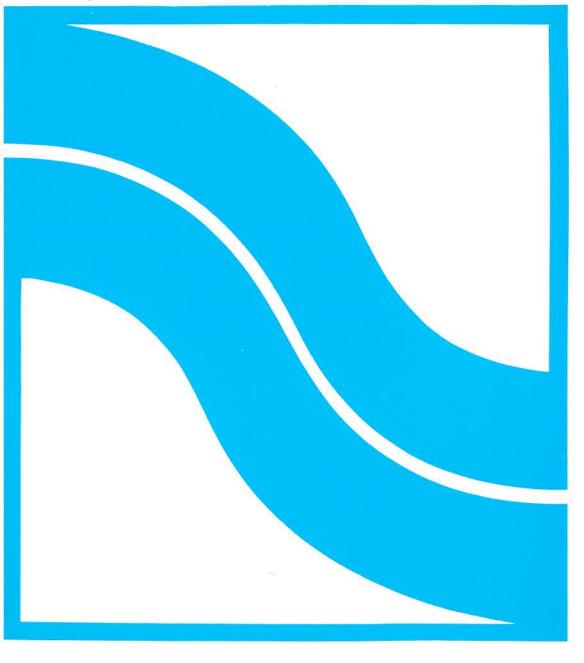
Deutscher Kanalund Schiffahrtsverein Rhein-Main-Donau

Mitteilungsblätter

67



## Mitteilungsblätter Oktober 1990 Nummer 67

Deutscher Kanalund Schiffahrtsverein Rhein-Main-Donau e.V. Nürnberg Geschäftsstelle: Karl-Schönleben-Str. 65 8500 Nürnberg 50 Telefon: 09 11 / 8 55 09



# Schiffahrtsstraße und Stromerzeugung

Wasserkraftnutzung und Ausbau der Main-Donau-Wasserstraße sind untrennbar miteinander verbunden. Der Bau der Wasserstraße und die Errichtung von Wasserkraftwerken gehen Hand in Hand. Eine enge Verbindung ergibt sich auch dadurch, daß die Wasserkraftwerke die Main-Donau-Wasserstraße finanzieren. Zu diesem Zweck wurde der Rhein-Main-Donau AG 1921 die Nutzung der Wasserkräfte des bayerischen Mains, der Donau in Bayern sowie der Regnitz, der Altmühl und des unteren Lechs bis zum Jahre 2050 übertragen. Hinzu kommt, daß die Stromerzeugung durch Wasserkräft in der Gesamtbilanz umweltfreundlich ist.

Der Wasserkraftnutzung kommt damit besondere Bedeutung für die Main-Donau-Wasser-

straße und für die Rhein-Main-Donau AG zu. Grund genug für den Deutschen Kanal- und Schiffahrtsverein das vorliegende Mitteilungsblatt diesem Thema zu widmen.

Mit den Beiträgen namhafter Fachleute werden Bedeutung und Probleme der Wasserkraft und ihrer Nutzung durch Wasserkraftwerke im Konzessionsgebiet der Rhein-Main-Donau AG unter technischen, wirtschaftlichen und Gesichtspunkten der Umweltverträglichkeit behandelt. Auf diese Weise soll ein Gesamtüberblick über die verschiedenen Aspekte der Wasserkraftnutzung im Zusammenhang mit dieser Schiffahrtsstraße geboten werden.

Die Redaktion

# Die Bedeutung der Wasserkraft und ihre Probleme

von Dipl.-Ing. Karl Heinz Lemmrich, Mitglied des Vorstandes der Rhein-Main-Donau AG, München

Insgesamt 11,2 Mrd. kWh Strom lieferten 1989 die bayerischen Wasserkraftwerke an das öffentliche Netz, die Bundesbahn und an die Industrie. Das sind 16,3% der gesamten Stromerzeugung in Bayern. Damit liegt die Wasserkraft bei der Stromerzeugung an zweiter Stelle hinter der Kernenergie.

Bedeutendster Erzeuger von Strom aus Wasserkraft ist in Bayern die Rhein-Main-Donau AG (RMD) mit 2,92 Mrd. kWh, was 26,1% des aus Wasserkraft gewonnenen Stroms entspricht, dicht gefolgt von der Innwerk AG.

Darüber hinaus betreibt die RMD-Tochter Donau-Wasserkraft AG in Langenprozelten das größte bayerische Pumpspeicherwerk. Dort wird Spitzenstrom für die Deutsche Bundesbahn erzeugt.

Hauptaufgabe der RMD ist der Bau der Wasserstraße Main-Donau. Daneben wurde ihr aber auch die Nutzung der Wasserkräfte der Donau und des Mains in Bayern sowie des unteren Lechs übertragen, um aus den Erträgen des Stromverkaufs den Bau der Wasserstraße zu finanzieren.

Die Bereitstellung genügender Mengen Energie gehört zu den wichtigsten Voraussetzungen des menschlichen Lebens. Und so haben bereits im 3. Jahrtausend vor Christi die Chinesen die Wasserkraft für Mühlen und Schöpfwerke genutzt. In Bayern läßt sich das Beste-



4

hen von Wasserkraftanlagen bis ins frühe Mittelalter zurückverfolgen. Mit der Entdeckung des elektrodynamischen Prinzips durch Werner von Siemens im Jahre 1866 begann dann die heutige Epoche der Nutzung der Wasserkraft. Der Durchbruch der Elektrizität war damit geschafft und hat die Welt grundlegend verändert.

Eine Reihe von Faktoren spricht für die Wasserkraft:

Die Wasserkraft ist unerschöpflich. Ihre Antriebskraft ist die Sonne, die den Kreislauf Wolken, Wind, Regen, Gewässer verursacht. Sie ist aber auch die einzige regenerierbare Energieform, die größere Mengen Strom liefern kann und ihn auf umweltfreundliche Weise erzeugt. Sie verpestet weder die Luft noch erzeugt sie problematische Abfälle. Weniger Wasserkraft bedeutet mehr Einsatz fossiler Brennstoffe. 11 Mrd, kWh Strom aus Kohle anstatt aus Wasserkraft hätten auch bei modernen Kohlekraftwerken ca. 9 000 t SO<sub>2</sub>, ca. 6 000 t NOx und ca. 10 Mio. t CO2 zur Folge, die in die Luft geblasen würden. In Anbetracht der Klimagefährdung durch die CO<sub>2</sub>-Emissionen gewinnen daher Wasserkraftwerke zusätzliche Bedeutung.

In Bayern ist die Wasserkraft die einzige nennenswerte heimische Energiequelle; sie bietet damit ein hohes Maß an Versorgungssicherheit.

Wasserkraftanlagen weisen mit 90% einen sehr hohen Wirkungsgrad auf; bei thermischen Kraftwerken liegt er bei 35% bis 40%. Sie zeichnen sich auch durch ein hohes Maß an technischer Verfügbarkeit aus, trotz der witterungsbedingten, unterschiedlichen Wasserführung der Flüsse. Pumpspeicherwerke können zum Beispiel besonders schnell ans Netz gehen, es stabilisieren und den Spitzenbedarf abdecken. So benötigt das RMD-Pumpspeicherwerk Langenprozelten bei Gemünden vom Startbefehl bis zur vollen Lei-

stung ganze 70 Sekunden. Pumpspeicherwerke haben den Vorteil der Speicherfähigkeit von Energie und über diesen Umweg den für elektrische Energie, die ansonsten in größeren Mengen bisher nicht gespeichert werden kann.

Wasserkraftanlagen sind für lange Betriebszeiten ausgelegt und gebaut. So erfolgt die Erneuerung der Maschinen- und Elektroanlagen der RMD nach 40 Jahren.

Die Investitionskosten für Wasserkraftwerke sind pro installiertem kW relativ hoch, doch stehen dem sehr geringe Betriebskosten gegenüber, so daß Stromerzeugung aus Wasserkraft wirtschaftlich ist. Die Wirtschaftlichkeit hängt jedoch von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab und hier wiederum von den Auflagen der Wasserwirtschaft sowie des Natur- und Landschaftsschutzes. Bei dem auf 342 Mio. DM veranschlagten Donau-Stützkraftwerkes Vohburg machen die Auflagen aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes ca. 20% der Baukosten aus.

In vielen Fällen sind Wasserkraftwerke Mehrzweckanlagen, die im Zusammenhang mit Wasserstraßen - wie an Main und Donau oder im Zuge notwendig gewordener Flußsanierungen durch Stabilisierung der Flußsohle errichtet wurden. Zum Beispiel sank die Donau bei Ingolstadt innerhalb von 100 Jahren um 2,90 m. Weil das Grundwasser dies nachvollzieht, können langfristig Versteppungen die Folge sein. Mit den Ausbaumaßnahmen verbunden sind neue Gestaltungen der Uferräume, Verbesserung der Hochwasserverhältnisse, die Schaffung neuer Feuchtgebiete aber auch der Ausbau von Erholungsgebieten. An den Stauräumen entwickelten sich neue Lebensräume, die oft so attraktiv sind. daß sie zu Natur- oder Landschaftsschutzgebieten erklärt wurden. In vielen Fällen könnten im Rahmen des Baues von Wasserkraftwerken Fehlentwicklungen beseitigt werden, die

durch Flußregulierungen früherer Jahrzehnte verursacht worden waren.

Bei der Nutzung der Wasserkraft sind zwar erhebliche Eingriffe in die Umwelt denkbar, doch können Schäden in der überwiegenden Zahl der Fälle durch sorgfältige, den gegebenen Verhältnissen angepaßte Planung vermieden oder ausgeglichen werden. Es kann gesagt werden, daß die Wasserkraft eine Energieerschließung darstellt, die ohne schwerwiegende ökologische Nachteile durchgeführt werden kann.

Obwohl so vieles für die Wasserkraft spricht, stößt der Bau neuer Anlagen immer wieder auf Schwierigkeiten. Die von den Gegnern vorgetragenen Argumente gehen von der Bewahrung der "unberührten Naturlandschaft" aus. Dabei wird übersehen, daß die vorhandene Umgebung keine ursprüngliche Naturlandschaft mehr ist. Gerade die Flüsse wurden im Laufe der Geschichte mehrfach vom Menschen zur Sicherung seines Lebensraumes umgestaltet.

Die Nutzung ausbaufähiger Wasserkräfte ist wegen der Gefährdung der Luft einerseits und der Notwendigkeit ausreichender Energie andererseits von besonderer Bedeutung. Durch ein Übermaß an Auflagen kann aber eine zusätzliche Nutzung der Wasserkraft auch verhindert werden, weil es nicht mehr bezahlbar ist.

Es erscheint notwendig, daß der staatliche Naturschutz noch mehr als bisher die gesamt-ökologischen Zusammenhänge – insbesondere unter Einbeziehung der CO<sub>2</sub>-Problematik – zur Grundlage seiner Auflagen und Entscheidungen macht.

Wenn auch in Bayern der Ausbau der Wasserkräfte in einem hohen Maße bereits erfolgt ist, so sollten doch bei noch möglichen Maßnahmen – so groß oder so klein sie sein mögen – die Gesamtzusammenhänge bedacht werden. Durch die Umwandlung von Wasserkraft in elektrische Energie wird ein bedeutender Beitrag zu einer sicheren, sauberen und umweltfreundlichen Energieversorgung geleistet.

### Wasserkraftnutzung an Donau, Main und Lech Die energiewirtschaftliche Bedeutung

von Dipl.-Ing. Hansjoachim Kesseler und Dipl.-Ing. Eberhard Linder, Rhein-Main-Donau AG, München

#### Die Kraftwerke der Rhein-Maln-Donau AG

Die Rhein-Main-Donau AG (RMD) wurde aufgrund der Staatsverträge zwischen dem Deutschen Reich und den Ländern Bayern und Baden im Jahre 1921 gegründet. Ihre Hauptaufgabe ist der Bau einer leistungsfähigen Wasserstraße von Aschaffenburg am Main über Bamberg, Nürnberg, Regensburg bis zur Landesgrenze unterhalb von Passau an der Donau. Die Gesellschaft erhielt mit der Gründung die Erlaubnis, bis zum Jahre 2050 die Wasserkräfte am bayerischen Main, an der bayerischen Donau, am unteren Lech sowie an der Regnitz auszubauen und zu nutzen, mit dem Ziel, die Wasserstraße aus den Erträgen dieser Kraftwerke zu finanzieren.

Der Kraftwerksbau begann Mitte der zwanziger Jahre mit dem Kachletwerk oberhalb Passaus und dem Mainkraftwerk Viereth unterhalb Bambergs. Seitdem haben die RMD und die von ihr gegründeten Tochtergesellschaften insgesamt 54 Laufwasserkraftwerke gebaut. Hiervon sind 36 im Zusammenhang mit dem Ausbau von Main, Regnitz und Donau zur Schiffahrtsstraße entstanden. Die restlichen 18 Kraftwerke wurden als reine Energieerzeu-

gungsanlagen an der Donau oberhalb Kelheims und am unteren Lech errichtet. Insgesamt verfügt die RMD damit zur Zeit über eine Ausbauleistung von rund 475 MW; das Arbeitsvermögen im Regeljahr beträgt rund 2800 GWh (= 2,8 Mrd. kWh).

Aus rechtlichen und finanziellen Überlegungen gründete die RMD meist zusammen mit den jeweiligen Abnehmern der Energie zur Verwirklichung ihrer Kraftwerksprojekte folgende Beteiligungsunternehmen:

Donaukraftwerk Jochenstein AG in Passau (DKJ) mit der Österreichischen Verbundgesellschaft in Wien.

Obere Donau Kraftwerke AG in München (ODK) mit der Energieversorgung Schwaben AG in Stuttgart.

Mainkraftwerk Schweinfurt GMBH in München (MKS) mit den Stadtwerken Schweinfurt. Donau-Wasserkraft AG in München (DWK) mit der Deutschen Bundesbahn.

Mittlere Donau Kraftwerke AG in München (MDK) mit der Lech-Elektrizitätswerke AG in Augsburg.

Die erzeugte Energie der 54 RMD-Kraftwerke wird in das Netz des zuständigen regionalen

Nachstehende Tabelle zeigt die Zuordnung der Kraftwerke zu den Flußgebieten:

Flußgebiet	Anzahl der Kraftwerke	Anzahl der Maschinen- sätze	Ausbau- leistung in kW	Regelarbeits- vermögen in GWh
Donau (mit DKJ)	19	52	327 620*)	2 006,2*)
Lech	4	8	42 000	222,0
Main	29	56	101 080	575,4
Regnitz	2	4	4 730	23,3
Summe RMD	54	120	475 430	2 826,9

In folgender Tabelle sind die energiewirtschaftlichen Daten der Beteiligungsunternehmen aufaelistet:

Beteiligungs- unternehmen	Anzahl der Kraftwerke	Anzahl der Maschinen- sätze	Ausbau- leistung in kW	Regelarbeits- vermögen in GWh
MDK	4	12	82 600	500,0
MKS	1	2	3 800	19,6
ODK	6	12	52 520	296,5
MDK	4	8	34 500	215,2
DKJ	1	5	66 000*)	425,0*)
Summe	16	39	239 420	1 456,3

#### \*) nur deutscher Anteil

Energieversorgungsunternehmen (EVU) eingespeist. Hierzu wurden mit folgenden EVU langfristige Stromlieferungsverträge abgeschlossen:

- Bayernwerk AG, München (BAG)
- Lech-Elektrizitätswerke AG, Augsburg (LEW)
- Energieversorgung Schwaben AG, Stuttgart (EVS)
- Energieversorgung Ostbayern AG, Regensburg (OBAG)
- Großkraftwerke Franken AG, Nürnberg (GFA)
- Deutsche Bundesbahn, Frankfurt (DB)
- Sonstige (Stadtwerke Schweinfurt und Würzburg, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG)

Der Anteil der Großkraftwerk Franken AG wurde inzwischen von der Bayernwerk AG übernommen.

Die Anteile der genannten EVU an der Gesamtabgabe zeigt die Grafik 1 für das Jahr 1989.

#### Stromerzeugung aus Wasserkraft in Bayern

Mit Stand 1988 sind in Bayern 4244 Wasserkraftanlagen in Betrieb mit einer Ausbauleistung von zusammen 2700 MW und einem Regelarbeitsvermögen (das ist die Erzeugung in einem durchschnittlichen Abflußjahr) von 12 500 GWh. Über 90% dieser Energie werden von 207 Kraftwerken mit über 1 MW Ausbauleistung geliefert. Die RMD ist daran mit 54 Kraftwerken und einem Regelarbeitsvermögen von über 2800 GWh, das ist rund ein Viertel. beteiliat.

Der bis Ende der fünfziger Jahre dominante Anteil der Wasserkraft wurde seither durch die rasante Steigerung der gesamten Elektrizitätserzeugung laufend geringer. Am Beispiel der öffentlichen Elektrizitätsversorgung ist diese Entwicklung seit 1930 in den Grafiken 2 und 3 dargestellt.

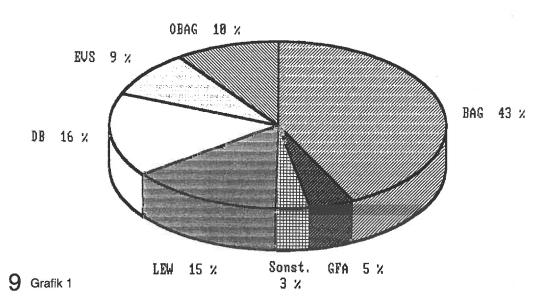
Im Jahre 1989 betrug demnach der Anteil der Erzeugung aus Wasserkraft (Laufwasser, Speicher, Pumpspeicher) rund 15% der Gesamterzeugung. Die Laufwasserkraftwerke der RMD steuerten hierzu ca. ein Viertel bei; zusammen mit vier weiteren großen bayerischen Wasserkraftunternehmen – Innwerk AG, Bayer. Wasserkraftwerke AG, Österreichisch-Bayer. Kraftwerke AG und Ostbayer. Energieanlagen GmbH – wurden über 80% der aus Wasserkraft gewonnenen Energie erzeugt.

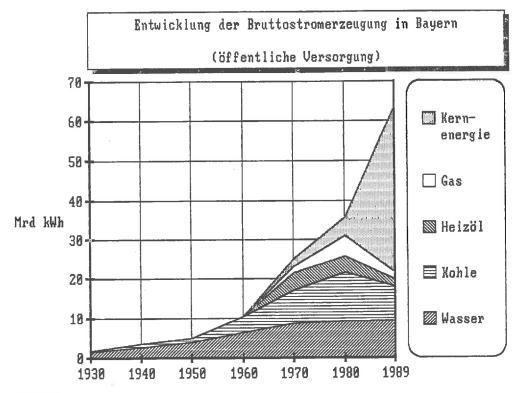
Da die Wasserführung eines Flusses schwankt, ist zwangsläufig die Leistung und damit die Erzeugung des Kraftwerkes Änderungen unterworfen. An nicht schiffbaren Flüssen besteht die Möglichkeit, mehrere aufeinanderfolgende Kraftwerke zu einer Gruppe zusammenzufassen und diese im Schwellbetrieb zu fahren. Schwellbetrieb bedeutet eine geplante Änderung der natürlichen Wasserführung innerhalb der Kraftwerkskette. Vor-

aussetzung für einen Schwellbetrieb sind ein Kopfspeicher vor dem ersten Werk der Kette und ein Ausgleichsspeicher vor dem letzten Werk. Unterhalb des letzten Werkes der Kette ist damit die natürliche Wasserführung des Flusses wieder gewährleistet. Zur Anpassung der Kraftwerksleistung an die tägliche Netzbelastung des Stromabnehmers wird den Kraftwerken aus dem Kopfspeicher zusätzlich Wasser zugeführt, die damit besonders während einer niedrigen natürlichen Wasserführung ihre Leistung erheblich steigern können. In Zeiten geringen Bedarfes wird durch Zurückhalten von Wasser die Energieabgabe verringert.

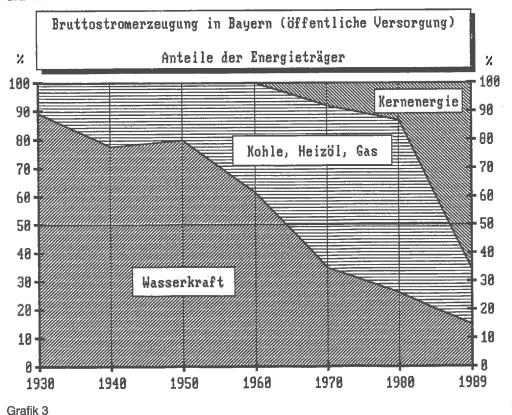
An der Donau oberhalb Kelheims und am Lech werden die Kraftwerke im Schwellbetrieb gefahren. Die Kraftwerke am Main und an der

Abgabe 1989 insgesamt 2939 GWh









Donau unterhalb Kelheims dagegen werden mit Rücksicht auf die Schiffahrt nur im reinen Laufbetrieb gefahren.

In Grafik 4 ist ein typisches Schwellbetriebsprogramm dargestellt.

#### Der Beitrag der RMD zur Stromversorgung der Deutschen Bundesbahn

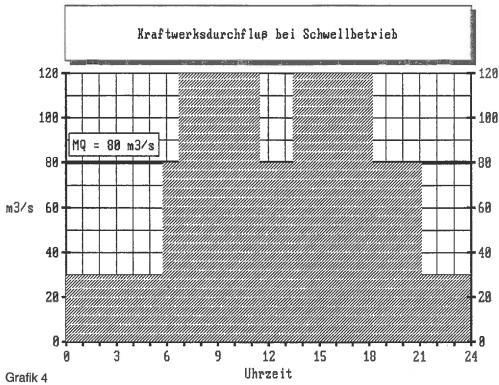
Bei der Deutschen Bundesbahn (DB) muß zwischen Einphasenstrom, der fast ausschließlich für den elektrischen Zugbetrieb benötigt wird, und Drehstrom für Bahnhöfe, Werkstätten, Signalanlagen usw. unterschieden werden. Der größte Teil des Stromver-

brauches der DB resultiert aus dem Bedarf für den elektrischen Zugbetrieb.

Der Strombedarf hierfür wird gedeckt

- aus DB-eigenen Kraftwerken,
- aus DB-eigenen Einphasen-Generatoren in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung,
- aus dem Netz der öffentlichen Versorgung über Drehstrom-Einphasen-Umformer,
- durch Importe von der Schweizerischen und Österreichischen Bundesbahn.

Die Brutto-Engpaßleistung aller Kraftwerke und Maschinen (ohne Umformer) betrug bun-



1 Grafik 4

desweit Ende 1989 rund 1370 MW; hiervon hatten die Laufwasserkraftwerke mit 146 MW ca.11% Anteil. Bemerkenswerterweise liegen alle Wasserkraftwerke in Bayern, so daß sich hier folgende Aufteilung der Brutto-Engpaßleistung ergibt:

Gesamtleistung Bayern		394 MW		
davon	Laufwasser	146 MW	$\triangleq$	37%
	Speicher	43 MW	$\triangleq$	11%
	Pumpspeicher	150 MW	$\triangleq$	38%
Summe	Wasserkraft	339 MW	$\triangleq$	86%

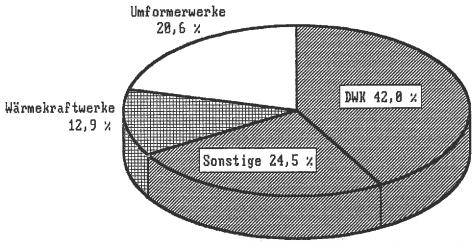
Die Donau-Wasserkraft AG (DWK), eine Tochtergesellschaft der Rhein-Main-Donau AG und der Deutschen Bundesbahn betreibt an der Donau die 4 Kraftwerke Bertoldsheim,

Bittenbrunn, Bergheim und Ingolstadt. Die Summe der Ausbauleistung aller Werke beträgt 82 MW und die Stromerzeugung im Regeljahr 500 GWh.

Ein weiteres Wasserkraftwerk der DWK, das Pumpspeicherkraftwerk Langenprozelten, dient nicht der Primärerzeugung, sondern der Veredelung: In Zeiten geringen Energieverbrauchs, in denen elektrische Energie verfügbar ist, wird mit 2 Maschinensätzen von je 90 MW Wasser um 300 m hochgepumpt, das dann in Zeiten erhöhten Bedarfes über Turbinen die Maschinensätze antreibt und wertvolle Spitzenenergie erzeugt.

Zusätzliche Spitzenenergie erzeugen die 4 Donaukraftwerke, mit denen in den Monaten Oktober bis April montags bis freitags Schwellbetrieb gefahren wird.

Deckung des Bahnstrombedarfs der DB in Bayern



Wasserkraftwerke 66,5 % 12

Der Strombedarf für den elektrischen Zugbetrieb in Bayern betrug 1989 knapp 1400 GWh. Die Grafik 5 zeigt, wie dieser Bedarf gedeckt wurde.

#### **Ausblick**

Zur Zeit sind 4 weitere Kraftwerke mit zusammen knapp 50 MW und einem Regelarbeitsvermögen von über 400 GWh im Bau. Es sind dies folgende Werke:

	Ausbau- leistung	Regelarbeits- vermögen
Straubing/Donau	21,5 MW	145 GWh
Vohburg/Donau	23,3 MW	141 GWh
(Bahnstrom) Regensburg/Donau (Erweiterung)	2,3 MW	14 GWh
Dietfurt/Altmühl	0,6 MW	3 GWh

Das Kraftwerk Vohburg wird die DWK-Bahnstromerzeugung um 28% auf 641 GWh im Regeljahr steigern und somit die Sicherheit und Umweltfreundlichkeit der Bahnstromversorgung weiter erhöhen.

Mit den obengenannten Kraftwerken ist der Kraftwerksausbau an den Konzessionsstrekken an Donau, Lech, Main und Regnitz weitgehend abgeschlossen. Die RMD wird damit führender Produzent von elektrischer Energie aus Wasserkraft sein.

# Wasserkraftwerke finanzieren die Main-Donau-Wasserstraße

von Dipl.-Ing. Karl Heinz Lemmrich, Mitglied des Vorstandes der Rhein-Maln-Donau AG, München.

Die Väter der Main-Donau-Wasserstraße haben sich nicht nur Gedanken gemacht, wie dieser große europäische Verkehrsweg technisch gebaut wird, sie haben in den Verträgen des Jahres 1921 auch die Finanzierung auf eine solide und dauerhafte Grundlage gestellt. Zur Erfüllung dieser Aufgaben haben das Reich und Bayern die Rhein-Main-Donau AG (RMD) gegründet. Deren Aktienkapital halten zu rund ½ die Bundesrepublik Deutschland und zu rund ½ der Freistaat Bayern.

Der Bau der Wasserstraße Main-Donau erforderte für die Strecke von Aschaffenburg bis Regensburg bisher 4,7 Mrd. DM (1 DM = 1 RM). Hinzukommen 84 Mio. DM für die Niederwasserregulierung von Regensburg bis Vilshofen. Zur Fertigstellung werden nach heutigem Preisstand noch rund 0,6 Mrd. DM aufzubringen sein. Somit sind insgesamt ca. 5,4 Mrd. DM durch die RMD für die Wasserstraße zu finanzieren.

Der inzwischen als notwendig erkannte Ausbau der Fahrwasserverhältnisse zwischen Regensburg und Vilshofen für eine moderne Binnenschiffahrt wird auf 2 Mrd. DM geschätzt, die aber von Bund und Bayern unmittelbar aufgebracht werden. Diese Maßnahme ist aber auch als Schutz der Donau vor weiterer Sohlenerosion notwendig. Die Verpflichtung der RMD für diese Strecke hatte sie bereits mit der Niederwasserregulierung erfüllt. Zur Finanzierung dieses völkerverbindenden Wasserweges wurde der RMD 1921 die Nutzung der Wasserkräfte des Mains und der Donau in Bayern sowie der Regnitz, der Altmühl und des unteren Lechs übertragen. Mit einem

Kapitalaufwand von 1,4 Mrd. DM wurden an diesen Flüssen 54 Laufwasserkraftwerke der RMD und ihrer Beteiligungsgesellschaften sowie ein Pumpspeicherwerk errichtet. Mit einer Ausbauleistung von 475 MW erzeugten sie seit 1924 insgesamt 87,4 Mrd. kWh Strom. Das Pumpspeicherwerk hat eine Engpaßleistung von 164 MW. Aus den erzielten Erträgen der Gesellschaft ist der Bau der Wasserstraße zu finanzieren; bisher waren dies 1,4 Mrd. DM.

Der in den Kraftwerken erzeugte Strom wird an Großabnehmer und an die Deutsche Bundesbahn abgegeben.

Zur Finanzierung des Wasserstraßenbaus hat die RMD bisher an Eigenmittel rund 254 Mio. DM und 579 Mio. DM an Fremdmittel eingesetzt. Die von Bund und Bayern gewährten zinslosen Darlehen machten 2,5 Mrd. DM aus. Nach Abschluß der Bauarbeiten werden die Erträge der Gesellschaft zunächst zur Rückzahlung der Fremdmittel und dann der zinslosen Darlehen verwendet. Bis zum Jahre 2050 werden diese Verpflichtungen durch die Gesellschaft erfüllt sein.

Die Konzessionszeit für die Nutzung der Wasserkräfte läuft bis zum Jahre 2050. Danach sind die Kraftwerke an der Wasserstraße in gutem baulichen und vollkommenen betrieblichen Zustand unentgeltlich an die Bundesrepublik Deutschland bzw. an den Freistaat Bayern zu übertragen.

So finanzieren die Wasserkräfte über die Stromgewinnung den Bau der Main-Donau-Wasserstraße.

### Die Wasserkraftwerke der Rhein-Main-Donau AG

von Dr. Peter Moosbrugger, Rhein-Maln-Donau AG, München.

Bereits 1921 wurde mit dem Bau der ersten Stufe an der Donau, der Kachletstufe oberhalb von Passau, begonnen, 1928 nahm dieses erste große Kraftwerk der Rhein-Main-Donau AG (RMD) die Stromerzeugung auf und staute zugleich die gefährliche Kataraktenstrecke zwischen Passau und Vilshofen ein. Mit der Doppelschleuse am Kachlet und dem Stauraum steht der Schiffahrt seither sicheres Fahrwasser zur Verfügung.

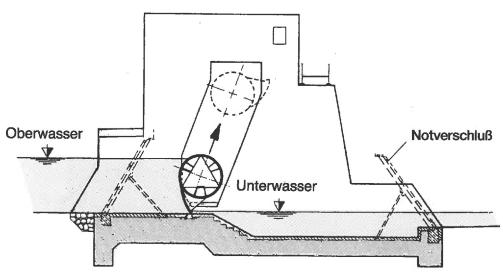
#### Die Kraftwerke am Main

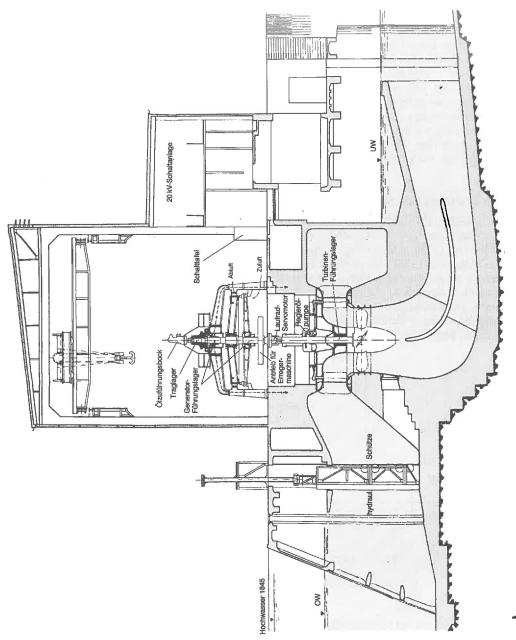
Zur gleichen Zeit entstanden auch die ersten Kraftwerke am Main: Die untere Mainmühle in Würzburg (1924) und das Kraftwerk Viereth bei Bamberg (1925). Ab 1927 wurde im Anschluß an die bereits schiffbare Strecke des unteren Mains von Aschaffenburg an flußaufwärts der planmäßige Ausbau zur Stauregelung des Mains für Schiffahrt und Wasserkraftnutzung begonnen.

An den 14 Staustufen von Aschaffenburg bis Würzburg befindet sich neben Wehr (siehe Abb. Seite 15) und Schiffsschleuse jeweils ein Kraftwerk. Mit Fallhöhen zwischen 2,9 m und 4,6 m variiert die Ausbauleistung von 3,0 bis 4,3 MW. Als größtes hebt sich das erst 1971 fertiggestellte, anstelle dreier kleinerer Staustufen errichtete Kraftwerk Kleinostheim mit 5,9 m Ausbaufallhöhe und 9,7 MW hervor.

Das Regelarbeitsvermögen der gesamten Anlagen am unteren Main beträgt 313 GWh. Für die Anlage der einzelnen Stufen wurde die auf Seite 16 dargestellte Bauweise entwickelt, die mit geringen Abweichungen bei allen Stufen beibehalten wurde:

Im Flußbett liegt das Wehr, meist mit 3 Feldern. Auf der einen Seite schließt sich die Schleuse mit dem unteren und oberen Vorhafen, auf der anderen Seite die Kraftwerksbucht mit dem Krafthaus an, das in der Regel zwei, in einigen wenigen Fällen einen Maschinensatz





enthält. Die Wehre wurden fast durchweg mit Walzenverschlüssen versehen.

In allen Werken laufen Kaplanturbinen mit senkrechter Welle und direkt gekuppelten Drehstromgeneratoren. Durch die bereits 1934 eingeführte Heberbauweise der Turbine, bei der die Leitradunterkante höher als der Oberwasserspiegel liegt, kann der Wasserzufluß durch Belüftungsventile in den Turbinenkammern unterbrochen werden; somit konnten die Schütze im Turbineneinlauf entfallen. Zum Anlauf wird die Turbinenkammer mittels einer Pumpe entlüftet, dadurch wird der Wasserspiegel hochgezogen, so daß das Wasser das Leit- und Laufrad durchströmen kann.

Beginnend nach dem Krieg bis zum Jahr 1963 wurde dann der Mainabschnitt von Würzburg bis Bamberg in Angriff genommen. Im Zuge des Ausbaues für die Schiffahrt baute die RMD hier weitere 15 Kraftwerke, Mit Ausnahme der Stufen Würzburg, Gerlachshausen und Volkach wurde auch bei all diesen Stufen die Bauweise wie am unteren Main beibehalten. Alle Werke erhielten Kaplanturbinen mit senkrechter Welle. Mit Ausnahme der von Dettelbach, Gerlachshausen und Ottendorf wurden alle Turbinen in Heberbauweise ausgeführt. Mit Fallhöhen zwischen 2,5 m und 6,4 m haben die Anlagen Ausbauleistungen von 2,0 MW bis 6,3 MW. Die ganze Kraft-



werkskette erreicht ein Regelarbeitsvermögen von 262,4 GWh.

In den Jahren 1964 bis 1981 am unteren Main und ab 1986 am oberen Main wurden alle Werke nach 35 bis 40 Betriebsjahren einer arundlegenden Modernisierung unterzogen. Neben dem Ersatz betriebswichtiger Teile war das Ziel dieser Maßnahme eine weitgehende Vereinheitlichung der Kraftwerke, um die Vorteile in Betriebsführung, Wartung und Ersatzteilvorhaltung zu nützen.

Inzwischen werden die Werksketten jeweils von einer durch einen Prozeßrechner unterstützten Fernwirkanlage überwacht und gesteuert. Damit ist eine weitgehende Reduzierung der Besetzungszeiten außerhalb der Normalarbeitszeit sowie eine vorausschauende Bewirtschaftung der Stauhaltungen und damit eine Vergleichsmäßigung der Wasserführung des Mains möglich. Ferner wird durch die sofortige Eingriffsmöglichkeit die Betriebssicherheit wesentlich erhöht. Außerdem sind alle Kraftwerke mit einer Regelung ausgerüstet, die unter Berücksichtigung des Durchflusses beim oberhalb liegenden Kraftwerk und des eigenen Oberwasserpegels den Turbinendurchfluß und gegebenenfalls Wehrüberlauf so einstellt, daß sich ein konstanter Oberwasserpegel ergibt. Zusammen mit der geplanten Fernwirkanlage können die Kraftwerke somit weitgehend automatisiert betrieben werden (siehe Abb. Seite 17).

#### Kraftwerke am unteren Lech

Die Planungen aus dem Jahre 1921 sahen für die Versorgung der Kanalstrecke zwischen Nürnberg und der Donau mit dem erforderlichen Betriebswasser einen sogenannten Lechzubringer vor. Das Betriebswasser sollte dem Lech unterhalb Meitingen, ca. 20 km unterhalb von Augsburg, entnommen und über ein offenes Gerinne über die Donau hinweg mit natürlichem Gefälle in den Jura zur Scheitelhaltung des Kanals geleitet werden. Der untere Lech kam somit in das Konzessionsgebiet der RMD. Spätere Untersuchungen haben aber ergeben, daß es wirtschaftlicher ist, das Wasser aus der Donau zur Scheitelhaltung zu pumpen und die Energie zum Antrieb der Pumpwerke in den Kraftwerken am unteren Lech zu erzeugen.

Mit der Verwirklichung der Lechnutzung unterhalb Meitingens begann die RMD im Jahre 1949

Aus wasserwirtschaftlichen Gründen wurde der Bau der Kraftwerke im Fluß einer Seitenkanallösung vorgezogen. Nur mit diesem Ausbau des Flusses konnte der Grundwasserspiegel, der zum Schaden von Land- und Forstwirtschaft infolge der Eintiefung des Lechs abgesunken war, wieder angehoben werden.

Die 22 km lange Ausbaustrecke mit 33,5 m Rohfallhöhe ist in vier zwischen 4,1 km und 5,6 km lange Haltungen eingeteilt, an deren Ende die Staustufen Ellgau, Oberpeiching, Rain und Feldheim errichtet wurden. Die vier Staustufen sind in gleichartiger Weise aufgebaut. Sie bestehen aus dreifeldrigen Wehren mit beweglichen Verschlüssen und einem mit zwei Maschinensätzen ausgerüsteten Buchtenkraftwerk in Hallenbauweise, dem sich in unmittelbarer Nähe eine Freiluftschaltanlage anschließt sowie dem durch die Staudämme eingefaßten Stauraum. Entwässerungsgräben sorgen auf beiden Seiten des aufgestauten Flusses für die Vorlandentwässerung sowie die Regulierung des Grundwasserspiegels.

Die Summe der Ausbauleistungen aller Werke beträgt 42 MW und die Stromerzeugung im Regeljahr 222 Mio. kWh. Die Haltungen der Kraftwerke Ellgau und Oberpeiching verfügen bei einer Stauspiegelabsenkung von 1 m über 18 nutzbare Stauräume von je 0,5 bis 0,6 Mio. m³, womit ein Schwellbetrieb durchgeführt werden kann.

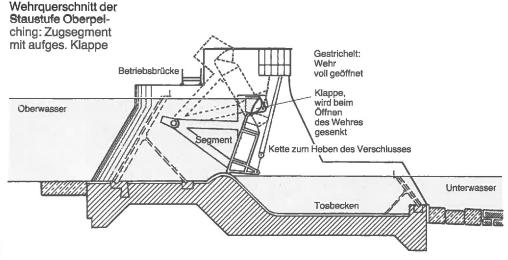
Jedes Kraftwerk ist mit 2 Maschinensätzen, bestehend aus doppelt regulierter Kaplanturbine mit senkrechter Welle und direkt gekuppelten Drehstrom-Synchrongenerator, ausgerüstet.

Mit Ausnahme der zuerst gebauten Stufe Ellgau sind bei den 3 folgenden Stufen erstmals als Wehrverschlüsse Zugsegmente mit aufgesetzter Klappe eingebaut worden. Bei diesen Verschlüssen liegt der Drehpunkt des Segmentes entgegen der bisher üblichen Bauweise nicht auf der Unterwasserseite, sondern auf der Oberwasserseite, 2,7 m unter dem Stauziel, Diese Bauweise hat den Vorteil, daß die Auflagekräfte als Druckkräfte in die Wehrpfeiler eingeleitet werden, was erhebliche Einsparung an Stahleinlagen bewirkt. Die Arme der Segmente werden auf Zug beansprucht, dies wirkt sich vorteilhaft auf die Konstruktion aus und bringt ebenfalls eine Materialersparnis (siehe Abb. Seite 19).

1969 wurde Feldheim, die letzte der 4 Lechstaustufen, in Betrieb genommen, im gleichen Jahr, in dem auch die erste Kraftstufe an der oberen Donau den Betrieb aufnahm.

#### Der Ausbau der Donau

Die Konzessionsstrecke der RMD an der Donau erstreckt sich von Ulm bis an die baverisch-österreichische Grenze. Von Passau bis Kelheim (Altmühlmündung) wird die Donau als Wasserstraße ausgebaut und zugleich die ausbauwürdige Wasserkraft an den Staustufen in Wasserkraftwerken genützt. Die Strecke Kelheim-Ulm wird nicht mehr für die Großschiffahrt ausgebaut, in diesem Flußabschnitt wird allein der Ausbau der Wasserkraft betrieben. Dabei ist es auf der Strecke bis Ingolstadt inzwischen auch schon aus wasserwirtschaftlichen Gründen notwendig, zur Vermeidung der stetigen Eintiefung der Flußsohle und des dadurch verursachten Absinkens des Grundwasserspiegels, das Flußregime mit einer Stauregelung zu sanieren.



Noch bevor der planmäßige Ausbau an der oberen Donau begonnen wurde, gründeten bei gleicher Interessenslage für die Wasserkraftnutzung die Österreichische Elektrizitätswirtschaft Aktiengesellschaft und die RMD AG eine Tochtergesellschaft, die Donaukraftwerk Jochenstein AG, und begannen 1952 gemeinsam mit dem Bau der Donaustufe Jochenstein. Die Staustufe liegt unterhalb von Passau am Ende der ca. 20 km langen Strecke, in der die Donau die Grenze bildet.

Die Staustufe besteht aus einem sechsfeldrigem Wehr, einer Doppelschleuse (2 Kammern mit 230 m Länge und 24 m Breite) und dem Kraftwerk mit 5 Kaplanturbinen. Bei einem Ausbaudurchfluß von 1750 m³ und 9,2 m Fallhöhe beträgt die Ausbauleistung 140 MW,

die Regeljahrerzeugung 960 GWh (davon 50% Anteil RMD). Jochenstein wurde in erster Linie unter dem Gesichtspunkt der Stromerzeugung gebaut, der Stauraum brachte jedoch auch erhebliche Vorteile für die Schifffahrt: 6 Engstellen wurden überstaut, und das Fahrwasser ist vom Niedrigwasser unabhängig.

Der Ausbau der Donau von Kelheim bis Ulm ist in 3 Abschnitte unterteilt, in denen die mehrstufigen Kraftwerksketten in jeweils 5- bis 7-jähriger Bauzeit aufeinanderfolgend errichtet wurden.

Als erstes wurde mit dem Bau der ODK-Gruppe Oberelchingen-Faimingen begonnen. 1965 ging die unterste Stufe Faimingen in Betrieb. Die 35 km lange Ausbaustrecke mit



Donaukraftwerk Jochenstein

36 m Rohfallhöhe ist in 6 zwischen 4,5 und 6,6 km lange Haltungen eingeteilt.

Jede Stufe besteht aus einem dreifeldrigen Wehr zum Aufstau des Flusses, einem Kraftwerk mit zwei Maschinensätzen zur Stromerzeugung, einer Bootsschleuse und dem durch die Staudämme eingefaßten Stauraum. Entwässerungsgräben sorgen auf beiden Seiten des aufgestauten Flusses für eine Regulierung des Grundwasserspiegels.

Die Bootsschleuse für den Kleinbootverkehr ist 22 m lang und 4 m breit und für Selbstbedienung ausgerüstet.

Als Wehrverschlüsse wurden Zugsegmentverschlüsse mit aufgesetzten Klappen gewählt. Diese Verschlußart hat sich am Lech bestens bewährt und stellt bei den gegebenen Abmessungen eine wirtschaftlich optimale Lösung dar, weil wegen des Fehlens von seitlichen Schützennischen für die Wehrpfeiler eine Breite von nur 3,0 m ausreicht.

Jedes Kraftwerk ist mit 2 Maschinensätzen ausgerüstet, bestehend aus doppelt regulierter Kaplanturbine mit senkrechter Welle und direkt gekuppeltem Drehstrom-Synchron-Generator.

Die Donau ist oberhalb der Mündung der Iller bei Ulm ein Mittelgebirgsfluß mit überwiegendem Wasserdargebot im Winterhalbjahr. Die Iller bringt einen alpinen Anteil. Im langjährigen Durchschnitt beträgt die mittlere Wasserführung MQ der Donau bei Günzburg 129 m³/s. Der energiewirtschaftliche Wert der Kraftwerkskette wird durch den Tagesschwellbetrieb erheblich gesteigert. Die Summe der Ausbauleistungen aller Werke beträgt 52,4 MW und die Stromerzeugung im Regeljahr 296,5 Mio. kWh.

Die Kraftwerkskette ist für den Schwellbetrieb mit einem Speicherraum von ca. 1,4 Mio. m³ ausgebaut.

In den Jahren 1965 bis 1971 wurde der Donauausbau mit dem Bau der 4 DWK-Kraftwerke von Bertoldsheim bis Ingolstadt fortgesetzt.

40 km Ausbaustrecke mit 30 m Rohfallhöhe sind in 8,4 bis 10,7 m lange Haltungen unterteilt. Auch diese Staustufen wurden weitgehend typisiert. Die dreifeldrigen Wehre sind mit Zugsegmenten als Verschlüsse und die Kraftwerke mit 3 Kaplanturbinen ausgerüstet. Dämme fassen den Stauraum ein, und Entwässerungsgräben regulieren den Grundwasserspiegel. Für die Kleinschiffahrt ist eine Bootsschleuse mit Selbstbedienung angeordnet.

Eine Besonderheit dieser Kraftwerksgruppe ist, daß sie Strom für den Fahrbetrieb der Deutschen Bundesbahn erzeugen und direkt in das Hochspannungsnetz der DB einspeisen. Die Kraftwerkskette wird mit Kopf- und Ausgleichsspeicher von je 2,2 Mio. m³ im Schwellbetrieb nach dem Programm der Deutschen Bundesbahn mit einer Frühspitze und einer Abendspitze von jeweils ca. zwei Stunden gefahren.

Die Summe der Ausbauleistung der Werke beträgt 82 MW, die Stromerzeugung im Regeljahr 500 Mio. kWh. Die Energie dieser Kraftwerke wird in das 110 KV-Netz der DB eingespeist. Dazu sind die Werke mit Einphasen-Synchron-Generatoren für eine Netzfrequenz von 16²/3 Hertz ausgerüstet.

In Fortsetzung der Kraftwerkskette unterhalb Ingolstadt ist derzeit die Staustufe Vohburg im Bau und als letztes Glied in der Kette bis Kelheim eine Staustufe bei Neustadt in Planung. Neben der energiewirtschaftlichen Bedeutung der Staustufe Vohburg – mit 6,8 m Fallhöhe und 480 m³/s Ausbaudurchfluß werden 28,2 MW Ausbauleistung und 168 Mio. kWh Regelarbeitsvermögen erzielt – hat diese Stauhaltung, wie auch die geplante unterliegende Stufe Neustadt die Aufgabe, mit der Stauerrichtung der unaufhaltbaren Sohlenerosion der Donau Einhalt zu gebieten und mit geziel-

ten begleitenden wasserwirtschaftlichen und landschaftspflegerischen Maßnahmen das Gewässer- und das Grundwassersystem zu sanieren.

Mit dem Bau der MDK-Gruppe Dillingen-Donauwörth wurde 1979 begonnen. 4 Staustufen mit Haltungslängen zwischen 6,6 und 10,5 km Länge nützen 25 m Rohfallhöhe. Die Konstruktionsgrundsätze, die sich im Betrieb der vorher gebauten Kraftwerksketten an der Donau bewährt haben, wurden auch bei diesen Staustufen und Kraftwerken beibehalten. Mit jeweils 2 Maschinensätzen pro Kraftwerk wird in der MDK-Kette bei insgesamt 34,5 MW Ausbauleistung im Regeliahr eine Erzeugung von 215 Mio. kWh erzielt. Bei der Anlage der Staudämme mit Dämmen und landseitigen Entwässerungsgräben wurde großes Gewicht auf die landschaftsgerechte Einbindung der Stufen gelegt.

## Die Donau zwischen Kelheim und Regensburg

Nach den Staatsverträgen ist es Aufgabe der RMD, diese Strecke für die Schiffahrt auszubauen. 1972 wurde an der Stufe Regensburg begonnen. Um das historische Denkmal Steinerne Brücke zu umgehen, wurde die Staustufe im Westen stromaufwärts der Altstadt errichtet und die Schiffahrt mit einem Umgehungskanal, an dessen Ende die Schleuse liegt, zur Donau geführt. An der Stufenstelle, zwischen einem Wehr im Nordarm und dem vierfeldrigen Wehr im Südarm der Donau, wurde das Kraftwerk Regensburg errichtet. Das Kraftwerk ist mit 2 Kaplanturbinen mit senkrechter Welle ausgerüstet. Bei einem Ausbaudurchfluß von 240 m<sup>3</sup>/s und der Ausbaufallhöhe 3,9 m steht eine Ausbauleistung von 7,2 MW zur Verfügung. Um die in den Nordarm abzuleitende Pflichtwassermenge von 80 m3/s zu nützen, wird derzeit eine Rohrturbine mit 2,3 MW Ausbauleistung eingebaut. Damit wird an die Staustufe Regensburg insgesamt eine Regeljahreserzeugung von 64 Mio. kWh erzielt.

Ähnlich wie in Regensburg wurde auch bei der Staustufe Bad Abbach das Wehr oberhalb der Stadt angeordnet. Die enge Donauschleife wird mit einem 4 km langen Schiffahrtskanal, an dessen Ende die Schleuse liegt, umgangen. Zwischen dem vierfeldrigen Wehr und dem links abzweigenden Kanal ist das mit 2 Maschinensätzen ausgerüstete Kraftwerk angeordnet. Mit 207 m³/s Ausbaudurchfluß und 3,6 m Fallhöhe liegt die Ausbauleistung bei 6,1 MW und die Regeljahreserzeugung erreicht 37,5 Mio. kWh.

Für den Ausbau der Strecke Regensburg-Kelheim wurden erstmals Landschaftspläne erstellt, die sich nicht nur mit der Einbindung der Anlagen in Natur und Landschaft befaßten, sondern darüber hinaus aufzeigten, wie der Aufstau zur Biotopgestaltung und zur Beseitigung von Schäden, die in der Flußlandschaft durch frühere Eingriffe entstanden sind, genutzt werden kann. Leider hat man damals noch nicht die heute übliche ökologische Bestandsaufnahme durchgeführt, so daß die Veränderungen und vielfältige positive Entwicklung im einzelnen nicht mehr nachweisbar sind.

# Der Donauausbau von Regensburg bis Straubing

Von Regensburg bis zur Landesgrenze ist die Donau eine Bundeswasserstraße. Die RMD hat auf der Strecke Regensburg-Vilshofen ihre staatsvertragliche Verpflichtung für den Donauausbau mit einer Niedrigwasserregulierung erfüllt. Der wesentliche Teil der Regulierungsbauwerke war 1965 erstellt. Trotz der Niedrigwasserregulierung zwischen Regensburg und Vilshofen war bereits in den 50er

Jahren erkannt worden, daß diese Strecke auf die Dauer nicht den Anforderungen einer modernen Wasserstraße gerecht werden kann. Hinzu kommt die seit Jahren beobachtete Tatsache, daß sich das Flußbett unterhalb von Regensburg in zunehmendem Maße eintieft; eine Erscheinung, die nicht nur die Schiffbarkeit, sondern auch die Belange der Wasserwirtschaft und Landeskultur nachteilig beeinflußt. Die Bundesrepublik Deutschland und der Freistaat Bayern haben daher im Duisburger Vertrag vom 16. September 1966 den Ausbau mit Staustufen beschlossen und die RMD mit der Durchführung beauftragt.

Der Abschnitt Regensburg-Straubing besteht aus den zwei Stauhaltungen Geisling und Straubing. Die bei Donau-km 2324 zu errich-

tende Staustufe Straubing mit einer hydrostatischen Stufenhöhe von 7,0 m gestattet eine Umgehung der nautisch besonders schwierigen Strecke im Stadtbereich. Bei Donau-km 2354 liegt die Staustufe Geisling, die bei einer hydrostatischen Stufenhöhe von 7,3 m eine ausreichende Wassertiefe bis zu den Regensburger Häfen sicherstellt. Mit den Baumaßnahmen dieses Abschnittes wurde 1976 begonnen.

Die Staustufen Geisling und Straubing sind nahezu baugleich. Am linken Flußufer befindet sich die 230 m lange und 24 m breite Schleuse, das fünffeldrige Wehr liegt in Flußmitte und ist mit 24 m breiten Zugsegmenten mit aufgesetzten Klappen ausgerüstet.



In den Kraftwerken am rechten Ufer befinden sich jeweils 3 Kaplanturbinen mit 8,8 MW (Geisling) und 6,9 MW (Straubing) Leistung. Die Ausbauleistung der beiden Stufen beträgt 45,8 MW, im Regeljahr können 305 Mio. kWh erzeugt werden. 1985 nahm das Kraftwerk Geisling den Betrieb auf. Die Staustufe Straubing ist derzeit im Bau.

Auf die anspruchsvollen und umfangreichen Maßnahmen einzugehen, mit denen im Stauraum Geisling, zum Beispiel im Bereich der Altwasser von Donaustauf, besonders aber im Stauraum Straubing, den Belangen von Naturschutz und Landschaftspflege Rechnung getragen wurde, würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen.

#### Pumpspeicherwerk Langenprozelten

Für die Donauwasserkraft AG (RMD AG/DB) baute und betreibt die RMD das Pumpspeicherwerk Langenprozelten im Spessart bei Lohr/Main, das 1976 den Betrieb aufnahm. Mit einer Pendelwassermenge von 1,4 Mio. m<sup>3</sup> und Fallhöhen zwischen 284,0 und 310,4 m erbringen 2 Pumpturbinen mit je maximal 31.6 m<sup>3</sup>/s Durchfluß insgesamt 168 MW Leistung. Das Kraftwerk bezieht beziehungsweise liefert Einphasenstrom mit 162/3 Hz in das 110 KV Bahnstromnetz. Seine Aufgaben sind: In Spitzenlastzeiten der DB zusätzliche elektrische Energie für den Bahnbetrieb zur Verfügung zu stellen, nachts und am Wochenende überschüssige Energie aus dem Netz im Pumpbetrieb aufzunehmen; ferner jederzeit betriebsbereit in Reserve zu stehen für den Fall von Ausfällen anderer Kraftwerke; und schließlich können die Maschinen im Phasenschieberbetrieb Blindleistung liefern und damit zur Spannungshaltung im Bahnstromnetz beitragen.

Das Kraftwerk liegt am Unterbecken und hat wegen der konstruktiven Besonderheiten der

Pumpturbinen und der betrieblichen Wasserspiegelschwankungen von 12 m eine Bauhöhe von 47 m, Ober- und Unterbecken sind mit Asphaltbeton gedichtet. Das Unterbecken wird durch einen Damm zwischen den Talflanken begrenzt. Das Oberbecken liegt auf einer Bergkuppe in 530 m Seehöhe und ist von einem Ringdamm umschlossen. Ein 1300 m langer stahlgepanzerter Druckstollen mit 3,9 m Durchmesser verbindet das Oberbekken mit dem Krafthaus und dem Unterbecken.

#### Kraftwerke am Main-Donau-Kanal

Zur Vervollständigung des Überblickes über die Kraftwerke der RMD soll noch auf 5 kleinere Anlagen hingewiesen werden, die im Zusammenhang mit dem Bau des Main-Donau-Kanales errichtet wurden und von der RMD betrieben werden. Dazu gehören die 2 Kraftwerke an der Regnitz bei Hausen und Forchheim, die im Zuge der in diesem Abschnitt kanalisierten Regnitz mit den Staustufen gebaut wurden.

Vor der Einmündung des Main-Donau-Kanals (MDK) in die Altmühl bei Dietfurt wird zur Stützung des Altmühlwasserspiegels ein Wehr errichtet. Hier wird der Altmühlabfluß mit einer Rohrturbine, die neben dem Wehr angeordnet ist, zur Erzeugung elektrischer Energie genützt.

Schließlich arbeiten die Maschinen in den Pumpwerken der Altmühlstufen Kelheim und Riedenburg zeitweise als Turbinen. Mit jeweils 5 Pumpen in den Pumpwerken wird Betriebswasser für den Main-Donau-Kanal in die Scheitelhaltung gepumpt und Donauwasser für wasserwirtschaftliche Zwecke des Freistaates Bayern durch den MDK in das Regnitz-Main-Gebiet übergeleitet. Die 2 x 5 Maschinensätze sind als reversible Pumpturbinen ausgebildet. Mit ihnen wird außerhalb der Pumpzeiten der Altmühlabfluß zur Energieerzeugung genützt.

### Derzeitiger Kraftwerksbau Regensburg und Vohburg

von Dipl.-Ing. Wolfram Haller und Dipl.-Ing. (FH) Heinrich Hermes, Rhein-Main Donau AG, München

#### **Einleitung**

Mit dem Triebwerk Regensburg-Nord und der Stützkraftstube Vohburg befinden sich derzeit zwei neue Wasserkraftanlagen an der Donau im Bau.

Das im Nordarm der Donau bei Regensburg entstehende Triebwerk stellt eine Erweiterung des bereits seit 1977 im Südarm der Donau in Betrieb befindlichen Kraftwerkes Regensburg dar. Die Stauanlagen sind vorhanden, so daß nur das Triebwerk neu errichtet werden muß. Mit dem Triebwerk sollen die entsprechend dem Wasserrechtsbescheid über den Nordarm abzuleitenden Abflußmengen zukünftig energiewirtschaftlich genutzt werden. Der Beitrag an alternativer Energie wird im Regeljahr 14 Mio. Kilowattstunden betragen. Die Inbetriebnahme ist im Herbst 1990 geplant.

Mit der Stützkraftstufe Vohburg entsteht eine völlig neue Donaustaustufe (Abb. 1). Durch dieses Projekt soll einerseits der starken Sohleintiefung der Donau zwischen Ingolstadt und Großmehring entgegengewirkt und andererseits die Wasserführung der Donau zur Erzeugung elektrischer Energie, in Form von Bahnstrom, mit einer Frequenz von 16²/3 Hz, genutzt werden. Die Hauptbauwerke sind eine Bootsschleuse am rechten Flußufer, daran anschließend ein Stauwehr mit 4 Feldern von je 20 m Breite, ein in einer Bucht am linken Flußufer angeordnetes Kraftwerk sowie der Stauraum mit seinen Dämmen.

Das Kraftwerk wird im Regeljahr 167,3 Mio. Kilowattstunden umweltfreundlicher Energie erzeugen. Mit der Inbetriebnahme ist Anfang 1993 zu rechnen.

#### **Triebwerk Regensburg-Nord**

Maschinentechnische Einrichtungen

Das Triebwerk wird mit einer Kaplan-Rohrturbine mit horizontaler Welle, Getriebe und Synchrongenerator ausgerüstet (Abb. 2).

#### 1. Kaplan-Rohrturbine

Maßgebend für den Einbau einer Rohrturbine waren die räumlich beengten Verhältnisse auf dem zur Verfügung stehenden Gelände zwischen bestehendem Kraftwerk am Südarm und dem Nordarm.

#### Hauptdaten der Turbine

Laufraddurchmesser	3620 mm
Nenndurchfluß	80 mm³/s
Netto-Fallhöhe	3,37 m
Nenndrehzahl	104 min <sup>-1</sup>
Nennleistung	2372 kW

Aufbau der Turbine (Abb. 3)

Das Laufrad ist mit drei Laufschaufeln bestückt. Die Verstellung der Laufschaufeln erfolgt über einen in der Laufradhaube befindlichen Servomotor. Das Steueröl wird dem Laufradservomotor über eine auf der Turbinenwelle befindliche Ölzuführungsbüchse und über die hohlgebohrte Turbinenwelle zugeführt. Der konische Leitapparat besitzt 16 Leitschaufeln mit wartungsfreier Lagerung. Zum Schutz vor Überbelastung wird jede Leitschaufel mit selbstrückstellenden Sicherheitslenkern ausgestattet.

Das Öffnen des Leitapparates erfolgt mittels eines mit Drucköl beaufschlagten Servomotors, während das Schließen durch ein Schließgewicht bewirkt wird. Die Lagerung der Turbinenwelle erfolgt in einem laufradseitigen Führungslager und einem getriebeseitigen Spurlager. Ein zweites Führungslager ist im Getriebe integriert und dient gleichzeitig der Lagerung des Planetenradträgers. Turbinenlager und Getriebe werden von einer gemeinsamen Schmierölanlage mit Drucköl versorgt. Eine hydrodynamische Gleitringdichtung, welche unmittelbar hinter dem Laufradkuppelflansch der Turbinenwelle angeordnet ist, verhindert das Eindringen von Triebwasser in das Turbinengehäuse.

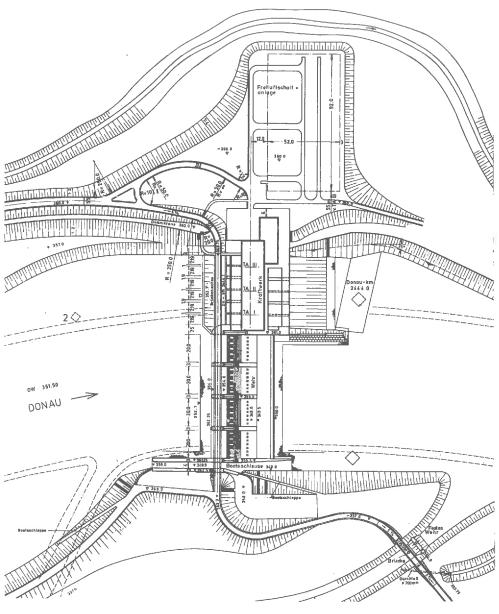
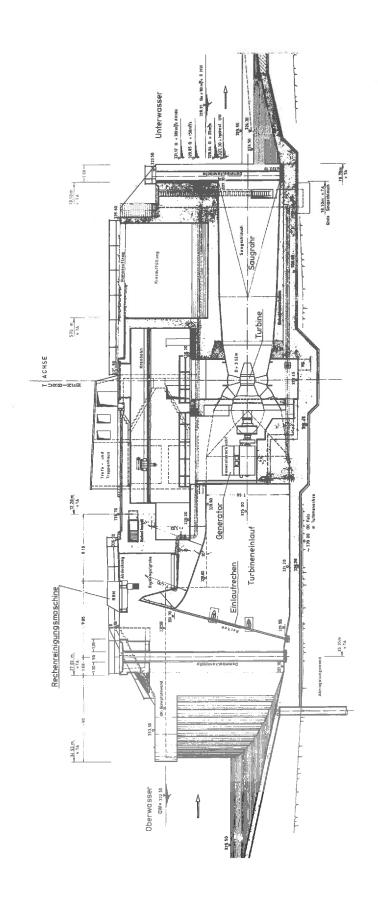
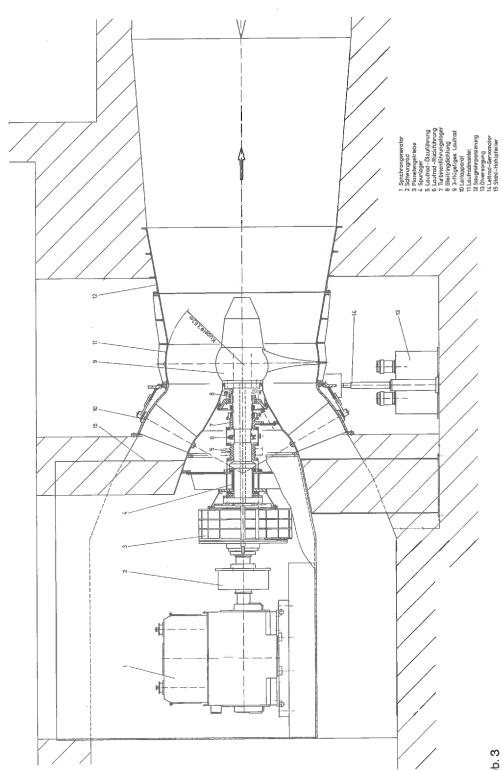


Abb. 1





δ. 38 8

#### 2. Reguliereinrichtung

Die Regulierung der Rohrturbine erfolgt mittels einer elektro-hydraulischen Reguliereinrichtung, bestehend aus:

- elektronischem Drehzahlregler für Doppelregelung
- Einrichtungen für die Drehzahlerfassung und -auswertung
- fallhöhenabhängiger Steuerung des Leitrad-/Laufrad-Zusammenhanges
- Schwallsteuerung
- Anlage zur Druckölerzeugung

Der Regler ist für vollautomatischen und ferngesteuerten Betrieb eingerichtet.

#### 3. Getriebe

Zur Übersetzung der Turbinen- auf die Generatordrehzahl ist zwischen Turbine und Generator ein einstufiges Planetengetriebe mit folgenden Daten angeordnet:

Dauerübertragungsleistung 2900 kW Antriebsdrehzahl 104 min<sup>-1</sup> Abtriebsdrehzahl 750 min<sup>-1</sup>

Antriebs- und Abtriebswelle sind koaxial angeordnet. Die Drehrichtung auf der Antriebs- und Abtriebsseite ist gleich. Das Drehmoment der Turbinenwelle wird über eine starre Flanschverbindung auf den Planetenradträger des Getriebes übertragen. Auf der Abtriebsseite wird das Drehmoment vom Sonnenrad des Getriebes über eine Doppelzahnkupplung an den Generator abgegeben.

### 4. Maschinenhauskran

Zur Montage und für die später durchzuführenden Unterhalts- und Wartungsarbeiten wird das Triebwerk mit einem flurgesteuerten Zweiträger-Brückenkran für eine Traglast von 20 t ausgerüstet.

#### Einlaufrechen und Rechenreinigungsmaschine

Zum Schutz der Turbine wird vor dem Turbineneinlauf ein Einlaufrechen mit einem lichten Stababstand von 90 mm angeordnet. Das von dem Rechen zurückgehaltene Treibzeug wird mittels einer stationären Rechenreinigungsmaschine geborgen und direkt in eine als Zwischendeponie dienende Rechengutgrube befördert.

#### Elektrotechnische Einrichtungen

#### 1. Drehstrom-Synchrongenerator

Die vom Generator erzeugte elektrische Energie wird durch einen Blocktransformator auf die 20 kV-Kraftwerkssammelschiene übertragen und von dort in das Netz der Regensburger Stadtwerke (REWAG) abgegeben.

#### Hauptdaten des Synchrongenerators:

Oak alalalatuu ...

Scheinleistung	3300	KVA	
Nennspannung	6,3	kV	
Leistungsfaktor	0,82		
Nenndrehzahl	750	min-1	
Kühlart	Luft-Eigenkühlung		mit
	Wasserrückkühlung		

0000

Wegen der beengten Platzverhältnisse wird die Verlustwärme des Generators über zwei Wasserkühler abgeführt, die am Stator aufgebaut und mit Donauwasser durchströmt werden. Im Winter wird ein Teil der Verlustwärme zur Beheizung des Bauwerkes abgezweigt. Die Erregung des Synchrongenerators erfolgt bürstenlos über eine Drehstromerregermaschine mit rotierenden Dioden, um eine Verschmutzung des Generators und des Stahlhohlpfeilers durch Kohlestaub zu vermeiden. Der Spannungsregler, über eine Kompoundschaltung vom Hauptgenerator versorgt, be-

einflußt die Erregung so, daß die Spannung des Synchrongenerators unabhängig von der Belastung konstant bleibt. Ein zusätzlicher Leistungsfaktorregler ermöglicht, den Generator im Netzbetrieb mit einem vorgegebenen Leistungsfaktor zu betreiben.

#### 2. Betrieb

Das Triebwerk wird vollständig automatisiert. Die Bedienung erfolgt vom bestehenden Kraftwerk aus, wozu das Triebwerk in die vorhandenen Betätigungs- und Überwachungseinrichtungen einbezogen und in die übergeordnete Kraftwerksregelanlage integriert wird. Letztere sorgt dafür, daß der Abfluß über den Nordarm, in Abhängigkeit vom Gesamtzufluß, auf die von der Wasserwirtschaft vorgegebenen Werte geregelt wird, wobei der Oberwasserpegel die durch die Schiffahrt bestimmten Stautoleranzen nicht überschreiten darf. Das Kraftwerk ist nur an Werktagen besetzt, in der übrigen Zeit wird das Personal bei Störungen durch einen automatisch arbeitenden telefonischen Störmelder alarmiert.

#### Stützkraftstufe Vohburg

Maschinentechnische Einrichtungen

Es kommen drei gleichgroße Maschinensätze, bestehend aus doppelregulierter Kaplanturbine mit vertikaler Welle und direkt gekuppeltem Einphasen-Generator zum Einbau (Abb. 4).

#### 1. Turbinen

Der Einbau von 3 Kaplanturbinen mit vertikaler Welle hat sich gegenüber dem Einbau von 3 Kaplan-Rohrturbinen als die insgesamt wirtschaftlichere Lösung herausgestellt. Hauptdaten der Turbinen:

Laufraddurchmesser	5000	mm
Nenndurchfluß	160	m³/s
Netto-Fallhöhe	6,93	m
Nenndrehzahl	90,91	min-1
Nennleistung	9671	kW

Konstruktiver Aufbau (Abb. 5)

Das Laufrad wird mit vier in der Nabe drehbar gelagerten Laufschaufeln ausgerüstet. Der Servomotor zur Verstellung der Laufschaufeln ist in der Laufradnabe untergebracht. Das Steueröl wird dem Laufradservomotor über einen Ölzuführungsbock am oberen Wellenende und über Ölzuführungsrohre durch die hohlgebohrte Turbinenwelle zugeführt.

Der Leitapparat erhält 24 verstellbare Leitschaufeln mit wartungsfreier Lagerung. Vier mit Öldruck beaufschlagte, doppeltwirkende Servomotoren bewirken die Verstellung der Leitschaufeln. Zum Schutz vor Überbelastung wird jede Leitschaufel mit selbstrückstellenden Sicherheitslenkern ausgerüstet.

Die Turbinenwelle ist in zwei Führungs- und einem Spurlager gelagert. Das untere Führungslager ist oberhalb des Laufrades im Turbinendeckel, das obere Führungslager im Turbinenschacht unterhalb des Generators angeordnet.

Auf dem Turbinendeckel stützt sich das Segmentspurlager ab. Die gesamte, vom Spurlager aufzunehmende Axialbelastung in Höhe von 3500 kN wird über den Turbinendeckel, den oberen Leitradring und die Stützschaufeln in das Fundament eingeleitet. Eine radiale Kohlenringdichtung, über dem Laufradkuppelflansch der Turbinenwelle angeordnet, bildet die Abdichtung zwischen drehenden und stillstehenden Turbinenteilen.

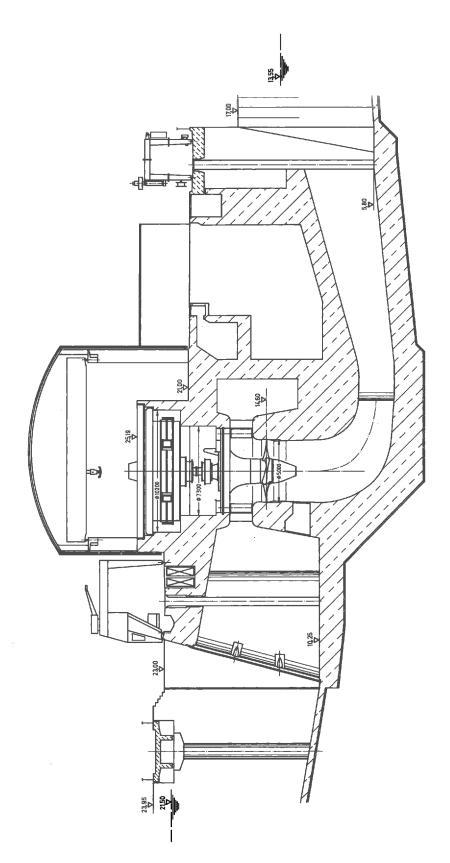


Abb. 4

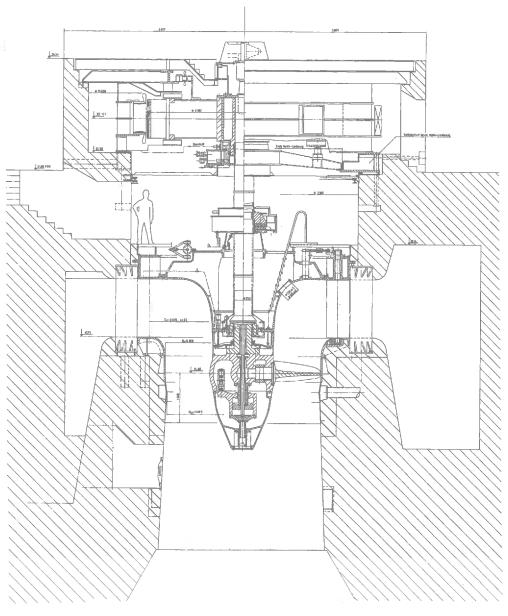


Abb. 5

#### 2. Reguliereinrichtung

Jede Turbine wird mit einer elektro-hydraulischen Reguliereinrichtung, bestehend aus:

- elektronischem Drehzahlregler für Doppelregelung
- Einrichtungen für die Drehzahlerfassung und -auswertung
- fallhöhenabhängiger Steuerung des Leitrad-/Laufrad-Zusammenhanges
- Schwallsteuerung
- Anlage zur Druckölerzeugung mit Betriebs- und Notwindkessel

ausgerüstet.

Die Regler ermöglichen einen vollautomatischen und ferngesteuerten Betrieb.

#### 3. Maschinenhauskräne

Zur Erstmontage werden die zwei, bei der Kraftwerkskette Bertoldsheim-Ingolstadt, vorhandenen 51 t-Brückenkräne in das Kraftwerk Vohburg umgesetzt. Für die späteren Betriebs- und Unterhaltsarbeiten wird nach der Erstmontage ein leichter, flurgesteuerter Brückenkran, mit einer Tragfähigkeit von 5 t, installiert.

## 4. Einlaufrechen und Rechenreinigungsmaschine

Zum Schutz der Turbinen wird vor dem Turbineneinlauf ein durchgehender Einlaufrechen mit einem lichten Stababstand von 135 mm angeordnet. Mittels einer fahrbaren Rechenreinigungsmaschine wird das vom Einlaufrechen zurückgehaltene Schwemmzeug entfernt, in eine Spülrinne abgeworfen und anschließend in eine als Zwischendeponie dienende Rechengutgrube gefördert. Der Reinigungsvorgang kann manuell von Hand oder auch vollautomatisch erfolgen. Die Rechen-

reinigungsmaschine wird kombiniert mit einem Auslegerschwenkkran mit angehängtem Mehrschalengreifer und einem Dammtafelhubwerk zum Setzen der oberwasserseitigen Dammtafeln.

#### Elektrotechnische Einrichtungen

#### 1. Generatoren

Die drei Einphasen-Generatoren speisen jeweils über einen Blocktransformator in das 110 kV-Netz der Deutschen Bundesbahn ein (Abb. 6).

Die Hauptdaten der Generatoren sind:

Scheinleistung 12 MVA
Nennspannung 6,6 kV
Leistungsfaktor 0,8
Frequenz 16²/₃ Hz
Kühlung Luft-Kreislaufkühlung

ing Luπ-Kreislautkunlung mit Wasserrückkühlung

Ein auf den Hauptgenerator aufgebauter Drehstrom-Hilfsgenerator liefert die notwendige Energie für die Erregung und Eigenbedarfsversorgung. Letztere wird bei Ausfall der Generatoren durch ein stationäres Notstromaggregat sichergestellt. Ein Anschluß an das öffentliche Netz ist nicht vorgesehen. Die Spannung des Einphasengenerators wird durch eine statische Erregungseinrichtung mit Thyristorstellglied, die des Drehstrom-Hilfsgenerators durch eine Kompounderregung auf den vorgesehenen Sollwert konstant geregelt. Begrenzungseinrichtungen schützen die Systeme vor unzulässigen Überlastungen. Den Anforderungen der Deutschen Bundesbahn entsprechend werden die Maschinensätze für Leistungs- und Phasenschieberbetrieb ausaerüstet.

#### 2. Transformatoren und Schaltanlage

Die drei Blocktransformatoren und die 110 kV-Schaltanlage werden neben dem Kraftwerk im Freien, weitgehend verdeckt von Büschen und Bäumen, aufgestellt. Die Energieableitung erfolgt nach Ingolstadt und Landshut.

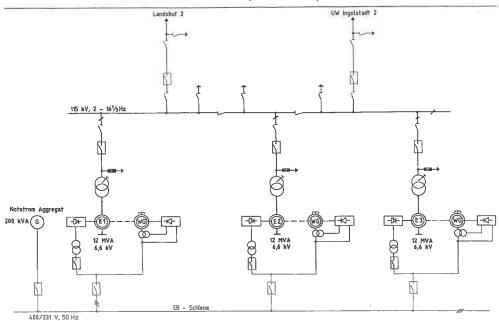
#### 3. Automatisierung und zentrale Fernsteuerung

Das Kraftwerk wird weitgehend automatisiert und von der DWK-Betriebszentrale in Bittenbrunn aus ferngesteuert und -überwacht. Das dabei verfolgte Prinzip besteht darin, so viel wie möglich vor Ort zu automatisieren, um von der Zentrale aus so wenig wie möglich eingrei-

fen zu müssen. Dadurch wird das Personal entlastet und der Betrieb bei Ausfall der Fernwirkeinrichtung oder des Fernmeldekabels aufrechterhalten, ohne daß das Kraftwerk sofort besetzt werden muß.

Jeder Maschinensatz erhält eine eigene Automatik, die mit den entsprechenden Unterautomatiken, wie Turbinenregler, Spannungsregler, Synchronisiereinrichtung zusammen arbeitet. Eine unabhängige Handsteuerung ist immer vorhanden. Ebenso greift der Generator- und Turbinenschutz direkt ein. Gefahrund Störmeldungen werden zeitfolgerichtig erfaßt und durch einen Drucker protokolliert. In die Zentralwarte werden nur Sammelmeldungen übertragen.

Kraftwerk VOHBURG, elektrisches Prinzipschaltbild



34

Die Maschinenautomatik wird als freiprogrammierbare Steuerung ausgeführt und enthält folgende Programme:

Anfahren: Der Maschinensatz wird

vom Stillstand angefahren

und synchronisiert.

Abstellen: Der Maschinensatz wird ab-

geschaltet und stillgesetzt.

Schwallbetrieb: Bei einem Lastabwurf wird

über die Turbine solange Wasser abgeführt, bis die Wehre nachgefahren sind.

Spülen: Falls sich während des Abstellvorganges Fremdkör-

per in den Leitapparat klemmen, wird dieser noch einmal geöffnet und der Abstellvorgang wiederholt.

Notanfahren: Bei ausgefallenem Eigen-

bedarf wird die Turbine über die Kraftwerksbatterie an-

aefahren.

EB-Versorgung: Bei Netzausfall werden alle

Maschinensätze bis auf einen vorgewählten abgeschaltet, der die Eigenbedarfsversorgung über-

nimmt.

Den Maschinenautomatiken ist eine Kraftwerksautomatik überlagert, die den Wasserabfluß über die Turbinen und das Wehr so regelt, daß der Oberwasserpegel konstant bleibt, Zuflußschwankungen nicht verstärkt werden und das zufließende Wasser möglichst über die Turbinen abgearbeitet wird. Die Aufgabe wird im wesentlichen durch eine Durchflußregelung mit überlagerter Pegelregelung gelöst.

Der Durchflußregler erhält als Sollwert den Abfluß der oberliegenden Staustufe (Ingolstadt) und als Istwert den Durchfluß der eigenen Stützkraftstufe. Der überlagerte Pegelregler greift nur ein, wenn der Oberwasserpegel droht, die zulässigen Toleranzen nach oben oder unten zu überschreiten. Dies ist immer der Fall, wenn durch Störgrößen (seitliche Zuflüsse, Starkregen, Meßfehler) das Gleichgewicht zwischen Zu- und Abfluß in der Haltung gestört wird. Die Automatik wirkt in Abhängigkeit des Reglerausganges auf die Öffnungsbegrenzung der Turbinen. Haben diese ihre volle Öffnung erreicht, wird auf Wehrbetrieb umgeschaltet und das Wehr entsprechend beaufschlagt.

Von der Betriebszentrale aus wird die Wirksamkeit der Kraftwerksautomatik überwacht. Pegel-und Durchflußsollwert können von dort auch verändert werden. Redundant zur Kraftwerksautomatik können die Maschinensätze und Wehrverschlüsse einzeln von Ferne verfahren bzw. angefahren und abgestellt werden.

Die Kraftwerksautomatik wird ebenfalls als speicherprogrammierbares Steuer- und Regelsystem ausgeführt. Der Vorteil gegenüber festprogrammierten Systemen liegt in der einfachen Prüf- und Änderungsmöglichkeit, Kopierbarkeit ausgetesteter Programme von ähnlichen Staustufen und in der einfachen Dokumentation und Revision durch Ausdrucken des fertigen Programmspeichers.

Die Stützkraftstufe Vohburg wird nur während der Normalarbeitszeit besetzt werden, wobei sich die Tätigkeit des Personals im wesentlichen auf Überwachungs- und Wartungsaufgaben beschränkt. Die Betriebsführung erfolgt von der Zentralwarte aus, die bei Störungen und unbesetztem Kraftwerk den Bereitschaftsdienst informiert.

Einbindung neuer Donaukraftwerke in die Natur an den Beispielen des Stützkraftwerkes Vohburg und des Kraftwerkes Schwenningen.

Planungen und Bauausführung in Vohburg, Ergebnisse nach mehrjährigem Betrieb in Schwenningen von Dr. Peter Moosbrugger, Rheln-Main-Donau AG, München.

Am Donaukraftwerk Vohburg, der nach Ingolstadt flußabwärts folgenden Stufe, wurde 1983 mit dem Bau begonnen. Dem ging eine intensive Planungsphase und ein sich über sieben Jahre hinziehendes Genehmigungsverfahren voraus. Dabei lagen die Schwerpunkte auf Fragen zum ökologischen Ausgleich der Auswirkungen, die sich aus dem Staustufenbau ergeben und deren Berücksichtigung und Umsetzung in Planung und Ausführung. Dies jedoch immer vor dem Hintergrund, daß aus flußmorphologischen und daraus resultierenden ökologischen Gründen Maßnahmen zur Sanierung der Donau notwendig sind.

Bis in die erste Hälfte des vorigen Jahrhunderts war die Donau ein durch Menschenhand unbeeinflußter, mäandrierender Fluß, der sein Bett im mehrere Kilometer breiten Flußtal ständig verlagerte. Landwirtschaft und Besiedlung konnten sich gegen den Fluß nicht durchsetzen und waren entsprechend gering. Als man Ende des 18. Jahrhunderts mit großen Kultivierungsmaßnahmen begann, stellte sich schnell heraus, daß alle dazu erforderlichen Entwässerungsmaßnahmen von der Höhenlage und dem Abflußvermögen der Donau begrenzt waren. 1836 wurde daher mit der systematischen Flußkorrektion begonnen, die etwa 1870 abgeschlossen war. Größere Flußschleifen wurden in Durchstichen mit schmalen Gerinnen abgeschnitten, Buhnen wurden zur Eingrenzung des Flußbettes und Erhöhung der Räumkraft angelegt. Die Lage des Flußbettes wurde damit stabilisiert und der Flußlauf um 20% verkürzt. Größeres Gefälle und höhere Fließgeschwindigkeit sorgten für die Eintiefung der Sohle. Um das erreichte Ziel, das kultivierte Land auch vor dem weiterhin gefährlichen Hochwasser zu schützen, wurden ab 1890 und bis heute fortgesetzt Hochwasserdeiche angelegt.

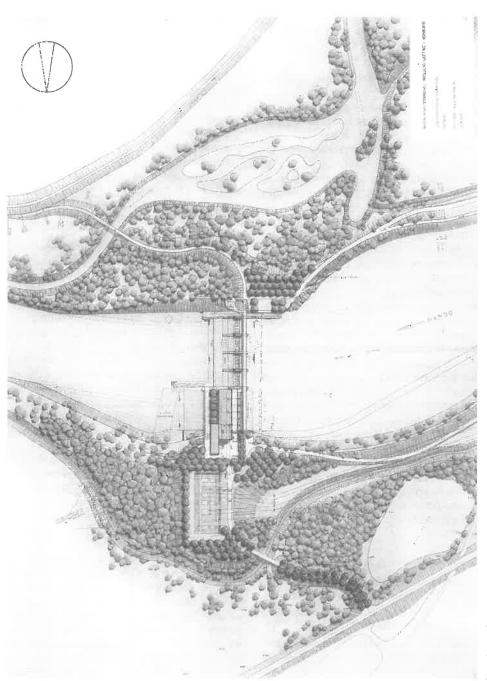
Alle diese flußbaulichen Maßnahmen hatten erhebliche flußmorphologische Folgen. Die Donau tiefte sich weiterhin stark ein. Bei Ingolstadt sind es seit 1898 2,9 m. Die Folge ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels mit bedeutenden negativen Auswirkungen auf die Landeskultur, wie unter anderem Versteppungen, Rückgang der Auwälder und Trokkenfallen von Mooren. Ohne Gegenmaßnahmen hätte sich dieser Prozeß, der auch Brükken und Ufer gefährdet, fortgesetzt.

Die Sanierung der Donau und der Donauauen ist daher sowohl aus wasserwirtschaftlichen als auch aus Gründen des Naturschutzes und der Landschaftspflege notwendig.

14 fertige Stufen an der oberen Donau bestätigen, daß sich das Problem am besten durch den abschnittweisen Aufstau der Donau lösen läßt. Reduzierte Fließgeschwindigkeiten stabilisieren die Flußsohle, und der Aufstau reguliert den Grundwasserspiegel.

Auch für den Donauabschnitt unterhalb Ingolstadt bot sich aus wasserwirtschaftlichen und energiewirtschaftlichen Gründen als zielführende und zweckmäßigste Lösung der Bau einer Stützstaustufe mit einem Kraftwerk zur Nutzung der Wasserkraft an.

Der Stauraum ist mit Dämmen und einer in den Untergrund reichenden Schmalwanddichtung eingedeicht und gedichtet, er ist auf einen möglichst schmalen Bereich entlang dem alten Flußbett beschränkt. Die unmittelbar und ständig überstaute Fläche ist dadurch gering gehalten, und im gesamten Vorlandbereich des oberen Abschnittes der Stufe bleibt die Flutungsdynamik des Flusses erhalten. Vorhandene Altwasser, Bäche und Gerinne in der Aulandschaft des Vorlandes werden zusammen mit neu anzulegenden Bachläufen und Gräben zu einem vernetzten Gewässersystem ausgebildet. Fließgewässer und Grundwasser werden damit den ökologischen



Landschaftliche Einbindung

und wasserwirtschaftlichen Zielen entsprechend reguliert.

Der gesamte Landbedarf für die Staustufe beträgt 300 ha. Davon entfallen 130 ha auf den unmittelbaren Flächenbedarf der Staustufe und die Erweiterung der Wasserfläche im Stauraum, einschließlich der Dämme; 170 ha werden für ökologische Ausgleichsmaßnahmen und Ersatzflächen für Aufforstungen beansprucht.

Allein aus diesem Verhältnis des Flächenbedarfs für technische Erfordernisse und ökologische Planung ist eindrucksvoll zu erkennen, wo die Schwerpunkte beim Bau eines Flußkraftwerkes und dessen Einbindung in Natur und Landschaft liegen.

Bereits im Raumordnungsverfahren wurde der Rahmen für die ökologischen und landschaftspflegerischen Maßnahmen abgesteckt. Sie sollen sicherstellen, daß nach Jahrzehnten, in denen alle Maßnahmen an der Donau auf Entwässerung abgestellt waren und als deren Folge beträchtliche Schäden an der Natur eintraten, endgültig beendet werden. Nunmehr wird der umgekehrte Weg begangen, nämlich der der Bewässerung, um die Vielfalt der Natur zu beleben.

Auf Grund eigener Planung und Auflagen der Behörden wurde ein Konzept entwickelt, das Ersatz und Ausgleich für die Eingriffe in Landschaft und Natur schaft und den gesamten betroffenen Raum naturnäher gestaltet als er vorher war.

#### Hauptziele der Planung sind:

- den durch die Baumaßnahme verursachten Eingriff in Natur und Landschaft so gering wie möglich zu halten und unvermeidbare Eingriffe auszugleichen;
- mit der durch die Stauerrichtung bedingten Anhebung des Grundwasserspiegels weite, bisher landwirtschaftlich genützte

- Bereiche im Donauvorland wieder einer ungestörten natürlichen Entwicklung zu überlassen;
- neue Nebengewässer anzulegen, die Ersatz dafür schaffen, daß die Donau im Stauraum ihre Eigenschaft als Fließgewässer verliert;
- im gestauten Fluß mit aufgelockerten und reich gegliederten Uferbereichen mit Flachwasser- und Inselzonen ökologisch wertvolle Standorte zu schaffen.

Grundlage für die landschaftspflegerische Planung mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist eine umfangreiche ökologische Bestandsaufnahme. Im gesamten Planungsgebiet wurden pflanzensoziologische und floristische Erhebungen sowie die Kartierung der vorkommenden Arten der Vögel, Amphibien, Schnecken, Muscheln und Käfern durchgeführt. In den Nebengewässern der Donau erfolgte eine Bestandsaufnahme der vorkommenden Fischarten und eine Analyse der limnologischen Verhältnisse.

Einige wesentliche Maßnahmen aus dem Gesamtkonzept der Planung sollen hier beispielhaft erwähnt werden.

Zwischen dem Hochwasserdamm und dem künftigen Stauhaltungsdamm am rechten Ufer wird mit der Anlage eines 7 km langen Vorlandgrabens ein neues Fließgewässer geschaffen, das die Grundwasserstände im Vorland in dem für Auwälder und Feuchtlebensräume günstigen Bereich hält. Durch Ausleitung aus der Donau wird ein ständiger Durchfluß gewährleistet. Der Vorlandgraben wird naturnah mit unregelmäßiger Linienführung, variabler Breite und variablen Böschungsneigungen ausgebaut. Im oberen Staubereich werden das Vorland und damit die Auwälder der natürlichen Hochwasserdvnamik der Donau ausgesetzt. Im unteren Staubereich erfolgen Überschwemmungen durch Hochwasser der Paar oder Rückstau der Donau in die Paar. Damit wird die ackerbauliche Nutzung des Geländes ausgeschlossen und die Voraussetzungen für die Entwicklung von Auwald, Feuchtstandorten und Sukzessionsflächen geschaffen.

Der Mailinger Bach wird von seiner ursprünglichen Mündung am linken Donauufer in das Unterwasser der Staustufe verlegt. Er dient als Binnenvorfluter und stabilisiert die Grundwasserverhältnisse in den angrenzenden Auwaldbeständen. Beim naturnahen Ausbau des Baches als Fließgewässer werden Auwald und bestehende Altwässer geschont und bleiben erhalten.

Auch die am rechten Ufer mündende Paar wird südlich an der Stufenstelle vorbeiverlegt und in das Unterwasser eingeleitet. Unter Einbeziehung einer Altwasserrinne wird sie als Fließgewässer, dem die Abflußdynamik der Paar erhalten bleibt, ausgebildet. Etwa 1 km unterhalb der Stufenstelle mündet die verlegte Paar mit einer deltaartigen Aufweitung in die Donau.

Zum Ausgleich unvermeidlicher Abholzungen im Baubereich und darüber hinaus als eine wesentliche Maßnahme im ökologischen Gesamtkonzept werden gerodete Waldflächen und bisher landwirtschaftlich genutzte Flächen in der Auenlandschaft mit standortgerechten Gehölzen aufgeforstet.

Mit Rücksicht auf eine sparsame Flächeninanspruchnahme für den Stauraum erhalten die Dämme eine gestreckte Linienführung.



Die neuen Ufer der Donau werden jedoch soweit wie möglich aufgelockert. Das beginnt damit, daß die Dämme eine Innendichtung erhalten und die wasserseitigen Böschungen mit einem offenen Deckwerk aus Natursteinen gesichert werden. Im Uferbereich werden Flachwasserzonen angelegt. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems der Flußaue und dienen als Laich- und Brutplätze sowie als Nahrungsbiotop, haben aber auch als Rückzugs- und Überlebensräume für seltene Arten große Bedeutung. Die Verbindung der Flachwasserzonen zur Donau muß bei allen Wasserständen erhalten bleiben.

Durch das Anlegen mehrerer Inseln werden Bereiche geschaffen, die gegen äußere Einflüsse weitgehend geschützt sind. Sie werden der natürlichen Entwicklung überlassen, was wiederum gute Möglichkeiten für eine standorttypische Pflanzen- und Tierwelt bietet.

Im unmittelbaren Baustellenbereich werden wertvolle Pflanzenbestände gesichert und an neuen geeigneten Standorten wieder eingebaut. Auch im Wasser und in Feuchtgebieten lebende Fische, Amphibien und Kleintiere werden geborgen und umgesetzt.

Um den landschaftspflegerischen Begleitplan in die Realität umzusetzen, wurde neben der technischen Bauleitung eine ökologische Bauleitung installiert. Die sorgfältige Koordinierung beider Bereiche ist Voraussetzung für den Gesamterfolg.

Zur Sicherung der ökologischen Maßnahmen wird nicht nur die fischereiliche Nutzung eingeschränkt, sondern auch die landwirtschaftliche. Darüber hinaus soll durch weitere Auflagen langfristig sichergestellt werden, daß der Naturhaushalt besonders im Auenbereich funktionsfähig bleibt.

Nach Fertigstellung der Baumaßnahme ist von der staatlichen Naturschutzbehörde eine Langzeitbeobachtung angeordnet worden. Die damit an der Staustufe Vohburg gesammelten Erfahrungen werden wertvolle Grundlagen für künftige Planungen liefern.

An den vier Staustufen der oberen Donau von Dillingen bis Donauwörth zeigt sich schon nach wenigen Betriebsjahren, daß die Einbindung in Natur und Landschaft gut gelingen kann. Am Beispiel der Staustufe Schwenningen, die 1983 in Betrieb ging, kann das Ergebnis landschaftspflegerischer Begleitplanung und deren Umsetzung mit landschaftsgerechtem Bauen gezeigt werden.

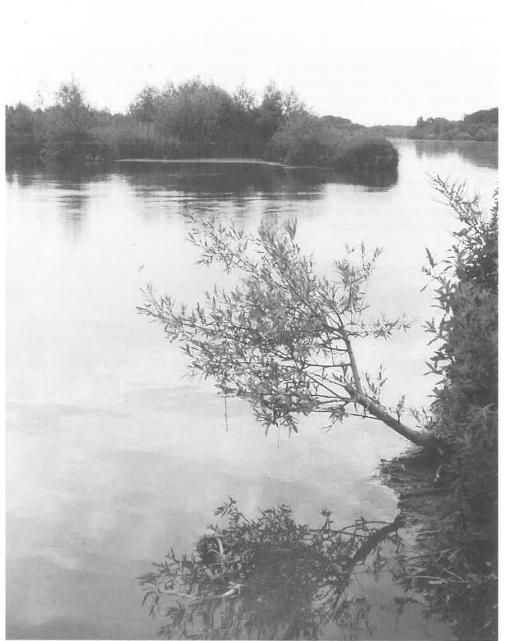
Die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind vielversprechend und haben unter anderem ergeben, daß sich auf den jeweiligen Standorten der erwartete Bewuchs mit entsprechender Artenstruktur und Vielfalt entwickelt hat und weiter entwickeln wird.

Die damit gegebenen guten Standortbedingungen haben wiederum die Entwicklung der Tierwelt gefördert und zu erfreulichen Ergebnissen geführt. So haben sich 46 Arten von Brutvögeln eingestellt. Mindestens vier bayernweit gefährdete Arten und als Besonderheit die stark bedrohte Spezies, die Beutelmeise, haben in den Donauauen ein Domizil gefunden.

Standorttypische Amphibien und Laufkäfer wurden im Untersuchungsgebiet gefunden. Zwanzig Klein- und Großlibellenarten haben sich Altwässer und Bachläufe als Lebensraum gewählt. Darunter auch die bisher als gefährdet geltende Gebänderte Prachtlibelle.

Die Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen, bei der Fortführung ist sicher mit dem Nachweis weiterer Arten zu rechnen. Schon jetzt werden aber die Untersuchungsgebiete von Fachleuten als überdurchschnittlich artenreich und somit naturschutzfachlich bedeutsam eingestuft.

Aber nicht nur diese wissenschaftlich angestellte Untersuchung, auch der Augenschein vermittelt einen überzeugenden Eindruck davon, daß die Natur sinnvoll geplante und scho-



41 Blick in den Stauraum Schwenningen

nend vorgenommene Eingriffe ohne Schaden bewältigt und in kurzer Zeit ausgleicht, und daß es darüber hinaus sogar gelingt, mit gezielten technischen und begleitenden naturund landschaftspflegerischen Maßnahmen die Natur auch dort wieder zur Entfaltung zu bringen, wo sie durch menschliche Einwirkungen schon im Rückzug begriffen war.

Technische Planung für energiewirtschaftliche Nutzung und wasserwirtschaftliche Planungen an einem Fluß müssen und können mit ökologisch-landschaftspflegerischen Zielen in Konsens gebracht werden.

Mit dieser positiven Erfahrung, die sich auf sichtbare und naturschutzfachlich nachweisbare Ergebnisse stützt, kann mit Sicherheit angenommen werden, daß der hohe Anspruch bei Vorbereitung und Planung sowie die Sorgfalt und der große Aufwand in der Ausführung auch an der Staustufe Vohburg den erwarteten Erfolg bringen und zur Erhaltung und Förderung von Natur und Landschaft in unserem Lebensraum beitragen wird.

Herausgeber: Deutscher Kanal- und Schiffahrtsverein Rhein-Main-Donau e.V., Nürnberg

Druck: Verlagsdruckerei Schmidt GmbH, Neustadt/Aisch

ISSN 0177-1795

Fotos: Bischof+Broel, Nürnberg

Lithos: Verlagsdruckerei Schmidt GmbH, Neustadt/Aisch

Luftbildfreigabe: Bischof+Broel, Nürnberg, LAN-G-301