum Schwarzen Meer vollständig ausgebaut worden; die künftigen Arbeiten werden sich hauptsächlich auf die Ausdehnung der Bewässerungsanlagen konzentrieren.

2.3 Daugava-Kraftwerkkette

Der wichtigste Fluss im Nordwesten der europäischen Sowjetunion ist die Daugava. Sie entspringt auf der Waldaihöhe, fliesst westwärts durch das Territorium Lettlands und mündet nach 1000 km bei Riga in den Rigaischen Golf. Der Jahresabfluss beträgt 20 km³, wobei die Wasserführung, mit einer ausgeprägten Frühlingsspitze, sehr ungleichmässig ist. Das grösste Gefälle befindet sich auf der unteren Strecke zwischen Daugavpils und Riga, wo der Fluss bereits mehr als 80 % des gesamten Wasserdargebots aufgenommen hat. Dies begünstigt den Flussausbau für die Zwecke der Energieerzeugung. Nachteilig wirkt sich aber der Umstand aus, dass das Flusstal ziemlich schmal ist, so dass in den Staubecken nur mässige Wasservorräte aufgespeichert werden können.

Man plant, die Wasserführung durch die Errichtung von Wasserspeichern auf dem Oberlauf des Flusses, im Waldaigebiet, auszugleichen; diese Speicher werden die Frühlingswässer der Schneeschmelze zurückhalten.

Die Kraftwerkkette der Daugava befindet sich im Entwicklungsstadium. Einige Wasserkraftwerke sind in Betrieb, andere werden gebaut oder geplant (Tabelle V, Fig. 3).

Das erste Wasserkraftwerk auf Daugava wurde in Lettland vor dem Kriege errichtet. Es handelte sich um die Kegums-Staustufe mit einer Kraftanlage für 70 MW. Während des Krieges wurde das Werk teilweise zerstört. Es ist erneuert worden, und man plant eine Leistungserhöhung auf 170 MW. Nach dem Kriege sind zwei weitere Stufen – bei Plavinas und bei Dole – errichtet worden. Das Plavinas-Kraftwerk ist mit einer installierten Leistung von 825 MW und einer möglichen Jahresarbeit von rund 1,2 TWh als reines Spitzenwerk ausgelegt worden. Des schmalen Flusstals wegen wird das überschüssige Flutwasser über das Dach des Maschinenhauses abgeleitet. Das Dole-Kraftwerk ist vor kurzem in Betrieb genommen worden; es liegt in der Nähe von Riga und wird «Riga-Wasserkraftwerk» genannt. Es bildet ein ziemlich grosses Staubecken und wird zur Deckung der Tagesspitzen der Stadt Riga eingesetzt. Die Errichtung weiterer, höher liegender Kraftwerke wird geplant.

Alle Wasserkraftwerke auf Daugava werden als Spitzenwerke für das nordwestliche Energiesystem ausgelegt; aus diesem Grunde wird ihre Leistung relativ hoch gewählt. Bei der geplanten Leistung der Kette von 2 GW und bei einer geschätzten Jahresarbeit von 2,5 bis 3 TWh wird die durchschnittliche Ausnutzungsdauer weniger als 1500 h/a betragen. Da die Energie in diesem System vorwiegend thermisch erzeugt wird, ist eine hydraulische Spitzenleistung hier von grossem Wert.

3. Wasserkräfte des asiatischen Teils

Das Schwergewicht des sowjetischen Wasserkraftausbaus verschiebt sich auf die asiatischen Gebiete, weil da ausserordentlich ergiebige Energiequellen vorhanden sind, die bisher nur zu einem geringen Teil erschlossen worden sind. Die wichtigsten Zentren der Bautätigkeit befinden sich in Zentralsibirien – im Jenissei-Flußsystem – und in Zentralasien an den Syr-Darja- und Amu-Darja-Flüssen. Die Wasserkräfte des Fernen Ostens (Ostsibiriens) sind noch nicht genügend erforscht worden; sie liegen vorläufig brach. Es ist zu erwarten, dass ihre Erschliessung sich zu einem späteren Zeitpunkt, parallel mit dem Industrieausbau der fernen ostsibirischen Gebiete, entwickeln wird.

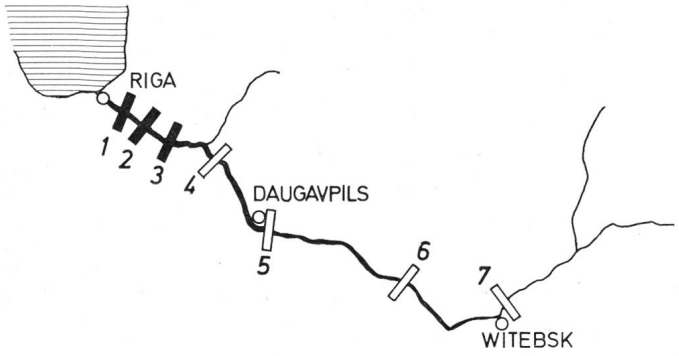


Fig. 3 Daugava-Kraftwerkkette

Daugava-Kraftwerkkette Tabelle V

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Zustand
1. Dole	16	380	in Betrieb
2. Kegums	15	170	in Betrieb [1])
3. Plavinas	40	825	in Betrieb
4. Jekabpils	16	150	geplant
5. Daugavpils	21	200	geplant
6. Polozk	18	150	geplant
7. Witebsk	28	180	geplant

[1]) In Betrieb mit 70 MW.

3.1 Wasserkraftwerke Sibiriens

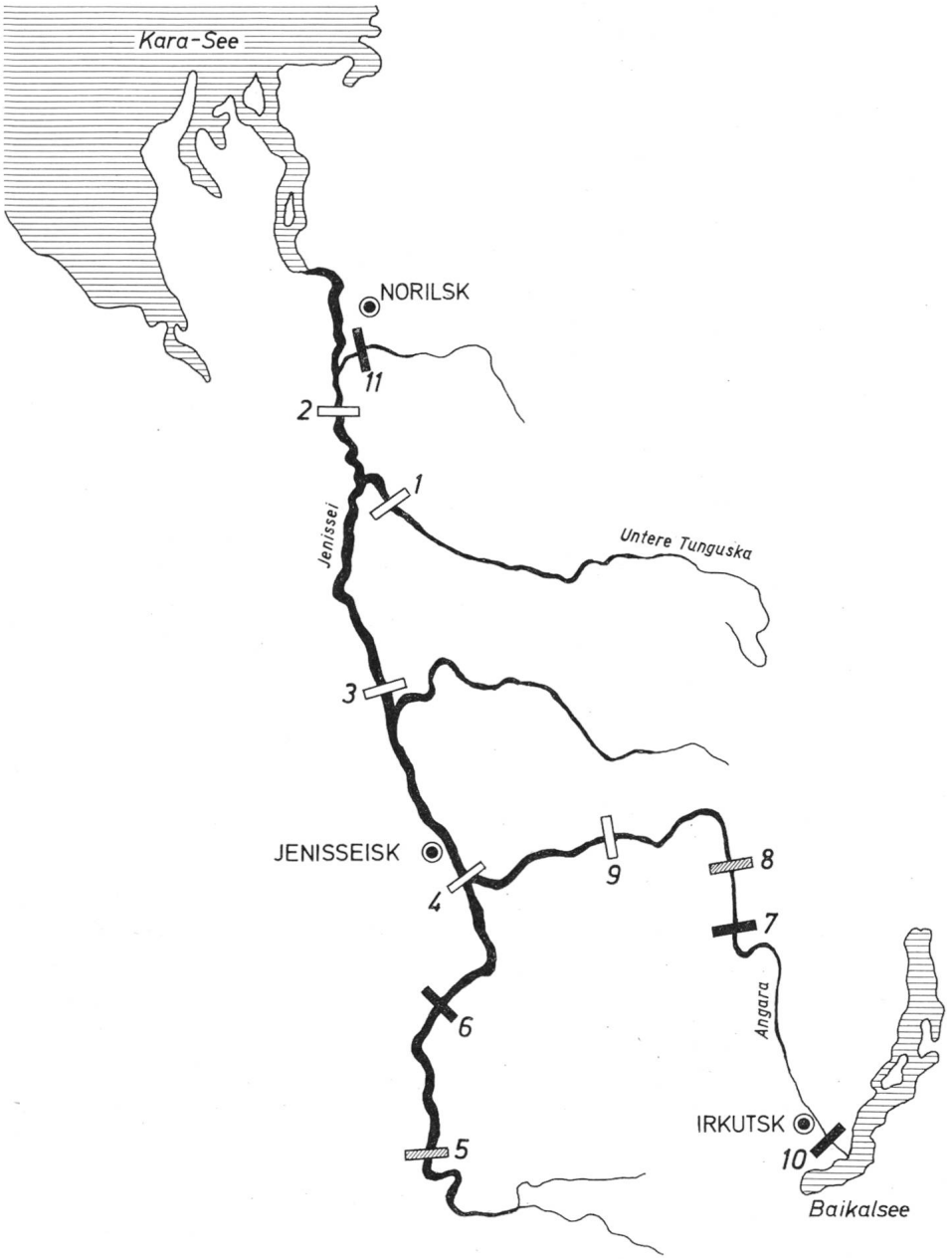
Ungefähr die Hälfte des Wasserkraftpotentials der Sowjetunion konzentriert sich in Sibirien, wobei die wichtigsten Energiequellen sich im Jenissei-/Angara-Flußsystem befinden. Flüsse dieses Systems weisen eine reichliche Wasserführung und ein hohes Gefälle auf, wobei die steilen Ufer und der harte Boden die Errichtung grosser Staudämme erleichtern. Dies führt zur Konzentrierung grosser Leistungen an wenigen Baustellen wie auch zur Kostensenkung der Bauarbeiten. Aus diesen Gründen ist dieses System zurzeit führend in der Wasserkraftplanung der Sowjetunion. Die ausbauwürdigen Energievorräte dieser Flüsse belaufen sich nach verschiedenen Schätzungen auf [3; 4; 9]: Jenissei 160 bis 200 und Angara 80 bis 100 TWh/a. Hier werden Kraftwerkketten erstellt, die nach ihren Ausmassen die Kraftwerkgruppen anderer Flußsysteme weit übertreffen. Laut den Bauplänen soll hier eine Kraftwerkgruppe mit einer Gesamtleistung von 54 GW und einer Jahresarbeit von rund 240 TWh entstehen. Kraftwerke für 20 GW und eine Energieproduktion von 90 TWh/a befinden sich in Betrieb und im Bau; eine Reihe weiterer Stufen wird projektiert (Tabelle VI, Fig. 4) [1; 3; 5; 9].

Die *Angara* ist der grösste Nebenfluss des Jenisseis. Sie entspringt dem grossen Baikalsee (32 000 km²) und weist auf ihrem Lauf von 1800 km ein Gefälle von 380 m auf. Die Angara stellt die wirtschaftlich günstigste Wasserenergiequelle der Sowjetunion dar. Die Angara-Kette wird aus vier Anlagen bestehen, wovon zwei sich in Betrieb befinden. Die Leistung der Kette soll im Vollausbau 13,5 GW und die Jahresabgabe rund 66 TWh betragen. Da der Baikalsee als ein vortrefflicher Ausgleichsspeicher dient, können diese Werke das ganze Jahr hoch ausgelastet werden; sie arbeiten mit einer Ausnutzungsdauer von 4500 bis 6000 h/a und liefern Grundlastenergie an die Industrie, die im zentralen Sibirien angesiedelt wird. Die grösste Anlage der Kette – das Bratsk-Werk – steht mit einer Leistung von 4,1 GW in Betrieb; ihre Leistung wird später auf 4,6 GW erhöht werden, wonach ihr Arbeitsvermögen 23 TWh/a erreichen wird. Die nächste Stufe bei Ustj-Ilim, für eine Endleistung von 4,3 GW und eine Jahresarbeit von rund 22 TWh, befindet sich im Bau. Die letzte Stufe, das Bogutschany-Werk, ist für 4 GW und 18 TWh/a geplant.

Der *Jenissei* ist der wasserreichste Fluss der Sowjetunion. Er entspringt dem Ssajan-Gebirge an der chinesischen Grenze, fliesst nordwärts und mündet nach 3800 km in die Karasee. Die Jahresabflussmenge erreicht 620 km³.

Auf dem Jenissei sind enorme Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung vorhanden. Die geplante Kraftwerkkette be-

Fig. 4
Kraftwerkkette Jenissei/Angara



steht aus sechs Grossanlagen (einschliesslich einer Anlage auf der Unteren Tunguska), die für Leistungen von 6 bis 8,3 GW geplant sind. Die Gesamtleistung der Kette soll in ihrem Vollausbau 40,5 GW, mit einer Energieabgabe von rund 175 TWh/a, betragen.

Als die erste Stufe der Kette ist das Krasnojarsk-Kraftwerk auf der oberen Flußstrecke errichtet worden; es steht mit seiner vollen Leistung von 6 GW in Betrieb und gibt jährlich 21 TWh in das Energienetz von Zentralsibirien ab. Die Ausnutzungsdauer der Kraftwerkleistung (3500 h/a) ist niedriger als diejenige der Angara-Kette, weil das Krasnojarsk-Werk Spitzenleistungen für das Energienetz bereitstellt. Das Wasserkraftwerk liegt in einem schmalen Flusstal, wobei der Aufstau einen 250 km langen Stausee geschaffen hat [19; 20].

Ein charakteristisches Merkmal des Krasnojarsk-Kraftwerkes ist die hohe Einheitsleistung seiner Maschinensätze. Die Leistung des Werkes ist auf zwölf 500-MW-Turbosätze aufgeteilt worden; sie sind die grössten Wasserkraftaggregate

Jenissei-/Angara-Kraftwerkketten Tabelle VI

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Jahresarbeit TWh	Zustand
Jenissei-Kette				
1. Unt. Tunguska [1])		8300	38,6	geplant
2. Igarka	27	6600	31,8	geplant
3. Ossinowo	45	6500	28,8	geplant
4. Jenisseisk	65	6500	32,9	projektiert
5. Ssajan	220	6400	23,7	im Bau
6. Krasnojarsk	100	6000	20,7	in Betrieb
11. Chantaika [2])		450	2,0	in Betrieb
Angara-Kette				
7. Bratsk	105	4600	22,7	in Betrieb [3])
8. Ustj-Ilim	90	4320	21,9	im Bau
9. Bogutschany	75	4000	17,7	projektiert
10. Irkutsk	30	600	4,1	in Betrieb

[1]) Auf dem Nebenfluss Untere Tunguska.
[2]) Auf dem Nebenfluss Chantaika.
[3]) In Betrieb mit 4100 MW.

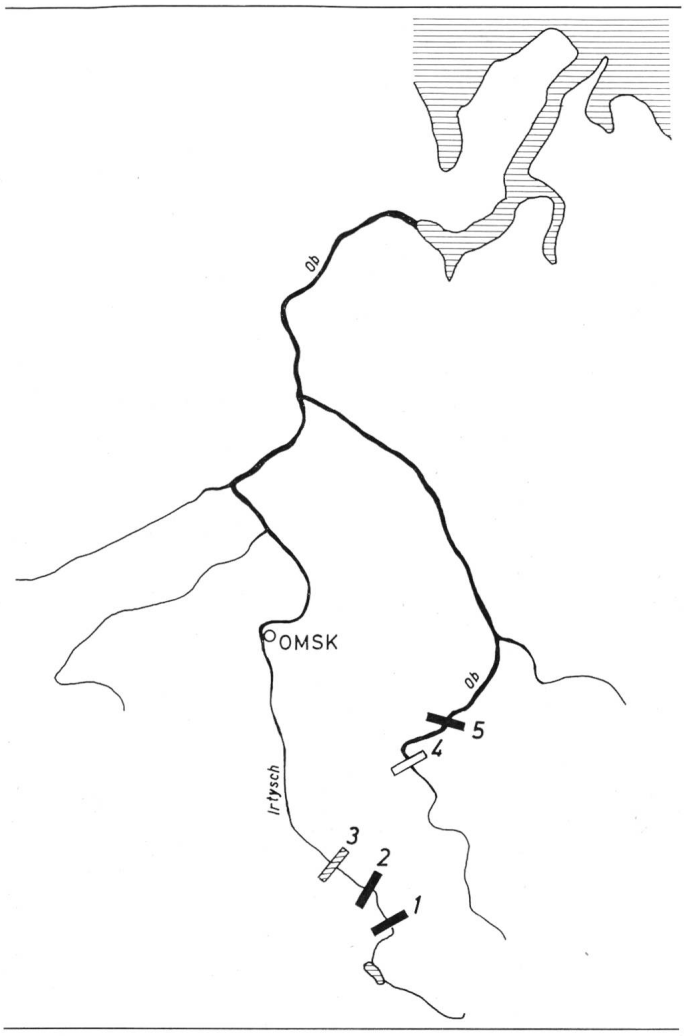


Fig. 5 Ob/Irtysch-Flußsystem
Kraftwerke: *1* Buchtarma *2* Ustj-Kamenogorsk *3* Schulbino *4* Kamensk *5* Nowosibirsk
Die übrigen möglichen Staustufen sind nicht angedeutet

der Welt, die bisher in Betrieb gesetzt worden sind. Diese hohe Aggregatleistung ist gewählt worden, weil

a) eine geringe Anzahl der Aggregate die Baukosten herabsetzt und

b) das Maschinenhaus im schmalen Flusstal möglichst kurz gehalten werden musste.

Die grossen Ausmasse der Blockeinheiten stellen hohe Ansprüche an die Fertigung und den Transport.

Oberhalb des Krasnojarsk-Werkes, im Ssajan-Gebirge, wird ein anderes Kraftwerk für 6,4 GW gebaut. Da das Werk ein Gefälle von 220 m ausnutzen wird, sind hier noch grössere Maschineneinheitsleistungen gewählt worden, näm lich zehn 640-MW-Einheiten. Diese werden leistungsmässi mit den Zusatzeinheiten des Grand-Coulee-Kraftwerke (USA) wetteifern. Das Ssajan-Kraftwerk, mit einem hohe Bogenstaudamm und mit den ungewöhnlich grossen Turbo sätzen, stellt ein hervorragendes Beispiel des Wasserkraft baus dar [9]. Auch dieses Werk wird die Lastschwankunge des Netzes aufnehmen und mit einer Ausnutzungsstunden zahl von rund 3700 h/a arbeiten.

Auf dem mittleren und dem unteren Flusslauf werde vier Wasserkraftwerke für Leistungen von 6,5 bis 8,3 GW geplant. Da ihre Baustellen unterhalb der Angara-Mündun liegen, wird das gleichmässige Wasserdargebot der Angara wie auch die Wasserspeicher auf der oberen Strecke de Jenisseis, den Wasserzufluss zu den niedriger liegenden Wer ken ausgleichen, so dass sie planungsgemäss mit einer Aus nutzungsstundenzahl von 4500 bis 5000 h/a arbeiten können Ein besonders grosser Speicher wird am Jenisseisk-Kraft werk entstehen; er wird das Wasser der Angara aufnehme und die Wasserabgabe an die abwärts liegenden Werk regeln.

Der Bau des grössten Werkes der Kraftwerkgruppe, fü 8,3 GW, ist auf dem Nebenfluss Untere Tunguska geplan worden. Auf einem noch mehr nördlich liegenden Neben fluss, Chantaika, ist das nördlichste Kraftwerk der Erde, mi einer Leistung von 450 MW, in Betrieb. Da die Nebenflüss am Unterlauf des Jenisseis noch nicht genügend erforsch sind, sind hier wahrscheinlich noch weitere Ausbaumöglich keiten vorhanden.

Erhebliche nutzbare Wasserkräfte besitzen auch ander sibirische Flüsse. Hier sei der grösste Fluss des westsibi rischen Tieflands, der *Ob* mit seinem Nebenfluss *Irtysch* besonders erwähnt [3]. Da die Ufer dieser Flüsse niedrige und die Flusstäler breiter als am Jenissei sind, ist es hie nicht möglich, hohe Staustufen zu errichten und gross Leistungen an einer Stelle zu konzentrieren. Die besten Baustellen befinden sich auf den oberen Flußstrecken, wo in Gebirgsland grössere Gefälle ausgenutzt und grössere Staubecken errichtet werden können (Fig. 5).

Der Ob entspringt dem Altaigebirge. Seine Länge, zusammen mit dem Irtysch, beträgt 5570 km, die jährliche Wasserführung 400 km³. Am Oberlauf des Ob, bei Kamensk, wir ein grosses Wasserkraftwerk geplant, wo ein Staubecken mi einem Inhalt von 26 km³ entstehen wird; der Wasservorra wird sowohl zur Leistungsregelung der Kraftwerke als auch zur Bewässerung der Steppenfelder von Westsibirien un Kasachstan dienen. Ein niedriger liegendes Wasserkraftwerk bei Nowosibirsk steht mit 400 MW in Betrieb.

Wachsch-Kraftwerkkette Tabelle VII

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Jahresarbeit TWh	Nutzinhalt des Speichers km³	Zustand
1. Rogun	310	3600	13,0	8,6	geplant
2. Schurob	57	750	3,0		geplant
3. Nurek	275	2700	11,2	4,5	im Bau [1])
4. Baipasa	46	600	1,9		in Betireb
5. Sangtudin	84	800	3,9		geplant
6. Golownaja	31	210	1,3		in Betrieb

[1]) Teilweise in Betrieb.

Naryn-Kraftwerkkette Tabelle VIII

Kraftwerk	Gefälle m	Leistung MW	Jahresarbeit TWh	Nutzinhalt des Speichers km³	Zustand
1. Toktogul	180	1200	4,4	14,0	im Bau
2. Kurpsai	100	800	2,7		geplant
3. Taschkumir	60	380	1,7		geplant
4. Utsch-Kurgan, Nr. 0	25	170	0,7		geplant
5. Utsch-Kurgan, Nr. 1	36	180	0,8		in Betrieb
6. Kairak-Kum	25	125	0,7		in Betrieb
7. Farchad	33	125	0,8		in Betrieb
8. Tschardarja	24	100	0,5	4,7	in Betrieb

Auf dem Irtysch ist eine Kraftwerkkette für eine Leistung von 3 GW und einer möglichen Energieausbeute von 6 TWh/a geplant. Die bisher errichteten Stufen befinden sich bei Buchtarma (675 MW, 3,5 TWh) und Ustj-Kamenogorsk (330 MW, 1,6 TWh/a); ein Werk bei Schulbino wird gebaut (1200 MW, 3 TWh/a). Die untere Strecke des Flusses, abwärts der Stadt Omsk, ist zur Energieerzeugung weniger geeignet, weil der Fluss durch das westsibirische Flachland fliesst, so dass Aufstauungen mit Überflutungen grosser Gebiete verbunden sind.

7.2 *Zentralasien*

Das Gebiet des sowjetischen Zentralasiens umfasst mehrere Republiken: Kirgisien, Tadschikistan, Turkmenien und Usbekistan, wie auch den südlichen Teil Kasachstans. Historisch war dieses Gebiet als Turkestan bekannt. Es grenzt im Süden an China, Afghanistan und Iran.

Der nordwestliche Teil des Gebietes ist ein Flachland, mit Steppen und Wüsten bedeckt. Zur erfolgreichen landwirtschaftlichen Ausnutzung dieses Gebietes ist die künstliche Bewässerung unentbehrlich; es sind hier seit historischen Perioden Bewässerungssysteme benutzt worden. Längs der südlichen Grenze erstrecken sich die Pamir-Ala- und Tienschan-Gebirgsketten, welche den westlichen Auslauf des mächtigen Himalajagebirges darstellen. Dieser Gebirgskette entspringen zahlreiche Flüsse, die von der Schnee- und Eisschmelze gespeist werden und auf den Bergabhängen gute Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung bieten. Die ausnutzbaren Wasserkräfte der Flüsse Zentralasiens werden auf mehr als 120 TWh/a geschätzt [4].

Durch den Zusammenfluss der Gebirgsflüsse entstehen die zwei wichtigsten Flüsse Zentralasiens: Amu-Darja (2450 km lang, Abflussmenge 84 km³/a) und Syr-Darja (2860 km, 37 km³/a). Sie fliessen nordwestlich durch die Wüstengebiete und münden in den Aralsee. Die Flüsse verlieren unterwegs viel Wasser infolge der Verdunstung und Versickerung sowie der Wasserentnahme für Bewässerungszwecke. Das Regime der Wasserführung beider Flüsse ist für die Bewässerung günstig, weil die Schneeschmelze in den Hochgebirgen Wasser für die ganze Wachstumssaison bereitstellt; man kann aber infolge der Abflußschwankungen das ganze jährliche Wasserdargebot nicht vollständig ausnutzen. Zur Regelung des Jahresabflusses werden auf den oberen Flußstrecken im Bergland Mehrzweckanlagen mit geräumigen Ausgleichsspeichern errichtet. Die charakteristischen Merkmale dieser Wasserbauten sind:

1. Sie nützen hohe Gefälle bis zu 300 m aus.
2. Bei ihrer Auslegung wird Wert auf die Bewässerungsmöglichkeiten gelegt.
3. Die häufige Erdbebentätigkeit muss beim Bau der Erddämme in Betracht gezogen werden.

Die Kraftwerkketten sind auf dem Wachsch- und dem Naryn-Fluss geplant und teilweise schon erstellt worden (Tabelle VII und VIII, Fig. 6 und 7) [1].

Das Nurek-Kraftwerk befindet sich im Bau, wobei einige Maschinensätze schon in Betrieb stehen und das Wasser aus dem noch nicht fertiggestellten Speicher für die Bewässerung entnommen wird. Der Stau erfolgt mittels eines 300 m hohen Erddammes, wodurch ein Speichersee mit einem Nutzinhalt von 4,8 km³ entsteht. Die Anlage wird neun Maschineneinheiten für eine Leistung von $9 \times 300 = 2700$ MW enthalten, die eine Energiemenge von 11,2 TWh/a liefern werden.

Im Oberlauf des Flusses entsteht das Rogun-Kraftwerk, welches das grösste Werk der Kette sein wird. Hier errichtet man den 325 m hohen Staudamm aus örtlichen Materialien, wobei der massive Damm intensiven Erdbebeneinwirkungen

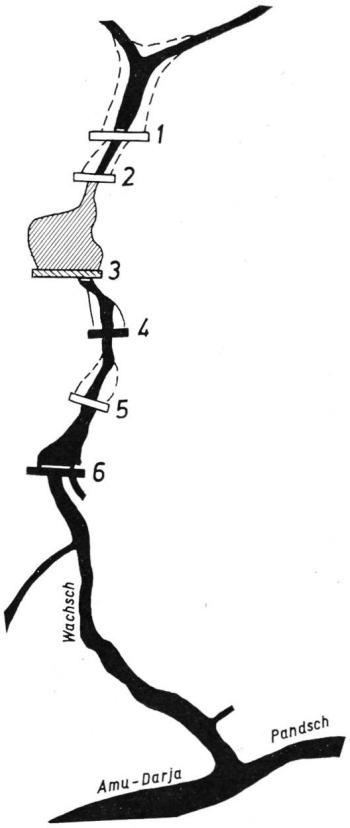


Fig. 6 Wachsch-Kraftwerkkette

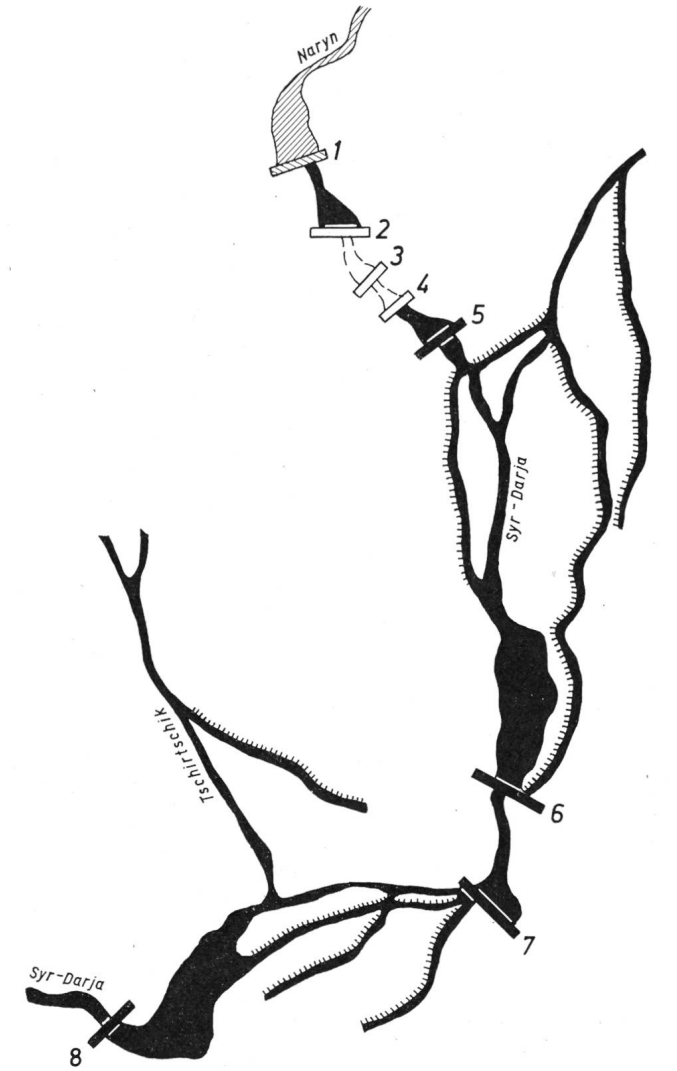


Fig. 7 Naryn-Kraftwerkkette

widerstehen muss. Der Inhalt des Wasserspeichers wird 11,7 km³ betragen, wovon 8,6 km³ für die Bewässerung ausgenutzt werden können. Dieser Wasservorrat wird es ermöglichen, fast den ganzen Jahresabfluss auszunutzen. Die Maschinenanlage ist für eine Leistung von $6 \times 600 = 3600$ MW ausgelegt worden. Man gibt also auch hier den sehr grossen Maschineneinheiten den Vorzug.

Naryn entspringt dem Tjenschan-Gebirge; er bildet die obere Strecke der Syr-Darja. Das oberste Werk der hier geplanten Kraftwerkkette, das Toktogul-Kraftwerk, befindet sich im Bau. Mit einer geplanten Leistung von $4 \times 300 = 1200$ MW und einer geschätzten Jahresproduktion von 4,4 TWh wird es das grösste Kraftwerk der Kette sein. Der Speicher, mit einem Nutzinhalt von 14 km³, wird sein Wasser zur Bewässerung einer Fläche von 13 000 km² liefern. Die zweitgrösste Anlage der Kette, das Kurpsai-Wasserkraftwerk, wird für eine installierte Leistung von 800 MW geplant.

Ausser den beiden beschriebenen Ketten werden in Zentralasien andere Kraftwerke, z. B. das Tscharwak-Werk auf dem Tschirtschik-Fluss (600 MW, 2 TWh/a), errichtet. Die geplanten Staustufen werden es ermöglichen, jährlich rund 19 TWh Energie zu liefern und die bewässerte Fläche um 23 000 km² zu vergrössern. Dadurch können die Steppe und die Wüste in fruchtbare Felder umgewandelt werden weil das Klima für die Landwirtschaft günstig ist und nur der Wassermangel die Entwicklung gehemmt hat.

3.3 Ferner Osten

Die weiten Gebiete des Fernen Ostens (Ostsibirien), die östlich des Baikalsees liegen, sind vorläufig nur wenig erschlossen worden. Demzufolge sind die Vorräte ihrer Naturschätze nicht genügend erforscht, was sich auch auf die Wasserenergiereserven bezieht. Man schätzt aber, dass die grossen Flüsse, welche diese gebirgigen Gebiete durchqueren, nutzbare Wasserenergievorräte in der Grössenordnung von 200 bis 250 TWh/a enthalten. Das herbe Klima, die spärliche Besiedlung und eine sehr geringe industrielle Entwicklung haben die Ausnutzung dieser Wasserkräfte gehindert. Da aber die Ostgebiete mineralreich sind, ist zu erwarten, dass diese Wasserkräfte in Zukunft eine wichtige Rolle im industriellen Ausbau des Fernen Ostens spielen werden. Die wirtschaftliche Entwicklung der östlichen Gebiete soll durch den Bau einer 3200 km langen Baikal–Amur-Eisenbahnlinie gefördert werden. Die Linie wird nördlich der bestehenden transsibirischen Linie laufen und unbesiedelte, mineralreiche Gegenden durchqueren. Man plant, die Linie bis 1982 fertigzustellen.

Die zwei wichtigsten Flüsse des Fernen Ostens sind die *Lena* und der *Amur*. Die Lena ist der grösste Strom der östlichen Gebiete (Fig. 8). Sie entspringt dem Baikalgebirge, durchquert das mineralreiche Jakutgebiet und mündet nach 4270 km ins Nordische Eismeer. Mit einem Jahresabfluss von 490 km³ ist die Lena der zweitgrösste Fluss der Sowjetunion; seine wichtigsten Nebenflüsse heissen Aldan und Witim. Der Fluss führt durch unbewohnte, nördliche Gebiete und ist während etwa sieben Monaten im Jahr vereist. Die Ausbaupläne sind mit der Entwicklung des Bergbaus im Jakutgebiet verbunden. Die Bauverhältnisse sind schwierig, weil während des langen Winters der Grund gefroren ist, ausserdem fehlen auch die Transportwege. Die Wasserführung des Flusses schwankt erheblich, weshalb die zu bauenden Wasserkraftwerke grosse Speicher benötigen. Da der Fluss enorme Energiemengen (140 bis 160 TWh/a) abgeben und die industrielle Entwicklung fördern könnte, wird er als eine wichtige Energiequelle des Fernen Ostens betrachtet [3, 4]. Grosse Vorräte an Wasserkräften befinden sich auch auf den Nebenflüssen, besonders auf dem Witim, welcher dem Gebirgsland östlich des Baikalsees entspringt; hier könnten Wasserkraftwerke mit einer Energieabgabe von rund 30 TWh/a errichtet werden. Man beabsichtigt, auf der Lena eine geringe Anzahl von hohen Staustufen mit grossen Wasserspeichern zu erstellen; die dadurch entstehenden Überflutungen sind in dieser unbesiedelten Gegend tragbar. Am Unterlauf kann das grösste bisher geplante Wasserkraftwerk der Welt, mit einer Leistung von 20 GW und einer Jahresarbeit von 80 bis 100 TWh, entstehen [2].

Der Amur entsteht durch die Vereinigung der Flüsse Schilka und Argum. Seine Länge beträgt 4400 km, die Jahresabflussmenge 350 km³. Der Amur, samt seinem Nebenfluss Ussuri, bildet auf weiten Strecken die Grenze zu China. Die wichtigsten Wasserkraftreserven befinden sich am Oberlauf und an den Nebenflüssen, die von der Nordseite zufliessen.

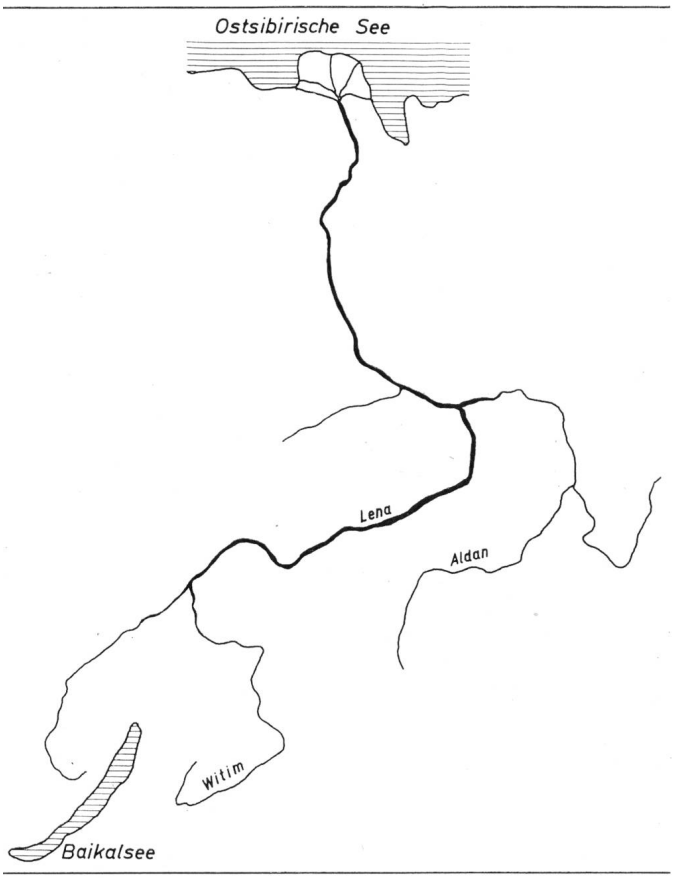


Fig. 8 Flußsystem der Lena
Für dieses Flußsystem sind vorläufig keine bestimmten Bauprojekte ausgearbeitet worden

4. Schlussfolgerungen

Der Bericht gibt eine allgemeine Übersicht über die enormen wassertechnischen Möglichkeiten der Sowjetunion, die wichtigsten Projekte und den heutigen Stand ihrer Verwirklichung.

Die beschriebenen Kraftwerkgruppen umfassen bei weitem nicht alle Bauprojekte, die auf den zahlreichen Flüssen der Sowjetunion ausgeführt werden. Der Wasserkraftausbau erfolgt auch an anderen, nicht erwähnten Flüssen, wobei dort nicht selten grosse Anlagen errichtet werden; so wird z. B. im Kaukasus ein Kraftwerk am Ingury für 1,3 GW und ein Werk im Dagestan auf dem Sulak für 1 GW erstellt. Obwohl in der Sowjetunion, ähnlich wie in anderen Ländern, das Schwergewicht der Energieerzeugung sich allmählich auf die thermische Erzeugung verlagert, wird doch die hydraulische Energieerzeugung auch in kommenden Jahrzehnten eine bedeutende Rolle in der Energiebilanz spielen, wobei die Wasserkraftwerke besondere Aufgaben (z. B. Spitzendekkung) erfüllen werden. Ausserdem ist der Flussausbau in zunehmendem Masse mit Aufgaben der Wasserwirtschaft, vor allem der Bewässerung, verbunden.

Literatur

[1] *D. Yourinov*, u. a.: Powerful Hydroelectric Stations and the Role They Play in a Comprehensive Utilization of Hydraulic Resources. 9 th World Energy Conference, Detroit, 1974, Paper 4.2–19.
[2] *U. Butjagin:* Energiewirtschaft Sibiriens (russisch). Moskau, 1963, Gosenergoisdat.
[3] *A. Kroms:* Die Wasserkräfte Sibiriens. SBZ, 86(1968)12.
[4] *A. Wosnesensky* u. a.: Energievorräte der UdSSR (russisch). 7. Volltagung der Weltenergiekonferenz, Moskau, 1968. Bericht A_1-33.
[5] *G. Block:* Kraftwerke der Sowjetunion. ÖZE, 24(1971)3.
[6] *D. Schtschawelev* u. a.: Die Ausnutzung der Wasserenergie (russisch). Moskau und Leningrad, 1965. Verlag Energija.
[7] *H. Grossen:* Über den Ausbau der Wasserkräfte in der Sowjetunion. SBZ, 76(1958)52.
[8] *S. Grotinski:* Fünfzig Jahre sowjetische Elektroenergiewirtschaft. Energietechnik, 17(1967)10.
[9] *A. Borowoi:* Perspektiven der Entwicklung der Wasserkraftwirtschaft Sibiriens. ÖZE, 22(1969)12.
[10] *A. Borowoi:* Die Errichtung grosser Wasserkraftwerke in UdSSR und ihre Rolle in den elektrischen Energiesystemen (russisch). 7. Volltagung der Weltenergiekonferenz, Moskau, 1968. Bericht C_2-25.
[11] *A. Wosnesensky:* A Comparative Cost Estimate and Prospects for Harnessing the Water Power Resources in the Eastern Regions of the USSR. World Power Conference, Montreal, 1958. Paper 85A_1/8.
[12] *A. Kroms:* Zur Erweiterung des Grand-Coules-Kraftwerkes. ÖZE 21(1968)3.
[13] *A. Kroms:* Ein Grosskraftwerk im Hohen Norden. ÖZE, 24(1971)12.
[14] *A. Kroms:* Wasserkraft im Westen Kanadas. Bulletin des SEV, 64(1973)1.
[15] *P. Neporoshny:* Die Perspektiven der allseitigen Ausnutzung der Wasservorräte der UdSSR (russisch). 7. Volltagung der Weltenergiekonferenz, Moskau, 1968. Bericht C_2-21.
[16] *N. Razin:* Multipurpose Use of Water Resources in the USSR and its Importance for Increase of Effectivness of Development of Water Power. World Power Conference, Lausanne, 1964. Paper IIA (1)/133.
[17] *A. Bestschinsky; A. Reznikowsky:* Hydroelectric Power in the Centralized Power Economy of the Future. World Power Conference, Tokyo, 1966, Paper IIA (1)/126.
[18] *A. Kroms:* Die Kraftwerkskette auf der Wolga. ÖZE, 21(1968)12.
[19] *L. Domansky* u. a.: Wasserkraftwerk Krasnojarsk auf Jenissei (russisch). 7. Volltagung der Weltenergiekonferenz, Moskau, 1968. Bericht C_2-20.
[20] *A. Borowoi:* Das Wasserkraftwerk Krasnojarsk. ÖZE, 24(1971)5.

Adresse des Autors

A. Kroms, 30 Rockland Ave., Malden, Ma. 02148, USA.