

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 76 (1958)  
**Heft:** 51

**Artikel:** Ueber den Ausbau der Wasserkräfte in der Sowjetunion  
**Autor:** Grossen, Heinrich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64093>

### **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:** 18.04.2026

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

## Ueber den Ausbau der Wasserkräfte in der Sowjetunion

DK 621.29

Von **Heinrich Grossen**, dipl. Ing., Locarno

Auf das Gebiet der Sowjetunion mit einer Fläche von 22,3 Mio km<sup>2</sup> (etwa 15 % des gesamten Festlandes der Erde) entfallen 11,4 % aller ausnutzbaren Wasserkräfte. Die Sowjetunion gehört somit zu den Ländern mit grösstem Vorrat an weisser Kohle. Nach neuesten Angaben erreichen diese 1720 Mrd kWh im Jahr; sie übersteigen somit das Doppelte des Wasserkraftpotentials von USA und Kanada zusammen (Tabelle 1).

1913 wurden in Russland aus Wasserkraft etwa 40 Mio kWh gewonnen. Laut Plan Goelro, der 1920 aufgestellt wurde, sollte der Leistungsanteil der hydraulischen Anlagen in der neu aufzubauenden Energiewirtschaft 37 % betragen. Tatsächlich konnte jedoch der Bau von Wasserkraftwerken mit demjenigen von thermischen Zentralen nicht Schritt halten. Aus den 1930 total erzeugten 8,4 Mrd kWh entfielen auf die hydraulische Energie bloss 0,6 Mrd kWh (rd. 7 %). Erst nach dem letzten Weltkrieg wurde in der Sowjetunion der Ausbau der Wasserkräfte mit grossen Mitteln vorangetrieben. Noch 1956 erzeugte Italien in hydraulischen Anlagen mehr Strom als die Sowjetunion. Erst 1957, nach Inbetriebnahme des Riesenkraftwerkes Kuibyschew an der Wolga, hat die hydraulische Stromerzeugung Russlands mit 39,3 Mrd kWh diejenige Italiens überflügelt (Bild 1). Im Jahre 1960 soll sie 59 Mrd kWh erreichen, mit einem Anteil an der gesamten Stromerzeugung von 18,4 %.

### 1. Die Verteilung der Wasserkräfte in Russland

Auf den europäischen Teil Russlands entfallen etwa 10 % der Wasserkraftreserven. Die Verteilung auf einzelne Gebiete zeigt Tabelle 2. Ueber 85 % der ausbauwürdigen Wasserkräfte liegen östlich des Urals. Die mächtigsten sind die sibirischen Ströme Lena, Jenissej, Angara, Amur und Indigirka (Bild 2). Erst an sechster Stelle folgt die Wolga mit einem theoretischen Energiepotential von 54 Mrd kWh im Jahr (Tabelle 3).

Tabelle 1. Mögliche Jahreserzeugung der ausbaubaren Wasserkräfte einiger Länder [1]

| Land           | total   | pro 1000             | pro 1000 km <sup>2</sup> |
|----------------|---------|----------------------|--------------------------|
|                | Mrd kWh | Einwohner<br>Mio kWh | Fläche<br>Mio kWh        |
| UdSSR          | 1721    | 8,6                  | 78,0                     |
| USA mit Alaska | 491     | 2,9                  | 52,4                     |
| Kanada         | 218     | 14,0                 | 21,9                     |
| Frankreich     | 65      | 1,4                  | 110,0                    |
| Japan          | 103     | 1,1                  | 277,6                    |
| Schweden       | 80      | 10,9                 | 178,2                    |
| Norwegen       | 100     | 29,4                 | 308,2                    |
| Italien        | 55      | 1,1                  | 182,5                    |
| Oesterreich    | 40      | 5,7                  | 476,2                    |
| Schweiz        | 34      | 6,8                  | 823,0                    |

Tabelle 2. Ausbauwürdige Wasserkräfte der Sowjetunion [2]

| Gebiet  | Fläche<br>Mio km <sup>2</sup> | mögliche mittlere jährliche<br>Energieproduktion |              |
|---|-------------------------------|--|--------------|
|   |                               | Mrd kWh  | %            |
| europäischer Teil, einschl.<br>Ural, aber ohne Kaukasus | 4,9                           | 152  | 8,8          |
| Nord- und Südkaukasus                                   | 0,6                           | 104  | 6,0          |
| Mittelasien mit Kasachstan                              | 4,0                           | 285  | 16,6         |
| Sibirien mit Fernem Osten                               | 12,8                          | 1180   | 68,6         |
| <b>Total</b>  | <b>22,3</b>                   | <b>1721</b>                                      | <b>100,0</b> |

### 2. Ausbau der «Grossen Wolga»

Die Wolga ist die wichtigste Wasserstrasse Russlands. Mit ihren Nebenflüssen übernimmt sie fast  $\frac{1}{3}$  des gesamten Verkehrsvolumens der Binnenschifffahrt. Der Ausbau der Wolga wurde in den dreissiger Jahren durch die Errichtung des Moskwa-Wolga-Kanals begonnen. Es galt zunächst, die Schifffahrtsverhältnisse im oberen Wolga-Gebiet zu verbessern. Die beiden vor Kriegsbeginn erstellten Kraftwerke Iwankowo und Uglitsch haben insgesamt eine Leistung von 140 000 kW. Anschliessend wurde durch den Aufstau der Wolga bei Schtscherbakowo das künstliche Meer von Rybinsk mit einer Seeoberfläche von 4550 km<sup>2</sup> errichtet. Die Zentrale wurde teilweise 1941 in Betrieb genommen.

Nach dem Kriege sind flussabwärts zwei Kraftwerkstufen erstellt worden: diejenige von Gorky (1948/56) und das z. Z. grösste im Betrieb stehende Kraftwerk von Kuiby-

Tabelle 3. Charakteristik einiger grosser Ströme Russlands

| Fluss                             | Länge<br>km | Einzugs-<br>gebiet<br>1000 km <sup>2</sup> | mittlerer jährlicher<br>Abfluss |         | theoret.<br>jährliche<br>Energie-<br>bei der<br>produktion<br>Mrd kWh | Ort  | k*) |
|-----------------------------------|-------------|--|---------------------------------|---------|---|------|-----|
|                                   |             |  | Mrd m <sup>3</sup>              | Mrd kWh |   |      |     |
| Lena                              | 4270        | 2420                                       | 488                             | 161     | —   | —    |     |
| Jenissej                          | 3807        | 2600                                       | 548                             | 160     | Krasno-<br>jarsk  | 66   |     |
| Angara                            | 1830        | 1060                                       | 124                             | 86      | Bratsk  | 10,5 |     |
| Amur (mit<br>Schilka und<br>Onon) | 4510        | 2050                                       | 346                             | 56      | —   | —    |     |
| Indigirka                         | 1790        | 360  | —                               | 54      | —   | —    |     |
| Wolga                             | 3690        | 1380                                       | 255                             | 54      | Gorky   | 81   |     |
| Ob                                | 4345        | 2930                                       | 394                             | 50      | —   | —    |     |
| Kama                              | 2030        | 522  | 117                             | —       | Molotow   | 116  |     |
| Dnjepr                            | 2285        | 503  | 53                              | 14,5    | Kamenka   | 224  |     |
| Irtysch                           | 4450        | 1590                                       | 29                              | 28      | —   | —    |     |

k\*) bezeichnet das Verhältnis der Hochwasser- zur Niederwassermenge [4].

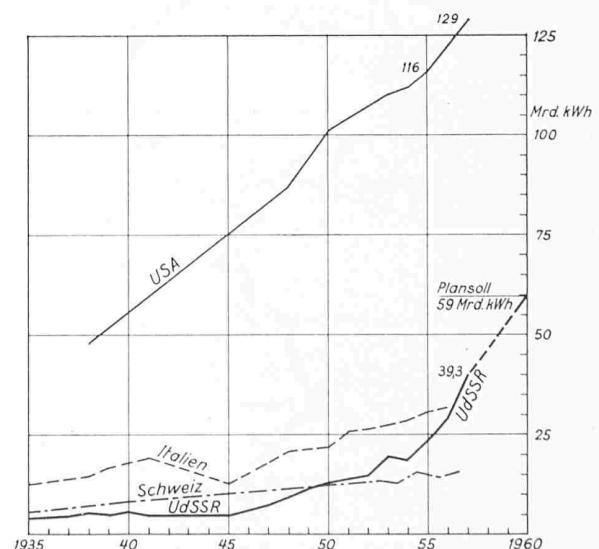


Bild 1. Die Entwicklung der jährlichen Erzeugung hydroelektrischer Energie in verschiedenen Ländern

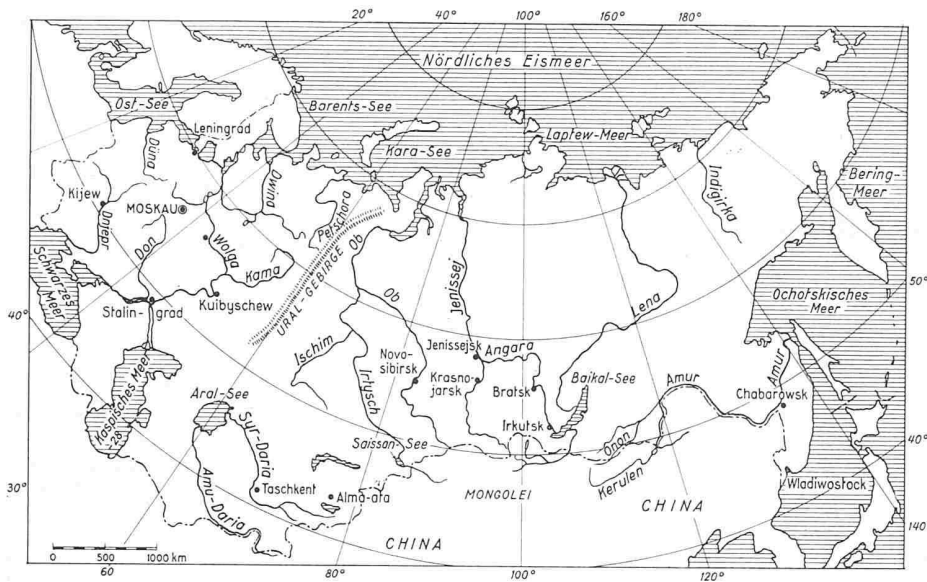


Bild 2. Die grössten Flüsse Russlands; Masstab 1:70 000 000

senden Zentrale sind acht Kaplan-Turbinen von je 50 000 kW bei einem Nutzgefälle von 14,5 m installiert. Die Erddämme haben keinen Kern; sie sind als Spüldämme erstellt. Auf dem linken Wolgaufer befinden sich zwei-stufige Doppelschleusen. 1956 wurden 16 000 Schiffe und 630 Flösse durchgeschleust. Insgesamt waren 90 Mio m<sup>3</sup> Erde zu verschieben und 1,6 Mio m<sup>3</sup> Beton und Eisenbeton einzubringen. Beim Aushub der Baugrube für die Zentrale (1,5 Mio m<sup>3</sup>) ist man unvorhergesehen auf Schlamm sand gestossen; die grosse Baugrube wurde mittels Gefrierverfahren vom Wasserandrang abgeschirmt. Nach gleichem Verfahren ist die Baugrube für das Eisenbetondiaphragma bei den Fundationen des Ueberfallwehres erstellt worden. Für den ringsumlaufenden Dichtungsschirm von 740 m Länge wurden 875 Gefrierrohre 12 bis 18 m tief abgeteuft. Diese Arbeit benötigte fünf Monate.

schew (1951/57). Die Stufen von Stalingrad und Saratow sind im Bau. Bis zum Vollausbau fehlen die Kraftwerkstufen von Tschebokssari und Astrachan (Bilder 3, 4 und 5, Tabelle 4).

a) Das Kraftwerk von Gor'ky

Dieses Werk befindet sich oberhalb der gleichnamigen Stadt [5]. Die Kronenlänge des Staudammes beträgt 13,5 km. Das in Beton erstellte Ueberfallwehr mit 12 Öffnungen von 20 m Breite ist für 16 000 m<sup>3</sup>/s dimensioniert. In der anschlies-

Tabelle 4. Kraftwerke an der Wolga und an der Kama

| Kraftwerkstufe            | totaler Seeinhalt km <sup>3</sup> | Seeoberfläche km <sup>2</sup> | Install. Leistung MW | mittl. jährl. Erzeug. Mio kWh | Baujahr        |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------|
| <b>Wolga-Stufen:</b>      |                                   |                               |                      |                               |                |
| 1. Ivankowo               | 1,12                              | 327                           | 30                   | 60                            | 1933/37        |
| 2. Uglitsch               |                                   | 170                           | 110                  | 250                           | 1937/40        |
| 3. Schtscherbakow         | 25,0                              | 4 550                         | 330                  | 1 000                         | 1937/41        |
| 4. Gor'ky                 |                                   | 1 700                         | 400                  | 1 500                         | 1948/56        |
| 5. Tschebokssary          |                                   |                               | 800                  | 4 000                         | Projekt        |
| 6. Kuibyschew             | 52,3*)                            | 5 490                         | 2 100                | 11 500                        | 1951/57        |
| 7. Saratow                |                                   |                               | 1 000                | 5 300                         | im Bau         |
| 8. Stalingrad             | 33,5**)                           | 3 170                         | 2 300                | 11 000                        | i. Bau seit 51 |
| 9. Astrachan              |                                   |                               | 1 300                | 6 800                         | Projekt        |
| <b>Wolga-Stufen Total</b> |                                   |                               | <b>8 370</b>         | <b>41 410</b>                 |                |
| <b>Kama-Stufen:</b>       |                                   |                               |                      |                               |                |
| 10. Solikamsk             | 269,0***)                         | 17 400                        | 204                  | 2 400                         | Projekt        |
| 11. Kamsk                 |                                   |                               | 504                  |                               | 1950/56        |
| 12. Wotkinsk              |                                   |                               | 540                  |                               | i. Bau seit 54 |
| 13. Nischnekamsk          |                                   |                               | 900                  |                               | Projekt        |

\*) Nutzinhalt 23,3 km<sup>3</sup>    \*\*) Nutzinhalt 6,6 km<sup>3</sup>    \*\*\*) Nutzinhalt 51,0 km<sup>3</sup>

Nach den neuesten Angaben haben die Staukoten in Bild 4 folgende Werte: 1:141, 2:130, 3:119, 4:101, 6:53.

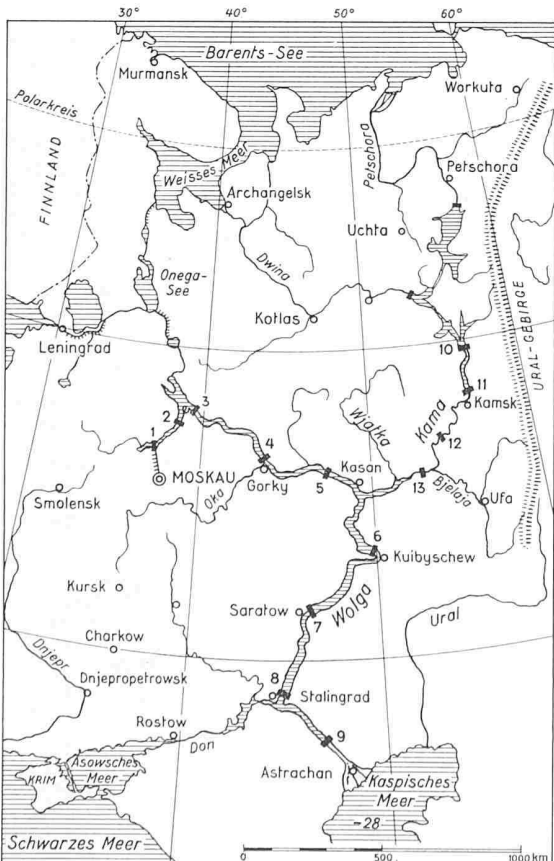


Bild 3. Lageplan zum Ausbau der Wolga; 1:26 500 000

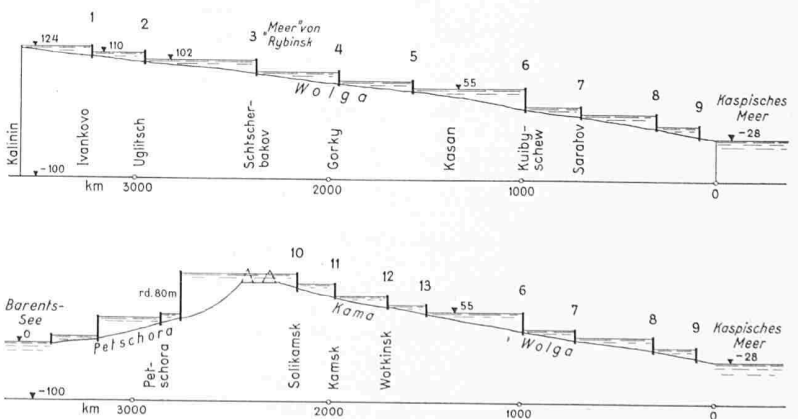


Bild 4 (oben). Schematisches Längenprofil der Wolgastufen

Bild 5 (darunter). Schematisches Längenprofil der Petschora-Kama-Wolgastufen, Längen 1:375 000, Höhen 1:12 500

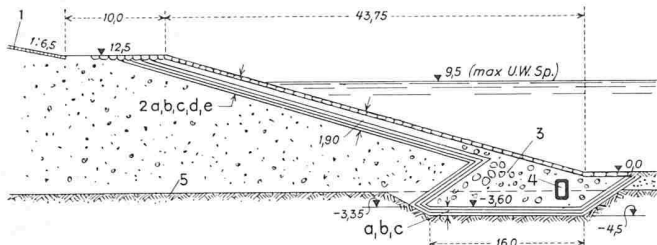


Bild 6. Ausbildung des unterwasserseitigen Böschungsfusses beim Staudamm Kuibyschew, 1:750

- |  |  |
|--|--|
| 1 Schottererschicht (20 cm)            | d Steinpackung $\phi$ 20 $\div$ 40 cm, 60 cm               |
| 2 Böschungssicherung bestehend aus:    | e Steinpflaster ausgezwickt, $\phi$ 20 $\div$ 40 cm, 40 cm |
| a Sand $\phi$ 0,6 $\div$ 0,8 mm, 30 cm | 3 Steinpackung   |
| b Kies $\phi$ 6 $\div$ 8 mm, 30 cm     | 4 Drainagegalerie  |
| c Schotter $\phi$ 6 cm, 30 cm          | 5 natürliches Terrain                                      |

#### b) Das Kraftwerk Kuibyschew

Das Kraftwerk befindet sich unterhalb der Kamamündung. Die Wolga hat hier ein Einzugsgebiet von 1,2 Mio km<sup>2</sup>, die mittlere Abflussmenge beträgt 7620 m<sup>3</sup>/s; die grösste beobachtete Menge 63 800 m<sup>3</sup>/s [6]<sup>1)</sup>. Der Fluss wird um etwa 23 m eingestaut; es entsteht ein See von 23,3 Mrd m<sup>3</sup> Nutzininhalt und einer Oberfläche von 5490 km<sup>2</sup>.

Am rechten steilen Ufer, teilweise im alten Flussbett, liegt die Zentrale mit 20 Kaplanturbinen zu je 105 000 kW. Zur Hochwasserentlastung dienen das betonierte Ueberfallwehr sowie 40 neben den Turbinen angeordnete Grundablässe mit einem Ausflussquerschnitt von je 29,5 m<sup>2</sup>. Den grössten Teil der Staufront bilden gespülte Staudämme. Bild 6 zeigt die Ausbildung des unterwasserseitigen Böschungsfusses. Die Drainage wurde erst nach der Dammschüttung ausgeführt. Umfang der Arbeiten: Erdbewegung 183 Mio m<sup>3</sup>, davon 100 Mio m<sup>3</sup> eingespült; Beton und Eisenbeton 7,5 Mio m<sup>3</sup>; maximale erreichte Betonierleistung 19 000 m<sup>3</sup>/Tag, 390 000 m<sup>3</sup>/Monat [7].

#### c) Kraftwerke an der Kama

Parallel mit dem Ausbau der Wolga geht der Ausbau ihres grössten Nebenflusses, der Kama (Bilder 3 und 5). Als erste Stufe wurde das Kraftwerk Kamsk [8] (früher Molotowsk genannt) bereits 1954 mit sechs (von insgesamt 24) Turbinen zu je 21 000 kW in Betrieb genommen. Die Ausbauwassermenge beträgt 3600 m<sup>3</sup>/s. Die Aggregate sind im Körper des Ueberfallwehres eingebaut. Unter jeder Wehröffnung von 12 m Breite befindet sich eine Maschinengruppe mit Montageöffnung auf dem Wehrrücken (Bild 7).

Im ersten Betriebsjahr sind infolge Wasserinfiltrationen Störungen im elektrischen Teil vorgekommen, konnten aber rasch behoben werden. Ueber das ganze Wehr erstreckt sich ein zweistöckiger Gebäudetrakt mit 10-kV-Raum und anderen Hilfsanlagen. Auf dem Dach dieses Gebäudes befinden sich vier Transformatorengruppen zu je 150 000 kVA, eine Gruppe pro sechs Maschineneinheiten. Freileitungen verbinden die Transformatoren mit der Schaltanlage am linken Ufer.

Die sechsstufigen Doppelschleusen bestehen aus verankerten Stahlspundwänden und steifer Eisenbetonsole. Jede Kammer ist 240 m lang und 30 m breit. In den ersten Betriebsjahren zeigten sich einige Schwierigkeiten bei den einflügeligen, auf Rollen laufenden Schleusentoren (Verkleben der Dichtung, Verkannten des Tores). 1956 wurden 7,8 Mio Festmeter Holz durchgeschleust. Die Holzflösse geben starken Abfall vom Schwemmholz, welcher das Manövrieren mit den Toren erschwert. Die Schleusen sind mit elektrischen Einrichtungen zum Durchziehen der Flösse versehen.

1954 wurde mit dem Bau der unteren Stufe von *Wotkinsk* begonnen. Die Leistung dieses Kraftwerkes beträgt 540 MW, das Bruttogefälle 24 m.

<sup>1)</sup> siehe auch SBZ 1958, Heft 4, S. 51.

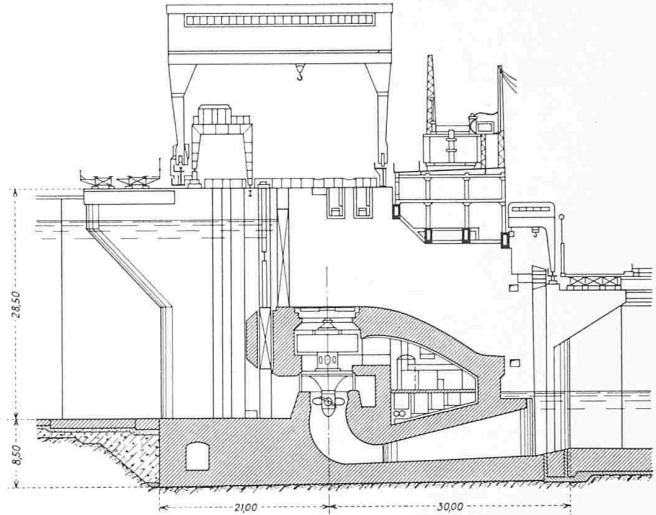


Bild 7. Kraftwerk Kamsk; Querschnitt durch den Wehrkörper mit Maschinengruppe, 1:900

#### d) Ueberleitungen aus dem Einzugsgebiet der Barents-See

Bei der Aufstellung des Projektes für den Ausbau der Wolga wurde bereits in den dreissiger Jahren die Ueberleitung der nach Norden abfliessenden Flüsse in das Einzugsgebiet der Wolga vorgeschlagen. Der Jahresabfluss bei der Mündung der beiden grössten dieser Flüsse (der Petschora, 125 Mrd. m<sup>3</sup>, fliesst in die Barents-See, und der Dwina, 105 Mrd. m<sup>3</sup>, mündet bei Archangelsk in das Weisse Meer) erreicht fast denjenigen der Wolga (255 Mrd. m<sup>3</sup>). Als Grundlage dieser Idee dienten die auf das Jahr 1908/09 zurückgehenden Untersuchungen zur Schaffung einer Schifffahrtsverbindung Wolga-Kama-Petschora-Barents-See.

Der neue Projektvorschlag [9] sieht die Errichtung von drei durch Kanäle verbundenen Stauseen auf der Wasserscheide mit einem totalen Seeinhalt von 269 Mrd. m<sup>3</sup> und einem Nutzininhalt von 51 Mrd. m<sup>3</sup> vor. 17 400 km<sup>2</sup> Land mit einem Baumbestand von 107 Mio m<sup>3</sup>, 11 000 Bauernhöfe und 200 Siedlungen müssten geopfert werden. Die neuen Stauseen würden erlauben, in einem Mitteljahr 41 Mio m<sup>3</sup> Wasser mit natürlichem Gefälle der Wolga zuzuleiten und in den Kraftwerken an der Kama sowie an der Wolga 11,42 Mrd kWh Mehrenergie im Jahr zu erhalten. Davon würde das bei der Stadt Solikamsk zu errichtende Kraftwerk 2,4 Mrd kWh erzeugen.

Seit 1930 ist der Wasserspiegel im Kaspischen Meer infolge Aenderung der klimatischen Verhältnisse um 2,5 m gesunken. Durch den Rückgang des Seespiegels gehen wertvolle Fischbestände im Wolga-Delta verloren. Der Mehrzufluss von 41 Mrd m<sup>3</sup> Wasser würde die Bilanz des Kaspischen Meeres wesentlich verbessern. Gleichzeitig würde die Ausfuhr von Kohle und Holz aus dem Petschora-Gebiet in die Industriezentren an der Wolga auf dem Wasserwege ermöglicht.

#### 3. Der Ausbau des Dnjepr

Der Dnjepr, der drittgrösste Fluss Europas, hat auf seiner Gesamtlänge von 2285 km ein Gefälle von 220 m (Bilder 8 und 9). Aus dem 503 000 km<sup>2</sup> grossen Einzugsgebiet fliessen im Mitteljahr 53 Mrd m<sup>3</sup> Wasser dem Schwarzen Meer zu. 80 % dieser Jahresfracht kommt aus dem Gebiet nördlich der Stadt Kijew, zum bedeutenden Teil aus dem niederschlagsreichen, sumpfigen Tiefland Weissrusslands. Im Unterlauf herrscht hingegen ein trockenes Klima. Weite, sonst fruchtbare Gebiete der Südukraine werden öfters von der Dürre heimgesucht; die Schifffahrt ist bei Niedrigwasser gefährdet.

Der neue Ausbauplan des Dnjepr [10] berücksichtigt alle Belange der Wassernutzung. Zwischen Kijew und der Flussmündung werden vier Staubecken mit einem totalen Nutzininhalt von 19,7 Mrd m<sup>3</sup> errichtet. Das in den Jahren 1927/32 bei Saporoschje erbaute Kraftwerk Dnjeprproges ist ein reines Laufwerk, gleichfalls das oberliegende, im Bau befindliche Kraftwerk Dnjeprprodgerschinsk.

Die Speicherbecken sorgen für den Ausgleich des Frühlingsschmelzwassers (rd. 70 % des Jahresabflusses) und die-

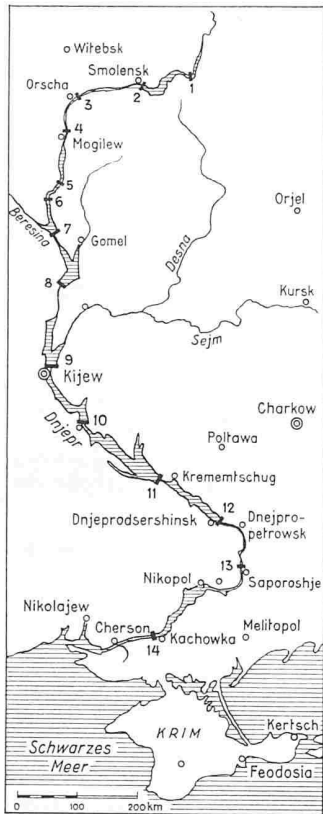


Tabelle 5. Kraftwerke am unteren Dnjepr

| Kraftwerkstufe       | Nutzhalt des Beckens<br>km <sup>3</sup> | Seeoberfläche<br>km <sup>2</sup> | Installierte Leistung<br>MW | mittl. jährl. Erzeugung<br>Mio kWh | Baujahr        |
|----------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------|
| 9. Kijew             | 1,9                                     | 1420                             | 170*                        | 682                                | Projekt        |
| 10. Kanjew           | 2,0                                     | 890                              | 180*                        | 783                                | Projekt        |
| 11. Kremenschug      | 9,0                                     | 2240                             | 450                         | 1475                               | i. Bau seit 54 |
| 12. Dnjeprderschinsk | —                                       | 480                              | 250                         | 1245                               | i. Bau seit 56 |
| 13. Dnjeproges       | —                                       | —                                | 650                         | 3612                               | 1927/32        |
| 14. Kachovka         | 6,8                                     | 2210                             | 312                         | 1449                               | 1951/55        |
|                      | 19,7                                    | 7340                             | 1812                        | 9246                               | *) geschätzt   |

Projektierte Kraftwerke am oberen Dnjepr

|                |            |              |              |
|----------------|------------|--------------|--------------|
| 1. Dorogobusch | 3. Orscha  | 5. Wiljachow | 7. Retschiza |
| 2. Smotensk    | 4. Mogilew | 6. Shlobin   | 8. Ljubetsch |

Bild 9 (rechts). Schematisches Längenprofil der Dnjepr-Stufen; Längen 1:375 000, Höhen 1:12 500

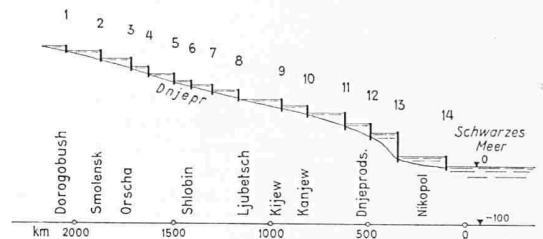


Bild 8 (links). Lageplan zum Ausbau des Dnjepr; 1:12 000 000

nen zur Speisung der Bewässerungskanäle. Für die Bewässerung von 3,5 Mio ha Land werden im trockenen Jahr bis zu 14 Mrd m<sup>3</sup> Wasser benötigt. Aus dem 1955 erstellten Kachowka-Becken soll auch der Norden der Krim-Halbinsel bewässert und die Wasserversorgung der Städte Kertsch und Feodosia sichergestellt werden. In den sechs Stufen des unteren Dnjepr (Tabelle 5) wird die Energie dieses Flusses zu 85 % ausgenutzt (9,2 Mrd kWh). Der projektierte Ausbau des oberen Dnjepr bezweckt vorerhand Melioration und Schiffbarmachung des Oberlaufes.

#### a) Das Kraftwerk Kachowka

Das Kraftwerk Kachowka [11] bildet die unterste Stufe der Kraftwerkstufen am Dnjepr. Es weist sehr ungünstige geo-

logische Verhältnisse auf. Der Spüldamm sowie die Betonbauwerke mussten auf Feinsand, teilweise auf Schlammablagerungen fundiert werden. Es war auch ausgeschlossen, eine undurchlässige Schicht mittels einer Spundwand zu erreichen. Zur Untersuchung der Eigenschaften des Baugrundes in natürlichem Zustand wurde ein Caisson 30 m tief abgesenkt. Die Böschungen der Spüldämme haben eine Neigung 1:6, das Raumgewicht des Spülmateriale wurde mit 1,58 t/m<sup>3</sup> vorgeschrieben. Um es zu erreichen, musste der Dammkörper teilweise durch Vibrierung verdichtet werden.

Das Ueberfallwehr in Beton ist 447 m lang; es hat 28 Schützenöffnungen zu je 12 × 9 m und ist für rd. 20 000 m<sup>3</sup>/s bemessen. Am Ende des Tosbeckens, wo nach Modellversuchen ein Kolk von etwa 25 m Tiefe entstehen kann, sind zellenförmig Spundwände eingerammt, und der Uebergang zum Flussbett ist durch Steinschüttung gesichert. Zur Verkürzung des Wehres sind bei den Turbinen Grundablässe für einen Durchfluss von 3150 m<sup>3</sup>/s vorgesehen.

Die Höhe des Saugrohres beträgt das 1,54fache des Turbinenraddurchmessers (d = 8 m). Dies ergab einen um 1 % ungünstigeren Wirkungsgrad gegenüber einem in der Sowjetunion üblichen Saugrohr von 1,915 d, erlaubte aber bedeutende Ersparnisse bei den Fundationen. Die sechs Kaplan-turbinen zu je 52 000 kW ergeben eine mittlere Jahresproduktion von 1,4 Mrd kWh. Umfang der Arbeiten: Beton und Eisenbeton 1,4 Mio m<sup>3</sup>, Erdarbeiten 50 Mio m<sup>3</sup>.

#### 4. Ausbau der Angara und des Jenissej

Der 3808 km lange Jenissej entspringt dem nördlich der mongolischen Grenze liegenden Sajan-Gebirge. Dessen östlicher Kamm mit dem grössten Gipfel Munku-Sardik (3492 Meter ü. M.) bildet die Wasserscheide zum Abflussgebiet der Angara, des mächtigen Nebenflusses des Jenissej (Bilder 10 und 11). Vom Ausfluss aus dem Baikalsee bis zur Mündung in den Jenissej hat die Angara auf 1854 km Länge 380 m Gefälle. Der Baikalsee mit einem Einzugsgebiet von 590 000 km<sup>2</sup> und einer Oberfläche von 31 500 km<sup>2</sup> ist ein natürliches Speicherbecken. Ausgeglichenen Abfluss bedeutender Wassermengen sowie günstige topographische und geologische Verhältnisse ermöglichen die Produktion billiger elektrischer Energie in grossen Mengen. Sechs an der Angara projektierte Kraftwerke sollen insgesamt eine mittlere Jahresproduktion von 68 Mrd kWh ergeben (Tabelle 6).

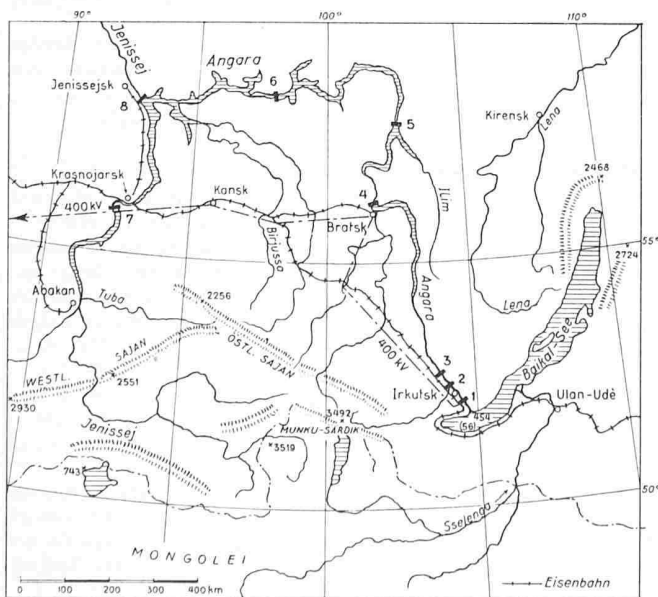


Bild 10. Lageplan zum Ausbau der Angara und des Jenissej; 1:16 500 000. Kraftwerke 1 bis 8 siehe Tabelle 6

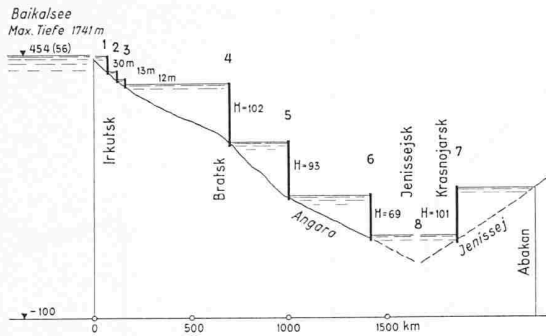


Bild 11. Schematisches Längenprofil der Angara- und der Jenissej-Stufen; Längen 1:375 000, Höhen 1:12 500

#### a) Das Kraftwerk Irkutsk

Als erste Angara-Stufe wurde in den Jahren 1948/56 das Kraftwerk Irkutsk [12] in der Nähe der gleichnamigen Stadt am Auslauf des Baikalsees erstellt. Der Erddamm mit einem Inhalt von insgesamt 14 Mio m<sup>3</sup> besteht aus geschüttetem Kiesmaterial und einem Lehmkern. Zwischen Dammkörper und Felsunterlage verbleibt eine 12 m starke Schicht alluvialer Kiesablagerung. Sie wurde durch zwei Spundwandreihen abgedichtet; das dazwischenliegende Material wurde ausinjiziert.

In der Zentrale sind neun Turbinen zu je 72 000 kW installiert. In Anbetracht der ausgleichenden Wirkung des Baikalsees, dessen Spiegel bis zu 1 m aufgestaut werden kann, wurde auf die Erstellung eines Ueberfallwehres verzichtet. Zur Hochwasserentlastung dienen die über den Einlaufspiralen angeordneten Grundablässe. Schiffahrtsschleusen waren im Projekt irrtümlicherweise weggelassen; sie sollen in einem späteren Zeitpunkt erstellt werden.

#### b) Das Kraftwerk Bratsk

1955 wurde nahe der Stadt Bratsk mit dem Bau der grössten Angara-Stufe begonnen [13]. Der mittlere Jahresabfluss beträgt hier 92 Mrd m<sup>3</sup>, die mittlere Wassermenge 2918 m<sup>3</sup>/s, die Niederschlagshöhe 325 mm. Durch Aufstau um 101 m entsteht ein Stausee von 179 Mrd m<sup>3</sup> totalem und 50 Mrd m<sup>3</sup> Nutzinhalt. Die 806 m lange Sperre im Flussbett ist 127 m hoch. Das Projekt sieht eine Schwergewichtsmauer mit Fugen-Aussparungen von 3 m Breite (Typ Räterichsboden) vor. Die Talflanken werden durch kleinere Betonsperren (Totallänge 666 m) sowie Erddämme (total 3650 m) abgeschlossen. Die Staumauer ist durchwegs auf gutem Fels fundiert (Diabase mit einer Druckfestigkeit von 700 bis 2400

Tabelle 6. Kraftwerke an der Angara und am Jenissej

| Kraftwerkstufe  | totaler Seeinhalt km <sup>3</sup> | Seeoberfläche km <sup>2</sup> | Inst. Leistung MW | mittl. jährl. Erzeugung Mio kWh | Baujahr        |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|
| 1. Irkutsk      | Baikalsee                         | 31 500                        | 660               | 4 000                           | 1948/56        |
| 2. Suchowsk     | —                                 | —                             | 260               | 1 830                           | Projekt        |
| 3. Telminsk     | —                                 | —                             | 245               | 1 670                           | Projekt        |
| 4. Bratsk       | 179,0*)                           | 5 500                         | 3 200             | 21 270                          | i. Bau seit 55 |
| 5. Ustj-Ilimsk  | —                                 | —                             | 3 000             | 20 660                          | Projekt        |
| 6. Bogutschansk | —                                 | —                             | 2 700             | 18 610                          | Projekt        |
|                 |                                   |                               | 10 655            | 68 040                          |                |
| 7. Krasnojarsk  | 77,5**)                           | —                             | 4 000             | 19 140                          | im Bau         |
| 8. Jenissejsk   | —                                 | —                             | 6 000             | —                               | Projekt        |

\*) Nutzinhalt 50,0 km<sup>3</sup>; \*\*) Nutzinhalt 32,1 km<sup>3</sup>

kg/cm<sup>2</sup>; E = 700 000 kg/cm<sup>2</sup>). Das Ueberfallwehr ist für ein Hochwasser von 8300 m<sup>3</sup>/s berechnet; es hat zehn Schützenöffnungen von 20 × 6 m lichter Weite. Zudem sind in der Staumauer sechs Grundablässe vorgesehen. Die Zentrale wird im Staumauerkörper angeordnet. 18 Francis-Turbinen zu je 200 000 kW erzeugen im Mitteljahr rund 21 Mrd kWh. Die Generatorenspannung wird am Fusse der Staumauer auf 220 kV und bei der Schaltanlage am linken Ufer von 220 auf 400 kV erhöht. Die Energie soll in den Industriegebieten von Bratsk und Irkutsk-Tscheremchovo verwendet werden. Es ist ferner die Erstellung einer Freileitung nach Krasnojarsk vorgesehen.

#### c) Das Kraftwerk Krasnojarsk

Bei der am Ufer des Jenissej liegenden Stadt Krasnojarsk wurde 1956 mit dem Bau eines Kraftwerks angenähert gleicher Grösse wie das bei Bratsk begonnen [14]. Es soll eine mittlere Jahresproduktion von rd. 19 Mrd kWh ergeben. Beide Kraftwerke werden in Verbundbetrieb arbeiten; Krasnojarsk deckt die Spitzenlast und wird daher stärker ausgebaut (14 Francis-Turbinen zu je 286 000 kW). Seine mittlere Wassermenge beträgt 2800 m<sup>3</sup>/s, das Bruttogefälle 101 m, das Nettogefälle 86 m.

Die Voraussetzungen zur Errichtung einer Beton-Sperre sind äusserst günstig; steile Talflanken und gute Felsunterlage (Granite mit einer Druckfestigkeit von 1300 kg/cm<sup>2</sup>). Die Kronenlänge beträgt 1148 m. Es ist der gleiche Schwergewichtstyp mit verbreiterten Fugen vorgesehen wie beim Kraftwerk Bratsk. Arbeitsumfang: 6 Mio m<sup>3</sup> Beton, 19 Mio m<sup>3</sup> Aushub, projektierte grösste Betonierleistung: pro Jahr 2,2 Mio m<sup>3</sup>, pro Monat 232 000 m<sup>3</sup>, pro Tag 12 bis 13 000 m<sup>3</sup>.

Schluss folgt.

## Wettbewerb für die neuen Aufnahme- und Dienstgebäude des Personenbahnhofes in Bern

Schluss von Seite 762 DK 725.31

Gestützt auf die Beurteilung der Projekte stellt das Preisgericht die Rangordnung auf. Es setzt sieben Preise aus und beschliesst über die Verteilung der Preissumme von Franken 70 000.—. Ferner empfiehlt das Preisgericht, zehn Projekte anzukaufen (siehe alle Einzelheiten in SBZ 1958, Heft 29, S. 440).

Auf Grund seiner Ueberprüfung der Gegebenheiten wie der eingegangenen Projekte ist das Preisgericht zu nachstehenden **Schlussfolgerungen** gelangt:

#### A. Städtebaulich-architektonisch

1. Der Raum, in den die Bahnhofbauten zu liegen kommen, wird bestimmt durch die Kuppe der Grosse Schanze mit der Universität und durch den Turm der Heiliggeistkirche. Dazu wird sich am stadtseitigen Lorrainebrückenkopf durch den Neubau des Amthauses ein weiterer städtebaulicher Akzent ergeben. Ein Hochhaus in Verbindung mit dem Aufnahmegebäude ist innerhalb des Bahnhofkomplexes an sich denkbar und mag von einzelnen Standpunkten aus sogar günstig wirken. Die grossen Anforderungen, die ein Hochhaus an seine Erschliessbarkeit von der Strasse her stellt, sind aber innerhalb des Bahnhofkomplexes mit seiner besonderen Betriebsorganisation nur schwer zu befriedigen. Die Erschliessung lediglich über ein Terrassengeschoss ist ungenügend.

Richtig erschliessbar wäre ein Hochhaus allenfalls in unmittelbarer Verbindung mit dem Aufnahmegebäude oder am untern Bollwerk. An beiden Orten ist es aber städtebaulich unerwünscht. Wirtschaftlich bietet ein Hochhaus zudem gegenüber Projekten mit weniger differenzierten Bauhöhen keine Vorteile.

2. Das Gesicht des Aufnahmegebäudes ist nach Süden, nach dem zum neuen Bahnhofplatz erweiterten Bubenberglplatz zu richten. Die Gebäudehöhe hat sowohl der Bedeutung des Hauptbahnhofes wie dem Bedürfnis nach genügender Baumasse als Platzwand Rechnung zu tragen. Für das Aufnahmegebäude ist am Bubenberglplatz ein ruhiger kubischer Aufbau mit plastisch durchgebildeter Fassade, allenfalls mit eingeschossigem Vorbau, anzustreben. Der Vergleich der verschiedenen Vorschläge zeigt, dass eine Höhe von etwa sechs Geschossen, die ungefähr der Firsthöhe des Burgerspitals entspricht, als angemessen zu betrachten ist; eine Variierung um ein Stockwerk nach oben oder unten ist denkbar. Keinesfalls darf die Höhe des Giebelarchitravs der Heiliggeistkirche überschritten werden. Eine deutliche Ablösung des Aufnahmegebäudes vom Kapellentrakt des Burgerspitals ist auch bei guter betrieblicher Organisation möglich.

3. Die Grosse Schanze, deren Fläche durch das Parkterrassenprojekt zum grossen Teil wiedergewonnen wird, behält