Deutscher Kanal-
und
Schiffahrtsverein
Rhein-Main-Donau

22

Mitteilungsblätter

Mitteilungsblätter
Dezember 1976
Nummer 22

Deutscher Kanal-
und Schiffahrtsverein
Rhein-Main-Donau e.V.
Nürnberg
Geschäftsstelle:
Marienplatz 4
8500 Nürnberg
Telefon: 0911/226646

Kraftwerke finanzieren die Rhein-Main-Donau-Wasserstraße

Von Dr. Friedrich Eder,
ordentliches Vorstandsmitglied der
Rhein-Main-Donau-AG, München

Die Finanzierung der Rhein-Main-Donau-Großschiffahrtsstraße unterscheidet sich von der Finanzierung anderer Wasserstraßenbauten vor allem dadurch, daß an ihr selbst und an den mit ihr zusammenhängenden Flußstrecken der oberen Donau und des unteren Lech zahlreiche ertragsfähige Wasserkraftwerke auf Kosten der Rhein-Main-Donau-AG (RMD) errichtet werden konnten und daß die Reinerträge dieser Kraftwerke in sehr beträchtlichem Umfang zur Finanzierung des Wasserstraßenbaues herangezogen werden können. Nur soweit die RMD nicht in der Lage ist, die erforderlichen Geldmittel für einen zügigen Bau der Schiffahrtsstraße aus den Erträgen der Kraftwerke selbst aufzubringen, geben Bund und Bayern zusätzliche Geldmittel in Form von unverzinslichen Darlehen, die aus späteren Bilanzgewinnen der RMD zurückgezahlt werden müssen.

Diese Finanzierungsgrundsätze gelten für die Strecke von Aschaffenburg bis Regensburg und an der Strecke von Regensburg bis Landesgrenze insoweit, als bisher durch den Bau der Stufen Kachlet und Jochenstein sowie die sogenannte Niederwasserregulierung die Schiffahrtsverhältnisse an dieser Strecke verbessert werden mußten. Mit Ablauf der Konzessionszeit (nunmehr im Jahre 2050) sollen außerdem die bestehenden Kraftwerke an der Wasserstraße in gutem baulichen und vollkommen betriebsfähigen Zustand unentgeltlich und lastenfrei auf den Bund übertragen werden.

Mit dieser Konstruktion einer Verbindung von Wasserstraßenbau mit Kraftwerksbau und Finanzierung der Wasserstraße aus den Wasserkräften, mit der Bayern zugleich eine erhebliche zusätzliche Leistung einbringt, wurde der Bau der Rhein-Main-Donau-Wasserstraße wesentlich beschleunigt. Besonders konnte der Anschluß Nürnbergs im Jahre 1972 nur dadurch erreicht werden, daß die RMD ganz erhebliche Kapitalmarktmittel für den Wasserstraßenbau aufnahm; sie müssen aus den künftigen jährlichen Kraftwerkserträgen verzinst und getilgt werden.

Etwa mit dem Anschluß Nürnbergs ergaben jedoch Vorausberechnungen über die künftige Ertragskraft der Wasserkraftwerke, daß die hierdurch gegebene Verschuldungsgrenze erreicht ist, d. h., die RMD weitere Fremdmittel zur Beschleunigung des Baues in absehbarer Zeit nicht mehr aufnehmen kann. Das Tempo des Weiterbaues bis Regensburg hängt also ausschließlich von den Mitteln ab, die von Bund und Bayern bereitgestellt werden. Die RMD selbst kann nur noch in geringem Umfange mit der kurzfristigen Übernahme von Finanzierungsspitzen dazu beitragen.

Für die Strecke von Aschaffenburg bis Landesgrenze werden bis Ende 1976 rund 2,27 Mrd. RM/DM (einschließlich rund 300 Mill. DM Zinsen) investiert sein, wovon der Bund rund 830 Mill. DM, Bayern rund 440 Mill. DM und die RMD rund 1 Mrd. DM aufgebracht haben. Bis zur Vollendung des Verbindungsstückes Nürnberg-Regensburg werden noch weitere rund 1,34 Mrd. DM anfallen. Darüber hinaus ergibt sich die Notwendigkeit, auch die Fahrwasserverhältnisse unterhalb Regensburg durch den Neubau von Staustufen weiter zu verbessern, um der drohenden Sohlen-Erosion in dieser Strecke entgegenzuwirken und dadurch eintretenden schädlichen Folgen für den Hafen Regensburg zu begegnen.

Der Bau der zunächst vorgesehenen zwei Stufen Geisling und Straubing wird wei-

tere 0,5 Mrd. DM erfordern. Die Finanzierung des Baues dieser Stufen, die sogenannte Donaukanalisierung, ist allerdings nicht mehr Aufgabe der RMD, da sie ihre Verpflichtung nach den Bauverträgen von 1921 für diese Strecke bereits mit der sogenannten Niederwasserregulierung erfüllt hat. Die RMD erhält jedoch im sogenannten Donaukanalisierungsvertrag vom Bund den Auftrag, diese Stufen ebenfalls zu bauen, wobei sich Bayern an den Gesamtkosten mit einem Drittel beteiligt, da durch den Stufenbau dieses Gebiet gleichzeitig hochwasserfrei gemacht wird. Zur Finanzierung dieser rund 2 Mrd. DM haben sich Bund und Bayern in Ausführung des Duisburger Vertrages vorbehaltlich der haushaltsrechtlichen Bewilligung verpflichtet, zunächst bis zum Jahre 1980 in die mittelfristige Finanzplanung von Bund und Bayern folgende Beträge einzubringen:

	1976	1977	1978	1979	1980	
	(in Mill. DM)					
Bund	100	140	156	156	156	
Bayern	50	61	69	69	69	
	150	201	225	225	225	= 1026

Aus den angeführten Haushaltsansätzen sind auch noch die Restkosten für die Strecke Bamberg—Nürnberg — ab 1976 rund 30 Mill. DM — und der vom Bund und Bayern übernommene Kapitaldienst für Fremdmittelfinanzierung dieser Strecke — jährlich rund 1 bis 23 Mill. DM — abzudecken. Immerhin wird die RMD im Wasserstraßenbereich heuer effektiv 133 Mill. DM (und im Kraftwerksbereich weitere 47 Mill. DM) investieren. Im kommenden Jahr werden für den Wasserstraßenbereich rund 200 Mill. DM und ab 1978 mehr als 230 Mill. DM an Baumitteln zur Verfügung stehen. Damit dürfte es möglich sein, den Abschnitt Nürnberg-Regensburg-Straubing bis Mitte der 80er Jahre zu vollenden, wie Ministerpräsident Dr. Alfons Goppel als Aufsichtsratsvorsitzender bei der letzten Hauptversammlung der RMD am 21. Juli 1976 zum Ausdruck brachte.

Wenn auch die RMD in Zukunft unmittelbar zum Bau der Strecke Nürnberg—Regensburg nur in geringem Maße beitragen kann, so erscheint mir doch der Hinweis angebracht, daß die von der RMD für den Bau der Strecke bis Nürnberg aufgenommenen Fremdmittel bis etwa zum Jahre 2000 aus den Erträgen der Kraftwerke zurückgezahlt sein werden. Daran wird sich die vertragsmäßige Rückzahlung der Darlehen von Bund und Bayern nach dem augenblicklichen Preisstand von jährlich 40 Mill. DM anschließen, so daß von den Darlehen von insgesamt rund 2,5 Mrd. DM, die Bund und Bayern zusammen der RMD gewährt haben, bis zum Jahre 2050 mindestens 2 Mrd. getilgt sein werden. Dann bleibt zwar noch ein Restbetrag von rund 500 Mill. DM; diesem Fehlbetrag steht aber der Wert der heimfallenden Kraftwerke von zur Zeit mindestens 1,1 Mrd. DM gegenüber. Abgesehen vom volkswirtschaftlichen Wert der Schiffahrtsanlagen selbst werden also ihre Investitionskosten in der Konzessionsstrecke allein mit dem Wert der Kraftwerke mehr als kompensiert.

Ein Pumpspeicherwerk für die Stromversorgung der Bahn

Von Dr. Wolfgang Bader,
Leiter des Referates Öffentlichkeitsarbeit
und Verkehrswirtschaft
der Rhein-Main-Donau AG, München

Die Elektrizitätswirtschaft unterscheidet zwischen Grundlast- und Spitzenlastkraftwerken. Die Grundlast wird mit Kraftwerken gedeckt, die sich hierfür besonders eignen und die bei Dauerbetrieb die höchste Wirtschaftlichkeit besitzen. Das sind vor allem die thermischen Kraftwerke, neuerdings besonders die Kernkraftwerke, und schon immer die Laufwasserkraftwerke. Belastungsspitzen werden mit Kraftwerken gedeckt, die sehr schnell in Betrieb genommen und ohne Verzögerung in ihrer Erzeugung dem Bedarf angepaßt werden können. Das sind in erster Linie die Speicherkraftwerke, d. h. Wasserkraftwerke großer Fallhöhe, die das Wasser aus einem natürlichen oder künstlichen Speicher entnehmen. Eine Variante der Speicherkraftwerke sind die Pumpspeicherwerke, bei denen der hochgelegene Speicher nicht oder nicht nur über den natürlichen Zufluß, sondern mit hochgepumptem Wasser gefüllt wird.

In der maschinellen Ausrüstung der Pumpspeicherwerke gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Lösungen: Turbine und Pumpe maschinell getrennt oder in einer hydraulischen Maschine, der Pumpenturbine, vereinigt. Die elektrische Maschine dient in beiden Fällen sowohl als Generator als auch als Motor. Die Pumpenturbine besitzt zwei Drehrichtungen und benötigt deshalb eine Anlaßmaschine für den Pumpbetrieb.

Es ist einleuchtend, daß die Pumpenturbine eine äußert wirtschaftliche Lösung darstellt und deshalb zunehmend verbreitet wird. Das Pumpspeicherwerk hat gegenüber dem Gasturbinenkraftwerk — es eignet sich ebenfalls, Belastungsspitzen zu decken — den Vorteil, daß es nicht nur Energie erzeugen, sondern auch verbrauchen kann. Es ergänzt deshalb ein Grundlastkraftwerk ideal. Unterschreitet der normale Energiebedarf die Leistung des Grundlastkraftwerkes, so wird die überschüssige Energie zum Hochpumpen von Wasser in den Speicher benutzt. Bei Mehrbedarf wird fehlende Energie vom Pumpspeicherwerk geliefert.

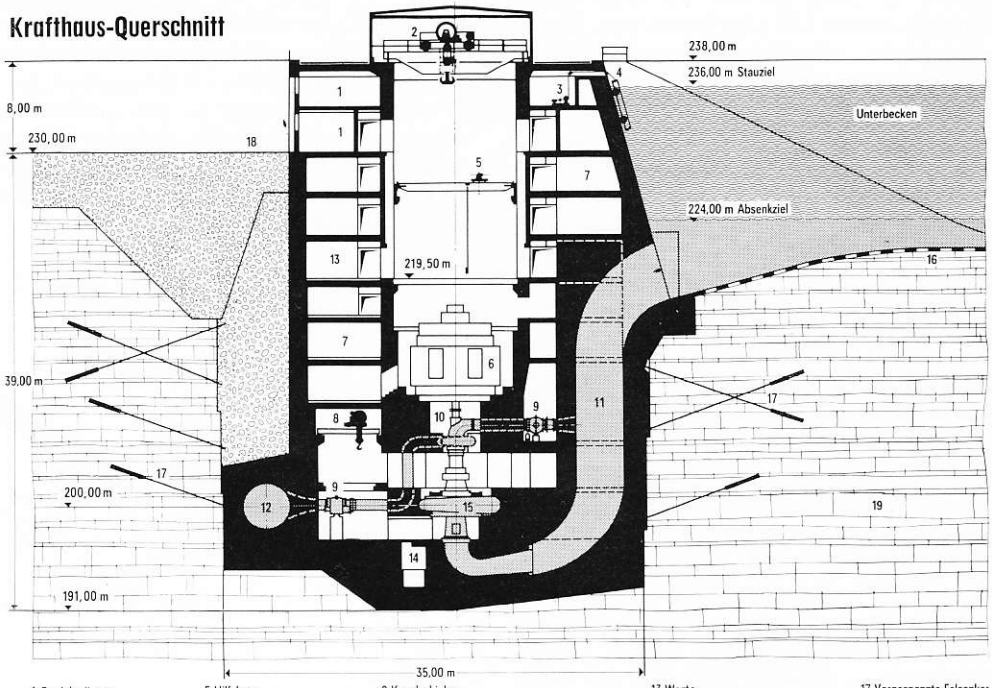
Die Deutsche Bundesbahn (DB) ist einer jener Stromverbraucher, der einen stark schwankenden Energiebedarf für den elektrischen Zugbetrieb im Laufe von 24 Stunden hat. Die zweimal täglich auftretenden Leistungsspitzen von jeweils zwei bis drei Stunden sind besonders ausgeprägt. Diese Spitzen werden mit der weiteren Verstärkung des Verkehrs in den Ballungsgebieten (S-Bahn) noch zunehmen. Im Unterschied zur öffentlichen Versorgung, die fast ausschließlich 50 Hz Drehstrom verwendet, arbeitet die DB jedoch mit 16 $^{2}/_{3}$ Hz Einphasenstrom. Aus diesem Grunde wurde ein gesondertes Bahnstromnetz mit eigenen Erzeugungsanlagen errichtet. Seit kurzem stützt sich die Versorgung der DB nun auch auf ein Pumpspeicherwerk für 16 $^{2}/_{3}$ Einphasenstrom.

Dieses Pumpspeicherwerk Langenprozelten wurde mit einem Investitionsvolumen von rund 174 Mill. DM (ohne Bauzeitzinsen) in den Jahren 1971/76 im Spessart westlich von Gemünden errichtet. Das Oberbecken des Werkes befindet sich auf der Sohlhöhe, Krafthaus und Unterbecken liegen 300 m tiefer im Sindersbachtal und sind über einen gepanzerten Triebwasserstollen mit dem Oberbecken verbunden. Das Pumpspeicherwerk wurde von der Donau-Wasserkraft AG (DWK) gebaut, einer Tochtergesellschaft der DB und der Rhein-Main-Donau AG (RMD), München.

Nachdem der Probebetrieb der beiden Maschinensätze im April und Mai dieses

Jahres zum Abschluß kam und das Werk bis auf geringfügige Restarbeiten fertiggestellt ist, wurde am 6. Oktober 1976 der Bauabschluß in kleinem Rahmen gefeiert. Dr.-Ing. Fritz Schwaiger begrüßte als Vorstandsmitglied der DWK die anwesenden Gäste und dankte allen, die am Zustandekommen des Werkes beteiligt waren. Sein besonderer Dank galt der DB für die Entscheidung, nach dem glücklichen Abschluß der Kraftwerkskette Bertoldsheim—Ingolstadt an der oberen Donau auch den Bau und Betrieb dieses Pumpspeicherwerkes der DWK anzuvertrauen. Dr.-Ing. Schwaiger erinnerte daran, daß einen Tag nach der Abschlußfeier für die Kraftwerkskette an der oberen Donau, am 7. Mai 1971, der Baubeschluß für das Pumpspeicherwerk gefallen war. Im Herbst 1973 erfolgte der Stollendurchschlag, im Juli 1974 waren die Tiefbauarbeiten im wesentlichen beendet, die Montagearbeiten konnten beginnen. Im August 1974 war das Oberbecken und Anfang 1975 das Unterbecken fertiggestellt. Ende September 1975 lief der erste Maschinensatz probeweise an. Trotz des Umfanges und der Schwierigkeiten der Bau- und Montagearbeiten gab es erfreulicherweise keine tödlichen Unfälle zu beklagen.

Krafthaus-Querschnitt



1 Betriebsräume
2 Maschinenhauskran
3 Schützantrieb
4 Saugschlauchschütz
5 Hilfskran
6 Synchronmaschine
7 Schaltanlagen
8 Kugelschieberkran
9 Kugelschieber
10 Anwurfturbine
11 Saugschlauch
12 Verteilleitung
13 Warte
14 Lenzkanal
15 Pumpenturbine
16 Asphaltbetondichtung
17 Vorgespannte Felsanker z. Baugrubensicherung
18 Vorplatz
19 Sandstein

Präsident Dr.-Ing. Heinrich Lehmann schloß als Mitglied des Vorstandes der DB das Pumpspeicherwerk mit einem symbolischen Knopfdruck an das Bahnstromnetz an. Er wies darauf hin, daß im Juni 1976 die elektrische Zugförderung einen Anteil von 81 % an der gesamten Förderleistung in Brutto-Tonnenkilometern erbracht hat. In einigen Produktionsbereichen, z. B. bei den IC-Zügen, bei den D-Zügen und beim Güterfernverkehr ist der Anteil der elektrischen Zugförderung noch weitaus höher. 1975 wurden bei einer konjunkturbedingt verminderten Betriebsleistung von 185 Mrd. Brtkm 5,7 Mrd. kWh verbraucht.

Mit der Inbetriebnahme des Pumpspeicherwerks Langenprozelten und des korrespondierenden 150 MW Bahnstrom-Turbosatzes im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar beläuft sich die in Bahnstromerzeugern installierte Leistung auf rund 1740 MW. Davon entfallen 18,2 % auf Wasserkraftwerke (einschließlich Pumpspeicherwerk), 60,6 % auf Wärmekraftwerke und 21,2 % auf Umformerwerke, die den Drehstrom der Landesfrequenz in Bahnstrom umformen. Durch die Zusammenarbeit des 150 MW Bahnstrom-Turbosatzes in Neckarwestheim mit dem Pumpspeicherwerk Langenprozelten lassen sich Belastungsspitzen und Schwerlastzeiten innerhalb des Bahnstromnetzes wirtschaftlich ausgleichen.

Präsident Dr.-Ing. Lehmann betrachtet die Kombination Kernkraftwerk-Pumpspeicherwerk wegen des Einsatzes von Primärenergie als langfristig krisenunempfindlich. Hinzu komme, daß gerade die Komponente Pumpspeicherwerk wegen ihrer Umweltfreundlichkeit über jeden Zweifel erhaben sei. Die DB habe mit der Kette von Laufwasserkraftwerken an der Donau sehr gute Erfahrungen gemacht. Die gute Zusammenarbeit mit der im Wasserbau außerordentlich erfahrenen DWK habe es deshalb nahegelegt, Bau und Betriebsleitung des Pumpspeicherwerks der DWK zu übertragen. So sei, wie Präsident Dr.-Ing. Lehmann abschließend feststellte, „wiederum ein Werk entstanden, von dem wir überzeugt sind, daß es unsere Unternehmenspolitik unterstützt, und daß es auch den technischen und wirtschaftlichen Anforderungen aller Beteiligten entspricht".

Ministerialdirektor a. D. Rolf Hesse, der langjährige frühere Aufsichtsratsvorsitzende der DWK, sprach dem Vorstand und allen, die an diesem Bauwerk mitgewirkt haben, den Dank und die Anerkennung des Bundesverkehrsministers aus. Das Pumpspeicherwerk Langenprozelten stelle die Krönung der großen Bauaufgaben dar, die der DWK seit 1965 gestellt waren. Die Kooperation der (von der Aufgabe her so ungleichen) Partner DB und RMD in der DWK habe reiche Früchte zum Nutzen beider Unternehmen getragen.

Den Landschaftsplan des Pumpspeicherwerkes Langenprozelten bringen wir am Ende des Heftes.

Die Donau als Energiequelle

Von Dr. Wolfgang Bader,
Leiter des Referates Öffentlichkeitsarbeit
und Verkehrswirtschaft
der Rhein-Main-Donau AG, München

Die Versorgungsengpässe nach der sogenannten Ölkrise vom Herbst 1973 sind längst überwunden, geblieben sind jedoch um drei- bis viermal höhere Mineralölpreise mit entsprechenden Auswirkungen auf das gesamte Energiepreisniveau und eine veränderte Einschätzung der weltweiten Rohstoff- und Energiesituation. Die Besinnung auf die heimischen Energiequellen hat auch der Wasserkraft wieder erhöhte Wertschätzung eingetragen, da sie allein von den natürlichen Gegebenheiten und nicht von den weltpolitischen oder weltwirtschaftlichen Wechselfällen bestimmt wird.

Mit einer Jahreserzeugung von rund 15 Mrd. kWh und einem Anteil an der gesamten Stromerzeugung von weniger als 7 % spielt die Wasserkraft in der Bundesrepublik Deutschland allerdings nur noch eine untergeordnete Rolle für die Elektrizitätsversorgung. Dagegen hat die Wasserkraft im Alpenraum noch eine weit stärkere Stellung. In Bayern z. B. beträgt ihr Anteil rund 25 % und in Österreich sogar rund 75 %. Es wäre freilich illusionär, die Auslandsabhängigkeit in der Energieversorgung mit einem verstärkten Ausbau der Wasserkraftreserven entscheidend abbauen zu wollen. In Deutschland sind dazu die Wasserkräfte naturbedingt viel zu bescheiden; sie werden noch dazu auch bereits weitgehend genutzt. Dennoch ist es ein Gebot der volkswirtschaftlichen Vernunft, alle ausbauwürdigen Wasserkraftreserven zu nutzen und deshalb zu prüfen, wo und wie der Bau von Wasserkraftwerken noch sinnvoll ist.

Unter den großen europäischen Strömen kommt der Donau als Energiequelle bereits heute besondere Bedeutung zu; sie hat auch ein hohes Potential noch nicht genutzter Wasserkraftreserven. Diese Feststellung für den ganzen Donaustrom gilt im großen und ganzen auch für die deutsche Donaustrecke. Von wenigen Ausnahmen etwa an Lech und Isar abgesehen, bietet sich in der Bundesrepublik Deutschland für den Bau von Laufwasserkraftwerken neben dem geplanten Bau von vorerst einer weiteren Staustufe am Oberrhein bei Neuburgweier nur noch die Donau an. Hier handelt es sich um einen Fluß, der in erheblichem Maße von alpinen Gebirgszuflüssen gespeist wird und dabei gerade im Sommerhalbjahr günstige Abflußverhältnisse aufweist. Einen weitgehenden Ausgleich des Regimes bewirken die aus dem Mittelgebirge linksufrig zufließenden Gewässer mit der Höchstwasserführung im Winter und Frühjahr.

Ausbauchancen bestehen in der Regel jedoch nur noch, wenn sich die Energieerzeugung mit anderen Nutzungsmöglichkeiten verbinden läßt. Derartige Mehrzweckaufgaben erfüllt einmal der Ausbau der Flüsse zur Wasserstraße, wo die Stauhaltungen sowohl der Verkehrswirtschaft als auch der Energiewirtschaft dienen. Außerhalb des Verkehrsausbaues bietet sich eine energiewirtschaftliche Mitnutzung an, wenn Flüsse aus Gründen der Wasserwirtschaft oder der Landeskultur saniert werden müssen. Als besonders wirksames Mittel dazu hat sich der Bau von Stauwehren erwiesen, weil damit die Flußerosion gestoppt und der ursprüngliche Zustand weitgehend wieder hergestellt werden kann.

Im folgenden soll deshalb zunächst ein Überblick über die energiewirtschaftliche Situation der deutschen Donaustrecke gegeben werden, im zweiten Teil folgt ein Ausblick auf die außerdeutsche Donau.

Deutsche Donau

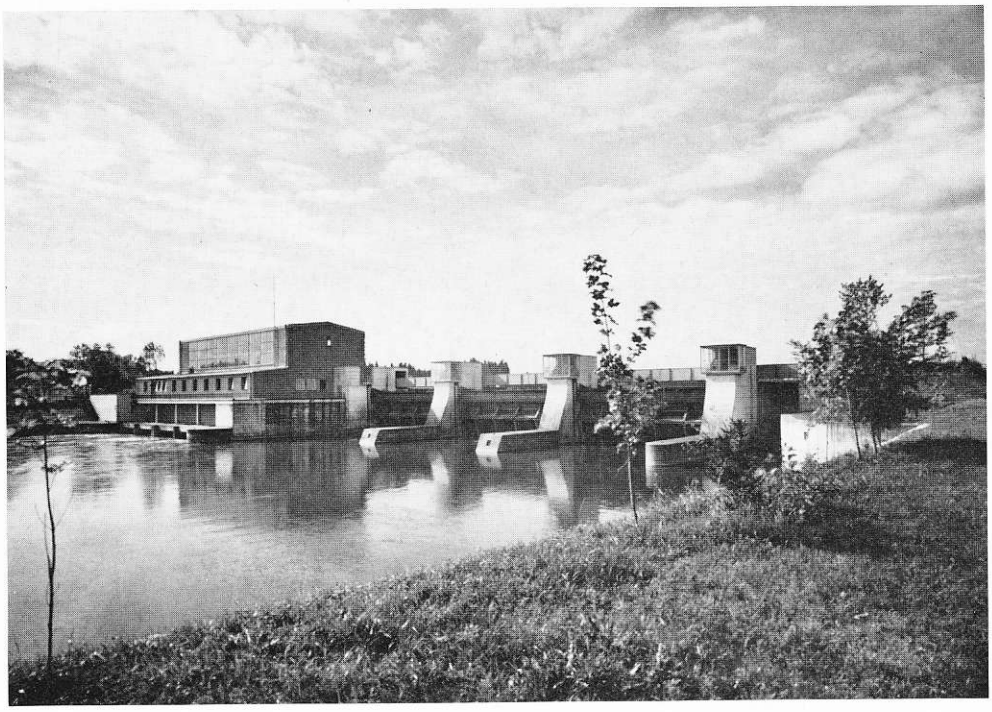
Wenn man von Kleinanlagen am Oberlauf der Donau absieht, wurde das erste Kraftwerk an der Donau überhaupt in den Jahren 1922/27 oberhalb von Passau am sogenannten Kachlet von der Rhein-Main-Donau AG (RMD) gebaut, die im Jahre 1921 gegründet worden war, um den Bau der Rhein–Main–Donau-Wasserstraße zu bewerkstelligen und im Zusammenhang damit Kraftwerke als Finanzierungsbasis der Wasserstraße zu errichten. Das Kachletwerk, seinerzeit eine technische Pionierleistung, war mit acht Maschinen, 42 MW und einer mittleren Jahreserzeugung von zunächst 260 Mill. kWh als Großkraftwerk anzusprechen. Modernisierungsarbeiten in den Jahren 1961/64 verbesserten den Wirkungsgrad und die Schluckfähigkeit der Turbinen, so daß die Leistung auf 53,7 MW und die mittlere Jahreserzeugung auf 319 Mill. kWh erhöht wurden.

Als zweites Kraftwerk an der gesamten Donau folgte dem Kachletwerk das Jochensteinwerk, eine deutsch/österreichische Gemeinschaftsanlage unterhalb Passau. Diese Stufe war in den Jahren 1952/56 errichtet worden. Sie nutzt die rund 30 km lange Donaustrecke vom Kachletwerk bis zu dem kleinen, linksufrig gelegenen Grenzort Jochenstein, nach dem sie auch ihren Namen erhielt. Da die Donau ab Passau den Inn aufgenommen hat, ist hier die Wasserführung mehr als doppelt so hoch wie am Kachletwerk. Die Ausbauwassermenge des Kraftwerks beträgt 2050 m^3/s bei einer Nutzfallhöhe von 8,15 Metern. Der Engpaßleitung von 132 MW entspricht ein Regelarbeitsvermögen von 850 Mill. kWh, das jeweils zur Hälfte an Deutschland und an Österreich geliefert wird.

Der RMD war bei ihrer Gründung die Konzession für die energiewirtschaftliche Nutzung der gesamten bayerischen Donau, also auch der Strecke von Ulm bis Kelheim – dort wird der Rhein-Main-Donau-Kanal in Richtung Main abzweigen – überlassen worden, weil in den Staatsverträgen des Jahres 1921 auch der Ausbau der oberen Donau zur Schiffahrtsstraße vereinbart ist. Auf absehbare Zeit konzentriert sich indessen die Bautätigkeit der RMD auf dem Wasserstraßensektor darauf, die durchgehende Rhein-Main-Donau-Wasserstraße zu schaffen. Erst wenn Main und Donau durch den Rhein-Main-Donau-Kanal miteinander verbunden sein werden, wird im einzelnen über den Ausbau der oberen Donau zur Wasserstraße zu entscheiden sein. Um schon vorweg das Wasserkraftpotential des Donauabschnittes Ulm-Kelheim energiewirtschaftlich zu nutzen, begann die RMD im Jahre 1958 mit dem Bau einer Kraftwerkskette, die an das Kraftwerk Böfinger Halde der Stadt Ulm anschließt. Zu diesem Zweck wurde die Obere-Donau-Kraftwerke AG (ODK), München, gegründet, an der neben der RMD die Energie-Versorgung Schwaben AG, Stuttgart (EVS), und die Bayerische Staatsbank (sie ist inzwischen mit der Bayerischen Vereinsbank fusioniert) beteiligt sind. Schon vor dieser Kraftwerkskette an der oberen Donau waren von der RMD am unteren Lech vier Kraftwerke errichtet worden, nachdem das Projekt einer Überleitung von Lechwasser in die Scheitelhaltung des Kanals fallengelassen worden war. Hierüber berichtet im einzelnen der folgende Abschnitt.

Für die obere Donau war bereits früher ein Rahmenplan mit 19 Stufen aufgestellt worden. Die ODK baute 1959/65 die erste Kraftwerkskette mit den sechs Stufen Oberelchingen, Leipheim, Günzburg, Offingen, Gundelfingen und Faimingen oberhalb Dillignen. Sie nutzt eine Flußstrecke von 37 km Länge. Die Rohfallhöhe von 36,25 m wurde aufgeteilt in drei Stufen von je 6,50 m, zwei Stufen von je 5,0 m und eine Stufe von 6,75 m.

Die Ausbauleistung beträgt 52,5 MW, die durchschnittliche Jahreserzeugung rund 300 Mill. kWh und wird in das Netz der EVS geliefert. Die Kraftwerkskette ist für einen sogenannten Schwell- bzw. Tagesspeicherbetrieb mit einem Speicherraum von rund 1,4 Mill. m³ ausgebaut. Dadurch ist es möglich, während der Zeit geringen Energiebedarfs, vor allem zur Nachtzeit, Wasser zurückzuhalten und den Durchfluß während der Starklastzeit zu erhöhen. Der Stauraum der Endstufe Faimingen kann als Pendant zum Speichervolumen der Stauräume am Beginn der Kette 1,4 Mill. m³ aufnehmen, um die Wasserabgabe an die Donau unterhalb der Kraft-



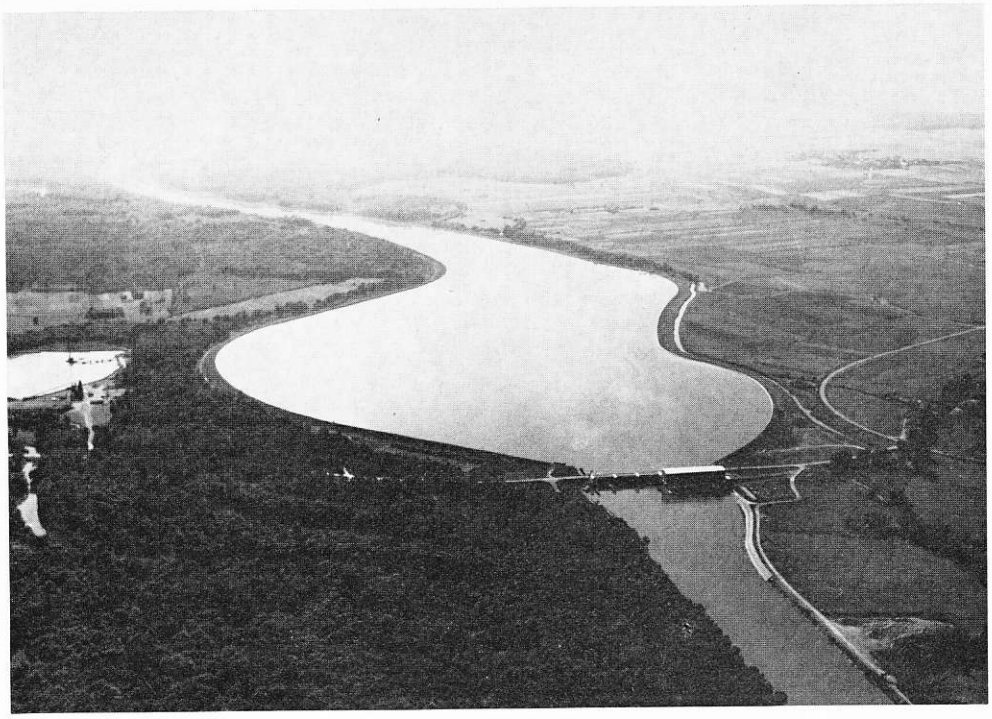
9 Die Kraftstufe Oberelchingen an der oberen Donau. Sie entstand mit fünf weiteren Werken in den Jahren 1959/65.

werkskette wieder den natürlichen Abflußverhältnissen anzugleichen.
An die Kraftstufe Faimingen schließt sich der 34 km lange Donauabschnitt bis zur Lechmündung an. Der bereits erwähnte Stufenplan sah hier den Bau von fünf Kraftwerksstufen vor. Das Fließgefälle der Donau ist in dieser Strecke für die Energienutzung weniger günstig als im Abschnitt der ODK. Der Bau von Kraftwerksstufen wurde deshalb bisher nicht realisiert. Die neuen Gegebenheiten auf dem Energiemarkt gaben aber Veranlassung, diese Planungen erneut zu überprüfen. Da der Staat in nicht zu ferner Zukunft Maßnahmen ergreifen muß, um einer weiteren Erosion des Flußbettes Einhalt zu gebieten, läge es nahe, in diesem Zusammenhang wenigstens einige Kraftwerksstufen, evtl. unter Zusammenlegung bisher geplanter Stufen, zu errichten, um auf diese Weise die nicht mehr sehr lange aufschiebbare Flußsanierung zu bewerkstelligen.
Unterhalb der Lechmündung sind die Voraussetzungen für die Energiegewinnung

Das Werk Faimingen als Schlußpunkt der sechsgliedrigen Kette. An diese Stufe schließt sich der 34 km lange Donauabschnitt bis zur Lechmündung an, der zur Energienutzung weniger günstig ist und daher bislang nicht genutzt wird.

aus Wasserkraft wieder günstiger: Während der Mittelwert der Abflüsse (MQ) bei Oberelchingen 121 m^3/s beträgt, liegt der mittlere Jahresabfluß unterhalb der Lechmündung bei 302 m^3/s. Zur energiewirtschaftlichen Nutzung dieser Flußstrecke gründete die RMD 1965 gemeinsam mit der Deutschen Bundesbahn (DB) die Tochtergesellschaft Donau-Wasserkraft AG (DWK), München. Sie errichtete in den Jahren 1965/71 in der 38 km langen Donaustrecke bis Ingolstadt, die eine Fallhöhe von 30 m hat, eine Kraftwerkskette mit vier Kraftwerken bei Bertoldsheim, Bittenbrunn, Bergheim und Ingolstadt. Ähnlich wie bei der ODK wurden auch die aus Wehr, Kraftwerk und Bootsschleuse bestehenden Stufen der DWK weitgehend einheitlich ausgeführt, wodurch sich in der Planung, in der baulichen Ausführung sowie in der maschinellen und elektrischen Ausrüstung und in der Ersatzteilhaltung erhebliche Ersparnisse ergaben. Bei einer Ausbauleistung von insgesamt 82 MW beträgt die Regeljahreserzeugung rund 500 Mill. kWh.

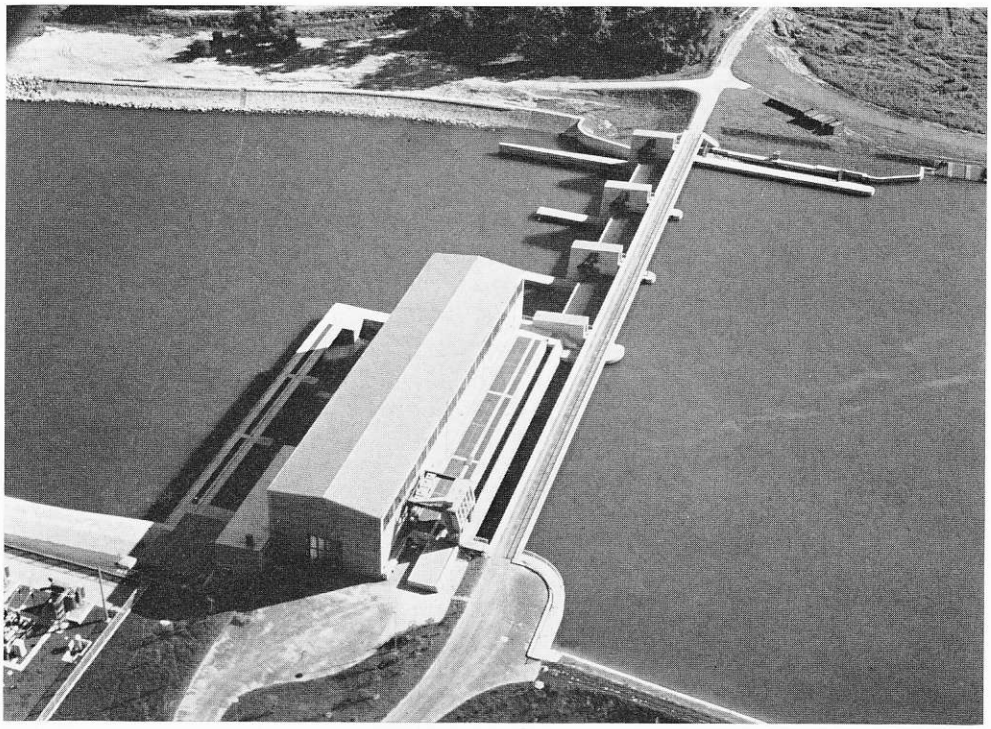
Die Kraftwerke der DWK unterscheiden sich von den anderen Werken im Rhein-



Das Kraftwerk Bertoldsheim unterhalb der Lechmündung. Es entstand mit drei weiteren Stufen in den Jahren 1965/71.

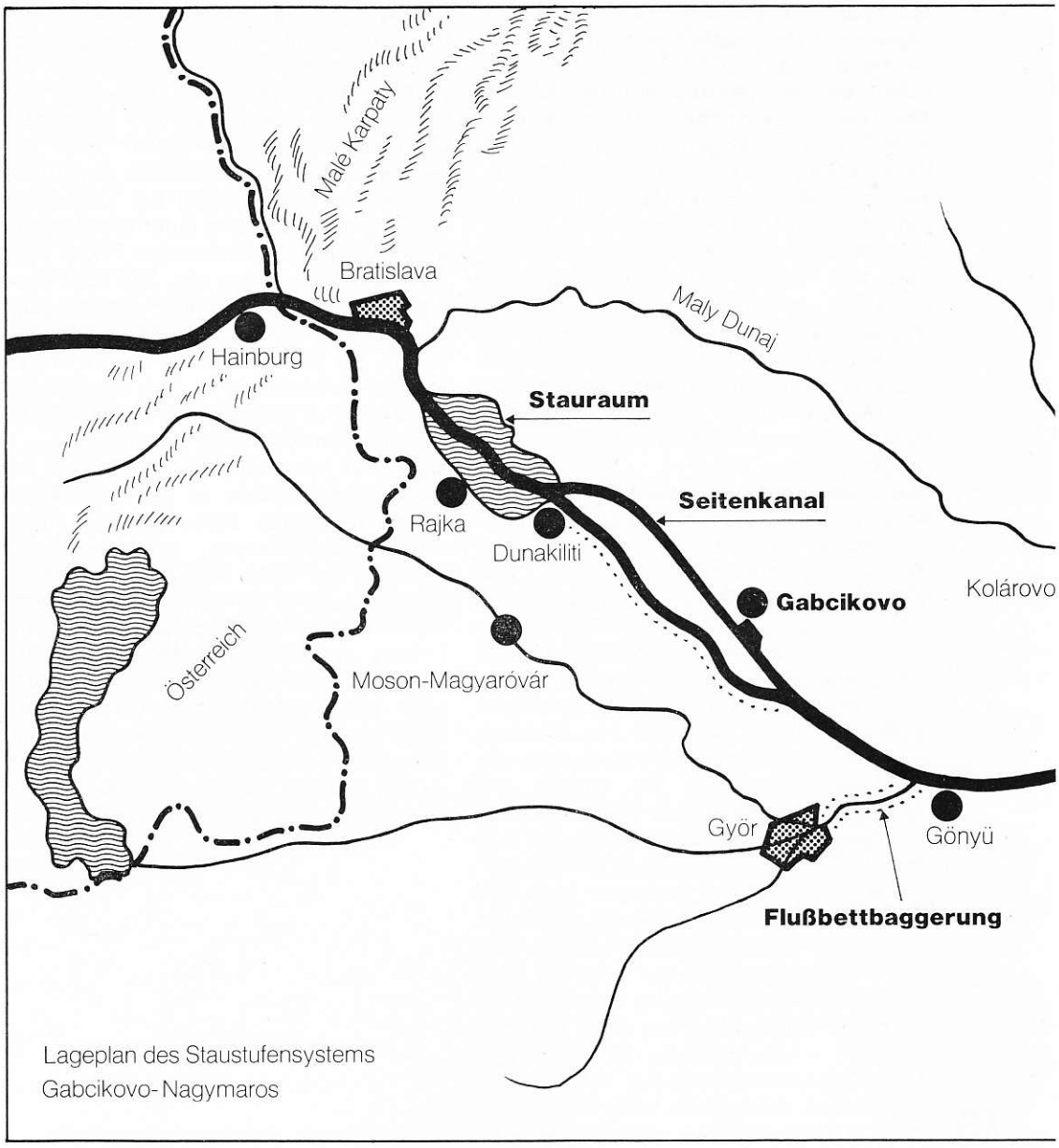
Main-Donau-Bereich grundsätzlich dadurch, daß sie 16 $^{2}/_{3}$ HZ Einphasenstrom erzeugen, der ausschließlich an die Deutsche Bundesbahn geliefert wird. Auch die Werke der DWK wurden von vornherein auf Schwellbetrieb ausgelegt, um dadurch der Bundelbahn in den Spitzenlastzeiten ein möglichst hohen Energiedargebot liefern zu können. Der Kopfspeicher im Stauraum Bertoldsheim und der Ausgleichsspeicher im Stauraum Ingolstadt wurden dazu mit einem Speichervolumen von 2,2 Mill. m^3 ausgebaut. Neben ihrem energiewirtschaftlichen Zweck dienen die Speicherseen in großem Maße auch dem Sport und der Erholung.

Unterhalb von Ingolstadt sind zwei oder drei weitere Kraftwerksstufen vorgesehen. Ob und gegebenenfalls wann sie gebaut werden, ist derzeit nicht zu übersehen. Der Donaudurchbruch bei Weltenburg war bei allen Projektierungen von vornherein von jeglicher energiewirtschaftlicher Nutzung ausgenommen. Bei diesem Flußabschnitt handelt es sich um ein einmaliges

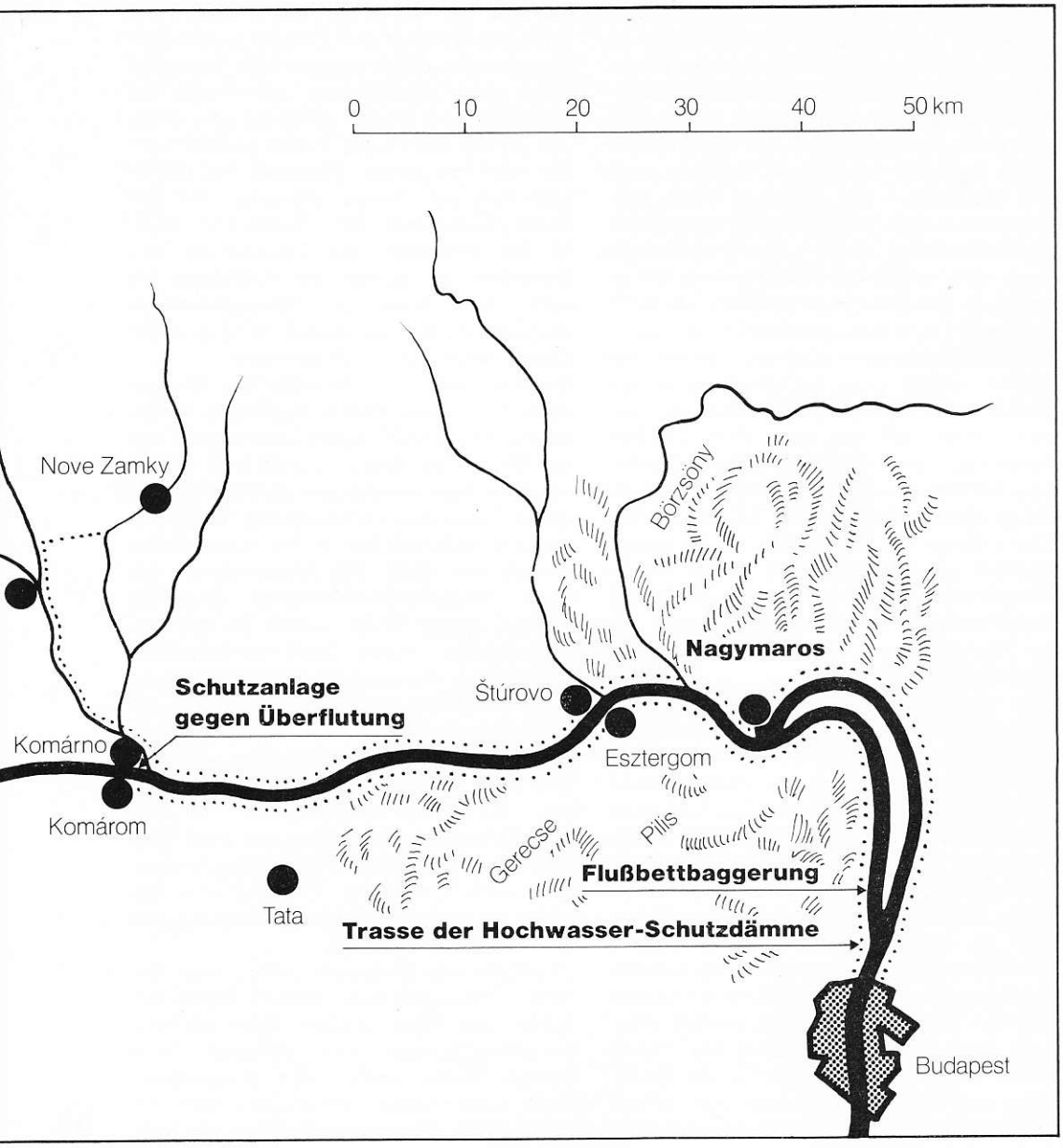


Das Kraftwerk Bittenbrunn im 38 km langen Donauabschnitt zwischen Lechmündung und Ingolstadt. Wehr, Kraftwerk und Bootsschleuse sind bei den Bauwerken aus einer Zeit weitgehend einheitlich ausgeführt.

Naturdenkmal, das wirtschaftlichen Überlegungen nicht geopfert werden darf.
In das Stadium der Realisation ist inzwischen die energiewirtschaftliche Nutzung des Donauabschnittes Kelheim-Regensburg-Straubing eingetreten. Im Bereich Kelheim-Regensburg war diese Strecke, die im Zuge der Rhein-Main-Donau-Wasserstraße mit Hilfe von Staustufen ausgebaut wird, wegen der geringen Fallhöhen nach den neueren Planungen energiewirtschaftlich uninteressant. Die zusätzliche Wertschätzung, die dem krisensicheren Strom aus Wasserkraft neuerdings wieder zuteil wird, hat jedoch dazu geführt, die Kraftwerksprojekte an den Staustufen Bad Abbach und Regensburg noch einmal zu überprüfen.
Ausschlaggebend für eine positive Entscheidung durch den Aufsichtsrat der RMD im Sommer 1975 war neben dem Interesse der Energieversorgung Ostbayern AG (OBAG) an dem Bezug der Energie vor allem die Bereitstellung von Energie für die Versorgung der Pumpwerke an der Kanal-Südstrecke. Hinzu kamen die konjunkturbedingt verhältnismäßig günstigen Baupreise sowie der 7,5-%ige Zuschuß aus dem Investitionsförderungsgesetz der Bundesregierung. Die bereits seit 1972 im Bau befindlichen Staustufen Regensburg und Bad Abbach werden mit jeweils einem Laufwasserkraftwerk ergänzt. Beide Werke befinden sich seit Ende 1975 im Bau. Bad Abbach als kleineres Werk wird bei einer Fallhöhe von 3,63 m eine Leistung von 6,1 MW und eine Regeljahreserzeugung von 37,5 Mill. kWh und Regensburg bei einer Fallhöhe von 4,31 m eine Leistung von 8 MW und eine Regeljahreserzeugung von 55 Mill. kWh haben. Wenngleich beide Werke, die 1978 in Betrieb gehen sollen, nach ihrer Erzeugungsmenge keinen spürbaren Beitrag zur gesamten Energieversorgung zu leisten vermögen, können sie doch als „Notstromaggregat" für lebenswichtige Einrichtungen eine gewisse regionale Grundversorgung sicherstellen.
Größere energiewirtschaftliche Bedeutung werden die beiden geplanten Kraftwerke Geisling und Straubing unterhalb Regensburg haben. Bei Fallhöhen von 7,30 m bzw. 7,0 m und Leistungen von 22,5 MW bzw. 21,5 MW wird die Regeljahreserzeugung hier 156 Mill. kWh bzw. 146 Mill. kWh betragen. Mit dem Bau dieser beiden Werke wird in Verbindung mit dem Bau der für die Schiffahrt notwendigen Staustufen im nächsten Jahr begonnen werden.
Insgesamt haben die 11 1/2 in Betrieb befindlichen Kraftwerke an der bayerischen Donau (ohne die österreichische Hälfte am Jochensteinwerk), eine installierte Leistung von 254,8 MW und eine Regeljahreserzeugung von 1,53 Mrd. kWh. Wenn die Kraftwerkskette Bad Abbach-Straubing Anfang der 80er Jahre fertiggestellt ist, wird sich die installierte Leistung auf 313 MW und die Regeljahreserzeugung auf 1,936 Mrd. kWh erhöhen. Sofern alle projektierten Kraftwerke in diesem Bereich gebaut würden, könnte sich die Gesamtzahl auf 2,644 Mrd. kWh erhöhen.



Lageplan des Staustufensystems
Gabcikovo-Nagymaros


0
10
20
30
40
50 km
Nove Zamky
Börzsöny
Nagymaros
Schutzanlage
gegen Überflutung
Štúrovo
Komárno
Esztergom
Komárom
Gerecse
Pilis
Flußbettbaggerung
Tata
Trasse der Hochwasser-Schutzdämme
Budapest

Wenn die Donau als Lebensader für den gesamten Donauraum bezeichet wird, so beruht dies überwiegend auf der verkehrswirtschaftlichen und der wasserwirtschaftlichen Bedeutung des Flusses. Einer Nutzung der Naturgewalten zur Stromerzeugung über den Antrieb von Turbinen stellt die Mächtigkeit des Stromes große Hindernisse in den Weg. Da aber gerade die Größenordnung des Energiepotentials auch eine große Herausforderung an Ingenieure und Energiewirtschaftler darstellt, sind die Donauanliegerstaaten des europäischen Südostens auch seit langem bestrebt, neben dem Verkehrsausbau die Donau auch energiewirtschaftlich zu nutzen. Österreich hat nach dem Zweiten Weltkrieg den Ausbau seiner Donaustrecke zielbewußt aufgenommen und erzeugt inzwischen bereits 7,6 Mrd. kWh Donaustrom. Dr. Hartwig Hauck berichtete darüber eingehend in Heft 20 der Mitteilungsblätter des Deutschne Kanal- und Schiffahrtsvereins Rhein-Main-Donau eV in dem Aufsatz „Die Kraftwasserstraße östereichische Donau".

Für die tschechoslowakisch/ungarische Grenzstrecke unterhalb Bratislava führen die beiden Nachbarländer intensive Projektierungsarbeiten durch. Den Anstoß dazu gaben hier in erster Linie verkehrswirtschaftliche Notwendigkeiten. Bei Gönyü verringert sich das Gefälle der Donau von durchschnittlich 0,43 Promille auf 0,06 Promille. Dieser Gefällebruch hat zur Folge, daß im dortigen Bereich jährlich etwa 600 000 m³ Geschiebe abgelagert werden, die weitgehend mit Baggerarbeiten wieder aus der Fahrrinne beseitigt werden müssen. Nach jedem Hochwasser der Donau treten neue Erschwernisse für die Schifffahrt auf; trotz aller Bemühungen gelingt es nicht, eine Fahrwassertiefe von mehr als 2,0 bis 2,2 m sicherzustellen. Die Tschechoslowakei und Ungarn beabsichtigen deshalb, diese ausgeprägte Schwachstelle des Donauverkehr mit einem System von zwei Stufen zu beseitigen. Dazu soll ein 25 km langer Kanal gebaut werden, der von einem Stauwehr bei Dunakiliti aus der Donau abzweigt. An der Stufe Gabcikovo bei Donau-km 1822, 18 km unterhalb des Stauraumes von Dunakiliti, ist sowohl ein Kraftwerk als auch die notwendige Schleusenanlage vorgesehen. Bei Donau-km 1812 soll der Kanal wieder den Fluß erreichen.

Bei km 1696 kurz oberhalb des Donauknies folgt eine zweite Kraftstufe Nagymaros-Vischegrad, deren Unterwasser bis zur Stufe Gabcikovo reichen soll. Damit wäre die Flachstrecke der dortigen Donau überwunden. Zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse bis in den Bereich Budapest soll dann das Unterwasser der Stufe Nagymaros-Vischegrad eingetieft werden. Beide Stufen wären für die Anliegerstaaten neben ihrer verkehrswirtschaftlichen Bedeutung zur Beseitigung eines Schiffahrtsengpasses auch energiewirtschaftlich willkommen. Nach den vorliegenden Projektierungsarbeiten wird das Kraftwerk an der Stufe Gabcikovo bei einer installierten Leistung von 700 MW eine Regeljahreserzeugung von 2,65 Mrd. kWh und das Werk Nagymaros-Vischegrad eine installierte Leistung von 150 MW und eine Regeljahreserzeugung von rund 1 Mrd. kWh haben.

Unterhalb von Budapest waren nach früheren Planungen zwei weitere Stufen bei Adony und Faisz geplant. Nach neueren Veröffentlichungen sind offenbar diese beiden Stufen nicht mehr vorgesehen, wohl nicht zuletzt deswegen, weil die ungarischen Wasserbauexperten mit fluß-

baulichen Maßnahmen die geplanten, auch von der Donaukommission empfohlenen Fahrwassertiefen von 3,50 m bei RNW sicherstellen wollen.

Die Stube Djerdap am Eisernen Tor ist die erste und bisher einzige Donaukraftstufe, die von den sozialistischen Ländern ausgeführt wurde. Mit einem Aufstau von 34 m bei Mittelwasser ist sie auch mit Abstand die größte Stufe an der gesamten Donau. Sie wurde in den Jahren 1964/72 gemeinsam von Jugoslawien und Rumänien errichtet und liegt bei Strom-km 542,9 rund 230 km unterhalb von Belgrad. Einzelheiten hierüber sind vielfach veröffentlicht worden, so daß sich erübrigt, sie hier zu wiederholen. Die ebenso wie die Schleusen symmetrisch auf die beiden Uferstaaten aufgeteilten Kraftwerksanlagen haben zusammen eine installierte Leistung von 2050 MW und eine Regeljahreserzeugung von über 11 Mrd. kWh. Daß neben dieser für die beiden Partnerstaaten gewaltigen Energieerzeugung auch die Schiffahrtsverhältnisse grundlegend verbessert und dabei die Leistungsfähigkeit der früher sehr gefürchteten und in ihrer Kapazität begrenzten Kataraktenstrecke auf das Mehrfache erhöht wurde, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Oberhalb dieses Großkraftwerks Djerdap ist im Bereich der jugoslawischen Donau nur noch von einem Kraftwerk bei Novi Sad bei Strom-km 1260 die Rede. Einschlägigen Veröffentlichungen war zu entnehmen, daß die Größenordnung dieses Werkes etwa bei 200 MW bis 250 MW und einer Regeljahreserzeugung von 1,5 Mrd. kWh liege. Ob dieses Werk gebaut werden wird, scheint fraglich zu sein. Dagegen sind unterhalb des Eisernen Tores seit einiger Zeit weitere Stufenprojekte in der Diskussion. Die erste dieser Stufen wird bei Strom-km 855 als Djerdap II projektiert. Auch hier ist eine Gemeinschaftslösung der Nachbarstaaten Jugoslawien und Rumänien vorgesehen. Die energiewirtschaftlichen Reserven sind dort zwar wesentlich bescheidener als bei Djerdap I, weil die Donau zunehmend den Charakter eines Flachlandflusses annimmt. Demgegenüber haben wasserwirtschaftliche Erwägungen größeres Gewicht. Die installierte Leistung soll bei 400 MW, die Regeljahreserzeugung bei 2,4 Mrd. kWh liegen. Mit den Vorbereitungsarbeiten soll begonnen worden sein. Wann der eigentliche Bau beginnt, ist noch nicht überschaubar.

Ähnliches gilt auch für eine weitere Stufe, die Bulgarien und Rumänien etwa bei Strom-km 580, 14 km unterhalb Turnu Magurele, errichten wollen. Diese Stufe Ciora-Belene soll nach dem Muster von Djerdap gebaut werden, so daß also jeder Partnerstaat über eine eigene Kraftwerksanlage und eine Schleuse verfügen würde. Gemeinsam sollen die beiden Werke an dieser Stufe eine installierte Leistung von 750 MW und eine Jahresarbeit von 3,8 Mrd. kWh erreichen.

Wiederholt wurde in der Presse schließlich über den Bau einer Stufe Cernawoda-Silistra berichtet. Dieses etwa 570 km unterhalb von Djerdap I bzw. 375 km vor der Donaumündung projektierte Kraftwerk steht im Zusammenhang mit dem von Rumänien geplanten Donau-Schwarzmeer-Kanal, der die Donau mit dem Schwarzen Meer bei Konstanza verbinden und damit den Schiffahrtsweg um rund 300 km abkürzen soll. Die Projektierungsarbeiten für diese Gesamtanlage sind offensichtlich voll im Gange. Wichtiger Bestandteil ist die erwähnte Stufe Cernawoda-Silistra,

aus deren Oberwasser der Donau-Schwarzmeer-Kanal abzweigen würde. Das dort geplante Kraftwerk soll eine Leistung von 400 MW und eine Jahresarbeit von 3 Mrd. kWh erhalten.

Energiepotential zur Hälfte genutzt

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die Donau bereits heute eine respektable Energiequelle darstellt. Ihr Potential ist jedoch erst zur Hälfte ausgenutzt. Dies gilt insbesondere für den außerdeutschen Bereich, wo bisher erst die günstigsten Wasserkraftreserven genutzt werden. Wenn die derzeit projektierten Donaukraftwerke im großen und ganzen gebaut würden, ergäbe dies ein Erzeugungspotential von 7600 MW und eine Regeljahresarbeit von rund 43 Mrd. kWh.
Österreich erzeugt bereits heute am meisten Donaustrom. Es wird seine Spitzenstellung halten (wie die Tabelle zeigt), auch wenn die noch geplanten Kraftwerke an der ganzen Donau entstanden sind. Nach Österreich folgen Rumänien und Jugoslawien, die dank der für Europa einmaligen Größe des Wasserkraftwerkes am Eisernen Tor schon heute gemeinsam den zweiten Platz einnehmen.

Literatur:

1. Fenz, Robert: „Heutige und geplante Wasserkraftnutzung an der Donau", Wasser- und Energiewirtschaft, Nr. 3/4/1974 (Sonderheft).
2. Bader, Wolfgang: „Wasserstraßenprojekte in Südost-Europa", Mitteilungen der Südosteuropa-Gesellschaft, Heft 2/1974.
3. Rümelin, Burkart: „Projekt Konstanza-Kanal", Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Nr. 4/1974.
4. Rümelin, Burkart: „Schleusentreppe Rhein-Main-Donau", Hansa, Nr. 17/1975.
5. Rhein-Main-Donau AG: Geschäftsberichte und Prospekte.
6. Bader, Wolfgang: „Donau spendet Wasserkraft", VDI-Nachrichten, Nr. 37/1975.

Kraftwerksanlagen an der Donau

	In Betrieb			Im Endausbau		
Staat	Zahl der Werke	Leistung in MW	Regeljahresarbeit in Mill. kWh	Zahl der Werke	Leistung in MW	Regeljahresarbeit in Mill. kWh
Bundesrepublik Deutschland	11 1/2	255	1 541	28 1/2	430	2 644
Österreich	5 1/2	1 264	7 650	11 + 2/2	2 420	14 600
Tschechoslowakei	—	—	—	3/2	525	2 500
Ungarn	—	—	—	2/2	425	1 825
Jugoslawien	1/2	1 025	5 500	1 + 2/2	1 425	8 200
Rumänien	1/2	1 025	5 500	4/2	1 800	10 100
Bulgarien	—	—	—	2/2	575	3 400
Insgesamt	18	3 569	20 191	48	7 600	43 269

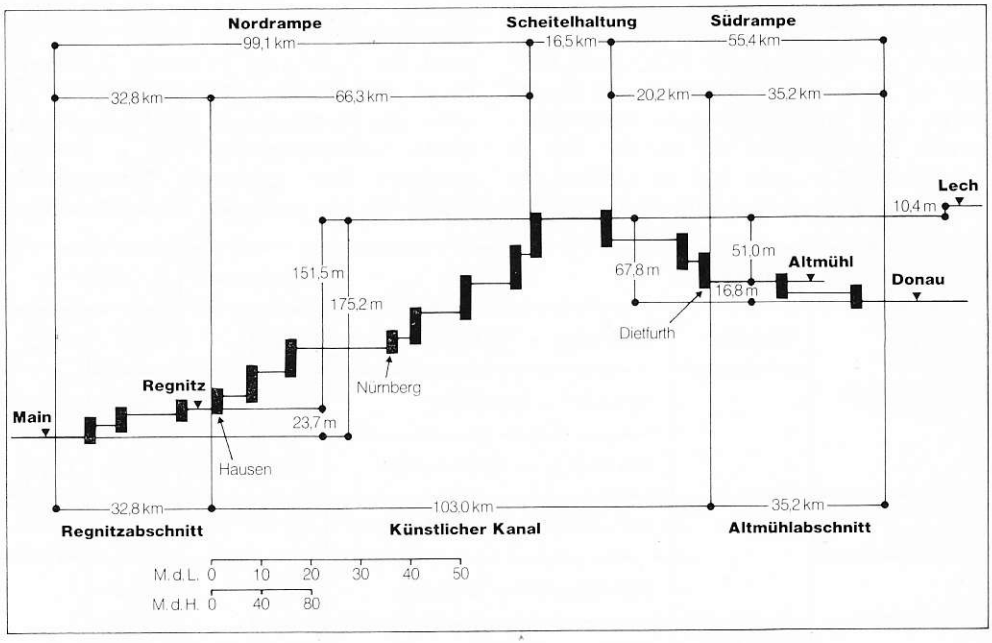
Vom Lechzubringer zur Pumpwerkskette

Die Wasserversorgung des Main-Donau-Kanals

Von Dipl.-Ing. Hansjoachim Kesseler,
Rhein-Main-Donau AG, München

Der Main-Donau-Kanal zweigt westlich von Bamberg vom Main ab, folgt der Regnitz, überwindet den Fränkischen Jura und mündet dann — des Lauf der Altmühl folgend — bei Kelheim in die Donau. Der Kanal nimmt dabei in seinem Verlauf praktisch alle Arten einer Binnenwasserstraße an. Die Haltungen Bamberg und Strullendorf sind ein Seitenkanal der Regnitz, die Haltung Forchheim wird von der gestauten Regnitz gebildet. Daran schließt sich in südlicher Richtung von Hausen bis Dietfurt ein reiner Stillwasserkanal mit einer Scheitelhaltung auf Höhe 406 m ü. NN an. Die folgenden Haltungen Riedenburg und Kelheim sind Flußkanalisierung der Altmühl (Abb. 1).

In Tabelle 1 sind die Längen und Höhen der einzelnen Kanalabschnitte angegeben. Die Scheitelhaltung liegt 175,2 m höher als die Regnitzmündung in den Main bei Bamberg, aber nur 67,8 m höher als die Donau bei Kelheim. Die Höhenunterschiede werden ausschließlich durch Schleusen überwunden. Das Betriebswasser fließt von der Scheitelhaltung wie in einer Kaskade im Rhythmus der Schleusungen zu Tal, so daß die Scheitelhaltung leerlaufen müßte, wenn sie kein Wasser zugeführt bekäme. Ursprünglich sollte das Betriebs-



Der Main-Donau-Kanal auf seinem Weg aus dem Gebiet westlich von Bamberg bis Kelheim (Abb. 1).

wasser für die Schiffahrt auf dem Kanal dem Lech entnommen und der Scheitelhaltung zugeführt werden. Die heutige Lösung jedoch sieht Pumpwerke an den Staustufen des Kanals vor. Die Frage der Energiebereitstellung hierfür ist zu einer wichtigen Aufgabe der Rhein-Main-Donau AG (RMD) geworden.

Der Lechzubringer

Sowohl im Main-Donau-Staatsvertrag vom 13. Juni 1921 als auch im Konzessionsvertrag vom 30. Dezember 1921 wird für die Versorgung des Main-Donau-Kanals mit Betriebswasser der sogenannten Lechzubringer erwähnt, dessen Bau mit zu den Aufgaben der RMD gehören sollte.

Bereits vor Gründung der RMD Ende 1921 gab es viele Projekte, Main und Donau durch eine leistungsfähigere Schiffahrtsstraße zu verbinden, als sie der alte in seinen Abmessungen viel zu kleine Ludwig-Donau-Main-Kanal darstellte. Alle Projekte sahen dabei die Überleitung von Lechwasser zur Speisung des Kanals vor. Die Denkschrift des Main-Donau-Stromverbandes über die Großschiffahrtsstraße Rhein-Main-Donau vom Januar 1920 legte an sich für die Wasserversorgung des Kanals bereits alle Grundzüge fest. So finden sich dort Angaben über die Menge des erforderlichen Betriebswassers für die Scheitelhaltung in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen; angesprochen werden auch die unvermeidlichen Verluste an den Schleusentoren und die Versickerungs- und Verdunstungsmengen. Die Denkschrift kam zu dem Ergebnis, daß bei einem regen Schiffsverkehr etwa 25 m^3/s Wasser in die Scheitelhaltung gefördert werden müssen. Für die Förderung dieses Betriebswassers wurde dabei sowohl die Zuführung in einem Zubringerkanal mit einem natürlichen Gefälle als auch das Hochpumpen des Wassers aus einem tiefergelegenen Fluß in Betracht gezogen. Der genannte Wasserbedarf wurde für ein jährliches Verkehrsaufkom-

Abschnitt			Länge km		Höhe m	
Nordrampe	Regnitz	Bamberg — Hausen	32,8		23,7	
	Kanal	Hausen — Nürnberg	36,4		58,0	
		Nürnberg — Hilpoltstein	29,9	99,1	93,5	175,2
Scheitelhaltung		Hilpoltstein — Bachhausen	16,5	16,5	—	—
Südrampe		Bachhausen — Dietfurt	20,2		51,0	
	Altmühl	Dietfurt — Kelheim	35,2	55,4	16,8	67,8

Tabelle 1

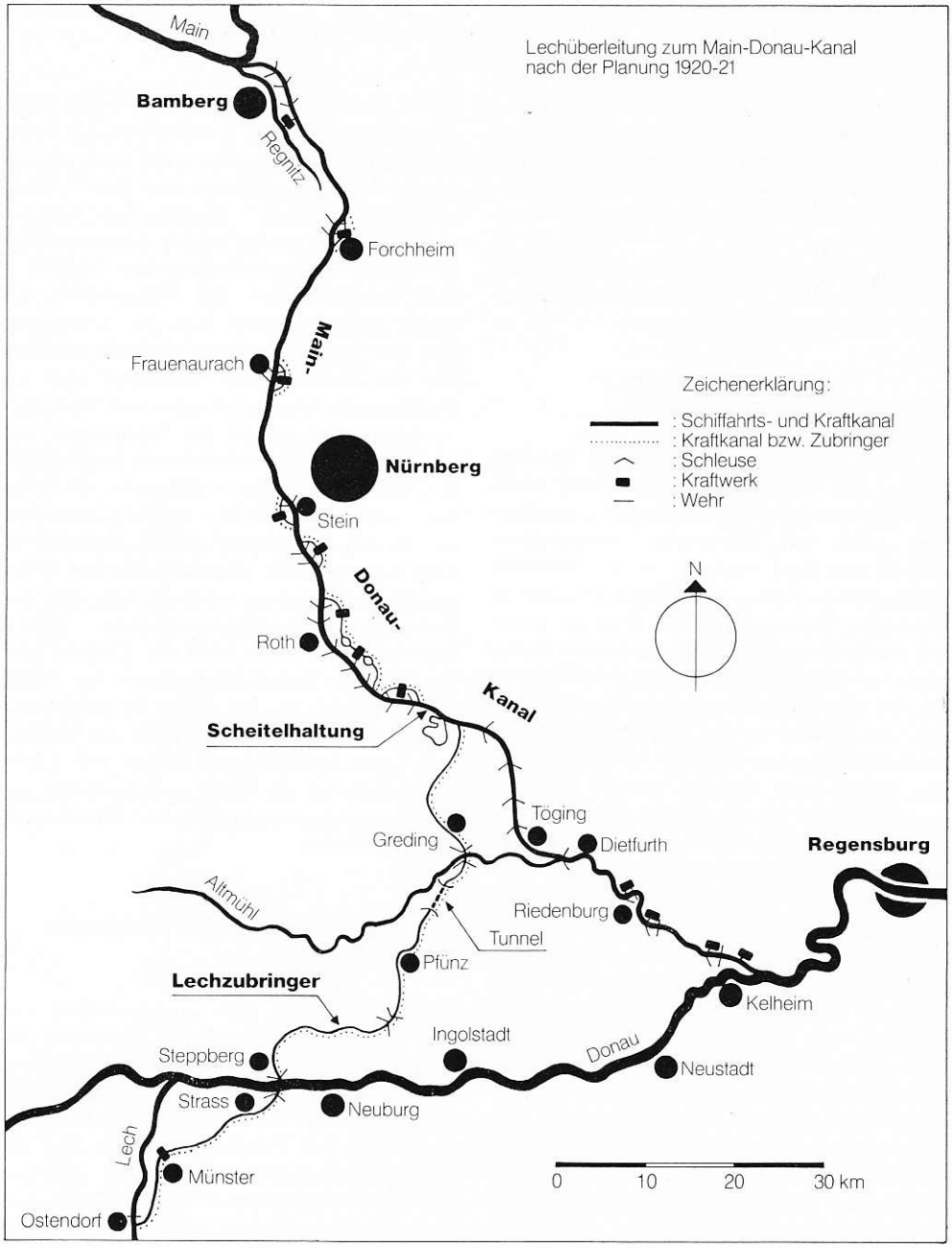
men von 12 Mill. t errechnet, wobei Anlagen zur Einsparung von Wasser für nicht notwendig erachtet wurden. Auch der Bedarf für Bewässerungszwecke war darin enthalten. Das Wasser vom Lech sollte in einem 89 km langen Kanal mit natürlichem Gefälle der Scheitelhaltung geführt werden. Darüber hinaus war die Speicherung von Wasser, um im Falle einer Störung im Lechzubringer trotzdem für 6—8 Tage einen mittleren Verkehr aufrechterhalten zu können.

In der Denkschrift finden sich auch Hinweise über eine Ausnützung der Wasserkräfte, da vor allem die Kohlenot zu einer hohen Bewertung der Energie aus Wasserkraftanlagen geführt hatte. Zur Wasserkraftausnutzung (ohne Vergrößerung der Wasserüberleitung aus dem Lech) waren am Main die Staustufen von Aschaffenburg bis Würzburg und von Knetzgau bis Bamberg geplant, an der Altmühl vier Staustufen zwischen Beilngries und Kelheim und an der Donau zwei Staustufen oberhalb Regensburg und die Kachletstaustufe bei Passau. Insgesamt sollten rund 100000 PS (das sind rund 74000 kW) installiert werden. Auch die reine Kanalstrecke war zur Energieerzeugung bis zu rund 22 000 kW vorgesehen, wobei das zu Schleusungszwecken nicht benötigte Betriebswasser ausgenutzt werden sollte.

Erwähnt werden muß aber auch die von Ingenieur Hallinger verfaßte Denkschrift über die „Großwasserkräfte an der Main-Donau-Wasserstraße in Bayern" vom Oktober 1919. In sehr ausführlichen technischen Darlegungen ging er über das Projekt des Main-Donau-Stromverbandes hinaus und forderte den Ausbau der Rhein-Main-Donau-Verbindung zur Kraftwasserstraße. Sein Plan enthielt drei Grundgedanken. Erstens sollte der wirtschaftliche Wert des Kanals und damit seine Bedeutung durch die Miteinbeziehung der Wasserkraft wesentlich gesteigert werden. Zweitens sollte zusätzlich Wasser aus dem Lech übergeleitet und nicht — wie ursprünglich vorgesehen — in Richtung Süden mit dem nur kleinen Gefälle von etwa 80 m zur Donau, sondern in Richtung Norden zum Main fließen, um dort in Wasserkraftwerken bei einem insgesamt erreichbaren Gefälle von etwa 320 m abgearbeitet zu werden. Hierbei war an eine Überleitung bis zu 75 m^3/s gedacht. Und schließlich wäre dann diese bedeutende Wasserkraft von rund 350000 kW so weit nach Norden vorgeschoben worden, daß die dortigen Eisenbahndirektionsbezirke und Städte auf kurzem Wege hätten versorgt werden können.

In einer Niederschrift des Kanalbauamtes für Bayern vom September 1921 wurde die Entnahme von Lechwasser und ihre Wirkung auf die Donau ausführlich behandelt. Zur Feststellung des Bedarfs an Kanalbetriebswasser wurde von einem jährlichen Verkehr auf dem Kanal von 10 Mill. Tonnen ausgegangen. Hierfür sollten von der Scheitelhaltung aus in Richtung Nürnberg maximal 6 m^3/s und in Richtung Kelheim maximal 2,8 m^3/s Betriebswasser notwendig sein. Dazu kam für die Kraftausnutzung eine ständige Überleitung von 25 m^3/s, so daß dem Lech 33,8 m^3/s hätten entnommen werden müssen und der schiffbaren Donau somit ab Kelheim 31 m^3/s verlorengegangen wären. Zum besseren Verständnis sei hier eingefügt, daß der Lech bei Augsburg eine mittlere Wasserführung (MQ) von 117 m^3/s und ein mittleres Niedrigwasser (MNQ) von 43 m^3/s hat, bezogen auf die Jahresreihe 1960/70; die entsprechenden Werte der Donau bei Schwabelweis lauten MQ =

437 m³/s und MNQ = 188 m³/s (Jahresreihe 1924/70).
Das Kanalbauamt untersuchte dann die Einwirkung auf die Donau bei einer Entnahme von 31 m³/s unter Berücksichtigung eines im „Kanalscheitel vorgesehenen Speicherweihers mit 12 Mill. m³ Inhalt". Dieser Speicherweiher hätte folgende Aufgaben gehabt: Als Vorratsbehälter bei einer Unterbrechung des Lechzubringers oder bei einer Entnahme aus dem Lech von weniger als 31 m³/s im Hinblick auf den Wasserstand beim Pegel Schwabelweis unterhalb Regensburg und als Ausgleichsbecken für die Tagesschwankungen an den sich unmittelbar unterhalb der Scheitelhaltung anschließenden Kraftwerken. Mit einer in diesem Zusammenhang notwendigen Niederwasserregulierung der Donau von 1,40 m auf 2,0 m Fahrwassertiefe wird in der Niederschrift eine Entnahme von 31 m³/s als vertretbar angesehen; sie würde an nur drei bis neun Tagen pro Jahr der Donauschiffahrt eine geringere Tiefe als 2,0 m am Pegel Schwabelweis bringen.
Auch eine vergrößerte Entnahme bis zu 80 m³/s wurde untersucht mit dem Ergebnis, daß dies unter Beachtung der notwendigen Wassertiefe in der Donau je nach Wasserführung des Lech durchaus möglich sei und damit die Wasserkraftnutzung noch günstig beeinflußt werden könne.
Der Gründungsausschuß für die RMD plante Anfang 1921 die Überleitung des Lechwassers bis zu 75 m³/s, da bis zu dieser Wassermenge die Schiffahrtsinteressen nicht gefährdet worden wären und mit einem Mindestaufwand an Kosten ein Höchstmaß an Wasserkraft hätte gewonnen werden können. 33 Kraftwerke waren vorgesehen: 15 am Main, 11 an der reinen Kanalstrecke, 4 an der Altmühl und 3 an der Donau. Die Kraftwerke an der Kanalstrecke wurden für besonders wichtig betrachtet, da der Lechzubringer eine gleichmäßig zugeführte Wassermenge von 31 m³/s während des ganzen Jahres garantiert hätte. Interessant ist, daß das Kraftwerk Eichelburg in der Nähe der Scheitelhaltung durch die Anlage eines Stauweihers als Spitzenkraftwerk ausgebildet werden sollte, um die normale Leistung dieses Werkes von 12 000 kW auf die Dauer von drei Stunden auf die dreifache Höhe zu bringen. Die Gesamtleistung der 33 Werke sollte 265 000 kW bei einer Erzeugung von 1500 Mill. kWh (= 1500 GWh) betragen.
Durch die geplante Lechwasserüberleitung und die damit verbundene Entnahme von Wasser aus der Donau kam es zwischen Württemberg und Bayern zu einem Streit, der jedoch im März 1922 durch einen Vertrag beigelegt werden konnte. Auch die Internationale Donaukommission stimmte im Juni 1922 dem Projekt der „Ableitung von Lechwasser" unter bestimmten Bedingungen zu, die vor allem „die Reduzierung der Entnahme von Lechwasser für Kraftzwecke im Falle eines größeren Wassermangels der Donau" vorsahen. Die Betriebswassermengen für den Schiffahrtskanal dagegen dürfen ständig übergeleitet werden.
Die Pläne der RMD nach deren Gründung im Dezember 1921 gingen zunächst weiterhin davon aus, Wasser aus dem Lech über einen Zubringerkanal in die Scheitelhaltung des Main-Donau-Kanals überzuleiten. Die vorhin genannten 25 m³/s wurden später nach neueren Überlegungen auf 12 m³/s und danach nochmals auf 7 m³/s unter Verzicht auf eine Überleitung von Lechwasser ausschließlich zur Ener-



Lechüberleitung zum Main-Donau-Kanal nach der Planung 1920—21 (Abb. 2).

gieerzeugung im Kanal und Main reduzier. Im übrigen war der Lechzubringer die Ursache dafür, daß der Bereich des unteren Lech zwischen Meitingen und Mündung in das Konzessionsgebiet der RMD kam.
Abb. 2 zeigt den geplanten Verlauf des Zubringerkanals in die seinerzeit festgelegte Main-Donau-Kanaltrasse.

Der Bau der Lechkraftwerke

Im Jahre 1938 kam bei der RMD der Gedanke auf, den Main-Donau-Kanal nicht mit Lechwasser zu versorgen, sondern den Lech mit Staustufen auszubauen und in den dort zugleich zu errichtenden Wasserkraftwerken elektrische Energie zu erzeugen. Diese elektrische Energie sollte zur Versorgung der Pumpwerke am Kanal zwischen der Scheitelhaltung und Kelheim dienen, um Wasser aus der Altmühl bzw. aus der Donau in die Scheitelhaltung zu fördern. Nach dem Zweiten Weltkrieg griff die RMD diese Lösung erneut auf und errichtete an der Lechstrecke zwischen Meitingen unterhalb Augsburg und der Mündung vier Laufwasserkraftwerke. Ausschlaggebend für den Entschluß, den Lechzubringer nicht zu bauen, waren die beträchtlichen Kosten wegen seiner Länge, die lange Bauzeit und außerdem die technischen Schwierigkeiten bei der Durchquerung des Fränkischen Jura, die sich viel größer erwiesen als ursprünglich angenommen, sowie schließlich die erheblichen finanziellen Aufwendungen für Folgemaßnahmen im Lech, zu denen das gestörte Flußregime höchstwahrscheinlich gezwungen hätte. Außerdem bringen die Kraftwerke bereits lange vor Fertigstellung des Kanals wirtschaftliche Erträge. Somit wurde die Idee der direkten Wasserzuführung in die Scheitelhaltung durch natürliches Gefälle zugunsten einer Pumpwerkskette aufgegeben; aus einer „Wassertransportleitung" wurde eine „elektrische Leitung" direkt zu den einzelnen Bedarfsstellen (Pumpwerken) des Kanals.
Der Energiebedarf der Pumpwerke am Kanal sollte nunmehr aus der Erzeugung der vier Lechkraftwerke gedeckt werden. Für die Belange der Schiffahrt und zur Deckung der Verdunstungs- und Versickerungsverluste wurde ein Verbrauch von 50 GWh/Jahr als ausreichend betrachtet.
Die Energie der vier Kraftwerke am unteren Lech wird an die Lech-Elektrizitätswerke AG, Augsburg (LEW) verkauft. In dem bereits 1951 abgeschlossenen Energielieferungsvertrag ist festgelegt, daß das Energieversorgungsunternehmen (EVU) frühestens ab etwa 1972 die Energie zum Betrieb der Schiffahrtsanlagen im Main-Donau-Kanal bis zu einer Höchstgrenze von jährlich 50 GWh und bis zur jeweiligen Leistungsfähigkeit dieser vier Lechkraftwerke an die RMD zu liefern hat, um so die Energieversorgung der Pumpwerke sicherzustellen.

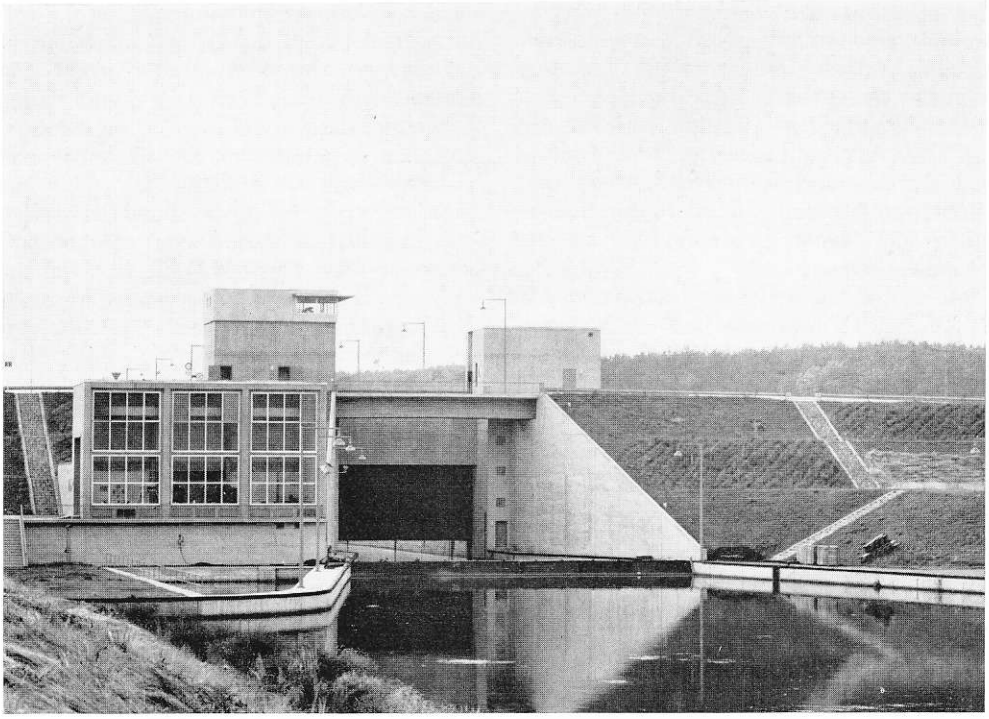
Die Stromversorgung der Pumpwerke Hausen–Nürnberg

Die Planung des Main-Donau-Kanals sah vor, das Teilstück Bamberg–Nürnberg bereits vor seiner gesamten Fertigstellung in Betrieb zu nehmen. Daher mußten die Staustufen im Stillwasserkanal Hausen–Nürnberg mit Rückpumpwerken für die Wasserversorgung ausgerüstet werden, die das Betriebswasser für die Schleusungen vom Unterwasser wieder in das Oberwasser fördern. Die Verluste aus Verdun-

stung und Versickerung werden von der Regnitz her ersetzt. Darüber hinaus wird auch das Betriebswasser für die Anlieger der Haltungen (Landwirtschaft und Industrie) aus der Regnitz zur Verfügung gestellt.

Die Schleusen sind mit Sparbecken ausgerüstet. Hierdurch ist es möglich, den Wasserbedarf für eine Schleusenfüllung bis auf 40 % des sonst notwendigen Füllungsvolumens zu verringern; somit muß natürlich auch weniger Wasser zurückgepumpt werden, was eine nicht unerhebliche Reduzierung der Pumpenergie bedeutet. Mit einer entsprechenden Zahl von Sparbecken kann außerdem die Restwassermenge der verschiedenen Schleusen, trotz unterschiedlicher Staustufenhöhen, einigermaßen einander angeglichen werden.

Nach Fertigstellung dieses Kanalabschnittes entwickelte sich der Energiebedarf entsprechend dem steigenden Verkehrsaufkommen. Im Jahre 1975 z. B. betrug das Verkehrsaufkommen rund 1 Mill. t; für die vier Rückpumpwerke Hausen–Nürnberg mußten 7,5 GWh an Energie bereitgestellt werden.



Die Schleuse Hausen mit Pumpwerk (links im Bild) aus der Blickrichtung des Unterwassers.

Das Pumpwerk Hausen wird aus dem nahegelegenen RMD-Kraftwerk Hausen an der Regnitz mit Energie versorgt. Für den Betrieb der drei anderen Pumpwerke Erlangen, Kriegenbrunn und Nürnberg hätte die Energie aus den vier Lechkraftwerken zur Verfügung gestanden, die zu dem jeweiligen Verbrauchsort hätte transportiert werden müssen. Dafür wäre entweder der Bau einer eigenen Freileitung oder die Durchleitung der Energie über die Hochspannungsnetze fremder Energieversorgsunternehmen in Frage gekommen, da keine direkten Leitungen zwischen den Kraftwerken und den Bedarfsstellen am Kanal vorhanden sind. Beide Möglichkeiten schieden schließlich aus wirtschaftlichen Gründen aus: Einmal der Bau einer eigenen Freileitung aufgrund der hohen Herstellungskosten und der jährlichen Betriebs- und Kapitalkosten, zum anderen die Durchleitung wegen der erheblichen Gebühren für den Transport der Energie durch die Netze mehrerer EVU zu den Pumpwerken.

1964 wurde zwischen der RMD und der Deutschen Bundesbahn (DB) der Energielieferungsvertrag über die Verwertung der Energie der vier Kraftwerke an der Donau unterhalb der Lechmündung abgeschlossen. Diese Werke, für die eine eigene Tochtergesellschaft der RMD und der DB — die Donau-Wasserkraft AG, München (DWK) — gegründet wurde, erzeugen ausschließlich Einphasenwechselstrom für die DB. Bei den Verhandlungen über die Energieabnahme bot die DB die während der Niedertarifzeit (NT-Zeit) in diesen Werken erzeugte Energie der RMD an, da sie selbst während dieser Zeit Energieüberschuß hat. Für die RMD ergab sich nun die Möglichkeit, auch mit dieser Energie die Pumpwerke am Kanal zu versorgen. Eingehende Überlegungen, vor allem über die notwendige Technik, führten schließlich zu dem Entschluß, die Pumpwerke Erlangen, Kriegenbrunn und Nürnberg für die Stromversorgung mit 16 $^{2}/_{3}$ Hz-Einphasenwechselstrom auszulegen.

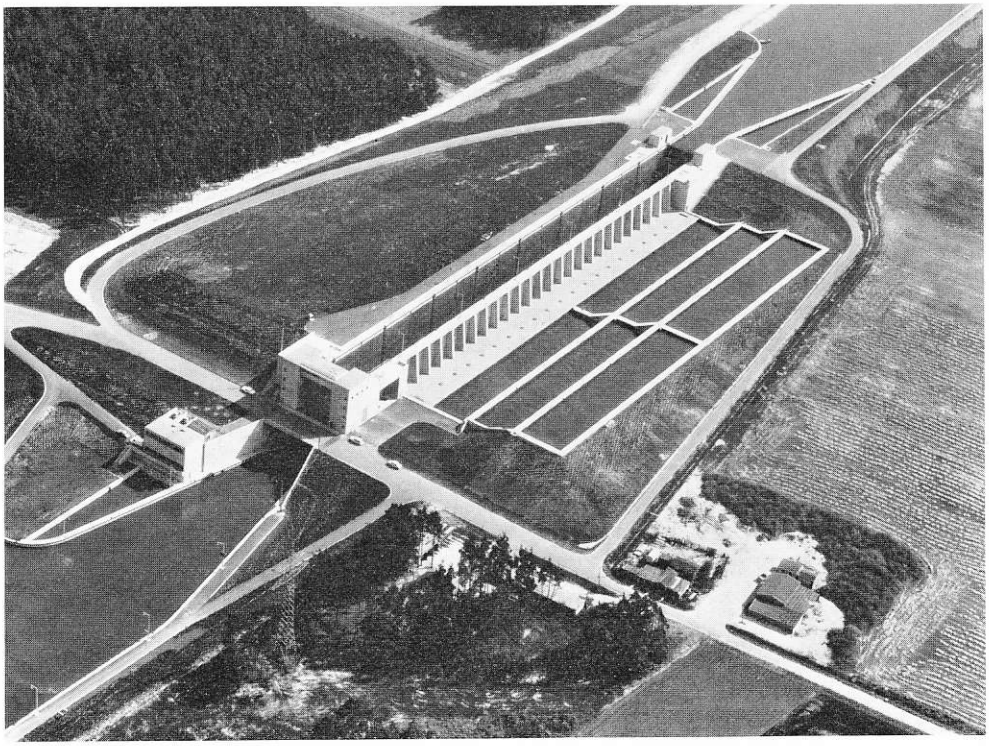
Dafür sprachen mehrere Gründe. Erstens entfällt der Bau eigener Freileitungen, da die Energie aus den vier DWK-Kraftwerken über das bereits bestehende Netz der DB (einschließlich der Fahrstromanlagen der DB-Strecke Nürnberg-Bamberg) transportiert werden kann. Von dieser Fahrstromleitung führen kurze Freileitungen zu den nahegelegenen Pumpwerken. Zweitens konnten mit der DB günstige Durchleitungsgebühren vereinbart werden. Die Energie wird loco Kraftwerk direkt an die Wasserstraßenverwaltung abgegeben. Drittens ergaben in der Zwischenzeit durchgeführte Untersuchungen über die Ausführung der zu errichtenden Staustufen und über das zu erwartende Verkehrsaufkommen nach Fertigstellung des Kanals, daß der notwendige Energiebedarf mehr als 50 GWh betragen wird. Der Energielieferungsvertrag mit der DB sieht deshalb vor, daß der Strombedarf der Pumpwerke am Main-Donau-Kanal bis zu jährlich 100 GWh aus dem Dargebot der vier DWK-Kraftwerke gedeckt werden kann. Die DB stellte allerdings die Bedingung, daß sie in der Hochtarifzeit (HT-Zeit) mindestens über sechs Stunden uneingeschränkt über die gesamte Energieerzeugung der Werke verfügen kann. Diese Konzession konnte von der RMD gemacht werden, da auch mit einem nur 18stündigen Einsatz der Pumpwerke der erforderliche Bedarf an Betriebswasser und der Ersatz für die Verluste zur Verfügung gestellt werden können.

Die künftige Wasserversorgung des Main-Donau-Kanals

Im Jahre 1970 wurde von der RMD und den zuständigen Wasserstraßenbehörden eine Studie über die Grundzüge der Wasserwirtschaft des Main-Donau-Kanals erstellt, die von Zeit zu Zeit den technischen und energiewirtschaftlichen Änderungen angepaßt wird. Der Main-Donau-Kanal dient in Zukunft neben seiner eigentlichen Aufgabe als Schiffahrtsstraße auch als Transportgerinne für eine Wasserüberleitung aus dem Altmühl-Donau-Gebiet in das Regnitz-Main-Gebiet. Die sich daraus ergebenden Probleme der Wasserversorgung sollen nun erläutert werden.

Der Kanal als Wasserstraße

Das ECE-Gutachten (ECE = Economic Commission for Europe – Wirtschaftskommission für Europa) aus dem Jahre 1969 kommt zu dem Ergebnis, daß nach Eröff-



Die Schleuse Kriegenbrunn mit dem treppenförmig angeordneten Sparbecken und dem Pumpwerk (links).

nung des Kanals mit einem Frachtaufkommen von rund 9 Mill. t zu rechnen ist; es wird nach zehn Jahren auf 14 Mill. t und nach weiteren zehn Jahren auf 15,4 Mill. t ansteigen. Unter bestimmten Annahmen über Ladefähigkeit, Ausladungsfaktor der Schiffe und Anzahl der Schiffe je Schleusung errechnen sich im Endzustand 4650 Kreuzungsschleusungen pro Jahr, das sind bezogen auf 300 Betriebstage im Mittel 16 Kreuzungsschleusungen (und damit auch Schleusenfüllungen) pro Tag.

Das erforderliche Betriebswasser für die Schiffahrt wird aus der Donau bzw. Altmühl stufenweise von Haltung zu Haltung bis in die Scheitelhaltung oder in den Dürrlohspeicher — er wird später erläutert — gefördert und von dort sowohl für die Nord- als auch für die Südrampe zur Verfügung gestellt. Das nach Norden abfließende Wasser aus der Scheitelhaltung geht somit der Donau verloren, während das Betriebswasser für die Südrampe wieder der Donau zufließt. In der Zwischenzeit war nämlich auch die Entscheidung gefallen, im Abschnitt Nürnberg—Kelheim nur in der Südrampe zwischen Bachhausen und Kelheim Pumpwerke zu errichten.

Bei den obengenannten 16 Kreuzungsschleusungen pro Tag müssen auf der Südrampe rund 7,8 m^3/s im Mittel über 24 Stunden gefördert werden, von denen rund 4,6 m^3/s für die Nordrampe nötig sind. Einschließlich der Verlustdeckung ist im Endzustand pro Jahr mit einer Fördermenge von rund 220 Mill. m^3 zu rechnen; davon gehen rund 130 Mill. m^3 der Donau verloren. die etwa 1,3 % des mittleren Jahresabflusses (1924/70 = 10 300 Mill. m^3) der Donau bei Kelheim entsprechen.

Auch die Schleusen zwischen Eibach und Dietfurt sind mit Sparbecken ausgerüstet (Tabelle 2).

	Anzahl der Sparbecken	Restwassermenge für 1 Schleusenfüllung (Werte gerundet)
Bamberg	3	11 300 m^3
Strullendorf	1	11 200 m^3
Forchheim	—	13 100 m^3
Hausen	2	15 000 m^3
Erlangen	3	18 500 m^3
Kriegenbrunn	3	18 500 m^3
Nürnberg	1	15 600 m^3
Eibach	3	19 600 m^3
Leerstetten	3	24 700 m^3
Eckersmühlen	3	24 700 m^3
Hilpoltstein	3	24 700 m^3
Bachhausen	3	17 200 m^3
Beilngries	3	17 200 m^3
Dietfurt	3	17 200 m^3
Riedenburg	—	21 200 m^3
Kelheim	—	21 200 m^3

Tabelle 2

Maßgebend für die Entnahmemenge aus der Scheitelhaltung sind die Schleuse Hilpoltstein für die Nordrampe und die Schleuse Bachhausen für die Südrampe. Das höhere Füllungsvolumen der Schleusen Riedenburg und Kelheim ist nicht bestimmend, da die Differenz zur Schleuse Dietfurt aus der Altmühl gedeckt werden kann.

Die Pumpwerke im Abschnitt Hausen—Nürnberg werden nach Fertigstellung des Kanals nur noch im Bedarfsfalle für einen örtlichen starken Schleusungsbetrieb als Rückpumpwerke dienen.

Der Kanal als Transportgerinne

Die gegenwärtigen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Regnitz-Main-Gebiet sol-

len auf lange Sicht durch Aufhöhung der Niedrigabflüsse von Rednitz, Regnitz und Main, aber auch durch die Beileitung von Trinkwasser aus dem Gebiet der Lechmündung verbessert werden, um eine ökonomische Weiterentwicklung im Bereich des fränkischen Wirtschaftsraumes zu ermöglichen. Die Planung sieht vor, bis zu 21 m^3/s Wasser aus der Altmühl bzw. Donau in das Rednitz-Regnitz-Giebet auf zwei verschiedenen Wegen überzuleiten: Einmal über den Kanal, zum anderen über den Brombachspeicher in der Nähe von Gunzenhausen an der Altmühl. Das Zusatzwasser der Donau wird ebenfalls durch Pumpen in die Scheitelhaltung des Kanals gefördert und aus der Haltung Eckersmühlen in einen Ausgleichsspeicher in der Kleinen Roth und von dort über die Rednitz in das Regnitz-Main-Gebiet geleitet.

Darüber hinaus ist vorgesehen, Überschußwasser der oberen Altmühl – besonders ihre Hochwässer – in einem entsprechenden Ausgleichsbecken aufzufangen und von dort dem Brombachspeicher zuzuleiten. Je nach Bedarf kann dann Zusatzwasser aus diesem Speicher über die Schwäbische Rezat an Rednitz, Regnitz und Main abgegeben werden. Für die Aufhöhung auf einen Mindestabfluß der Rednitz ist der Pegel Neumühle und der Regnitz der Pegel Hüttendorf maßgebend. So soll z. B. der Mindestabfluß der Regnitz nach Fertigstellung des Kanals auf 27 m^3/s erhöht werden.

Das Maß der Aufhöhung und damit die Menge des überzuleitenden Wassers ist abhängig von der natürlichen Wasserführung der Rednitz bzw. Regnitz selbst; mit zunehmender Wasserführung dieser Flüsse wird sie immer kleiner, bis sie schließlich auf Null zurückgeht. In einem Normaljahr sind maximal 300 Mill. m^3 an Zuschußwasser erforderlich, davon werden jedoch 50 Mill. m^3 über den Brombachspeicher zur Aufhöhung zur Verfügung gestellt. Diese Mengen, die sich in einem Trockenjahr erhöhen bzw. in einem Naßjahr vermindern, gehen der Donau verloren. Der Speicher Kleine Roth hat als Tages- und Wochenspeicher die Aufgabe, unabhängig von den Pumpzeiten und den Fördermengen für eine gleichmäßige Abgabe über 24 Stunden zu sorgen. Die maximale Abgabe beträgt 15 m^3/s.

Die Energieversorgung der Pumpwerke

Der Energiebedarf der Pumpwerke wird sowohl für die Belange der Schiffahrt als auch für die Wasserüberleitung im Endzustand rund 120 GWh in einem Normaljahr betragen, davon etwa 57 GWh für die Schiffahrt allein. In einem Trockenjahr werden jedoch bis zu 170 GWh benötigt, da dann wesentlich mehr Wasser übergeleitet werden muß.

Die installierte Leistung der fünf Pumpwerke an der Südrampe beträgt rund 35 MW. Die Pumpwerke erhalten je fünf Pumpen für eine Gesamtfördermenge von 35 m^3/s. Davon entsprechen etwa 14 m^3/s dem Leistungsbedarf der Schiffahrt, 21 m^3/s dem Bedarf der Wasserüberleitung.

Der nun erforderliche Energiebedarf überschreitet die in den Verträgen mit der DB vereinbarte Menge von 100 GWh. Verhandlungen mit der DB über eine Erhöhung dieser Menge schlugen jedoch fehl, da die DB selbst alle Energie benötigt. Sie äußerte sogar den Wunsch, von ihrer Verpflichtung in den DWK-Verträgen entbunden zu werden. Andererseits aber kam es auch zu keiner wirtschaftlich vertretbaren Erweiterung der bestehenden

DWK-Kette durch den Neubau eines weiteren Einphasenkraftwerkes.
Nach dem Verzicht der Bayernwerk AG und der DB zeigte die Energieversorgung Ostbayern AG, Regensburg (OBAG) großes Interesse an der Energie aus den Werken Bad Abbach, Regensburg, Geisling und Straubing. In den Verhandlungen erklärte sie sich bereit, die Energie dieser Kraftwerke abzunehmen und die Versorgung der Pumpwerke mit elektrischer Energie zu sichern.
Der Pumpbetrieb, so wie er der Auslegung der Pumpen zugrundegelegt worden war, basierte auf einer 18stündigen Pumpzeit pro Tag. Das OBAG-Angebot gestattet einen Pumpbetrieb über 24 Stunden. Diese Möglichkeit bringt eine wirtschaftliche Erhöhung der Pumpkapazität um ein Drittel; das kann sich besonders bei Ausfällen als vorteilhaft erweisen. Zur Verbesserung der Betriebssicherheit werden die Pumpwerke von zwei Seiten eingespeist.
Neben diesen Vorteilen im OBAG-Angebot ergeben sich weitere Vorzüge aus dem Drehstromsystem im Vergleich zum Einphasensystem. Die elektrischen Einrichtungen der Pumpwerke werden wesentlich einfacher, besitzen einen besseren Wirkungsgrad, verursachen geringere Investitionskosten und bringen eine größere Betriebssicherheit. Insgesamt wirken sich diese Vorteile in einer Verminderung der Betriebs- und Personalkosten aus. Die Anforderungen an das bedienende Fachpersonal sind bei der Drehstromlösung geringer. In den Pumpwerken gibt es nur ein System, während beim Strombezug aus der DWK neben dem Einphasenstrom auf alle Fälle noch Drehstrom für die allgemeinen Antriebe und Beleuchtung in den Schleusen und Pumpwerken hätte vorgesehen werden müssen.
Eingehende wirtschaftliche Überlegungen führten damit schnell zu der Entscheidung, keine gemischte Versorgung der Pumpwerke mit Einphasenwechselstrom und Drehstrom durchzuführen, sondern die reine Drehstromlösung zu wählen.
Nachdem die OBAG für die Energie aus den vier Donaukraftwerken eine Vergütung nach Leistungspreis und Arbeitspreis je nach Hochtarif (HT)- oder Niedertarif (NT)-Zeit leistet, ist es bei dem erheblichen Bedarf an Energie für die Pumpwerke von besonderer Bedeutung, sie nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten einzusetzen. Der niedere Tarif für die Energie in der NT-Zeit und der Entfall eines Leistungspreises zwingen im Hinblick auf einen wirtschaftlichen Pumpbetrieb zu einer möglichst vollständigen Ausnutzung der gesamten NT-Zeit, vor allem an den Wochenenden.
Voraussetzung für einen derartigen Einsatz der Pumpwerke sind entsprechende Ausgleichsspeicher: Für die Wasserüberleitung der Speicher Kleine Roth mit einem nutzbaren Inhalt von 1,9 Mill. m^3 und für die Schiffahrt der in unmittelbarer Nähe der Scheitelhaltung gelegene Dürrlohspeicher mit einem nutzbaren Inhalt von 2,5 Mill. m^3. Diese Speicher werden als Tages- und Wochenspeicher bewirtschaftet.
Für die Ausnutzung der NT-Zeit und damit zum Erreichen einer kostengünstigen Stromversorgung kommt einem gemeinsam geführten Pumpbetrieb eine besondere Bedeutung zu, indem freie Pumpkapazität des einen Bedarfsträgers für die Zwecke des anderen zur Wasserspeicherung eingesetzt wird. Ab einer bestimmten Wasserüberleitungsmenge und bei einer steigenden Schleusungszahl nach einigen Betriebsjahren werden die Pump-

werke auch in der HT-Zeit eingesetzt werden müssen, wobei die zeitliche Lage innerhalb der HT-Zeit den Wünschen der OBAG angepaßt werden kann.
Der Einsatz der Pumpwerke an den Stufen Kelheim und Riedenburg an der Altmühl hängt von deren Wasserführung ab; er kann dabei bis auf Null zurückgehen, wenn die Altmühlwasserführung gerade der Pumpwassermenge entspricht, z. B. 35 m^3/s. Darüber hinaus ist die Möglichkeit gegeben, das Wasser der Altmühl, soweit es nicht nach Norden gepumpt werden muß, in den Pumpwerken Riedenburg und Kelheim zur Energieerzeugung zu verwenden; die eingebauten Pumpen laufen dann als Turbinen.
Für die Belange der Schiffahrt und für die Wasserüberleitung wird der Donau Wasser entnommen. Diese Entnahme von insgesamt rund 420 Mill. m^3 im Endzustand entspricht bei Kelheim rund 4 % des mittleren Jahresabflusses, bei Jochenstein sind es nur knapp 1 %. Sie tritt jahreszeitlich und täglich sehr unterschiedlich auf. Da jede Verminderung der Wasserführung zu einer Mindererzeugung in den Wasserkraftwerken führt, solange sie unter ihrem Ausbauwert betrieben werden, muß in den bestehenden oder noch geplanten Kraftwerken an der deutschen Donau, einschließlich dem Grenzkraftwerk Jochenstein, im Endzustand und in einem Normaljahr mit einer Erzeugungsminderung von rund 20 GWh gerechnet werden.
Durch die Wasserüberleitung und — wenn auch in geringerem Umfange — durch das Betriebswasser der Schleusen der Nordrampe wird die Energieerzeugung in den Wasserkraftwerken an Rednitz, Regnitz und Main — vor allem zu Zeiten der bisherigen Niederwasserführung — erheblich verbessert. Allein in den 31 RMD-Kraftwerken kann im Endzustand mit einer Energiemehrung von rund 85 GWh pro Jahr gerechnet werden. Aufgrund der bestehenden Energielieferungsverträge wird allerdings nur in einem Teil der Kraftwerke die Mehrerzeugung auch zu einem finanziellen Mehrerlös führen.

Im vorliegenden Aufsatz wurde versucht, die Geschichte der Entwicklung der Wasserversorugng des Main-Donau-Kanals vom Lechzubringer zur Pumpwerkskette darzulegen. Sie hat viele Wandlungen bis zum heutigen Tag erfahren. Die endgültig getroffene Lösung wird den dem Main-Donau-Kanal gestellten Aufgaben in technisch und wirtschaftlich vorteilhafter Weise gerecht.

Literatur:

1. „Rhein-Main-Donau, Die Geschichte einer Wasserstraße" von Held-Brüschwien, Verlag der Zeitschrift „Die freie Donau", 1929.
2. „Die Einwirkung der Entnahme von Lechwasser für die Großschiffahrtsstraße Aschaffenburg—Passau auf die Donau", von Krenzer, Kanalbauamt für Bayern, Verlag C. Gerber, München, 1921.
3. „Der Ausbau des unteren Lech zwischen Augsburg und Mündung", von Dr.-Ing. H. Fuchs, Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, 8. Jahrg. (1955), Heft 12.
4. „Wasserwirtschaftliche Probleme des Main-Donau-Kanals", von Dr.-Ing. H. Fuchs, Vortrag auf der Deutschen Gewässerkundlichen Tagung 1966.
5. „Die Schleusen des Main-Donau-Kanals", von Prof. Dr.-Ing. R. Kuhn, Der Bauingenieur, 46. Jahrg. (1971), Heft 5.
6. „Überleitung von Altmühl- und Donauwasser in das Regnitz-Main-Gebiet", Studie der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, 1970.

Herausgeber: Deutscher Kanal- und Schiffahrtsverein Rhein-Main-Donau e. V., Nürnberg
Luftbilder: Rhein-Main-Donau AG, München
Fotos: Rhein-Main-Donau AG, München
Druck: Verlagsdruckerei Ph. C. W. Schmidt, Neustadt/Aisch
Klischees: Klischee-Anstalt Döss, Nürnberg