Deutscher Kanal-
und
Schiffahrtsverein
Rhein-Main-Donau

32

Mitteilungsblätter

Mitteilungsblätter
November 1979
Nummer 32

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

Vorwort

Die Wasserkraftwerke der Rhein-Main-Donau AG

Von Dipl.-Ing. Anton Schweiger, Vorstandsmitglied der Rhein-Main-Donau AG, München

In diesem Heft wird über die Wasserkraftwerke der Rhein-Main-Donau AG (RMD) am Main berichtet. Das bedeutet einen Rückblick auf mehr als 50 Jahre Wasserkraftwerksbau, denn nicht nur die Untere Mainmühle in Würzburg und das Kraftwerk Viereth bei Bamberg, sondern auch unser größtes Werk, das Kraftwerk Kachlet, haben ihren 50. „Geburtstag" bereits hinter sich. Dieser Rückblick wird aber auch bestätigen, daß die Gründer der RMD mit der Entscheidung, die Wasserstraße aus den Erträgen der Wasserkraftwerke zu bauen, einen bewundernswert weitschauenden Beschluß gefaßt haben.

Wie so oft bei souveränen Entscheidungen, war auch in diesem Fall der Wert der Wasserkraftwerke nicht immer unbestritten. In den frühen 30er Jahren gab es wegen der schlechten Wirtschaftslage ein Überangebot an elektrischer Energie, so daß nur mit Mühe verhindert werden konnte, daß die neugebauten Kraftwerke zeitweise stillgelegt wurden. Dieser Zustand hielt jedoch nicht lange an, und unsere Kraftwerke wurden ein wesentlicher Bestandteil der bayerischen Energieversorgung. Diese Bedeutung verstärkte sich trotz einiger Kriegsschäden in den ersten Nachkriegsjahren. Im Oktober 1946 — zu einer Zeit, als oberhalb Würzburg nur das Kraftwerk Viereth in Betrieb war — lieferten die RMD-Kraftwerke 38% der in der US-Zone verbrauchten elektrischen Energie. Dieser prozentual hohe Anteil schwand natürlich im Laufe der Zeit, und in den Jahren der Kernkraftwerkseuphorie schlug die Einschätzung der Wasserkraft ins Gegenteil um. Man forderte allen Ernstes, Wasserkraftwerke der Größe, wie wir sie am Main haben, stillzulegen. Heute, nachdem man die Grenzen der Energievorräte dieser Welt erkannt hat, stellen dieselben Kraftwerke wenn auch keinen entscheidenden, so doch einen wichtigen und seit einigen Jahren allseits willkommenen Teil unserer Energieversorgung dar. Immerhin werden zur Zeit etwa 25% der in Bayern verbrauchten elektrischen Energie aus Wasserkraft erzeugt, ein Viertel davon stammt wiederum aus den Werken unseres Unternehmens.

Aus den folgenden Aufsätzen können Sie entnehmen, wie sich unsere Laufwasserkraftwerke am Main im einzelnen entwikkelt haben. Nach einer jahrzehntelangen Neubautätigkeit an Donau und Lech wurde dann das erste Hochdruckwerk im Bereich der RMD, das Pumpspeicherwerk Langenprozelten, von unserer Tochtergesellschaft Donau-Wasserkraft AG am Main gebaut.

Gleichzeitig bekommen Sie aber auch einen Eindruck von der Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftwerke. Mit einer Generalrevision nach 35 Jahren bei einem Kapitalaufwand von knapp 15% der heutigen Neubaukosten wurden die Werke unterhalb Würzburg auf einen technischen Stand gebracht, der sie für weitere 35 Jahre zu vollwertigen und sicheren Energieerzeugern macht. Um diesen hohen Standard zu erreichen und zu erhalten, bedarf es allerdings des vollen Einsatzes unserer Mitarbeiter in den Planungsabteilungen, Betriebsleitungen und Kraftwerken.

Fünf Jahrzehnte Kraftwerksbau der Rhein-Main-Donau AG am Main

Von Dipl.-Ing. Hansjoachim Kesseler, Leiter des Referates Betriebsüberwachung der Rhein-Main-Donau AG, München

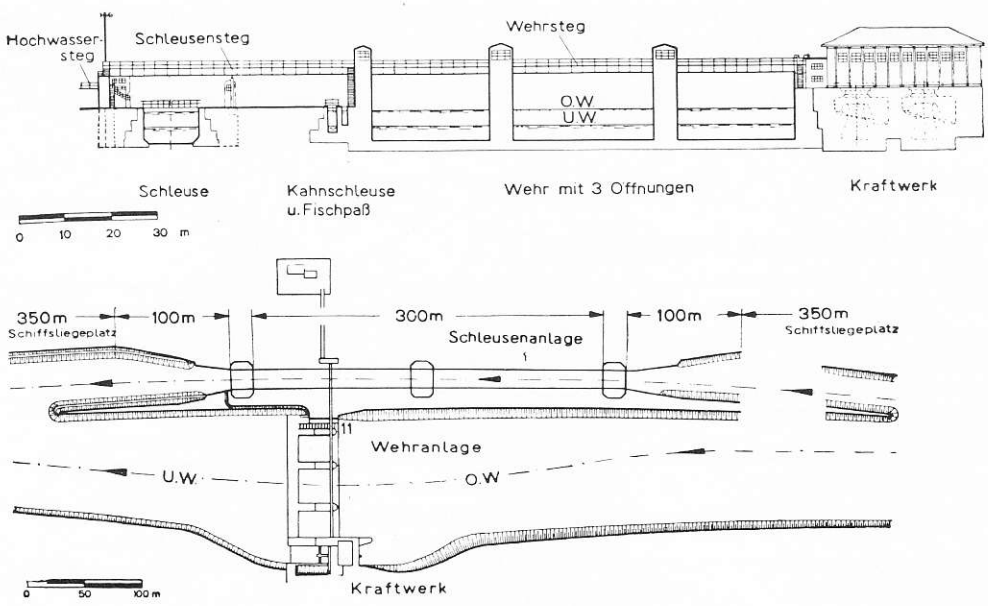
Kraftwerksbau 1921 bis 1940

Die Rhein-Main-Donau AG (RMD) hat kurz nach ihrer Gründung mit dem Bau von Kraftwerken begonnen und zunächst die Kraftwerke Untere Mainmühle in Würzburg im Jahre 1924 (690 kW*, 3,7 GWh*) und Viereth am Main im Jahre 1925 (3350 kW*, 20,0 GWh*) errichtet.

Dabei lagen bereits grundsätzliche Erfahrungen über Niederdruckkraftwerke vor. So hatte sich bei Fallhöhen, wie sie am Main und an der Donau zur Verfügung stehen, und bei wechselnder Wasserführung die senkrechte Anordnung der Turbinen- und Generatorwelle als zweckmäßiger erwiesen als die waagerechte Wellenlagerung. Die senkrechte Bauart wurde daher schon bei den ersten Werken angewendet und seither beibehalten.

Bei der Planung dieser genannten Werke war jedoch die Entwicklung der Kaplanturbine, die für Niederdruckanlagen wegen ihrer guten Anpassung an wechselnde Fallhöhen und Wasserdurchflüsse die ideale Kraftmaschine ist, noch nicht genügend fortgeschritten, so daß die beiden Werke daher noch nach der älteren Bauweise mit Francisturbinen ausgerüstet werden mußten. Das Kraftwerk Untere Mainmühle erhielt zunächst Gleichstromgeneratoren, die 1951 durch Drehstromgeneratoren ersetzt wurden, bei gleichzeitiger Erhöhung

* Ausbauleistung in kW
Erzeugung in GWh (= Millionen kWh)



Ansicht und Lageplan der Staustufe Randersacker

3 Bild 1

der Leistung auf 900 kW und der Erzeugung auf 5 GWh; sie werden jeweils über ein Stirnradgetriebe angetrieben. Im Kraftwerk Viereth ist der Drehstromgenerator bereits unmittelbar mit der Turbine gekuppelt.

Der planmäßige Ausbau der Schiffahrtsstraße Main oberhalb Aschaffenburg begann erst im Jahre 1927. Die Bauweise, die von nun an bei allen Stufen mit geringen Abweichungen angewandt wurde, ist aus Bild 1 zu ersehen. In der Mitte befindet sich das Wehr, meist mit drei Feldern. Auf der einen Seite schließt sich die Schleuse mit dem unteren und oberen Vorhafen und auf der anderen Seite die Kraftwerksbucht mit dem Krafthaus an. In der Mehrzahl der Fälle sind zwei doppelt regulierbare Kaplanturbinen mit einer Schluckfähigkeit von 55 m^3/s bis 70 m^3/s je Einheit mit meist direkt gekuppeltem Drehstromgenerator eingebaut. Wegen des Anschlusses an den bereits schiffbaren Teil des Mains wurde mit dem Ausbau beim untersten Flußabschnitt begonnen.

Die Einteilung der Stauhaltungen und die Höhe der Stufen zeigt der Lageplan im Artikel von Ulrich Reincke auf den Seiten 20 und 21 dieses Heftes. Bei einer Streckenlänge von 312 Kilometern und einem Höhenunterschied von 129 Metern ist die Zahl der Stufen mit 29 ziemlich groß und demgemäß die durchschnittliche Fallhöhe relativ gering. Für die Auslegung eines Kraftwerkes ist neben der Fallhöhe vor allem der Ausbaudurchfluß von Bedeutung. Bei der Betrachtung der 29 Kraftwerke lassen sich hier erhebliche Unterschiede erkennen, die einerseits durch die historische Entwicklung und andererseits auch durch besondere örtliche Verhältnisse bedingt sind. So hat der Werkausbaugrad, d. h. das Verhältnis des Ausbaudurchflusses zur mittleren Wasserführung, von 83% bei Obernau (1930) bis auf 131% bei Ottendorf (1962) zugenommen.

Tafel 1

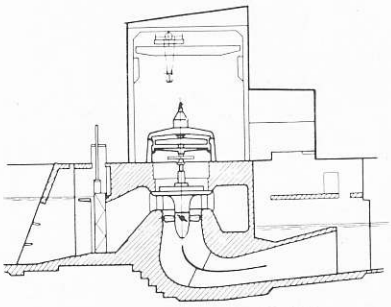
Technische Daten von Mainkraftwerken

		Höchstwert		Kleinstwert	
Ausbauzufluß	m^3/s	145	Freudenberg Faulbach	62,5	Volkach
Ausbaufallhöhe	m	6,38	Ottendorf	2,50	Marktbreit
Laufraddurchmesser	m	4,70	Harrbach Himmelstadt Erlabrunn	3,20	Gerlachshausen Ottendorf
Turbinendrehzahl	1/min	130,4	Ottendorf	68,2	(12 Werke)
Generatorenleistung	MW	6,3	Ottendorf	2,0	Randersacker Großmannsdorf

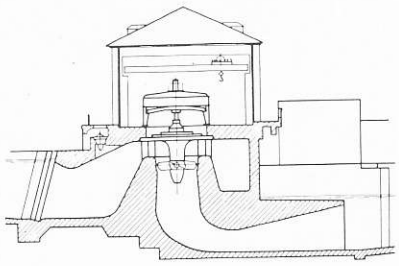
Vor mehreren Jahrzehnten, als die Verbundwirtschaft in der Elektrizitätsversorgung noch nicht soweit entwickelt war wie heute, hatte man bei Laufkraftwerken das Bestreben, ein möglichst gleichmäßiges Energiedargebot zu erhalten, was mit Hilfe eines niedrigen Ausbaues bis zu einem gewissen Grad erreicht werden konnte. Dies spiegelt sich auch in den Ausbautagen wieder, an denen der Ausbaudurchfluß im Regeljahr erreicht oder überschritten wird; so liegt er für Obernau noch bei 160 Tagen, bei Ottendorf bzw. Kleinostheim dagegen bei 75 bzw. 81 Tagen. In Tafel 1 ist die Bandbreite einiger technischer Daten der seit 1927 gebauten Mainkraftwerke angegeben.

Die Wehre erhielten fast durchweg Walzenverschlüsse. In wenigen Fällen wurden Schütze mit Klappen oder wie in Ottendorf hydraulisch angetriebene Klappenverschlüsse verwendet. Für die Feinregelung des Staues und zur Aufrechterhaltung des Abflusses beim Ausfall des Kraftwerkes war es notwendig, wenigstens bei einer Wehröffnung einen Verschluß vorzusehen, der rasch abgesenkt werden kann.

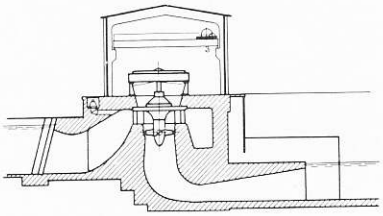
Bei den im Zuge des Mainausbaues in den Jahren 1930 bis 1932 errichteten Werken Obernau, Kleinwallstadt, Klingenberg und Großheubach (zusammen rund 13000 kW und 79 GWh) wurde die sogenannte klassische Bauweise verwendet (Bild 2 und 3). Auf den Kaplanturbinen mit senkrechter Welle sind direkt gekuppelte Drehstromgeneratoren aufgebaut. Die Welle war bei dieser Ausführungsform noch geteilt und das Traglager oberhalb des Generators



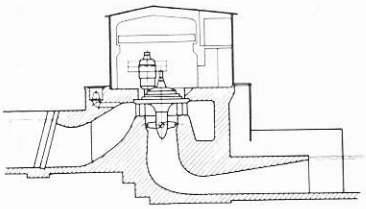
Obernau - 1928/30



Faulbach - 1937/39



Limbach - 1949/51



Marktbreit - 1953/55

Krafthaus-querschnitte

angeordnet. Um die Maschinensätze ein- und ausbauen zu können, mußte die Kranbahn in 12 m Höhe über dem Maschinenhausflur angeordnet werden, was für heutige Verhältnisse ein ungewöhnlich hohes Krafthaus erforderte. Im Turbineneinlauf wurden Schützen mit Öldruckbetätigung vorgesehen. Die Erregermaschinen sind jedoch — abweichend von der sonst üblichen Bauweise — nicht auf die langsam laufende Maschinenwelle aufgebaut, sondern durch Riemenantrieb mit der Welle verbunden.

Das Ziel der Entwicklungsarbeiten war aber die Verringerung des Maschinenhauses durch niedrige Bauhöhe der Maschinen und die Verringerung der Kranlasten durch entsprechende Konstruktion. Zur Erreichung dieses Ziels hat vor allem eine Anordnung des Maschinensatzes geführt, bei der das Traglager auf dem Turbinendeckel angeordnet und die einteilige Welle lediglich von zwei Führungslagern in Turbine und Armstern geführt wird. Das Polrad des Stromerzeugers ist dabei freiliegend oberhalb des zweiten Führungslagers angebracht (Schirmgenerator). Die in den Jahren 1934 und 1935 fertiggestellten Werke Freudenberg und Erlabrunn weisen schon einzelne Kennzeichen auf, die den Übergang zur sogenannten RMD-Bauweise bilden. Sie wurde für weitere elf Staustufen am Main beibehalten.

Bereits im Jahre 1934 führte man die He-

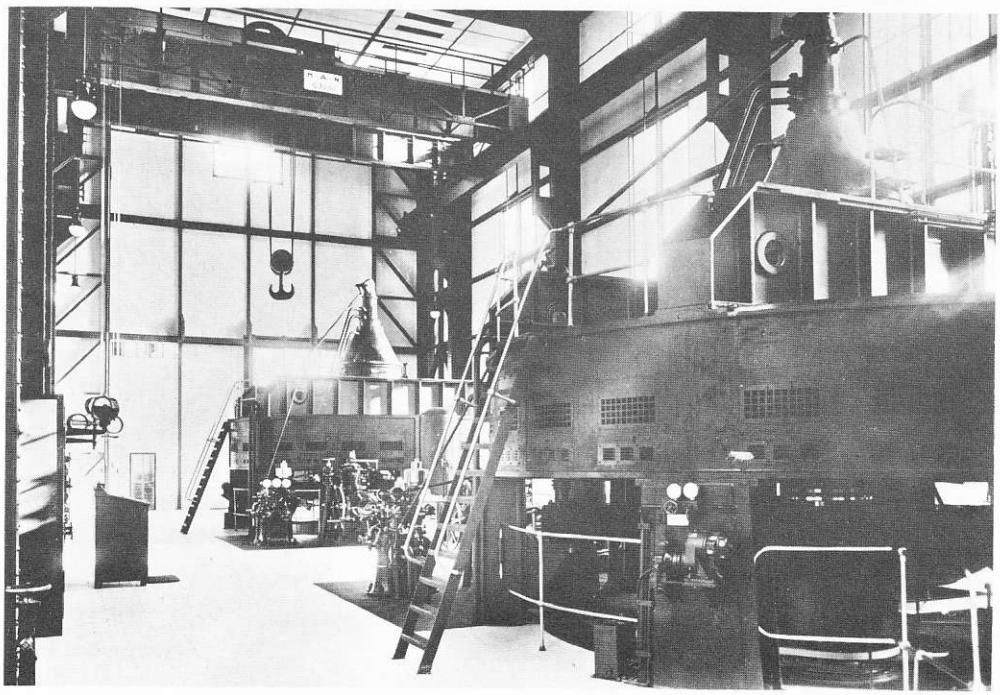


Bild 3: Innenansicht Kraftwerk Kleinwallstadt vor dem Jahr 1965

berbauweise ein, bei der die Oberkante der Einlaufspirale der Turbine über dem Stauziel liegt. Durch die Heberanordnung kann der Wasserdurchfluß durch Belüftungsventile in den Turbinenkammern unterbrochen werden; somit konnten die Notschlußschützen im Turbineneinlauf entfallen. Zum Anlauf wird die Turbinenkammer durch eine Vakuumpumpe oder durch einen Ejektor entlüftet. Dadurch wird der Wasserspiegel in die Spirale angehoben, so daß das Wasser das Laufrad durchströmt. Diese Bauweise, die bei den Werken mit niedriger Fallhöhe gewisse Ersparnisse in den Baukosten wegen geringerer Gründungstiefe und betriebliche Vorteile mit sich bringt, wurde bei allen weiteren Stufen mit Fallhöhen unter 4,6 m beibehalten.

Bei den in den Jahren 1939 und 1940 errichteten Mainkraftwerken Faulbach, Eichel, Rothenfels und Steinbach bzw. Lengfurt, Harrbach und Himmelstadt konnte die RMD-Bauweise unter Ausnutzung der Fortschritte im Turbinenbau und der elektrischen Anlagenteile in vollem Umfang verwirklicht werden (Bild 2). Der bisher zwischen den Kuppelflanschen der Welle sitzende Servomotor für die Laufradregelung ist in die Nabe des Polrades am oberen Ende der Welle verlegt worden. Das Spurlager ist nicht mehr auf dem oberen Armstern des Generators, sondern auf dem Turbinendeckel angeordnet und anstelle der Kegelradgetriebe für den Antrieb der Ölpumpen für den Regler und die Lagerschmierung ist eine Zahnradpumpe verwendet worden, die als Wellenpumpe auf der Turbinenwelle sitzt. Ständer und Läufer des Generators wurden mehrfach unterteilt, so daß für die dadurch entstehenden kleinen Einzellasten ein leichter Kran ausreicht. Zur Erregung des Generators dient ein getrennt aufgestellter Erregerumformer, der durch eine Starterbatterie netzunabhängig angefahren werden kann. Die Kranbahn liegt bei dieser Bauweise nur mehr 5,50 Meter über dem Maschinenhausflur. Die RMD-Bauweise verminderte in diesem Stadium der Entwicklung den Materialaufwand und die Kosten für die Kraftwerke beträchtlich. Ein Vergleich mit den Werken von 1929 zeigt, daß der umbaute Raum um ca. 65% und die Kosten um ca. 40% gesenkt werden konnten. Darüber hinaus wurde die Montage erleichtert, die Betriebssicherheit erhöht und die Zugänglichkeit der der Wartung unterliegenden Teile verbessert (Bild 4).

Mit diesen Kraftwerksbauten war der Ausbau der Flußstrecke Aschaffenburg bis Würzburg vollendet. Durch Kriegseinwirkungen entstanden Gebäudeschäden an den Kraftwerken Kleinwallstadt, Faulbach, Lengfurt, Rothenfels, Steinbach und Harrbach. Das Kraftwerk Erlabrunn wurde durch Tieffflieger an maschinellen und elektrischen Teilen beschädigt. In den letzten Kriegstagen wurden bei allen Werken die Wehrstege mindestens an einer Öffnung gesprengt. An einzelnen Stufen konnte der Stau nicht mehr gehalten werden; die Werke Obernau und Harrbach fielen längere Zeit aus. Die Sprengungen zerstörten vielfach die Kabel für den Energietransport und die Wehrsteuerung sowie Fernsprechleitungen, so daß die Werke zeitweise stillstanden oder nur zur Deckung des Eigenbedarfs dienten. Die Schäden konnten durch das Kraftwerkspersonal weitgehend selbst behoben werden, die Werke waren wenige Monate nach Kriegsende wieder voll betriebsfähig.

Kraftwerksbau nach 1945

Während des Krieges war der Bau der Schiffahrtsanlagen bei den Mainstufen Randersacker, Goßmannsdorf, Wipfeld

und Limbach oberhalb Würzburg begonnen worden; er mußte aber später eingestellt werden. An diesen Staustufen wurde daher 1947 auch der Bau der Kraftwerke wieder aufgenommen. Die konsequente Weiterführung des ideenmäßig schon vorliegenden Entwicklungsprogrammes wurde aber durch äußere Einflüsse gehemmt, die vorwiegend auf die Situation bei den Herstellerfirmen wegen Rohstoffmangels zurückzuführen waren. Bei der Gestaltung der Kraftwerke behielt man die in der Vorkriegszeit bewährte Bauform im wesentlichen bei und soweit als möglich auch das technische Konzept (Bild 2 und 5).
Bei den Werken Randersacker, Goßmannsdorf und Wipfeld mußte zunächst eine abweichende Erregeranordnung ausgeführt

Bild 4: Innenansicht Kraftwerk Rothenfels vor 1977

werden, weil die für die Umformererregung erforderlichen elektrischen Zubehörteile zu dieser Zeit noch nicht lieferbar waren. Die Generatoren erhielten daher schnellaufende Erregermaschinen, die von der Turbinenwelle aus über ein Stirnkegelradgetriebe angetrieben werden. Das Kraftwerk Limbach dagegen erhielt wieder Erregerumformer. Hier wird auch erstmalig das Steueröl für die Verstellung der Laufradschaufeln durch das obere Führungslager der Welle eingeführt. Dadurch entfällt der bisher am oberen Ende der Turbinenwelle angeordnete Öleinführungsbock, so daß die Gefährdung des Generators durch Ölaustritt vermieden wird. Die Generatoren von Randersacker und Wipfeld haben noch die in der Vorkriegszeit vorherrschenden Polräder aus Stahlguß, die aus Transportgründen zweiteilig ausgeführt und durch Schrumpfverbindungen auf der Welle befestigt sind. Die Polräder der Generatoren von Goßmannsdorf und sämtlicher seither gebauten Schirmgeneratoren sind aus einzelnen, mehreren Millimeter starken Blechsegmenten geschichtet (Schichtpolrad). Die so aufgebaute Blechkette mit den an ihr befestigten Einzelpolen sitzt auf den am Nabenkörper befestigten, nach unten schräg gestellten Armen.

Obwohl die in Bild 2 an zweiter und dritter Stelle dargestellte Bauweise technisch und betrieblich bei den vorliegenden Verhältnissen offensichtlich die beste war, mußte man sie aus wirtschaftlichen Gründen bei den Werken mit niedrigen Fallhöhen wieder verlassen. Bei einigen Staustufen mit sehr niedriger Fallhöhe würden sich für

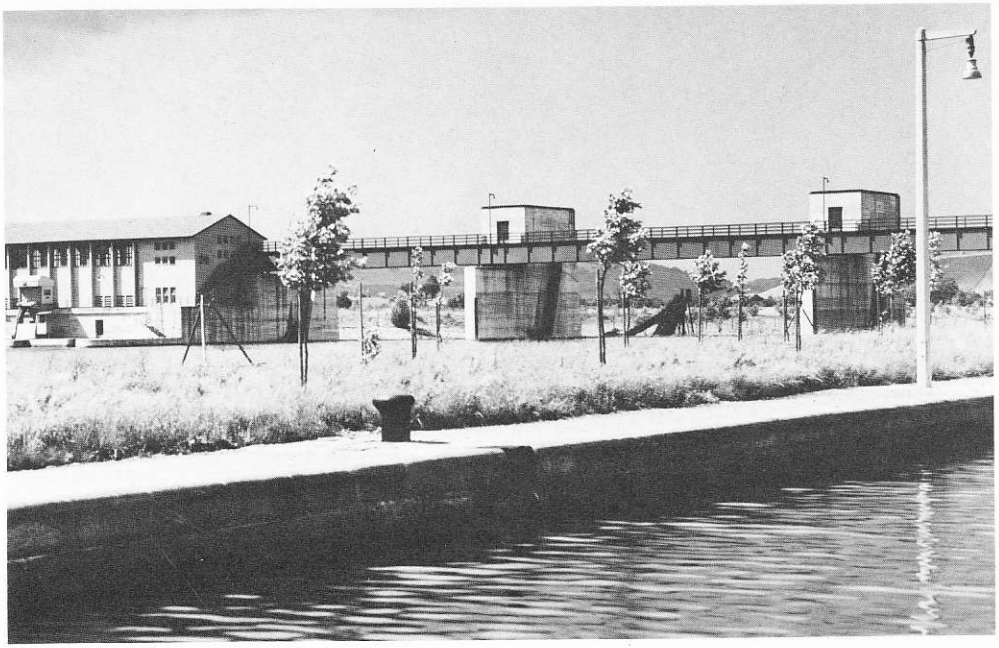


Bild 5: Ansicht der Staustufe Randersacker

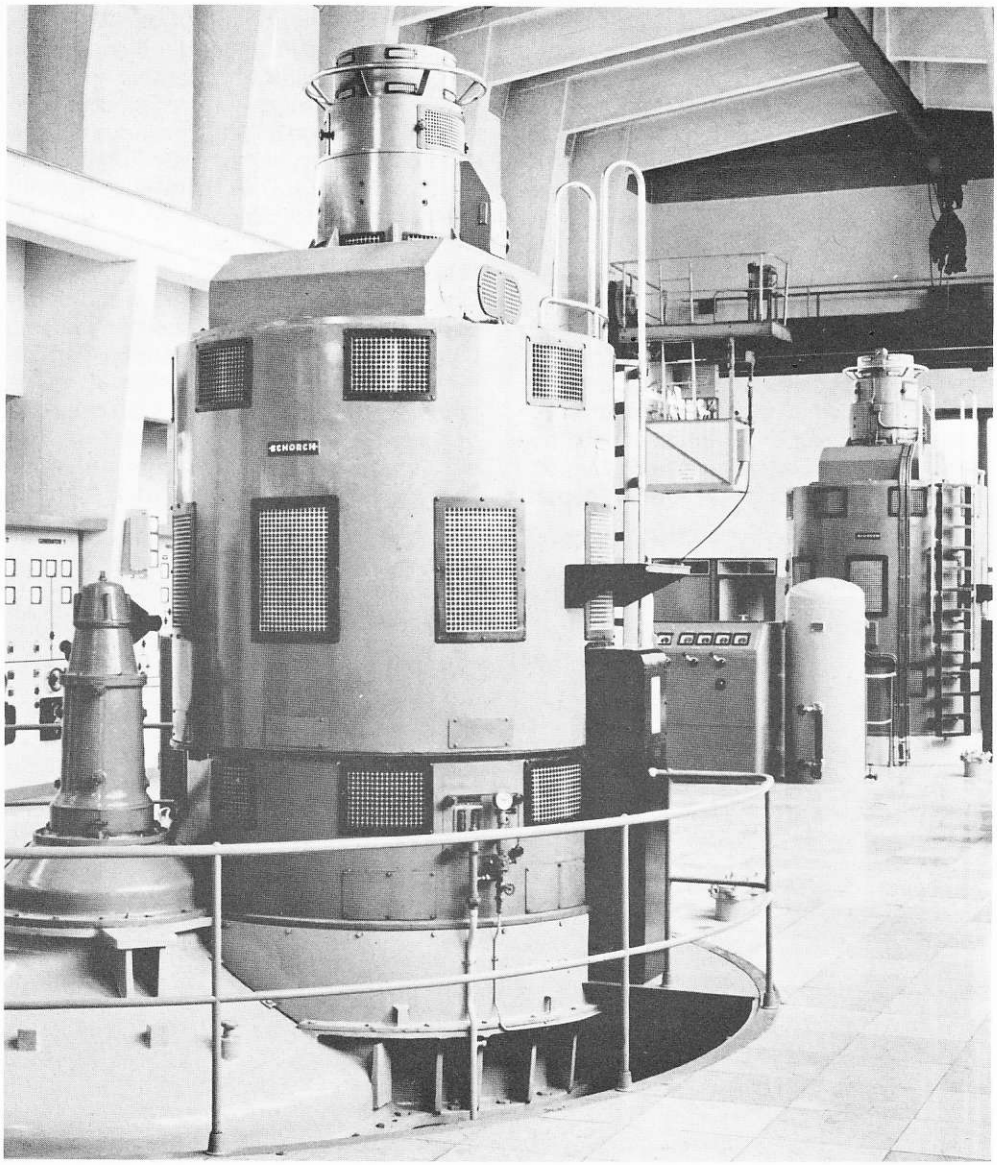


Bild 6: Innenansicht Kraftwerk Kitzingen

einen Durchfluß von ca. 60 m^3/s Drehzahlen unter 100 1/min ergeben. Diese niedrigen Drehzahlen bedingen aber Generatoren mit großen Abmessungen und folglich hohen Kosten. Daher wurden nochmals sämtliche Lösungsmöglichkeiten nachgeprüft, um eine wirtschaftliche Bauform des Gesamtkraftwerkes zu ermitteln. Neun Varianten standen zur Wahl, darunter auch der Bau von Rohrturbinen. Der Vergleich der Baukosten und die Jahreserzeugung sowie die Bewertung der Betriebssicherheit führten dann zu der erstmals im Kraftwerk Marktbreit ausgeführten Anordnung, bei der die mit 68 1/min laufende Turbinenwelle über ein einstufiges Stirnradgetriebe den mit 600 1/min laufenden Generator antreibt. Dieser Schnelläufer wird fertig zusammengebaut angeliefert, so daß die bei langsam laufenden Generatoren notwendige Montagedauer von ca. drei Monaten auf etwa zwei bis drei Wochen verkürzt werden konnte. So entstand die vierte Ausführungsform (Bild 2), die außer in Marktbreit auch in den Stufen Kitzingen (Bild 6), Volkach, Schweinfurt und Knetzgau angewendet wurde.

Das oberhalb von Schweinfurt gelegene Werk Ottendorf, dessen Bau Anfang 1960 begann, hat eine Ausbaufallhöhe von 6,4 m, so daß hier die Heberbauweise nicht in Frage kam. Die Verwendung eines Ge-

Bild 7: Innenansicht Kraftwerk Ottendorf

triebes war nicht notwendig, da die Drehzahl der Turbinen bei 130 1/min liegt. Das Werk Ottendorf (Bild 7) blieb bis zum Jahre 1971 mit einer Leistung von 6,3 MW und einer mittleren Jahreserzeugung von rund 34 GWh das größte unter allen RMD-Mainkraftwerken zwischen Aschaffenburg und Bamberg.

Eine besondere Schwierigkeit, die Interessen der Energiegewinnung, der Schiffahrt und der Anlieger des Flusses in Übereinstimmung zu bringen, ergab sich beim Durchstich Volkach-Gerlachshausen. Das Wehr, das den Stau erzeugt, liegt im Main bei Volkach nah am Abzweig des Kanals, die Schleuse dagegen am unteren Ende des Durchstiches bei Gerlachshausen. Am Wehr erhält man bei dem üblichen Ausbauzufluß von 110 m^3/s eine Fallhöhe von 2,45 m, dagegen stehen an der Schleuse bei gleicher Ausbaugröße 6,00 m zur Verfügung. Umfangreiche Untersuchungen über die Aufteilung des Wassers auf die Schleife und den Kanal führten sowohl am Wehr als auch an der Schleuse zu je einem Einmaschinenkraftwerk, die hydraulisch parallel geschaltet sind. Bei der Gestaltung der Stufe Gerlachshausen war man bestrebt, das Kraftwerk so mit den Schleusen zu kombinieren, daß die baulichen Aufwendungen möglichst niedrig bleiben, ohne daß sich Schiffahrt und Energieerzeugung gegenseitig behindern. Das Werk wurde deshalb zwischen die Westschleuse und

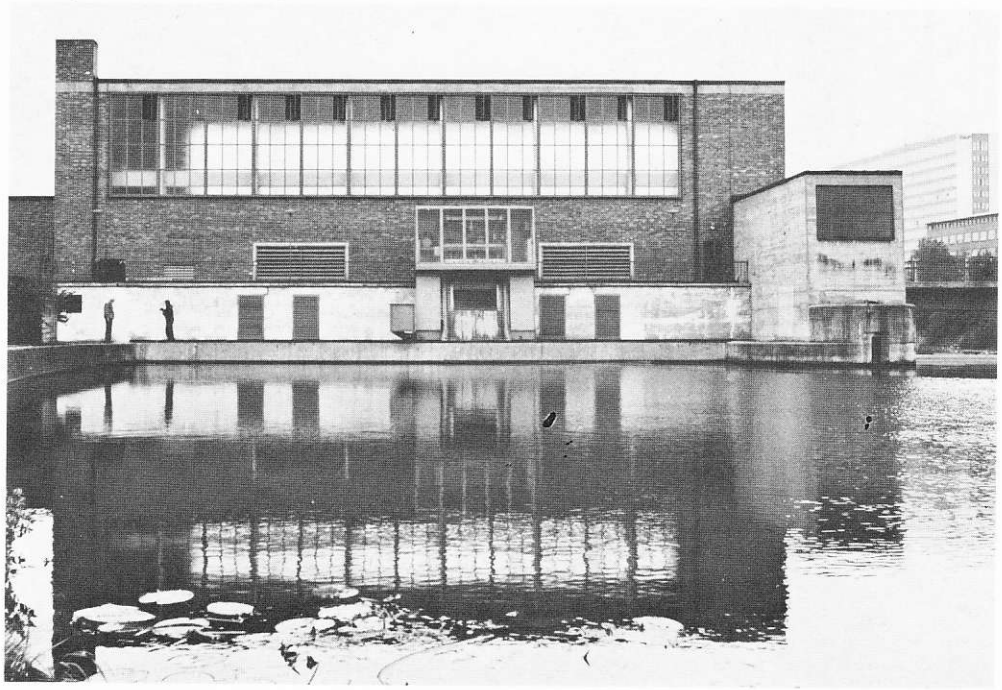


Bild 8: Ansicht Kraftwerk Schweinfurt

die für später vorgesehene Ostschleuse gelegt, so daß die Kammern und Häuptermauern das Werksgebäude seitlich einfassen. Um vom Schleusensteuerhaus aus die Übersicht über beide Schleusen nicht zu behindern, wählte man hier die Flachbauweise mit Außenkran. Der Maschinensatz, bestehend aus Kaplanturbine und direkt gekuppeltem Asynchrongenerator, wird durch eine Blechhaube abgedeckt. Die Asynchronmaschine ist die erste und bisher einzige derartige Maschine im Bereich der RMD. Im Jahr 1964 wurde das Kraftwerk Schweinfurt in Betrieb genommen (Bild 8). Es dauerte dann sechs Jahre, bis ein weiteres Werk unterhalb von Aschaffenburg durch die RMD errichtet wurde.

Beim Ausbau des Mains zwischen der Mündung und Aschäffenburg durch das Land Bayern waren in den Jahren 1913 bis 1920 die drei Staustufen Großwelzheim, Kleinostheim und Stockstadt errichtet worden. Lediglich die Stufe Stockstadt erhielt ein Kraftwerk; die beiden anderen Staustufen wurden dagegen nur mit Nadelwehren ausgestattet. Die Staustufen und Wehre waren jedoch den in der Zwischenzeit gestiegenen Anforderungen an eine moderne Wasserstraße in keiner Weise mehr gewachsen, zumal diese Nadelwehre (Bild 9) von Hand

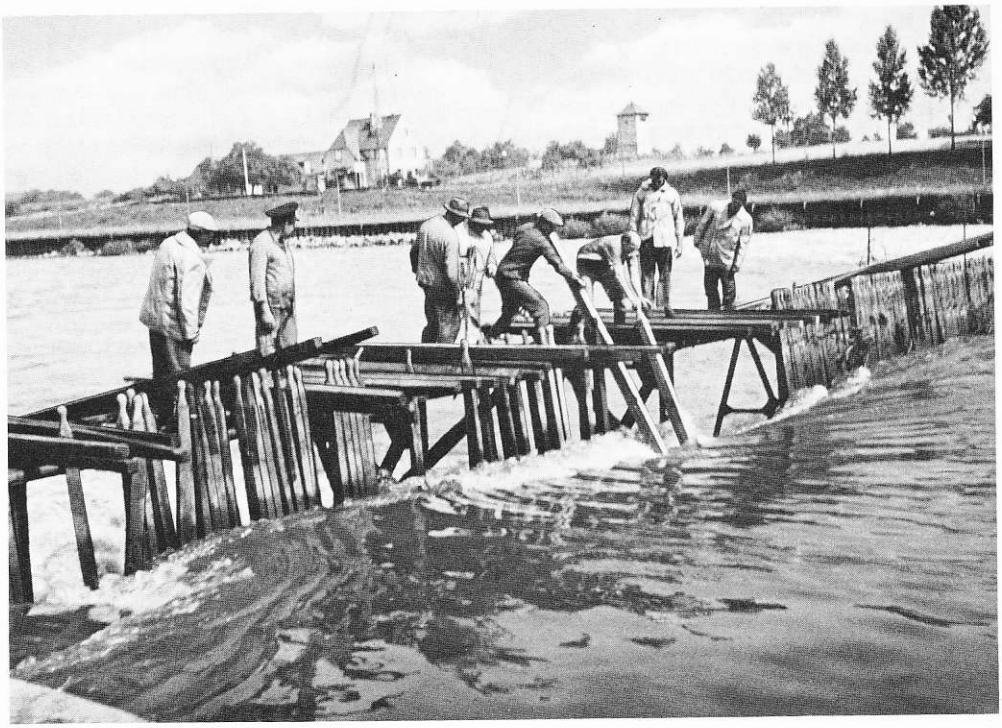


 Bild 9: Nadelwehr

zu ziehen und für das Bedienungspersonal nicht ganz ungefährlich sind. Ein Projekt der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung Mitte der 60er Jahre sah eine Zusammenfassung der drei alten Staustufen mit etwa je 2,30 m Fallhöhe zu einer Staustufe mit einer Fallhöhe von 6,85 m vor. Das Oberwasser der neuen Staustufe Kleinostheim entspricht dem bisherigen Oberwasser der Staustufe Stockstadt, während das Unterwasser gleich dem Oberwasser der Staustufe Großkrotzenburg ist. Für die Schifffahrt bedeutet das eine erhebliche Verbesserung, weil künftig nur noch eine Schleuse gegenüber früher drei Schleusen durchfahren werden muß.

Der Bau der Staustufe wurde der RMD übertragen, die das Kraftwerk im Jahre 1971 in Betrieb genommen hat. Es ist nunmehr das größte der 29 RMD-Kraftwerke am Main mit einer Ausbauleistung von 9,7 MW und einer Regeljahreserzeugung von 52 GWh. Bei der technischen Gestaltung des Werkes wurden alle bisherigen Erfahrungen im Kraftwerksbau am Main und vor allen Dingen an der Donau und am Lech verwertet. Statt Erregermaschinen oder Erregerumformer wurden für die Generatoren statische Erregereinrichtungen mit Thyristoren eingebaut, die keine Verschleißteile haben. Erstmals am Main erhielten die Turbinen Einrichtungen zur Flußwasserbelüftung. Am Laufradring wird Luft angesaugt, die sich mit dem Wasser vermischt und in kritischen Zeiten den Sauerstoffgehalt des Wassers verbessert. Diese Belüftung, die geringe Erzeugungsverluste zur Folge hat, wird nur auf Anordnung der zuständigen Behörden in Betrieb genommen.

Betrieb der Kraftwerke, Generalüberholung

Für den Betrieb der Mainkraftwerke sind zwei Betriebsleitungen zuständig, und zwar die Betriebsleitung Untermain (BLU) in Lohr-Steinbach für die Kraftwerke Kleinostheim bis Erlabrunn und die Betriebsleitung Obermain (BLO) in Schweinfurt für die Kraftwerke Untere Mainmühle bis Viereth. Die technischen Daten der einzelnen Kraftwerke sind in diesem Heft auf den Seiten 22 bis 25 zusammengestellt. Die Ausbauleistung am Main beträgt somit 98 MW bei einer Regeljahreserzeugung von 563 GWh. Die in den Kraftwerken erzeugte elektrische Energie wird im allgemeinen über Transformatoren in das 6-kV- oder 20-kV-Netz der örtlichen Energieversorgungsunternehmen abgegeben. Vertragliche Stromabnehmer sind die Bayernwerk AG, die Großkraftwerk Franken AG und die Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG. Die Untere Mainmühle liefert ihre Energie unmittelbar in das Netz der Stadtwerke Würzburg und das Kraftwerk Schweinfurt unmittelbar in das Netz der Stadtwerke Schweinfurt.

Alle Werke liefen bisher ohne wesentliche Störungen. Die Sicherheit und die hohe Verfügbarkeit von Wasserkraftanlagen ist allgemein bekannt. Um dem Rechnung zu tragen, müssen im Abstand von einigen Jahren Revisionen durchgeführt werden, bei denen die turnusmäßigen Wartungsarbeiten und das Auswechseln von Verschleißteilen anstehen. Sachgemäß durchgeführte Revisionen sind somit ein wichtiges Mittel, um Anzahl und Ausmaß unvorhersehbarer Fehler zu verringern.

Die RMD vertritt die Auffassung, daß nach einer 35jährigen Betriebsdauer eine Generalüberholung der Kraftwerksanlagen erforderlich ist. Damit verbunden ist auch der

Ersatz veralteter oder unzweckmäßig gewordener durch neue und bessere Teile. Darüber hinaus soll soweit als möglich der inzwischen eingetretene technische Fortschritt berücksichtigt werden. Die in den zwanziger und dreißiger Jahren gebauten Werke waren für einen durchgehenden Schichtbetrieb ausgelegt und daher für eine Automatisierung wenig geeignet. Hinzu kamen die inzwischen vielfach höher gewordenen Anforderungen aus dem Betrieb, z. B. Schutz der Anlagen, Verbesserung der Sicherheit des Personals oder ein anderes technisches Konzept in der Betriebsführung der Kraftwerke. Bei mehreren Anlagen einer Kraftwerkskette kommt vielfach der Wunsch nach Vereinheitlichung der einzubauenden Anlagenteile hinzu. Auch Veränderungen im öffentlichen Netz (Änderung der Netzspannung oder Erhöhung der Kurzschlußleistung) können zwangsläufig zu Umbauten oder Erneuerungen führen. Ferner vermögen vielfach wirtschaftliche Überlegungen eine Hauptrolle zu spielen, die zunächst nichts mit dem Alter der Anlagen zu tun haben. Dazu zählen Überlegungen im Hinblick auf eine rationellere Betriebsführung, zusammen mit einer Automatisierung von bestimmten Betriebsabläufen. Hierbei sei an die Selbststeuerung der Anlagen, entweder als reine Oberwasserpegelsteuerung oder als Durchflußsteuerung einer ganzen Kraftwerkskette, an eine Fernüberwachung oder sogar an die Fernsteuerung einer Vielzahl von Kraftwerken von einer Zentrale aus, gedacht.

Die von der RMD durchgeführten Generalüberholungen und Erneuerungen an bisher zwölf alten Werken im Bereich Obernau bis Erlabrunn wurden ab dem Jahr 1964 durchgeführt. In den kommenden beiden Jahren wird das Kraftwerk Steinbach als letztes Werk ebenfalls umgebaut. Für diese Generalüberholung sind erhebliche Mittel bereitzustellen, wobei aber die RMD der Auffassung ist, daß die erforderlichen Ausgaben in Höhe von etwa 12—15 % der heutigen Neubaukosten wirtschaftlich vertretbar sind. Ziel bei der Planung und Überholung der alten Anlagen ist, die Kraftwerke technisch so zu ertüchtigen, daß sie für die nächsten 35 Jahre wieder einen vollwertigen und sicheren Betrieb gestatten. Oberster Leitgedanke war neben einer Automatisierung die Vereinheitlichung wichtiger Teile in allen Kraftwerken aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen. Sie bringt Vorteile in der Wartung, Ersatzteilvorhaltung, in der Revision und führt vor allem zu besseren Arbeitsbedingungen, da auf den Schichtbetrieb weitgehend verzichtet werden kann. Die Kraftwerke sind nur mehr werktäglich während der normalen Arbeitszeit besetzt. Eine besondere Bedeutung wurde auch den neuen Schutzeinrichtungen zugeordnet. Sie wurden weitgehend selektiv gestaltet und erweitert, um bei Störungen im Kraftwerk oder Netz eine Eigenbedarfsversorgung im Hinblick auf die Belange der Schiffahrt aufrecht erhalten zu können.

Die Generatorwicklungen machten nach einem über 35jährigen Betrieb noch einen recht guten Eindruck. Erwähnt sei hier, daß an einem Generator des Kraftwerks Kleinwallstadt im Jahr 1977 verstärkt Erdschlüsse in einer Wicklung auftraten, so daß nach etwa fast 40jähriger Betriebsdauer zum ersten Mal in einem Mainkraftwerk eine Ständerwicklung für einen Generator erneuert werden mußte. In den Kraftwerken mit Erregerumformern wurden diese durch eine statische Erregereinrichtung mit Thyristoren ersetzt. Abgesehen von der entfallenden Lärmbelästigung werden hierdurch auch die Erregerverluste verringert.

Die Turbinen erhielten neue Regler in Pult-

form; sie sind für eine Schwallsteuerung ausgerüstet. Ersetzt wurde auch die Ölbehältergruppe. Alle wasserberührten Teile wurden den neuesten Erkenntnissen entsprechend konserviert und die Einlaufschützen, die nicht mehr funktionstüchtig waren, umgebaut; sie werden nur noch als Dammtafeln verwendet. Alle Werke erhielten eine Ortsautomatik zum automatischen An- und Abstellen und eine Differenzdruckmeßeinrichtung zur Messung des Durchflusses. Auf die Durchflußsteuerung und Schwallsteuerung soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Wirkungsweise beider Steuerungen wurde im Prinzip im Mitteilungsblatt 28/29 des Deutschen Kanal- und Schiffahrtsvereins Rhein-Main-Donau e.V. auf den Seiten 26 bis 29 erläutert. Der im Kraftwerk Freudenberg 1963 versuchsweise durchgeführte Einbau eines neuen Laufrades wurde nicht weiter verfolgt, da die hierdurch erreichte Mehrerzeugung relativ gering war, so daß die Mehrausgaben für die neuen Laufradflügel wirtschaftlich nicht zu vertreten gewesen wären.

Im Jahre 1977 wurde die Zentralüberwachung der 14 Kraftwerke der GLU in Betrieb genommen. Sämtliche Störungen und Gefahrmeldungen werden in diese Zentralwarte übertragen. Von hier aus kann dann außerhalb der normalen Arbeitszeit der zuständige in Bereitschaft stehende Maschinist für die einzelnen Kraftwerke herbeigeholt werden. Dieser Bereitschaftsdienst wird vielfach in den Wohnungen geleistet. Eine ähnliche Zentralüberwachung wurde auch in Schweinfurt für die Werke oberhalb Würzburg eingerichtet; die Inbetriebnahme für alle Werke ist dort für das Jahr 1980 vorgesehen.

Die Umbauten erstreckten sich auch auf die Außenanlagen. Die früher vorhandenen Einlaufbauwerke, zumindest die Tauchwände, wurden beseitigt. Durch Abbrechen von Teilen der Kraftwerkstrennpfeiler oder durch Einbau von Leitwänden gelang es außerdem in einigen Werken, die Anström- und Abströmverhältnisse zu verbessern. Schließlich mußten auch die Rechenreinigungsmaschinen erneuert und auf automatischen Betrieb umgestellt werden, da sie nicht mehr betriebstüchtig und vor allem für eine Automatisierung nicht geeignet waren.

Die Überholungsarbeiten wurden überwiegend mit eigenem Personal, sei es aus dem Bereich der gleichen Betriebsleitung oder durch Abordnungen aus anderen Betriebsleitungen, durchgeführt. Sobald im Jahre 1981 die Umbauarbeiten in den Kraftwerken am Untermain abgeschlossen sind, werden von der RMD ähnliche Überlegungen für die Kraftwerke oberhalb Würzburg angestellt. Das nach dem Krieg im Jahre 1950 in Betrieb gegangene Kraftwerk Randersacker ist dann über 30 Jahre im Betrieb.

Hier sei noch ein Wort zur Rechengutbeseitigung angefügt. Die Bergung des sehr unregelmäßig und zum Teil in erheblichem Umfang anfallenden Rechengutes ist sehr personalintensiv. Das Rechengut wird nach der Bergung in Behältern oder in Gruben zwischengelagert und dann durch eigene oder fremde Fahrzeuge in die von den zuständigen Behörden zugewiesenen Deponien transportiert. Allein in den letzten Jahren fielen in den 29 Kraftwerken unter- und oberhalb von Würzburg 7000 m^3 Rechengut pro Jahr an.

Trotz der obengenannten Gründe für eine Generalüberholung der älteren Kraftwerke wird der Betreiber immer wieder mit der Frage konfrontiert, ob sich der Aufwand hierfür lohnt. Vielfach erheben sich Stimmen gegen die Wasserkraft wegen ihrer untergeordneten Bedeutung für die ge-

samte Energieversorgung. Dies trifft aber gerade bei den Wasserkraftwerken am Main und an der Donau und ihrer starken Verflechtung mit öffentlichen Belangen nicht zu. Eine Einstellung des Kraftwerksbetriebes würde zu einer Vielzahl von Problemen führen. Die RMD vertritt daher — wie auch andere Betreiber von Wasserkraftwerken — die Auffassung, durch entsprechende und gezielte Maßnahmen auch für die Zukunft die Wasserkraftwerke als eine betriebssichere und wirtschaftliche Erzeugungsanlage zu erhalten; ganz abgesehen davon, daß gerade in der heutigen Zeit der Energiekrise Kraftwerke in unmittelbarer Nähe des Verbrauchers einen Vorteil für die sichere Energieversorgung bringen.

Erzeugung elektrischer Energie an der Mainstrecke Aschaffenburg – Bamberg der Schiffahrtsstraße Rhein-Main-Donau

Von Wirtschaftsing. (grad.) Ing. (grad.) Ulrich Reincke, Leiter des Büros für Energiewirtschaft der Rhein-Main-Donau AG, München.

Schon seit Jahrtausenden nutzten die Menschen die natürliche Kraft des fließenden Wassers sowohl als Transportweg für Personen und Güter als auch zum Antrieb von Wasserrädern.
Mit der Erfindung der elektrischen Maschine und durch den Fortschritt im Wasser- und Turbinenbau wurde es möglich, auf die herkömmliche unwirtschaftliche Wasserkraftnutzung durch Wasserräder zu verzichten. Dank des Baues von neuzeitlichen Wasserkraftwerken, bestehend aus Turbine und Generator, wurde die Wasserkraft wesentlich besser genutzt und die auf diese Weise erzeugte elektrische Energie konnte selbst fern vom Erzeugungsort verwendet werden. Bei Wasserkraftwerken wird das Energiepotential eines vorhandenen oder künstlich errichteten Wassergefälles in elektrische Energie umgewandelt. Hierfür

Bild 1: Der Main bei Eltmann 1950. Eine Aufnahme vom Ortsrand Eltmann im Stauraum der Mainstufe Limbach läßt erkennen, daß sich hier bei Niedrigwasser in den Buhnenfeldern häßliche Altwassertümpel bildeten, die auch hygienisch eine Gefahr für die Umwelt darstellten

bieten sich die beim Ausbau von Flüssen zur Schiffahrtsstraße ergebenden Fallhöhen geradezu an.
Vor der Jahrhundertwende jedoch, als der Untermain zwischen Mainz und Frankfurt durch den Einbau von Staustufen ausgebaut wurde, konnte eine Kombination von Wasserstraße und Kraftwerksbau noch nicht verwirklicht werden. Es fehlte dazu an Erfahrung, um technische Probleme zu lösen. Mit fortschreitenden Erkenntnissen in der Wasserbautechnik erübrigten sich derartige Bedenken jedoch im Laufe der Zeit.
Der wirtschaftliche Vorteil solcher Mehrzweckanlagen liegt in der Doppelfunktion des Stauwehres, weil der dabei erzeugte Stau des Flusses sowohl zur Sicherung der erforderlichen Fahrwassertiefe für die Schiffahrt als auch dem Betrieb des Kraftwerkes dient. Zu der Nutzung des Staues für beide Zwecke (Kraftwasserstraße) kommen neuerdings vielfach noch wasserwirtschaftliche und landeskulturelle Ziele hinzu, sowie eine Verbesserung des Hochwasserschutzes und der Grundwasserverhältnisse. Auch läßt sich die örtliche Lage der Staustufen nicht immer so frei wählen, wie dies beim Ausbau eines Wasserlaufes zu ausschließlich energiewirtschaftlichen Zwecken der Fall sein könnte. Denn im Interesse der Schiffahrt müssen die Stufen

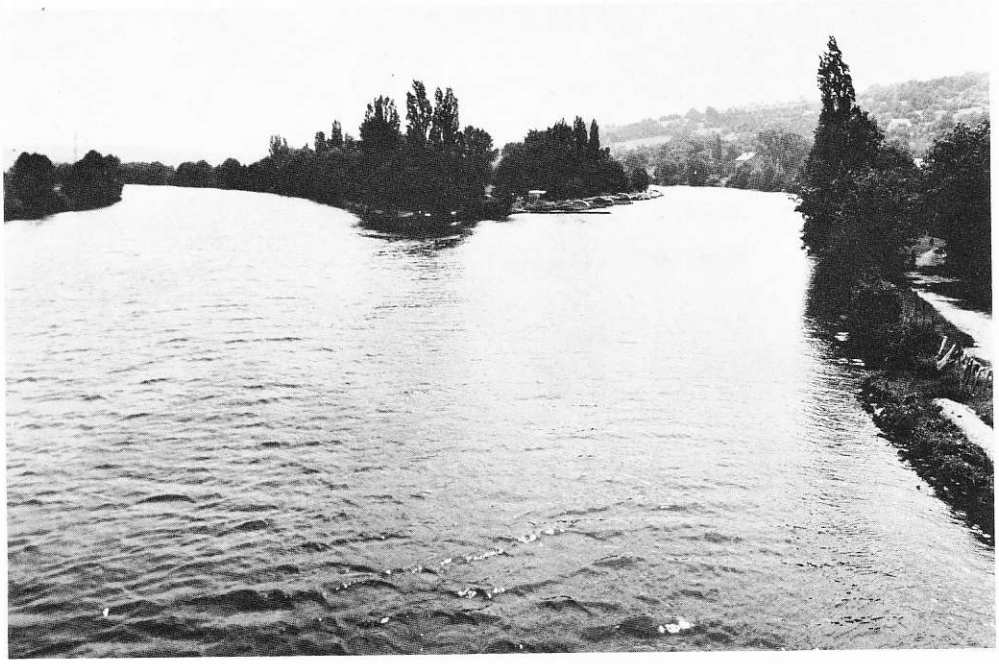
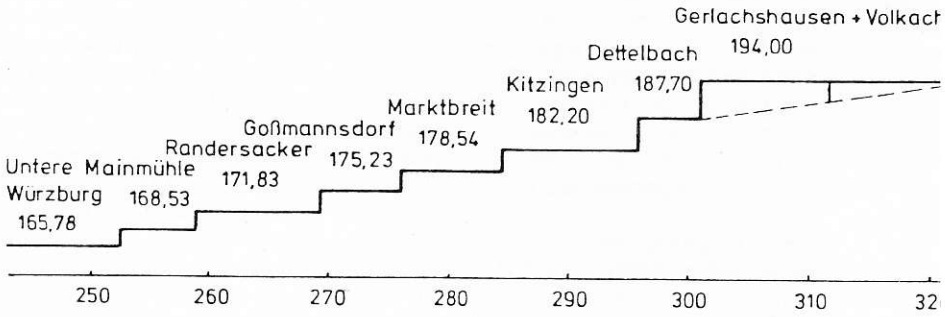


Bild 2: Der Main bei Eltmann 1974. Mit dem gestauten Fluß ist ein für allemal Abhilfe geschaffen worden. Darüber hinaus hat die neue landschaftsgerechte Bepflanzung den Reiz des Flusses erheblich gesteigert

Bereich der Betriebsleitung
Obermain (BLO)



Bereich der Betriebsleitung
Untermain (BLU)

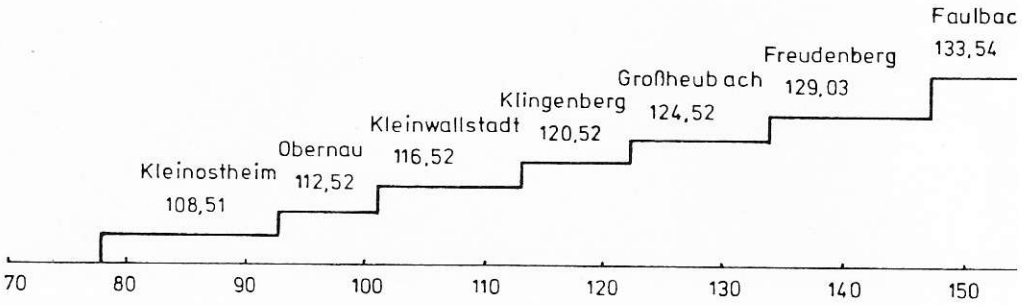
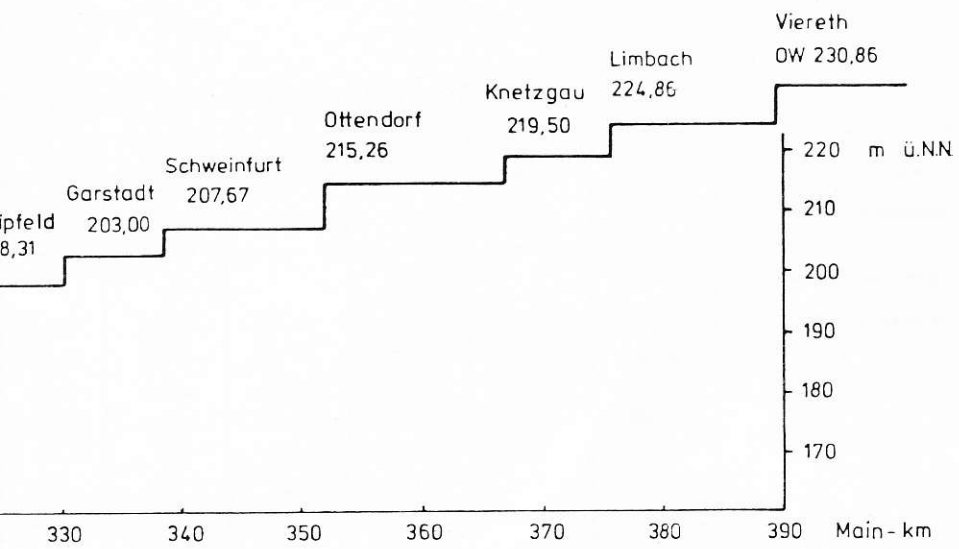
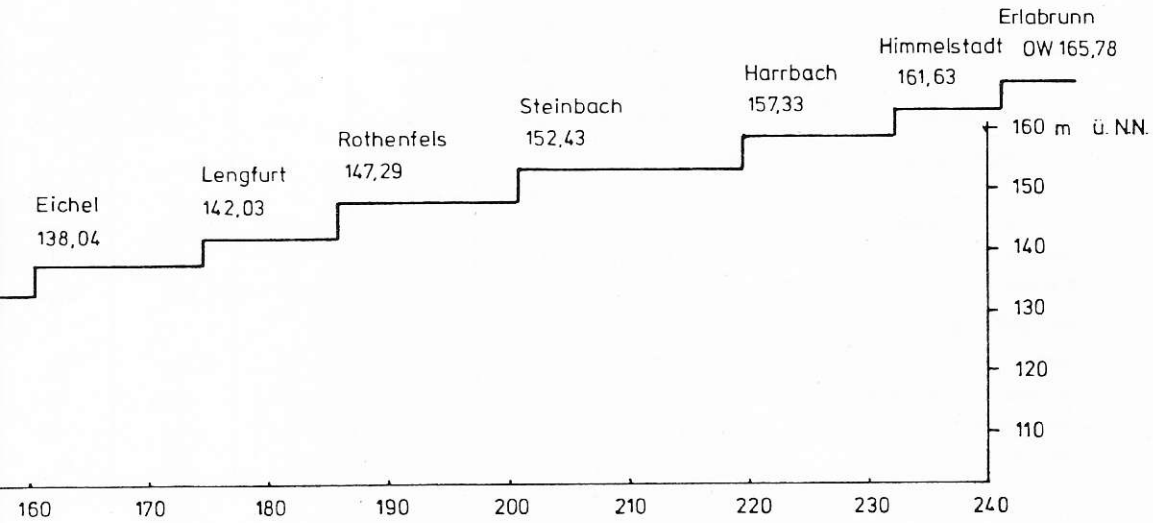


Bild 3 Höhenplan der Kraftwerkskette


Viereth
OW 230,86
Limbach
224,86
Knetzgau
219,50
Ottendorf
215,26
Schweinfurt
207,67
Garstadt
203,00
ipfeld
8,31
220 m ü.N.N.
210
200
190
180
170
330
340
350
360
370
380
390
Main - km


Erlabrunn
Himmelstadt
OW 165,78
161,63
Harrbach
157,33
Steinbach
152,43
Rothenfels
147,29
Lengfurt
142,03
Eichel
138,04
160 m ü. N.N.
150
140
130
120
110
160
170
180
190
200
210
220
230
240

Daten der RMD-Kraftwerke im Bereic

Kraftwerke Inbetriebnahme	Klein-ostheim 1971	Obernau 1930	Klein-wallstadt 1930	Klingenberg 1930	Groß-heubach 1932	Freudenber 1934
1. Wasser- u. energiewirtschaftliche Daten:						
Lage des Kraftwerks bei Main-km	77,920	93,056	101,374	113,169	122,373	134,067
Einzugsgebiet	23 087	22 300	22 196	21 590	21 505	20 828
Stauziel üNN	108,51	112,52	116,52	120,52	124,52	129,03
Laufradmitte üNN	102,208	109,795	113,435	117,660	121,435	125,935
Ausbauzufluß	204	133	135	130	133	145
Ausbaufallhöhe	5,90	2,98	3,19	2,92	3,25	3,60
Ausbauleistung	9700	3200	3400	3040	3400	4300
Erzeugung im Regeljahr	52,00	19,00	21,00	18,60	20,60	25,20
2. Maschinelle u. elektrische Ausrüstung:						
Turbinen:						
Anzahl	2	2	2	2	2	2
Art	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan
Leistung je Turbine	5000	1700	1825	1625	1825	2300
Drehzahl	100,0	68,3	68,2	68,2	68,2	68,2
Laufraddurchmesser	4,18	4,49	4,49	4,40	4,49	4,49
Drehstromgeneratoren:						
Anzahl	2	2	2	2	2	2
Leistung je Generator	7000	2500	2500	2500	2500	2500
Spannung	6,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Drehzahl	100,0	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2
Haupttransformatoren:						
Anzahl	2	2	2	2	2	2
Leistung je Transformator	7000	2500	2500	2500	2500	2500
Unterspannung	6,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Oberspannung	21	23	23	23	23	23

Bild 4

der Betriebsleitung Untermain (Flußstrecke Aschaffenburg bis Würzburg)

aulbach	Eichel	Lengfurt	Rothenfels	Steinbach	Harrbach	Himmelstadt	Erlabrunn	
1939	1939	1940	1939	1939	1940	1940	1935	
147,133	160,601	174,622	186,067	200,800	219,535	232,375	241,227	
20 700	18 793	18 578	18 280	17 859	14 407	14 354	14 273	km^2
133,54	138,04	142,03	147,29	152,43	157,33	161,63	165,78	m
132,550	137,260	141,260	146,513	151,660	156,370	160,570	164,720	m
145	115	109	115	115	90	87,5	92	m^3/s
3,60	3,53	2,92	4,53	4,58	3,96	3,56	3,70	m
4100	3100	2600	4200	4150	3000	2450	2690	kW
24,00	18,80	16,10	24,60	24,10	18,00	14,90	16,10	Mill.kWh
2	2	2	2	2	1	1	1	
Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	
2200	1650	1400	2250	2235	3200	2600	2900	kW
75,0	75,0	75,0	93,8	93,8	68,2	68,2	68,2	1/min
4,38	3,80	3,80	3,80	3,80	4,70	4,70	4,70	m
2	2	2	2	2	1	1	1	
2500	2500	2500	3000	3000	4000	4000	4000	kVA
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,3	1,3	kV
75,0	75,0	75,0	93,8	93,8	68,2	68,2	68,2	1/min
2	2	2	2	1	1	1	1	
2500	2500	2000	3150	6300	4000	5000	4000	kVA
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,3	1,3	kV
21	21	21	21	22±22%	21	21	21	kV

Daten der RMD-Kraftwerke im Bereich de

Kraftwerke	Untere Mainmühle	Randersacker	Goßmannsdorf	Marktbreit	Kitzingen	Dettelbac
Inbetriebnahme	1924	1950	1952	1955	1956	1959
1. Wasser- u. energiewirtschaftliche Daten:						
Lage des Kraftwerks bei Main-km	252,282	258,814	269,076	275,699	284,200	295,59
Einzugsgebiet	14 023	13 864	13 809	13 689	13 485	13 30
Stauziel ÜNN	168,53	171,83	175,23	178,54	182, 20	187,70
Laufradmitte ÜNN	163,85	171,06	174,46	177,76	181,46	185,50
Ausbauzufluß	50	100	100	110	130	120
Ausbaufallhöhe	2,66	2,80	2,80	2,50	2,98	4,65
Ausbauleistung	900	2000	2000	2100	3000	4200
Erzeugung im Regeljahr	5,00	12,60	13,00	12,50	15,40	23,00
2. Maschinelle u. elektrische Ausrüstung:						
Turbinen:						
Anzahl	2	2	2	2	2	2
Art	Francis	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan
Leistung je Turbine	400/600	1075	1075	1100	1560	2200
Drehzahl	64,4/85	68,2	68,2	68,2	75	100
Laufraddurchmesser	2,30/2,76	3,89	3,89	3,89	3,89	3,54
Drehstromgeneratoren:						
Anzahl	2	2	2	2	2	2
Leistung je Generator	400/600	1500	1500	1400	1600	2650
Spannung	6,3	1,9	1,9	6,0	6,0	1,9
Drehzahl	750/1000	68,2	68,2	600	600	100
Haupttransformatoren:						
Anzahl	--	1	1	1	1	1
Leistung je Transformator	--	4000	4000	3500	3500	5500
Unterspannung	--	1,9	1,9	6,0	6,0	1,9
Oberspannung	--	23	23	21	21	21

Bild 5

etriebsleitung Obermain (Flußstrecke Würzburg bis Bamberg)

rlachs-hausen	Volkach	Wipfeld	Garstadt	Schwein-furt	Ottendorf	Knetzgau	Limbach	Viereth	
1957	1957	1951	1956	1963	1962	1960	1951	1925	
300,800	311,419	322,244	329,953	338,400	351,728	366,620	375,484	389,425	
12 951	12 941	12 911	12 744	12 702	12 529	12 197	12 119	11 979	km^2
194,00	194,00	198,25	203,00	207,67	215,26	219,50	224,86	230,86	m
188,10	193,26	197,51	202,25	206,95	209,60	218,85	224,05	227,80	m
50	62,5	110	120	125	130	112	104	93	m^3/s
6,02	3,10	3,20	4,14	4,00	6,38	3,32	4,55	5,10	m
2440	1500	2900	3850	3800	6300	2900	3700	3350	kW
11,80	9,30	16,70	20,50	19,60	34,00	16,00	21,30	20,00	Mill.kWh
1	1	2	2	1	2	2	2	3	
Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Francis	
2600	1600	1560	2025	1975	3350	1510	1990	1200	kW
125	78	68,2	93,8	100	125	91	93,8	75	1/min
3,21	3,89	3,89	3,60	3,54	3,20	3,54	3,40	3,10	m
1	1	2	2	1	2	2	2	3	
3000	2000	1500	2500	2500	4000	2000	2700	2000	kVA
1,9	6,0	1,9	1,9	3,0	1,9	6,0	1,9	1,0	kV
125	600	68,2	93,8	600	125	600	93,8	75	1/min
1	1	1	1	—	1	1	1	3	
3000	2000	4000	5000	—	8000	4000	8000	1x2000/2x1600	kVA
1,9	6,0	1,9	1,9	—	1,9	6,0	1,9	1,0	kV
21	21	23	21	—	21	21	23	20	kV

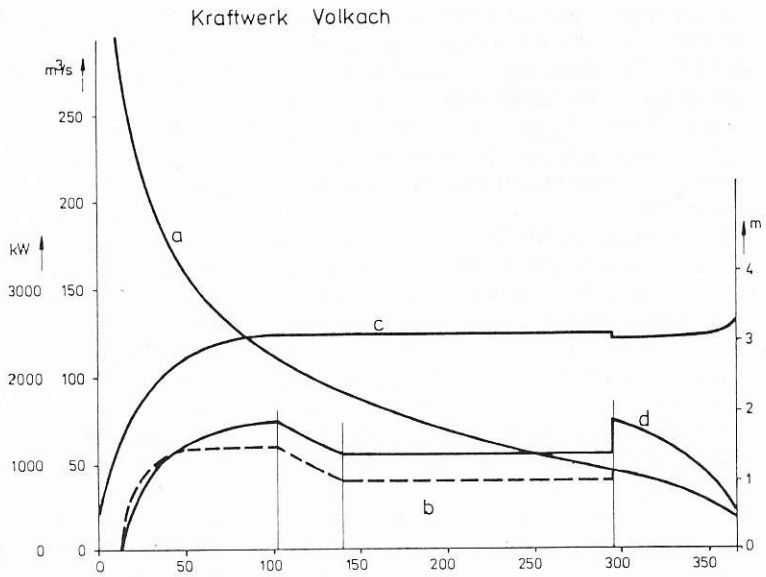
so angelegt werden, daß eine zweckmäßige Lage und Gestaltung der Schleuse und ihrer Vorhäfen möglich ist, zuweilen auch so, daß enge Kurvenstrecken durch einen Kanal begradigt werden.

Bis heute wurde die Schiffahrtsstraße Rhein-Main-Donau auf der gesamten Flußstrecke zwischen Aschaffenburg und Bamberg als Kraftwasserstraße ausgebaut. Dabei war die Rhein-Main-Donau AG (RMD) seit jeher bestrebt, den Forderungen des Landschaftsschutzes zu entsprechen. Um eine ausreichende Fahrwassertiefe für die Schiffahrt und gleichzeitig eine günstigere Stufenhöhe für die Erzeugung elektrischer Energie in den Kraftwerken zu erhalten, entschloß sie sich, nicht die Stauspiegel anzuheben, was eine Überflutung der Gebiete zur Folge gehabt hätte, sondern durch umfangreiche Ausbaggerungen die Flußsohle zu vertiefen. Den Erfolg derartiger umwelt- und landschaftsgerechter Planung kann jeder Besucher des Maintales zwischen Aschaffenburg und Bamberg sicherlich bestätigen (Bild 1 und Bild 2).

Die Lage der von der RMD erbauten und betriebenen Kraftwerke zeigt der Höhenplan in Bild 3. Auf einer Flußstrecke von 312 km, mit einem Höhenunterschied von 129 m zwischen dem Stauspiegel des höchstgelegenen Werkes Viereth und dem tiefstgelegenen Werk Kleinostheim, wurden 29 Kraftwerke erstellt. In den Tabellen auf Bild 4 und 5 sind die energiewirtschaftlichen Daten aller Mainkraftwerke der RMD aufgeführt, einschließlich der entsprechenden Ausbauzuflüsse. Darunter sind jene Wassermengen zu verstehen, bei denen die jeweiligen Kraftwerke ihre maximale Leistung (Ausbauleistung) erreichen. Während die Ausbauzuflüsse der Kraftwerke am oberen Main zwischen Würzburg und Bamberg bei 90 m^3/s und 130 m^3/s liegen und in Anbetracht der geringen Wasserführungen der Zuflüsse auf dieser Strecke nur unwesentlich voneinander abweichen, zeigen die Ausbauzuflüsse der Kraftwerke am unteren Main zwischen Aschaffenburg und Würzburg — sie liegen zwischen 90 m^3/s und 204 m^3/s — schon erheblich größere Unterschiede. Besonders die Zuflüsse der Fränkischen Saale, der Sinn und der Tauber machen es möglich, daß die Mainkraftwerke unterhalb der Ortschaft Faulbach bis hin nach Kleinostheim alle für Ausbaudurchflüsse von mehr als 130 m^3/s bis 204 m^3/s ausgebaut werden konnten.

Obwohl der Main den Abflußcharakter eines Mittelgebirgsflusses hat, können doch in manchen Jahren erhebliche Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten auftreten, die denen eines Gebirgsflusses ähnlich sind. So betrug das größte bekannte Hochwasser vom 29. März 1845 bei Schweinfurt 2000 m^3/s, das kleinste Niedrigwasser am 21. Juni 1964 nur 11 m^3/s. In der Mainstrecke Aschaffenburg-Würzburg beträgt der mittlere langjährige Abfluß bei Steinbach etwa 142 m^3/s, in der Mainstrekke Würzburg-Bamberg bei Schweinfurt etwa 103 m^3/s.

Die Trasse des schiffbaren Mains folgt im wesentlichen dem natürlichen Flußverlauf, mit Ausnahme einiger kleinerer Begradigungen, wobei die stark gekrümmte Mainschleife zwischen Volkach und Gerlachshausen erwähnenswert ist. Man entschloß sich hier, sowohl am Anfang der Mainschleife bei Volkach als auch am Kanalende bei Gerlachshausen, je ein Kraftwerk zu erstellen. Zwischen beiden wurde ein Seitenkanal geschaffen, um dadurch günstigere Verhältnisse für die Schiffahrt zu erzielen. In der Mainschleife bei Volkach mußte zwar aus wasserwirtschaftlichen Gründen sowie zur Erhaltung eines Mikroklimas in diesem Flußabschnitt ständig ein

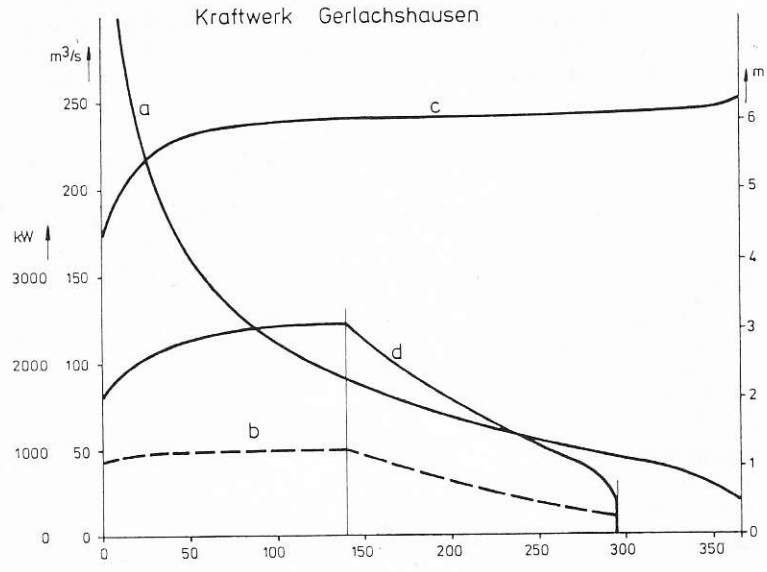


Erläuterungen

a) Abflußdauerlinie
b) im Kraftwerk verarbeiteter Durchfluß
c) Fallhöhendauerlinie
d) Leistungsdauerlinie

Anteilige elektr. Arbeit
A) KW Volkach
B) KW Gerlachshausen

Bild 6



Erläuterungen

a) Abflußdauerlinie
b) im Kraftwerk verarbeiteter Durchfluß
c) Fallhöhendauerlinie
d) Leistungsdauerlinie

Anteilige elektr. Arbeit
A) KW Volkach
B) KW Gerlachshausen

Bild 6

Abfluß von maximal 40 m³/s verbleiben; höhere Abflüsse werden zur energiewirtschaftlichen Nutzung im Kraftwerk Gerlachshausen am Kanalende herangezogen. Beide Werke liegen zwar geographisch voneinander getrennt, verarbeiten die Wassermengen des Mains jedoch vorwiegend gemeinsam.

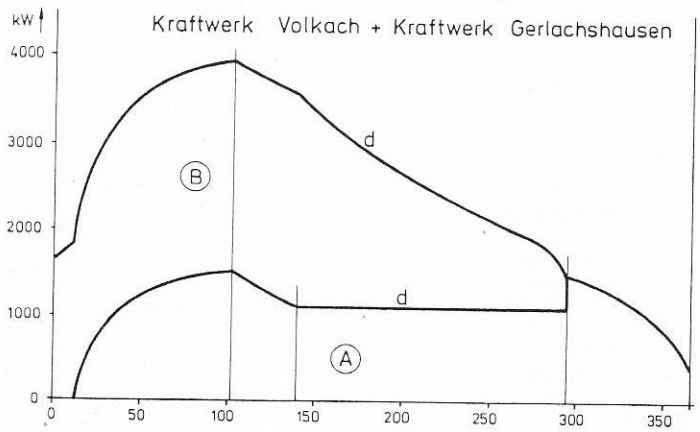
Bei niedriger Wasserführung bis 40 m³/s bleibt zunächst das Kraftwerk Volkach in Betrieb und die Mainschleife erhält die geforderten 40 m³/s. Das Kraftwerk Gerlachshausen ruht während dieser Abflußphase. Es nimmt seinen Betrieb erst dann auf, wenn 40 m³/s überschritten werden. Dank seiner größeren Fallhöhe am Ende des Kanals vermag es dann eine wesentlich höhere elektrische Leistung abzugeben, als das Kraftwerk Volkach flußaufwärts am Beginn der Mainschleife. Um diesen besonderen hydraulischen Gegebenheiten gerecht zu werden und um eine reibungslose betriebliche Zusammenarbeit dieser beiden Werke zu gewährleisten, wurde das Kraftwerk Gerlachshausen mit einem Maschinensatz ausgestattet, der vom Kraftwerk Volkach ferngesteuert werden kann.

Die Werkleistung jedes einzelnen Werkes sowie die Summenleistung beider zeigen die Diagramme in Bild 6.

Die energiewirtschaftliche Bedeutung der Mainkraftwerke liegt vor allem in der günstigen jahreszeitlichen Verteilung ihrer Energieerzeugung. Bei den höheren Wasserführungen im Winterhalbjahr gegenüber dem Sommerhalbjahr stehen die Mainkraftwerke mit ihrer Energieabgabe im Gegensatz zu den meisten in Bayern energiewirtschaftlich genutzten Alpenflüssen, die ihre höchsten Abflüsse im Frühsommer haben.

Aus diesen, für den Main charakteristischen Abflußverhältnissen mit einem relativ hohen Winteranteil, entfallen von einer Gesamtenergiegewinnung von 564 Mill. kWh im langjährigen Durchschnitt allein 290 Mill. kWh, also über 51 %, auf die Wintermonate. Damit sind die Mainkraftwerke in der Lage, die Wasserkrafterzeugung im bayerischen Raum gerade im Winterhalbjahr positiv zu beeinflussen.

Die Ausbauleistung der Kraftwerksgruppe Untermain mit 14 Kraftwerken beträgt 53330 kW, die der Kraftwerksgruppe Ober-



Erläuterungen

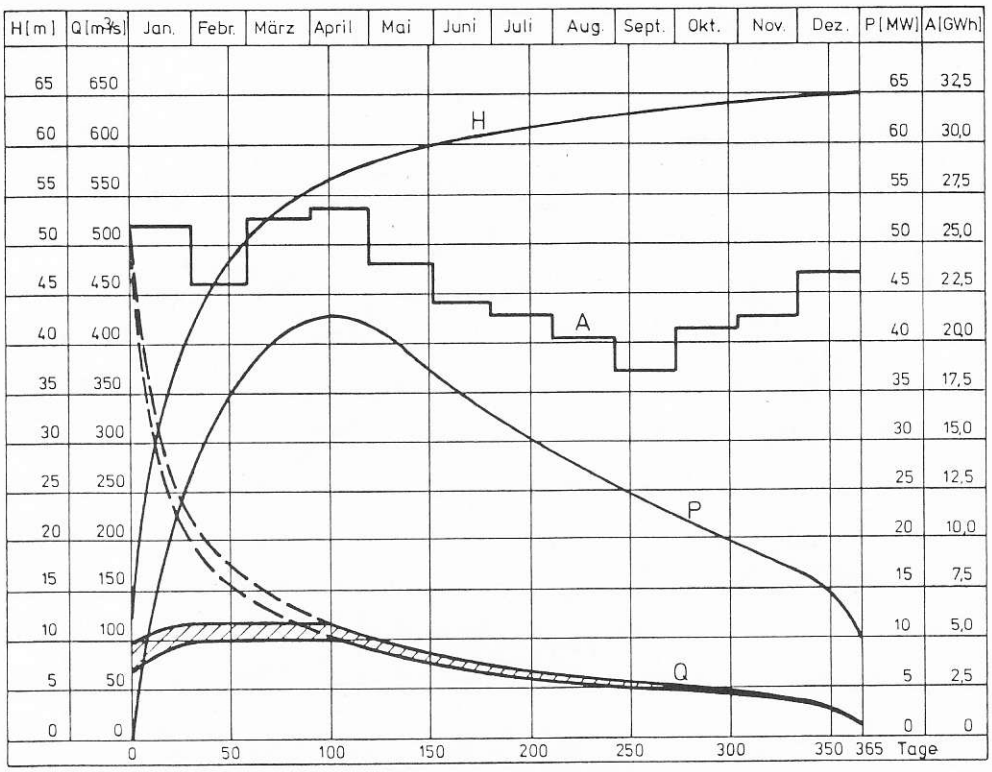
a) Abflußdauerlinie
b) im Kraftwerk verarbeiteter Durchfluß
c) Fallhöhendauerlinie
d) Leistungsdauerlinie

Anteilige elektr. Arbeit
A) KW Volkach
B) KW Gerlachshausen

Bild 6

main mit 15 Kraftwerken 44940 kW. Die gesamte Ausbauleistung aller zur RMD gehörenden 29 Kraftwerke am Main beträgt somit 98270 kW. Die jeweiligen Summenwerkleistungspläne sind aus dem Diagramm (Bild 7) zu ersehen. Im Regeljahr, d. h. im langjährigen Durchschnitt, werden am Untermain 313 Mill. kWh und am Obermain 251 Mill. kWh erzeugt, also insgesamt 564 Mill. kWh.

Seit Betriebsbeginn des ersten Mainkraftwerks Untere Mainmühle in Würzburg im Jahr 1924 wurden, zusammen mit den im Zuge des weiteren Ausbaues des Mains erstellten Kraftwerken, bis 1978 17,6 Milliarden kWh erzeugt. Durch diese Energie aus Wasserkraft wurden, wollte man sie durch Wärmekraftwerke erzeugen, seit 1924 bis 1978 ca. 4 Millionen Tonnen Heizöl gespart.

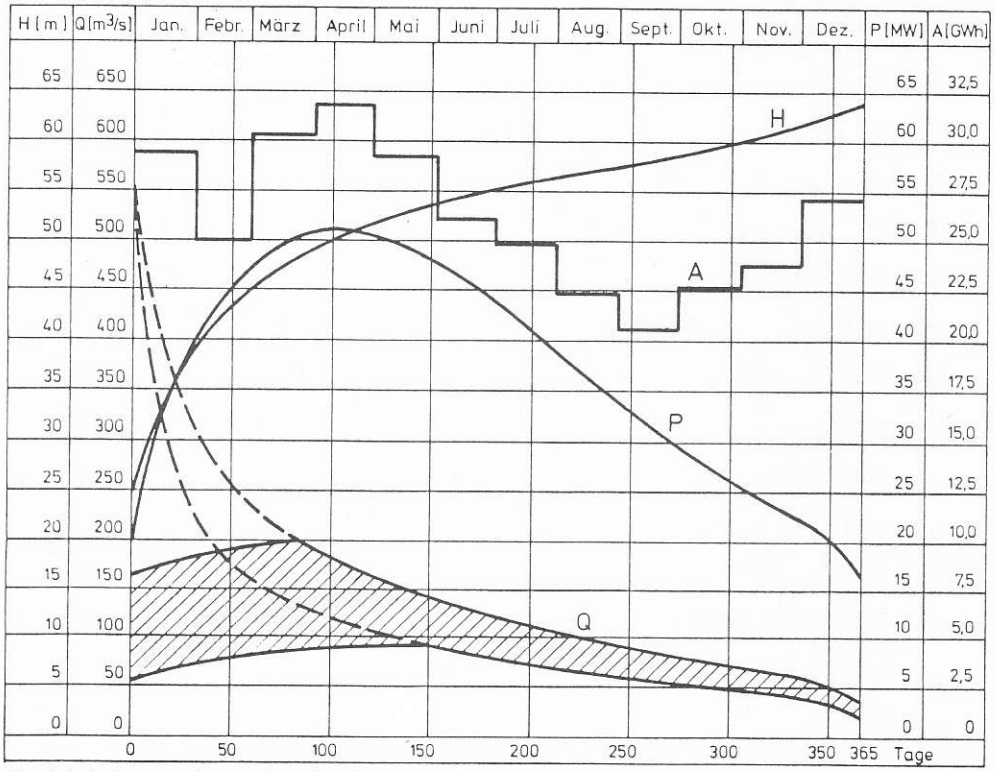


Werkleistungsplan der 15 Kraftwerke Viereth - Würzburg

Q Zufluß der Kraftwerke
H Summe der Fallhöhen
P Summe der Generatorleistungen
A Summe der mittleren Monatserzeugungen

Bild 7

Die elektrische Energie der Mainkraftwerke wird ausschließlich an angrenzende Energieversorgungsunternehmen abgegeben. Nur ein geringer Energieanteil wird zum Betrieb der Einrichtungen der Schiffahrtsstraße verwendet.
1978 wurden mit den Mainkraftwerken 662 Mill. kWh erzeugt, was einem Anteil von 7,4% an der Gesamterzeugung aus Wasserkraft in Bayern entspricht. Diese Energiemenge würde ausreichen, um den jährlichen elektrischen Energiebedarf der Städte Würzburg und Bamberg zu decken. Somit leistet der Ausbau des Mains zur sogenannten Kraftwasserstraße nicht nur einen beachtlichen Beitrag für die verkehrswirtschaftlichen Belange in Bayern, sondern er trägt auch dazu bei, den zunehmenden Energiebedarf durch die Erzeugung umweltfreundlicher Energie zu befriedigen.



Werkleistungsplan der 14 Kraftwerke Erlabrunn - Kleinostheim

Q Zufluß der Kraftwerke
P Summe der Generatorleistungen
H Summe der Fallhöhen
A Summe der mittleren Monatserzeugungen

Bild 7

Drei Jahre Betrieb im Pumpspeicherwerk Langenprozelten

Von Dr.-Ing. Peter Laube, Betriebsleiter der Rhein-Main-Donau AG, München — Betriebsleitung Steinbach

Als am 6. Oktober 1975 die erste Maschine des Pumpspeicherwerks (PSW) Langenprozelten zum ersten Mal mit dem 110 kV-Bahnstromnetz synchronisiert wurde, begann für die Rhein-Main-Donau AG (RMD) und die Deutsche Bundesbahn (DB) ein neuer Zeitabschnitt. Für die RMD ging das erste Hochdruck-Wasserkraftwerk mit einer Fallhöhe von 300 m in Betrieb, für die DB das erste Pumpspeicherwerk mit der Möglichkeit der Energieveredelung. Seit dieser Zeit sind mehr als drei Jahre vergangen. Seither hat das PSW Langenprozelten seinen festen Platz in der Versorgung der DB mit Strom für die elektrische Zugförderung.
Mit dem nachfolgenden Rückblick auf die ersten drei Betriebsjahre Langenprozelten soll versucht werden, auf folgende Punkte näher einzugehen:

1. Die Versorgung der DB mit elektrischer Energie, das PSW Langenprozelten im Bahnstromnetz
2. Einige Besonderheiten an den maschinen- und elektrotechnischen Einrichtungen
3. Bauliche Anlagen

1. Das Pumpspeicherwerk Langenprozelten im Bahnstromnetz

Der Betriebsbeginn des PSW Langenprozelten fiel zeitlich ziemlich genau mit dem Abschluß des Strukturwandels in der Zugförderungstechnik des Bahnverkehrs zusammen.
Die Zugförderung mit Dampflokomotiven wurde eingestellt; etwa 82 % der von der DB geleisteten Transportarbeit werden heute mit elektrischer Zugförderung erbracht, der Rest wird von Dieseltriebfahrzeugen besorgt. Dabei ist zu bedenken, daß von dem gesamten Streckennetz der DB mit 28000 km nur 10600 km, also rund ein Drittel, elektrifiziert sind. Dieser Strukturwandel in der Zugförderungstechnik des Bahnverkehrs senkte den absoluten Primärenergieverbrauch für die Traktion der DB von 1958 bis 1976 von 100 % auf 36 %. Dabei sind die Förderleistungen im gleichen Zeitraum von 100 % auf 140 % angestiegen.
Der spezifische Primärenergieverbrauch pro geleistetem Tonnen-km ist sogar noch stärker abgesunken: von 100 % auf 27 %. Er liegt hier bei etwa 1/5 des spezifischen Ener-

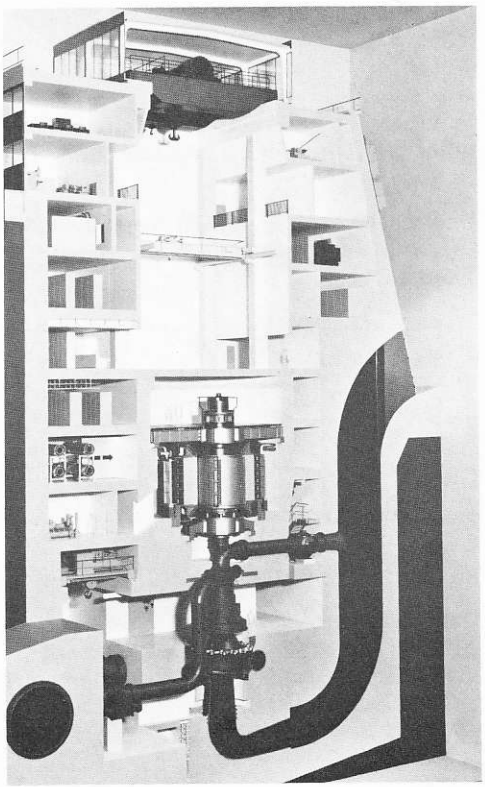


Bild 1 Querschnitt des Pumpspeicherwerks

gieverbrauchs im Straßengüterverkehr. Selbstverständlich wuchs, absolut gesehen, der Verbrauch an elektrischer Energie für die Zugförderung im Zeitraum von 1958 bis 1978 ganz erheblich von rund 1200 auf rund 7000 GWh. Das Fahrleitungsnetz auf den elektrifizierten Strecken wird über 98 Unterwerke mit Energie versorgt, die ihrerseits von einem übergeordneten 110-kV-Einphasen-Wechselstrom-Hochspannungsnetz versorgt werden.

Die Schweizerischen Bundesbahnen und die Österreichische Bundesbahn haben ihre Strecken mit dem gleichen Stromsystem wie die DB elektrifiziert. Zwischen diesen Bahnverwaltungen besteht ein Netzverbund, der es gestattet, überschüssige oder fehlende Leistung unter den drei beteiligten Partnern auszutauschen. Die Kuppelstelle zur Schweiz liegt zwischen den Unterwerken Haltern (DB) und Muttenz (SBB). Mit Österreich erfolgt der Austausch zwischen Kochel (DB) und Zirl (ÖBB) sowie zwischen Traunstein (DB) und Steindorf (ÖBB). Damit besteht ein einheitliches 110-kV-Bahnstromnetz in dem Großraum Hamburg-Chiasso-Graz-Wien.

Wenn wir uns auf die Stromerzeugung zur Versorgung des DB-Netzteils beschränken, so stellen wir fest, daß etwa 26 Kraftwerke mit zusammen rund 1700 MW Leistung ausreichen, den Traktionsstrombedarf für die DB bereitzustellen.

Die Verteilung der Energieerzeugung auf die einzelnen Primärenergieträger und Kraftwerkstypen wird nachfolgend angegeben:

Energieversorgung der DB für den elektrischen Zugbetrieb

Tabelle 1

		MW	%
1	Kernkraft-Maschinensatz	158	9,3
6	Wärmekraftwerke (Kohle, Öl, Gas)	866	51,1
8	Umformerwerke	335	19,7
9	Laufwasserkraftwerke	145	8,6
1	Hochdruck-Spitzenkraftwerk Kochel	43	2,5
1	Pumpspeicherwerk Langenprozelten	150	8,8
		1.697	100,0

Das PSW Langenprozelten liegt ziemlich genau im Belastungsschwerpunkt des 110-kV-Bahnstromnetzes der DB, das heißt, die Energieentnahme aus dem 110-kV-Netz ist nördlich, westlich und südlich Langenprozelten etwa gleich groß.

Elektrische Arbeit muß bekanntlich in dem Augenblick erzeugt werden, in dem sie vom Verbraucher angefordert wird. Sie läßt sich in größerem Umfang nicht speichern. Wie aus der obigen Aufstellung zu ersehen ist, werden über 50% der elektrischen Arbeit für den Zugbetrieb der DB in Wärmekraftwerken erzeugt. Sie arbeiten am wirtschaftlichsten, wenn sie Tag und Nacht mit konstanter Leistung durchfahren können. Der Bedarf an elektrischer Leistung ist jedoch über die 24 Stunden eines Tages sehr

ungleichmäßig verteilt. Die zunehmende Zahl von S-Bahnnetzen in den Ballungsräumen München, Stuttgart, Frankfurt und Ruhrgebiet verstärkt noch die werktäglichen Leistungsspitzen in den Morgen- und Abendstunden, die ohnedies schon vorhanden waren. So beträgt heute der Leistungsbedarf im Bahnstromnetz zum Beispiel zwischen 6.00 Uhr und 8.00 Uhr morgens mehr als das Doppelte der Nachtstunden zwischen 2.00 Uhr und 4.00 Uhr.
Der Ausgleich der einander widersprechenden Bedingungen — konstante Leistung für die Wärmekraftwerke und ungleichförmiger Leistungsbedarf des Bahnbetriebs — kann in nahezu idealer Weise durch ein Pumpspeicherwerk hergestellt werden. Das Pumpspeicherwerk nimmt in den Nachtstunden „überschüssige" Energie auf, pumpt damit Wasser in das Oberbecken und steht in den Spitzenbetriebsstunden morgens und abends zur Lieferung zusätzlicher Leistung bereit.
In den drei Jahren des bisherigen Betriebs des PSW Langenprozelten entwickelte sich eine enge energiewirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen dem Kernkraftwerk Neckarwestheim und dem PSW Langenprozelten. Während in Neckarwestheim der dortige 150-MW-Dampfturbosatz mit konstanter Leistung Tag und Nacht durchläuft, wird in Langenprozelten vor allem in den Wochenendnächten, in denen der Energiebedarf der DB noch niedriger liegt als in den Wochennächten, meist die gesamte Leistung des 150-MW-Dampfturbosatzes Neckarwestheim in Langenprozelten zum Pumpen verwendet. Beide Werke sind über eine Einphasen-110-kV-Doppelleitung direkt miteinander verbunden. So steht aus den zwei Werken Neckarwestheim und Langenprozelten zusammen dem DB-Netz in den Wochenendnächten, wie gewünscht, keine zusätzliche Leistung zur Verfügung. Während der Werktags-Spitzenstunden können jedoch 150 MW aus Neckarwestheim und maximal 150 MW aus Langenprozelten, zusammen also 300 MW zusätzliche Leistung, in das Netz eingespeist werden.
Das PSW Langenprozelten ist in der Lage, den gesamten Beckeninhalt täglich umzusetzen, d. h. während der Nachtstunden zwischen 22.00 Uhr und 6.00 Uhr das ursprünglich leere Oberbecken ganz zu füllen, und während der Tages-Spitzenstunden von 6.00 Uhr bis 9.00 Uhr und von 16.00 Uhr bis 19.00 Uhr bei voller Turbinenleistung wieder völlig zu entleeren. In der Regel hat sich jedoch eine Art Wochenspeicherbetrieb herausgebildet. Dabei wird das Oberbecken in den Nächten Samstag/Sonntag und Sonntag/Montag gefüllt und im Laufe der Woche während der Tagesspitzenstunden, überwiegend mit Teillast, wieder leergefahren. Aber auch in den Nächten an Werktagen wird ein Teil des Triebwassers in das Oberbecken zurückgepumpt.
Der tiefere Grund hierfür liegt in dem Wunsch der DB, das PSW Langenprozelten auch in den Werktags-Abendstunden noch als Netzreserve zur Verfügung zu haben. Sollte also in den Abendstunden, z. B. zwischen 19.00 Uhr und 22.00 Uhr, wenn die Netzleistung noch verhältnismäßig groß ist, ein größerer Dampfturbosatz wegen einer Störung vom Netz geschaltet werden, so steht das PSW Langenprozelten nur dann mit seiner Reserveleistung zur Verfügung, wenn im Oberbecken noch ausreichend Wasser vorhanden ist. Immerhin kann das PSW in 70 Sekunden aus dem Stillstand auf 150 MW Vollast gefahren werden. Der Wunsch der DB nach Bereithaltung einer ausreichenden Reserveleistung ist so groß, daß tageweise auf den Betriebseinsatz des PSW Langenprozelten

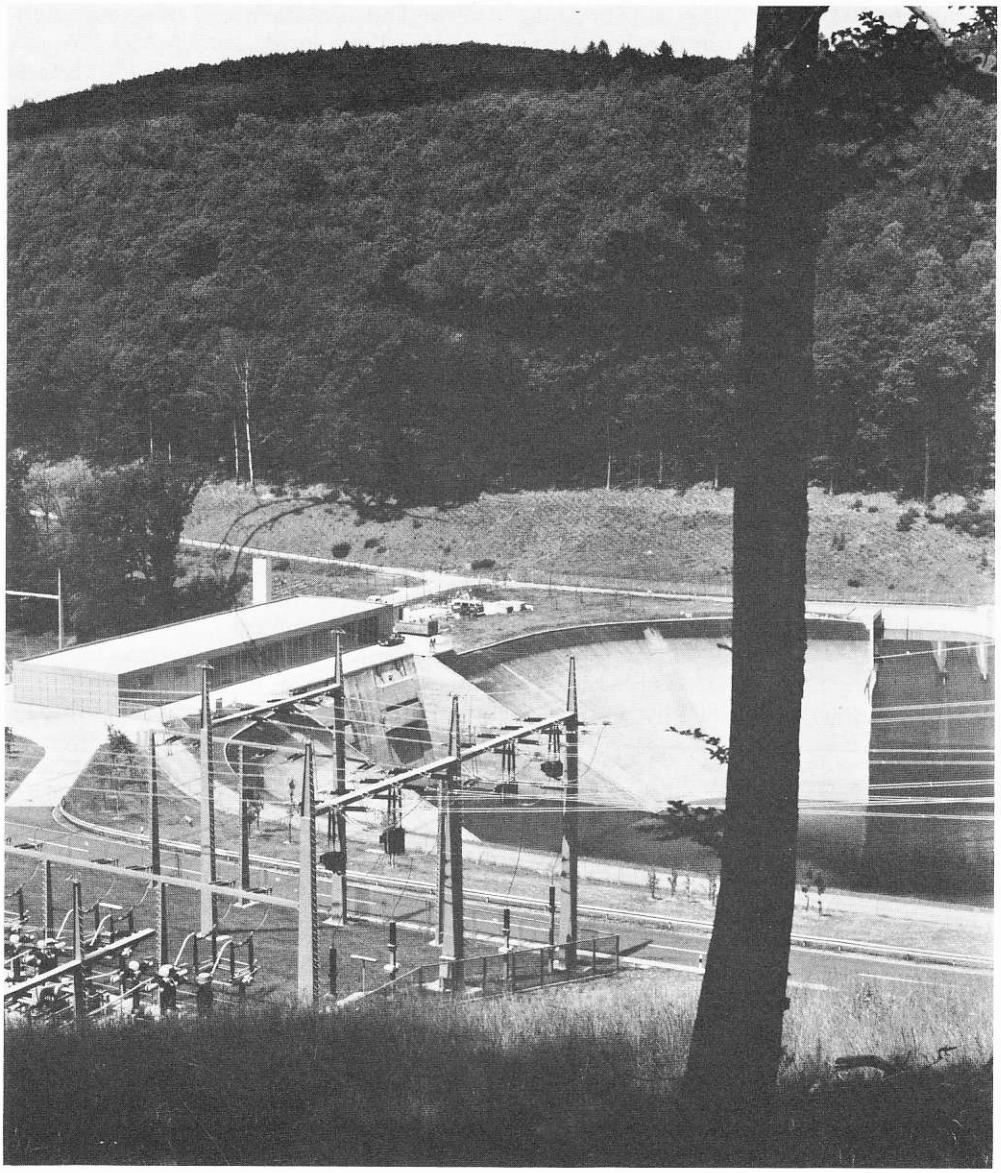


Bild 2: Blick auf Kraftwerk und Unterbecken

ganz verzichtet wird, nur um jederzeit für einen Einsatz im Falle einer Störung in einem anderen Werk verfügbar zu sein.
Das PSW Langenprozelten wird auf direktem Fernsteuerweg von der Zentralen Netzleitstelle der DB in Frankfurt aus eingesetzt. Hier laufen die Meßwerte aus allen Kraftwerken zusammen, die in das DB-Netz einspeisen, ebenso wie die Meßwerte aller Abnahmestellen in den Unterwerken. So kann in dieser Netzleitstelle in jedem Augenblick eine genaue Leistungsbilanz des DB-110-kV-Netzes gezogen werden. Aufgrund der hier zusammenlaufenden Werte wird der Einsatz des PSW Langenprozelten von hier aus ohne Zeitverlust mit Knopfdruck gesteuert.

2. Einige Besonderheiten an den maschinen- und elektrotechnischen Einrichtungen

Die wesentlichste Neuerung, die im PSW Langenprozelten angewendet wurde, waren die Pumpturbinen. Das sind Maschinen, die durch Drehrichtungsumkehr vom Pumpbetrieb zum Turbinenbetrieb und umgekehrt übergehen können. Die Anfangsschwierigkeiten, die bei der Inbetriebsetzung im Pumpbetrieb mit diesen Maschinen auftraten, ließen sich sehr schnell beseitigen, so daß die neuartigen Maschinensätze seither ohne wesentliche Beanstandungen liefen.
Da die Einphasen-Synchronmaschinen zwar in der Turbinendrehrichtung von der Hauptturbine angefahren und auf Synchrondrehzahl gebracht werden, in Pumpendrehrichtung jedoch über einen Fremdantrieb auf Synchrondrehzahl gebracht werden müssen, waren hierfür besondere Vorkehrungen zu treffen. Man löste dieses Problem durch Anwendung einer Anfahrturbine, die nur die Aufgabe hat, den Maschinensatz aus dem Stillstand in Pumpen-Drehrichtung auf die Synchrondrehzahl zu bringen. Im anschließenden Betrieb läuft die Anfahrturbine entleert, d. h. in Luft, mit. Diese prinzipiell sehr einfach aufgebaute Anfahr-Francis-Turbine, deren Drehzahl nur über die Öffnung des Kugelschiebers in der Zulaufleitung geregelt wird, arbeitete ebenfalls von Anfang an einwandfrei.
Ein weiteres Novum der Anlage Langenprozelten ist die Temperierung der Armsterne, die das obere Generatorführungslager gegen das umgebende Betonbauwerk abstützen. Dieser Armstern hat einen Durchmesser von rund 10 Meter. Die ohne besondere Vorkehrung auf die Armsterne wirksam werdenden Temperaturschwankungen von 50°C zwischen kalter und betriebswarmer Maschine ließen Längenänderungen in den Armen von nahezu 5 mm erwarten. Diese Längenänderungen waren mit Rücksicht auf die zulässigen und erforderlichen Lagersteifigkeiten nicht akzeptabel: Aus diesem Grund mußten also die wirksam werdenden Temperaturschwankungen beseitigt werden. Deshalb wurden die Arme wärmeisoliert und außerdem innen mit einer gleichmäßig temperierten Luft durchblasen, deren Austrittstemperatur aus den Armen mit einer Toleranz von ± 20°C auf 30°C konstant gehalten werden sollte.
Derartige komplizierte Anlagen, wie es die Maschinensätze des PSW Langenprozelten darstellen, sind nur durch Teil- oder Vollautomatisierung der Anfahr- und Abstellvorgänge in der notwendigen kurzen Zeit zuverlässig zu bedienen. Neben dem teilautomatischen Betrieb, bei dem jeder einzelne Schritt für das Anfahren und Abstellen einzeln von Hand am Steuerpult vorgewählt werden muß (wobei der zweite Schritt immer erst nach Eingang einer Vollzugsmeldung des ersten Schrittes eingelei-

tet werden kann), dient zum regelmäßigen Betrieb eine Vollautomatik, die nach Eingabe eines einmaligen Start- bzw. Stillsetzbefehls alle notwendigen Einzelschritte in kürzester Zeit folgerichtig einleitet. Diese Vollautomatik ist u. a. Voraussetzung für den von der Netzleitstelle der DB geführten Fernsteuerbetrieb (siehe oben). Sie gestattet es, daß nach einem einmaligen von der DB gegebenen Fernsteuerbefehl (z. B. Turbinenbetrieb 75 MW) der stillstehende Maschinensatz nach folgerichtiger Zuschaltung aller Hilfsbetriebe angefahren, auf Synchrondrehzahl gebracht, erregt, mit dem Netz synchronisiert wird und den gewünschten Wirk- und Blindleistungswert anfährt.

Das gilt für das Anfahren im Turbinen-Pump- und Phasenschieberbetrieb ebenso wie für das Stillsetzen aus diesen drei Betriebsarten. Parallel zu dieser reinen Maschinenautomatik ist noch eine Fernsteueranlage vorgesehen, die es ermöglicht, die gesamte Freiluftschaltanlage mit

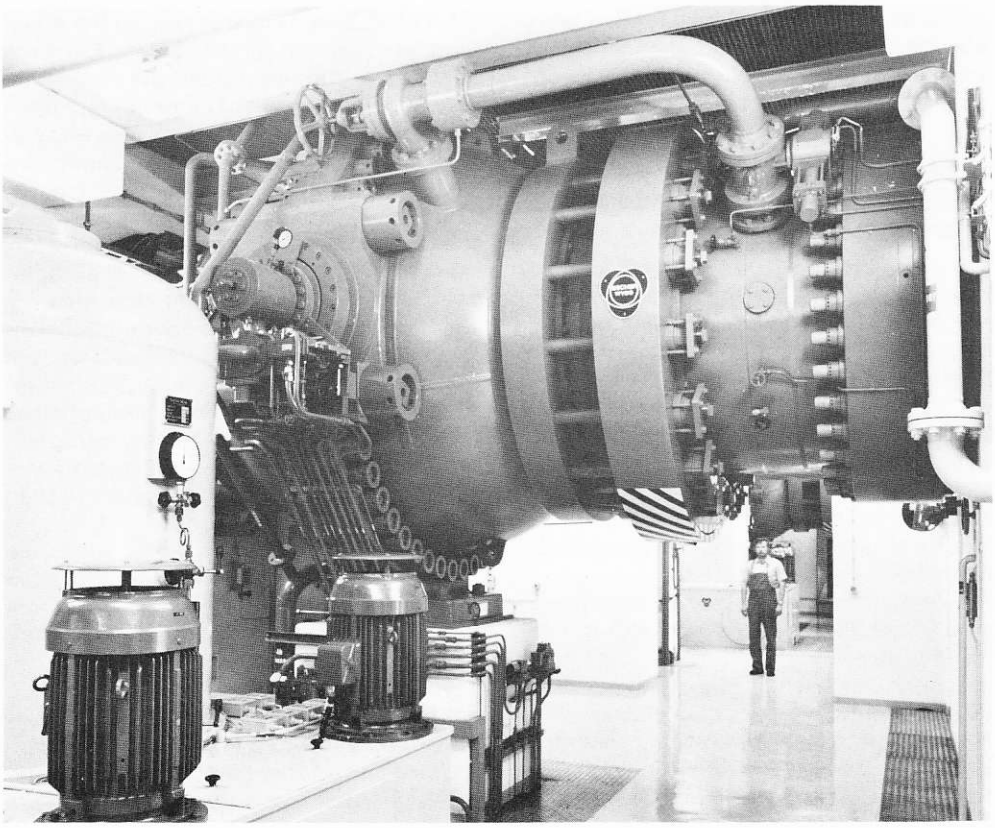


Bild 3: Kugelschieber

ihren zwei Einspeisungen (je Maschine eine) und ihren sechs Bahnstromleitungsabgängen vollständig von der Schaltbefehlsstelle München-Pasing der DB aus zu steuern.
Es ist durchaus normal, daß eine derartig komplizierte Anlage in ihrer Anfangsbetriebszeit gewisse Kinderkrankheiten aufweist. Seit jedoch die Schwachstellen ausgemerzt werden konnten, arbeitet nun die Gesamtanlage klaglos, so daß die diensttuenden Maschinisten in der Warte in zunehmendem Maße nur noch Überwachungsfunktionen ausüben. Bei der Suche und Aufklärung nach Störungsursachen leistete und leistet der Störungsdrucker unentbehrliche Hilfe. Dieses Gerät ist imstande, Störungsursachen und daraus entstehende Folgezustände in zeitlich richtiger Reihenfolge schriftlich zu protokollieren, so daß die verursachende Störung immer am Anfang steht. Da die Folgen der meisten Störungen zeitlich unmittelbar an die verursachende Störung anschließen, wäre es ohne den Störungsdrucker oftmals schwierig, wenn nicht unmöglich gewesen, die wahre Störungsursache zu finden.

3. Bauliche Anlagen

Ober- und Unterbecken sind mit einer vollständigen Dichtungshaut gegen den Untergrund abgedichtet, unter der ein Netz von Drainagerohren liegt. Regelmäßige Messungen erlauben es, den baulichen Zustand der Becken laufend und umfassend zu überwachen. Das gleiche gilt für die Überwachung der Wasserqualität. Hier muß laufend darauf geachtet werden, daß der Phosphatgehalt des Beckenwassers nicht unzulässige Grenzen überschreitet. Diese Gefahr ist durch den relativ hohen Phosphatgehalt der zuströmenden Gewässer gegeben. Die Überwachung von Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Wassertrübung in den verschiedenen Tiefenschichtlinien des Beckens erlauben einen regelmäßigen Überblick über den Qualitätszustand des Beckenwassers und geben Hinweise auf evtl. erforderliche Maßnahmen bei der Wasserbewirtschaftung.
Insgesamt sind die Außenanlagen des PSW Langenprozelten harmonisch in die umgebende Landschaft eingewachsen. Das ganze Werk beeinträchtigt in keiner Weise den Naturgenuß im Sindersbachtal. Es hat sich vielmehr an schönen Sonntagen als Touristenattraktion ersten Ranges entpuppt. Hinzu kommt beim Oberbecken, das nur von Wanderern erreicht werden kann, die in den Spessartbergen so seltene Möglichkeit, einen weiten Fernblick zu genießen. Hierdurch hat sich das Oberbecken auch bei den Ausflüglern einen festen Platz in den Wander-Programmen gesichert.
Ober- und Unterbecken selbst sind aus Sicherheitsgründen eingezäunt und daher für betriebsfremde Personen nicht zugänglich. Durch die großen Wasserspiegelschwankungen (Oberbecken 14 m, Unterbecken 12 m) treten so erhebliche Gefahren auf, daß Boots- und Schwimmbetrieb lebensgefährlich wären. Um so mehr hat sich das Rückhaltebecken mit seiner konstanten Wasserspiegellage, welches etwa 3 Kilometer unterhalb des Unterbeckens im Sindersbachtal liegt, zu einer Art Freizeitzentrum herausgebildet. Während im Winter bei entsprechender Frostlage Schlittschuhläufer die Eisdecke bevölkern, herrscht im Sommer lebhafter Bade- und Bootsbetrieb. An den Kennzeichen der geparkten Fahrzeuge im Rückhaltebeckenbereich ist abzulesen, daß der Einzugsbereich bis in den Würzburger und in den Frankfurter Raum reicht.
Die Wunden, die der Baubetrieb einst unvermeidlich in die schöne Natur des Sin-

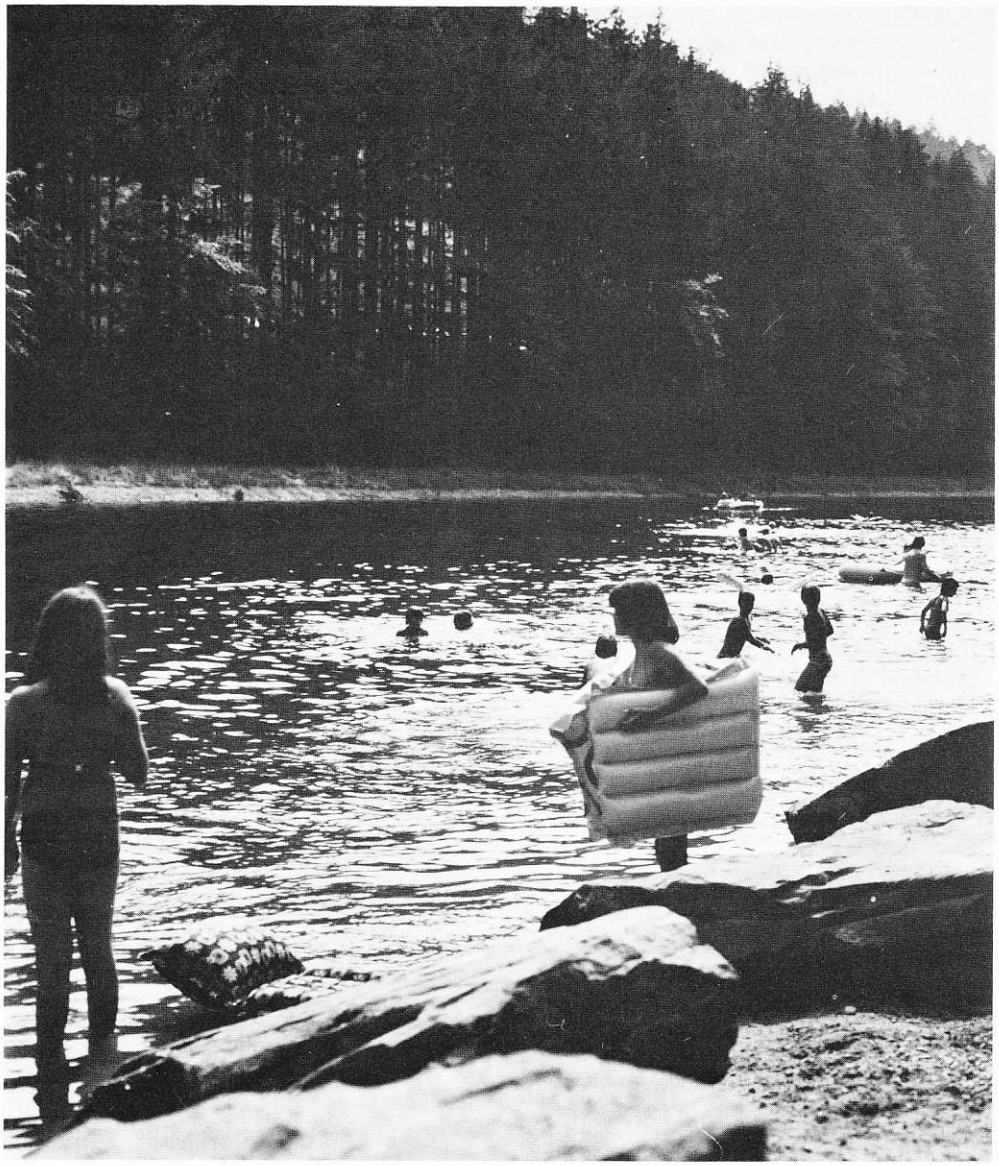


Bild 4: Rückhaltebecken

dersbachtales und die Sohlhöhe schlagen mußte, sind in den drei Jahren seit dem Abschluß des Baubetriebes fast restlos vernarbt. Es läßt sich heute sagen, daß sich die Gesamtanlage harmonisch in die Natur einfügt. Dies wird in einigen Jahren noch mehr der Fall sein, wenn die zahlreichen neugepflanzten Bäume entsprechend gewachsen sein werden.

Mittlere Donau Kraftwerke AG gegründet

Am 18. Juli 1979 wurde die Mittlere Donau Kraftwerke AG (MDK) mit Sitz in München gegründet. Die Gesellschaft hat ein Grundkapital von 45 Millionen Mark. Daran beteiligen sich die Rhein-Main-Donau AG (RMD), München, mit 3/5 (27 Millionen Mark) und die Lech-Elektrizitätswerke AG (LEW), Augsburg, mit 2/5 (18 Millionen Mark). Die Aktien wurden mit einem Agio von 5 Millionen Mark ausgegeben. Das Eigenkapital der Gesellschaft beträgt somit 50 Millionen Mark.

Aufgabe der Gesellschaft ist es, als Organ der RMD die vier Donau-Kraftwerke Dillingen, Höchstädt, Schwenningen und Donauwörth zu bauen und zu betreiben. Die Kraftwerkskette hat eine Gesamtausbauleistung von 34,5 MW und eine Regeljahrerzeugung von 215 GWh. Die Baukosten betragen nach dem derzeitigen Preisstand 227 Millionen Mark. Mit dem Bau des ersten Kraftwerks Dillingen wurde im Mai 1979 begonnen. Die Bauzeit für alle vier Kraftwerke wird rund sechs Jahre dauern.

Der von der MDK erzeugte Strom wird in das Mittelspannungsnetz der LEW eingespeist. Der Energielieferungsvertrag zwischen der RMD und den LEW über den Strombezug von der MDK läuft zunächst bis zum 31. Dezember 2050 (dem Ende der Konzessionszeit der RMD). Darüber hinaus haben die LEW eine Option auf eine Verlängerung des Vertrages für den Fall, daß Bund oder Bayern oder die RMD ab 1. Januar 2051 zum Weiterbetrieb der Kraftwerke berechtigt sind.

Den Vorsitz des Aufsichtsrates der MDK hat Ministerialdirigent Hans-Joachim Keller, Bundesverkehrsministerium, Bonn, übernommen. Erster Stellvertreter ist Dipl.-Ing. Franz Karl Drobek, Mitglied des Vorstandes der LEW. Zweiter Stellvertreter ist Ministerialrat Dr. Otto Majewski, Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, München. Die Geschäfte der Gesellschaft werden vom Vorstand der RMD in Personalunion geführt.

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