Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 46 (1954)
Heft: 5-7

Artikel: Die Wasserkraftnutzung des Rheins vom Bodensee bis Basel
Autor: Kuntschen, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921409

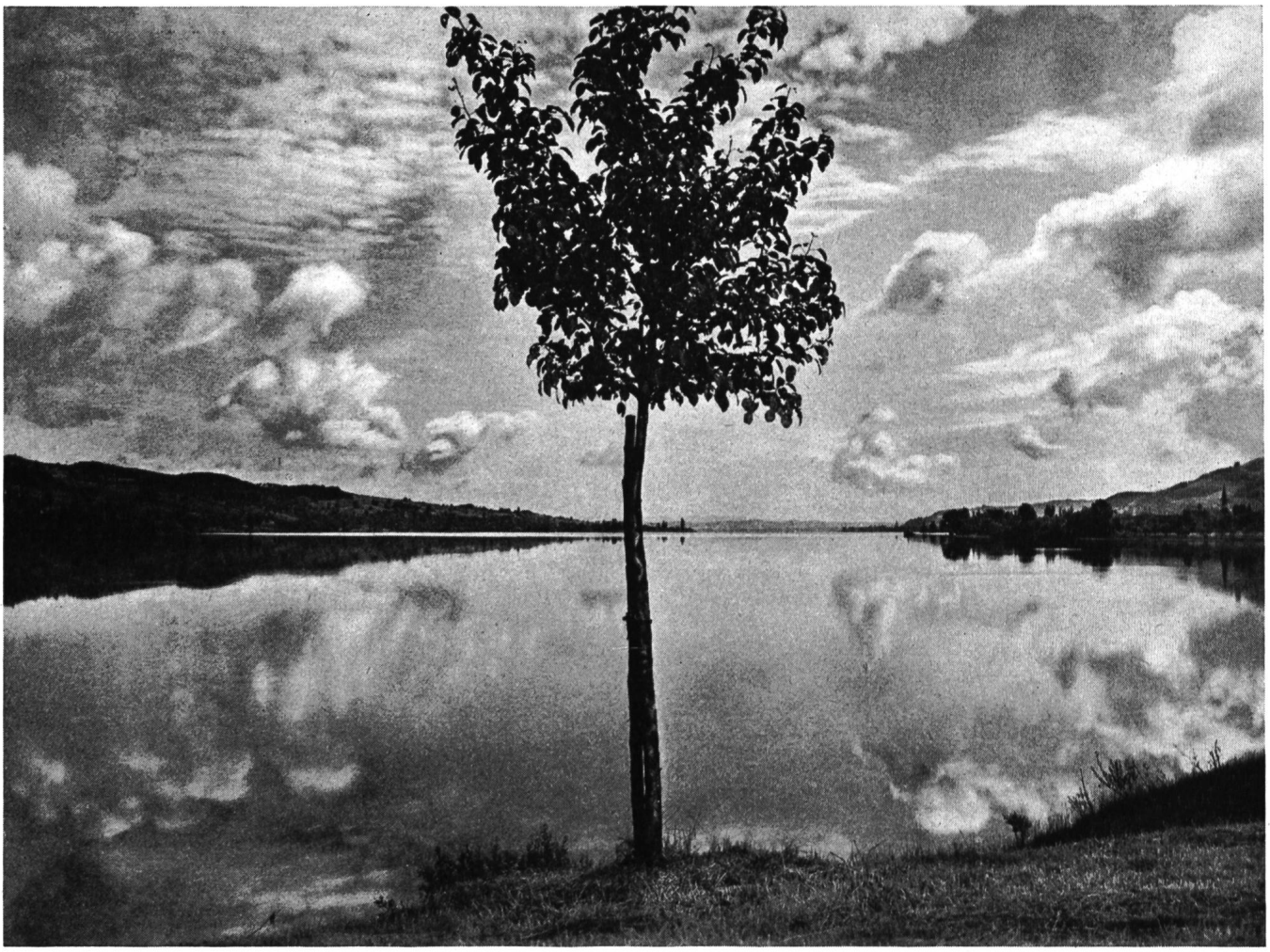
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

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



Der Untersee bei Mammern (Photo A. Steiner, St. Moritz)

Die Wasserkraftnutzung des Rheins vom Bodensee bis Basel

Von a. Dir. Ing. *F. Kuntschen,* Bern

DK 621.29

Die 140 km lange Strecke des Rheins vom Bodensee (Unterseeausfluß) bis nach Basel (Birsmündung) ist wohl im ganzen mitteleuropäischen Zentralgebiet diejenige Stromstrecke, die sich für die Gewinnung von Wasserkraft am besten eignet. Besonders günstig sind im natürlichen Zustand des Flusses die in der Folge erwähnten Verhältnisse.

Für ein Gewässer dieser Bedeutung zeigt das Längenprofil ein relativ großes Gefälle; das gesamte Rohgefälle beträgt rund 150 m; allerdings liegen 25 m oder $^1/_6$ davon am Rheinfall bei Neuhausen konzentriert; dieses Gefälle geht für die Wasserkraftnutzung verloren, denn der Schutz des wunderbaren Landschaftsbildes verlangt, daß keine weiteren Eingriffe zugelassen werden als die bisherige Ausnutzung von 25 m^3/s im Kraftwerk Neuhausen. Alle Zahlen, die wir weiter für die Energieproduktionsmöglichkeit anführen, verstehen sich also ohne Ausbeutung der Rohwasserkraft des Rheinfalls.

Die Stromgeschwindigkeiten sind allgemein recht beträchtlich. Auf den Flußstrecken mit normalem Gefälle betragen sie bei Mittelwasser durchschnittlich 2 m/s und wachsen beim gewöhnlichen Sommerhochwasser auf 3 bis 3,5 m/s an. Bei Stromschnellen steigen sie sogar bis etwa 4 und 5 m/s.

Hinsichtlich der hydrologischen Verhältnisse zeichnet sich der badisch-schweizerische Rhein gegenüber anderen Flüssen des europäischen Kontinents durch die Ergiebigkeit und die Ausgeglichenheit seiner Wasserführung aus. Dies gilt für die drei Unterabschnitte, nämlich die Strecke von Basel aufwärts bis zur Aaremündung, von hier bis zur Thurmündung und von der Thurmündung bis zum Bodensee. Auf dieser letztgenannten Strecke kommt aber die Speicherwirkung des Bodensees noch ausgesprochener zur Geltung. Auf allen drei Abschnitten tritt der Charakter des Rheins als Hochgebirgsfluß mit alpinem Abflußregime deutlich in Erscheinung: große Wasserführung in den Sommermonaten Juni, Juli und August, in welcher Zeit die Schnee- und Gletscherschmelze reichen Wasserzufluß spendet; geringe Wasserführung in den Wintermonaten Januar, Februar und

März, wenn aus dem hochalpinen Einzugsgebiet beinahe kein Wasser mehr zufließt. Wohl gibt es immer wieder Ausnahmen von dieser Regel; mit viel größerer Sicherheit als bei anderen Flüssen unseres Kontinentes tritt aber das skizzierte Abflußregime Jahr für Jahr immer wieder in Erscheinung.

Für die Ergiebigkeit der Wasserführung zeugen folgende Angaben über den mittleren spezifischen Abfluß an drei auf jedem Abschnitt gewählten Stellen:

Rhein in Basel	28,5 l/s u. km²
Rhein Reckingen (oberhalb Aaremündung)	29,8 l/s u. km²
Rhein Nohl (oberhalb der Thurmündung	31,4 l/s u. km²

Gegenüber andern Strömen mit gleich ausgedehnten Einzugsgebieten, die nicht aus dem Alpenmassiv kommen, stellen diese Werte Rekordzahlen dar.

Auch das Verhältnis vom maximalen Hochwasserabfluß zum mittleren Jahresabfluß und zur minimalen Abflußmenge ist auf der ganzen badisch-schweizerischen Strecke kleiner, d. h. für die Gewinnung der Wasserkraft günstiger als bei den meisten anderen Flüssen unserer Nachbarländer. Auf diesen Ausgleich der Wasserführung übt das Retentionsvermögen der zahlreichen Seen im Einzugsgebiet vorwiegenden Einfluß; es sei als Beispiel erwähnt, daß der größte Gesamtzufluß zum Bodensee im Jahre 1910 4700 m³/s erreicht hat, der größte Abfluß dagegen nur noch 1010 m³/s. Mit der stetigen Vermehrung der Akkumulierbecken im Alpengebiet ist die Minimal-Wassermenge in den letzten Jahren merklich angestiegen; während der ausgesprochenen Niederwasserperiode in den ersten Monaten dieses Jahres hat zum Beispiel der Zuschuß aus den Akkumulierbecken bis über 7 % der mittleren Monatswassermenge ausgemacht.

Die Geschiebeführung, die andernorts den Flußbau oft vor schwer zu lösende Aufgaben stellt, bleibt auf der Rheinstrecke unterhalb vom Bodensee ohne praktische Bedeutung. Wohl führen bei Hochwasser einige Zuflüsse wie die Thur, die Wutach oder die Birs Geschiebe, das sich im Rheinbett ablagert, mit; diese Mengen sind aber im Verhältnis zur Wasserführung des Rheins nicht bedeutend genug, um einen maßgebenden störenden Einfluß ausüben zu können; allfällige lokale Maßnahmen genügen in der Regel, um die schädlichen Folgen zu beseitigen. Der Hauptzufluß, die Aare, bringt heute keine Kiesmengen mehr mit.

Über die topographischen und geologischen Aspekte kann zusammenfassend folgendes festgestellt werden. Die Flußrinne besitzt fast durchwegs eine geschlossene Form; nur selten finden sich Inselbildung oder Verästelungen. Ihre Breite beträgt durchschnittlich etwa 200 m unterhalb der Aaremündung, 100 bis 150 m weiter stromaufwärts.

Der Fluß ist meistens in diluvialen Schottermassen aus Sand und Kies eingebettet, welche die eigentliche Talsohle bilden und an beiden Ufern terrassenförmig ansteigen, so daß die Erstellung von Stauhaltungen in einfacher Weise bewerkstelligt werden kann. Diese Schotter liegen selbst auf sedimentären Gesteinschichten, die hauptsächlich der Trias-, Jura- und Tertiärformation angehören; an wenigen vereinzelten Stellen, zum Beispiel bei Laufenburg und Albbruck, bildet auch das Urgestein den Untergrund. Bei Stromschnellen ist das Flußbett bis auf den Fels erodiert, wobei der Fluß bei Niederwasser oft nur in einer schmalen, tief eingeschnittenen Rinne fließt, die beträchtliche Kolktiefen bis 20, sogar 30 m erreichen kann (Rheinfelden, Laufenburg). Besondere Schwierigkeiten geologischer Art bilden die durch die Salzgewinnung verursachten Bodensenkungen in der Gegend von Rheinfelden. Der Betrieb der Salinen und wahrscheinlich auch natürliche Auslaugungen der mehr als 100 m tief im Boden vorhandenen Salzlager haben zur Folge, daß beträchtliche Terrainsenkungen im Flußbett und an beiden Stromufern eingetreten sind, die kaum in absehbarer Zeit zum Stillstand kommen werden. In einem derart unstabilen Boden kommt die Erstellung von Kraftwerkobjekten mit beweglichen Teilen und fein regulierten Maschinenaggregaten nicht in Frage. Das bereits fünfundfünfzig Jahre bestehende Kraftwerk Rheinfelden liegt auf einer solchen gefährdeten Stelle, ohne daß sich allerdings bis heute schädliche Erscheinungen zeigten. Auf Grund von eingehenden Erhebungen könnte nicht weit vom bestehenden baufälligen Stauwehr eine salzfreie Zone gefunden werden, so daß die neue Anlage Rheinfelden im senkungssicheren Terrain zu liegen kommen wird.

Den kurz beschriebenen günstigen Voraussetzungen für die Energiegewinnung am Oberrhein und auch der vorteilhaften geographischen Situation nahe den Konsumgebieten ist es zuzuschreiben, daß der Ausbau der Wasserkraft am Oberrhein frühzeitig eingesetzt hat; bereits in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde in Schaffhausen eine für die damalige Zeit bedeutende Wasserkraftanlage errichtet, welche zu der industriellen Entwicklung dieser Stadt wesentlich beigetragen hat. Im Jahre 1889 wurde eine Vorbereitungsgesellschaft für die Nutzbarmachung des Rheins bei Rheinfelden ins Leben gerufen; nach Überwindung größerer finanzieller und technischer Schwierigkeiten entstand in der Folge die erste große hydro-elektrische Wasserkraftanlage Europas, das Kanalwerk Rheinfelden, das im Jahre 1898 in Betrieb genommen wurde. Dann folgte die Erstellung des reinen Stauwerkes Augst-Wyhlen mit zwei Zentralen je an einem Flußufer, das im Jahre 1912 vollendet wurde. Fast gleichzeitig ist das Kraftwerk Laufenburg in den Jahren 1908 bis 1914 gebaut worden, das die bekannten Stromschnellen bei der malerischen alten Brücke überstaut hat. In den letzten Jahren des Ersten Weltkrieges entstand das Staukraftwerk Eglisau als erstes Großkraftwerk im Abschnitt oberhalb der Aaremündung.

Rheinkraftwerke im Abschnitt Bodensee—Basel Stand 1. April 1954

Tabelle 1

Kraftwerk	Konzessionär bzw. Bewerber	Zustand	Jahr der Inbetriebsetzg.	Wehr: Max. Stauziel RPN = 373,60 m ü. M.	Wehr: Öffnungen	Nutzgefälle bei MW (182 Tage) m	Max. Nutzwassermenge m³/s	Einheiten Anz.	Max. Leistung kW	Mögl. Jahresprod. netto Mio kWh	Baukosten Mio Fr.	Gesteh.-preis der Energie (% der Jahreskosten) Rp./kWh	Schweiz. Kraftanteil %	Bemerkungen
Schaffhausen (3 Zentralen)	Einwohnergemeinde Schaffhausen	in Betrieb	1866, 1890	390,50		ca. 5-6	115	9	4 400	38	ca. 2	0,54 (9,5)		[1] nach Abzug von 4 Mio kWh für Ausfall an Reckingen
Neu-Schaffhausen	Stadt Schaffhausen; Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden (NOK)	Projekt 1953 (Var. 4) (Preisb. 1952)		390,80	3×16,0 m	ca. 7,8	400	2	24 800	160	52,5	2,4 (7,5)	93	[2] bei Stauziel Ryburg-Schwörstadt auf 281,14 und nach Abzug von 15 Mio kWh für Ausfall an Laufenburg
Neuhausen	Rheinkraftwerk Neuhausen AG, Neuhausen	in Betrieb	1951	379,70		21,70	25	1	4 400	38	ca. 4	1,00 (9,5)	100	
Rheinau	Elektrizitätswerk Rheinau AG, Rheinau (ERAG)	im Bau Projekt 1951 (Preisb. 1951)	1954/55	359,00	4×25,5 m	10,65	400	2	34 000	215	92	3,60 (8,6)	59	[3] befristeter Höherstau Normalstau = 280,74
Eglisau	NOK, Baden	in Betrieb	1920	343,48	6×15,5 m	10,90	415	7	32 000	233	38	1,40 (8,6)	92,8	
Reckingen	KW Reckingen AG, Reckingen	in Betrieb	1941	331,94	3×20,0 m	8,95	510	2	37 600	244	34	1,20 (8,6)	50	[4] theoretisch 555-614 m³/s
Koblenz-Kadelburg	NOK Baden; Aarg. Elektrizitätswerk Aarau (AEW) Badenwerk AG, Karlsruhe	Projekt 1932 (Preisbasis 1932)	—	322,24	3×23,0 m	10,20	500	3	39 000	260 [1]	27,8	0,92 (8,6)	50	[5] netto, Vergütung an Ryburg-Schwörstadt = 74,5 Mio kWh
Albbruck-Dogern	Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG, Waldshut (RADAG)	in Betrieb	1933	310,74	5×25,0 m	9,40	1060	3	73 600	532	67	1,10 (8,6)	54	[6] + je zwei Erregerturbinen
Laufenburg	KW Laufenburg AG, Laufenburg	in Betrieb	1914	299,44	4×17,3 m	10,25	900	10	73 000	526	38	0,62 (8,6)	50	[7] nach Abzug von 78 Mio kWh für Ausfall an Augst-Wyhlen
Säckingen	Badenwerk AG, Karlsruhe; NOK, Baden AEW, Aarau	Projekt 1952 (Preisbasis 1951)	—	288,24	5×20,5 m	6,80	1200	4	59 800	370 [2]	103 DM zu Fr. 1.05	2,39 (8,6)	50	[8] ohne Schiffahrt
Ryburg-Schwörstadt	KW Ryburg-Schwörstadt AG, Rheinfelden (KRS)	in Betrieb	1930	281,14 [3]	4×24,0 m	11,40	1200	4	110 000	732 [3]	62,5	0,73 (8,6)	50	
Rheinfelden	Kraftübertragungswerke Rheinfelden AG, Rheinfelden (KWR)	in Betrieb	1898	268,69	8×22,2 m	5,30	540 [4]	20	20 300	164	19	1,02 (8,8)	50	
Neu-Rheinfelden		Projekt 1949		270,50	7×22,5 m	8,40	1200	6	74 200	436 [5]	120	2,36 (8,6)		
Augst Wyhlen	Kt. Baselstadt KWR, Rheinfelden (Baden)	in Betrieb	1912	260,84 (260,99 im Winter)	10×17,5 m	7,40	400 400	10 [6] 10 [6]	44 000	316	26	0,71 (8,6)	100 0	
Birsfelden	KW Birsfelden AG, Birsfelden	im Bau Projekt 1948 (Preisbasis Dez. 1948)	1956	254,24	5×27,0 m	7,00	1300	4	62 400	362 [7]	112,6 [5]	2,68 [8] (8,6)	58,75	

	Max. Leistung kW	Mögl. Jahresprod. netto Mio kWh	Mögl. Produktion Winter Mio kWh	Mögl. Produktion Sommer Mio kWh
Bestehend	399 300	2823	1247	1576
Im Bau	96 400	577	265	312
Total möglich	668 800	4424	1943	2481

Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

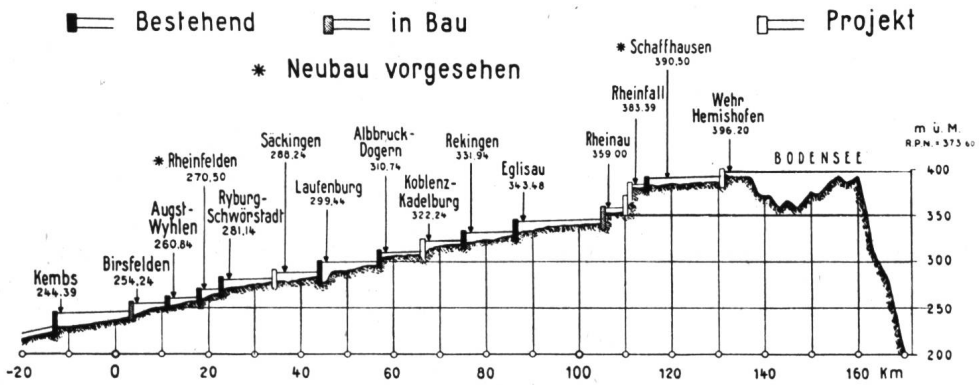


Abb. 1
Übersichtslageplan und Längenprofil des Rheins Basel—Bodensee.

Alle genannten Werke waren jeweils nur für sich allein, ohne Rücksichtnahme auf einen gesamten und rationellen Ausbauplan ausgeführt worden; man wählte dabei Flußstrecken aus, die durch ihr natürliches konzentriertes Gefälle und durch ihre topographischen und geologischen Verhältnisse besonders zum Ausbau geeignet erschienen. Es mußte aber bald erkannt werden, daß es im Interesse einer zweckmäßigen Nutzbarmachung und auch im Hinblick auf die spätere Schiffbarmachung notwendig war, einen einheitlichen Wasserwirtschaftsplan für den ganzen Abschnitt auszuarbeiten. Im Jahre 1913 erfolgte gemeinsam durch die Schiffahrtsverbände der beiden Uferstaaten die Ausschreibung eines internationalen Wettbewerbes für den Ausbau der Rheinstrecke Basel—Bodensee. Das Ergebnis dieses Wettbewerbes, der infolge des Ausbruches des Ersten Weltkrieges erst im Jahre 1920 zum Abschluß gebracht werden konnte, lieferte wertvolle Grundlagen, anhand welcher die schweizerischen und die badischen Behörden einen Ausbauplan ausgearbeitet haben. Die Wasserkraftnutzung ohne Rheinfall und Hemishofen erfolgte in 12 Stufen, von denen acht ausgebaut, zwei im Bau und zwei projektiert sind. Wir verweisen auf Abb. 1 mit Situationsplan und Längenprofil sowie auf Tabelle 1. Dieser Ausbauplan, der bereits auf eine Zeitperiode von über 30 Jahren zurückgeht, ist seither unverändert geblieben; wohl werden bei der Projektierung der noch freien Strecken die neuen Anlagen dem Fortschritt der Technik angepaßt; die Stufeneinteilung bleibt aber genau so wie sie schon damals als rationell und zweckmäßig betrachtet wurde.

Für die Energieerzeugung der Strecke Schaffhausen—Birsmündung ergeben sich im Mittel der Jahre folgende Zahlen:

	bestehend	im Bau	total möglich
Maximalleistung	399 300 kW	96 400 kW	668 800 kW
Mögl. Jahresproduktion	2823 Mio kWh	577 Mio kWh	4424 Mio kWh

Davon fallen rund 55,5 % der Schweiz zu und 44,5 % Deutschland. Von der möglichen Energieproduktion entfallen 44 % auf das Winterhalbjahr und 56 % auf das Sommerhalbjahr.

In diesen Zahlen ist die Wasserkraft der rein schweizerischen Strecke durch die Stadt Basel von der Birsmündung bis zur Landesgrenze nicht inbegriffen; sie wird im Kraftwerk Kembs ausgenutzt und ergibt rund 160 Mio kWh jährlich, mit einer Leistung von 28 000 kW.

Die totalen verwertbaren Energiemengen der Rheinstrecke vom Bodensee bis zur Landesgrenze unterhalb Basel entsprechen rund 15 % aller verfügbaren ausbauwürdigen Wasserkräfte der Schweiz.

Es würde zu weit führen, im Rahmen dieser kurzen Übersicht auf die einzelnen Stufen einzugehen; es sei nur auf folgende interessante Tatsachen hingewiesen.

Das *Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt,* das im Jahre 1930 als reines Flußstauwerk in Betrieb genommen wurde, ist die größte Anlage auf dem badisch-schweizerischen Rhein und ist in der Lage, im Mittel jährlich rund ¾ Mrd kWh zu erzeugen mit einer maximalen Leistung von 110 000 kW. Diese Stromerzeugung in einer einzigen Zentrale wird in der Schweiz, was die Quantitäten anbelangt, in keiner anderen Anlage übertroffen. Das Kraftwerk wurde in einer sehr günstigen Zeit hergestellt, so daß die Baukosten 62,5 Mio Fr. nicht überschritten, was für eine Anlage dieser Bedeutung als

äußerst niedrig zu betrachten ist und eine sehr wirtschaftliche Stromerzeugung sichert.

Beim Kraftwerk Albbruck-Dogern ist auf folgende Besonderheit hinzuweisen: Das Kraftwerkunternehmen wurde ermächtigt, den durch die Verleihung festgesetzten Stau am Wehr von der Kote 314,00 auf Kote 314,50 zu erhöhen, jedoch nur bei Rheinwasserführungen unter 1800 m^3/s; bei größeren Wasserführungen ist der Stauspiegel so abzusenken, daß bei 2000 m^3/s und mehr die Kote 314,00 nicht überschritten wird.

Der Zweck dieser Stauerhöhung ist die Schaffung eines zusätzlichen Stauraumes, in welchem die durch den Pumpbetrieb des Schluchseewerkes verursachten Schwankungen ausgeglichen werden können. Das badische Werk Schluchsee, mit einem Akkumulierraum von 108 Mio m^3, nützt in drei Stufen (Häusern, Witznau, Waldshut) ein Gesamtbruttogefälle von 550 m aus. Der Unterwasserkanal der unteren Stufe mündet in den Stauraum von Albbruck-Dogern ein. Mit einer maximal möglichen Leistung von 520 000 kW und einer mittleren jährlichen Produktionsmöglichkeit von 550 Mio kWh arbeitet es als Spitzen- und Pumpwerk. Die Schluchseewerk AG ist ermächtigt worden, bei Rheinwasserführungen über 2000 m^3/s aus dem Fluß 32 m^3/s zu entnehmen; die Wasserrückgabe in den Rhein darf 140 m^3/s nicht überschreiten.

Im Interesse der untenliegenden Rhein-Kraftwerke ist dem Kraftwerkunternehmen Albbruck-Dogern die Verpflichtung übertragen worden, seinen zusätzlichen Stauraum durch entsprechende Regulierung der Stauhöhe und der Maschinenleistung so zu bewirtschaften, daß im Unterwasser des Kraftwerkes ein möglichst gleichmäßiger Abfluß erzielt wird. Die Bewilligung wurde im Oktober 1953 vorläufig für die Dauer von fünf Jahren erteilt; sie kann auf Grund der laufenden Erfahrungen abgeändert werden.

Im Vordergrund des Interesses stehen heute die beiden im Bau begriffenen Kraftwerkstufen Birsfelden und Rheinau.

Das *Kraftwerk Birsfelden,* vor den Toren der Stadt Basel, geht seiner Vollendung entgegen. Trotz Überflutung der Baugrube durch das außergewöhnliche Hochwasser am 26. Juni 1953 wird das Bauprogramm eingehalten werden können, und die ersten Maschinengruppen werden im Oktober 1954 in Betrieb kommen. Die mögliche mittlere Netto-Jahresproduktion wird 362 Mio kWh erreichen mit einer maximal möglichen Leistung von 62 400 kW in vier Maschineneinheiten. Die Baukosten mit rund 134 Mio Fr., inbegriffen Anteil an den Großschiffahrtsanlagen, sind relativ hoch. Die vorteilhafte Lage gegenüber dem Konsumgebiet wird aber die Transport- und Umformerkosten erheblich reduzieren.

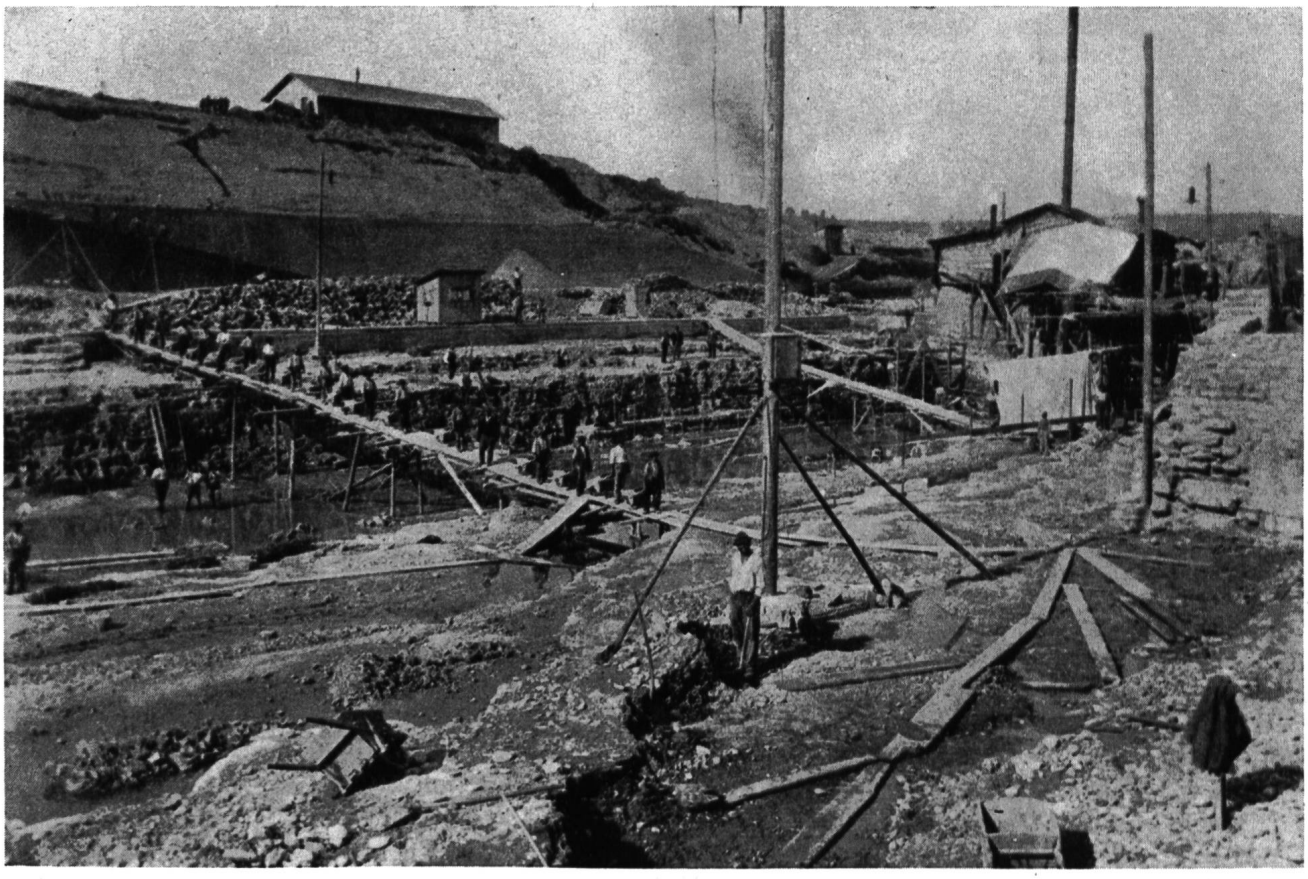


Abb. 2 Baugrube des Kraftwerkes Rheinfelden.

Abb. 3
Baugrube des Kraftwerkes Birsfelden.

Wirtschaftlich sehr belastend war der Umstand, daß die in Anspruch genommene Rheinstrecke der Großschiffahrt bereits erschlossen war und das Kraftwerk folglich alle Kosten übernehmen mußte, die nötig waren, um die bestehende Schiffbarkeit aufrechtzuerhalten. Interessant ist auch die Feststellung, daß, trotzdem die Hoheitsanteile an der Rohwasserkraft im Verhältnis von rund 59 % für die Schweiz und 41 % für Deutschland sich verteilen, die ganze Energieproduktion der Schweiz zukommt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß, als das Kraftwerk Albbruck-Dogern (Inbetriebsetzung im Jahre 1933) gebaut wurde und der Strombedarf in Deutschland viel größer war als in der Schweiz, eine zwischenstaatliche Vereinbarung getroffen wurde, nach welcher der spätere Anteil Deutschlands an der Stromerzeugung in Birsfelden gegen einen gleich großen Energieanteil der Schweiz an der Stromerzeugung in Albbruck-Dogern für die Dauer der Verleihung, abgetauscht wurde.

Beim *Kraftwerk Rheinau* schreiten die Bauarbeiten gemäß dem von den beidseitigen Behörden genehmigten Bauprogramm fort. Danach ist die Inbetriebsetzung des Werkes im Jahre 1956 vorgesehen. Die technischen Dispositionen in Rheinau weichen von denjenigen der übrigen Rheinkraftwerke erheblich ab, weil die natürlichen Verhältnisse des Rheinstromes hier ganz anders geartet sind. In allen anderen Abschnitten fließt der Rhein in gestreckter Linie von Osten nach Westen; hier dagegen bildet er einige scharfe Windungen im tief eingeschnittenen Terrain. Ein Teil des Gefälles wird nicht durch Stauung, sondern durch Abschneiden einer 5 km langen Schleife gewonnen. Der Unterwasserkanal ist als Doppelstollen ausgebildet mit einem gesamten Fassungsvermögen von 400 m^3/s. Die Jahresproduktion wird 217 Mio kWh erreichen. Die Baukosten sind auf rund 92 Mio Fr. veranschlagt. Mehr als 10 % dieser Baukosten sind für die besonderen Maßnahmen notwendig, die der Konzessionär gemäß Verleihung zu treffen hat, um die Naturschönheiten zu schützen und die Anlagen möglichst gut dem Landschaftsbild anzupassen.

Für jede der beiden noch nicht gebauten Stufen Säkkingen und Waldshut-Kadelburg sind schweizerischerseits die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG in Baden zusammen mit dem Aargauischen Elektrizitätswerk in Aarau als die für die Erteilung der Konzession in Frage kommenden Bewerber bezeichnet worden. Als deutscher Partner wird dortseits die Badenwerk AG bestimmt.

Die bisherigen Studien für die Ausbildung der Stufe *Säckingen* haben zu zwei Varianten geführt, die nun untereinander im Wettbewerb stehen; eine Staustelle oberhalb der malerischen Stadt mit der bekannten sehr alten Holzbrücke, die andere unterhalb der Stadt. Große Modelle sind angefertigt worden, um den Behörden und namentlich den Kreisen des Natur- und Heimatschutzes Gelegenheit zu geben, in aller Objektivität die zweckmäßigste Lösung zu befürworten. Dabei soll die Wirtschaftlichkeit, die nun auf Grund von einheitlichen Grundlagen geprüft wird, mitberücksichtigt werden.

Für die Stufe *Koblenz-Kadelburg* haben die beiderseitigen Behörden bereits vor dem letzten Weltkrieg Richtlinien für die Projektierung aufgestellt. Es wird nun untersucht, ob infolge der inzwischen eingetretenen technischen Entwicklungen nicht andere Lösungen vorzuziehen sind.

Unter den bestehenden Kraftwerken sind zwei davon in *Rheinfelden* und *Schaffhausen* derart veraltet und so-

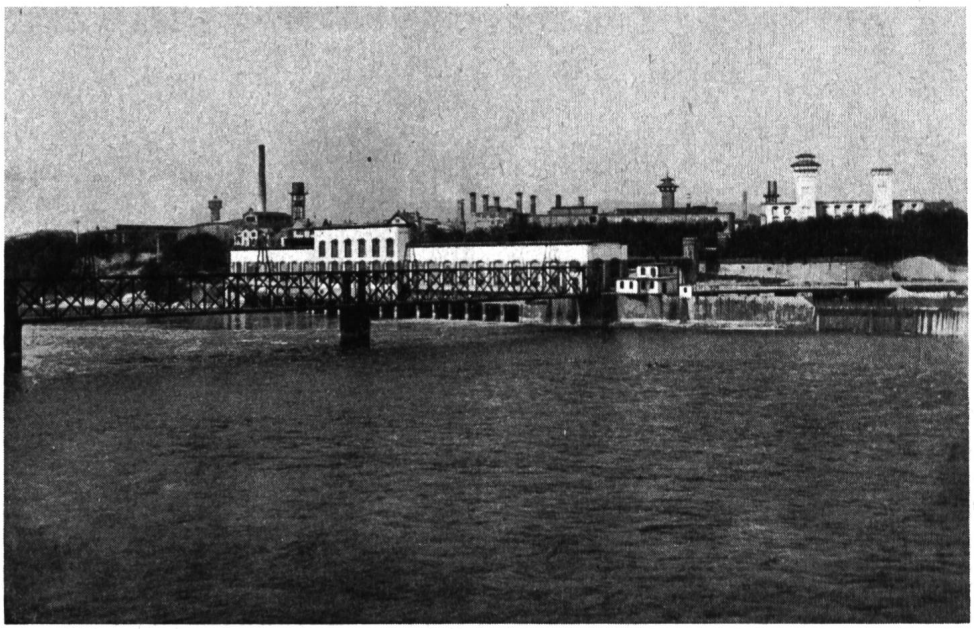


Abb. 4
Ansicht der Zentrale Rheinfelden

gar baufällig, daß sie in nächster Zeit umgebaut oder neu gebaut werden müssen. Für *Rheinfelden* liegt ein fertiges Bauprojekt [1] vor (Mitteilung 35 des eidg. Amtes für Wasserwirtschaft) ohne Seitenkanal und mit Maschinenhaus oberhalb der Stadt am schweizerischen Rheinufer; die neue zusätzliche jährliche Energieerzeugung wird auf rund 270 Mio kWh ansteigen. In *Schaffhausen* stehen zwei Vorschläge im Wettbewerb: eine Variante mit Maschinenhaus am rechten und Schiffahrtsanlagen am linken Ufer und eine andere mit spiegelbildlicher Anordnung der Bauwerke. Für die Wasserkraftgewinnung erscheinen heute beide Varianten ebenbürtig; für die spätere Großschiffahrt dagegen ist der zweite Vorschlag wirtschaftlich vorteilhafter und würde dabei einen geringeren Eingriff in das Landschaftsbild darstellen. Die Untersuchungen werden fortgesetzt. Die neue zusätzliche Stromerzeugung wird 100 Mio kWh leicht übersteigen.

Es geht aus dem Gesagten hervor, daß, um den vollständigen Ausbau der Wasserkraft des Oberrheins zu Ende zu führen, noch bedeutende Bauten notwendig sind; die hiefür zu investierenden Kapitalien können heute auf rund 350 Mio Fr. geschätzt werden; die Ausführung dieser Arbeiten wird noch erhebliche Zeit in Anspruch nehmen; sie sind aber die unentbehrliche Voraussetzung für die Weiterführung der Großschiffahrt bis in den Bodensee.

Der langsame Fortschritt des Ausbaues der Wasserkraft am Oberrhein, trotz der sehr günstigen natürlichen Voraussetzung, erklärt sich in erster Linie dadurch, daß es sich hier um einen Grenzstrom handelt, was zur Folge hat, daß der Erteilung von Wasserrechten internationale Verhandlungen vorangehen müssen, die immer viel Zeit in Anspruch nehmen; im Spezialfall sind diese Verhandlungen zweimal durch die schweren Folgen der Kriegsereignisse lahmgelegt worden. Sollten die internationalen Beziehungen stabiler und der Zahlungsverkehr wieder normal werden, so kann angesichts des immer zunehmenden Energiebedarfes mit einem raschen Abschluß gerechnet werden.

In technischer Hinsicht zeigt dieser langsame, sukzessive Bau der verschiedenen Stufen in sehr instruktiver Weise die Fortschritte, die die Technik auf dem Gebiete des Kraftwerkbaues in den letzten Jahrzehnten durchgemacht hat. Ohne in Details einzugehen, sei zum Beispiel auf folgende Punkte hingewiesen: Verkürzung der Bauzeit durch Verwendung neuzeitlicher Baumaschinen, moderne Fundationsmethoden mit Druckluftgründung oder Einschlagen von Spundwänden, Wahl der zweckmäßigsten hydraulischen Formen auf Grund von Modellversuchen, Entwicklung im Turbinenbau (Kaplanturbinen), hohe Wirkungsgrade aller Maschinenteile, einfacher Wehrbau mit breiten Öffnungen, allgemeine Anwendung der Eisenbetonkonstruktionen usw.

Die Abb. 2 und 3 veranschaulichen die vollständige Umwälzung auf dem Gebiet der Baumethoden: vor 60 Jahren wurden in Rheinfelden noch enorme Aushubmengen mittels Schaufeln und Schubkarren ausgehoben und transportiert; heute, auf der modernen Baugrube von Birsfelden, hat der Motor die menschliche körperliche Arbeit beinahe vollständig verdrängt. Diese Entwicklung kommt ebenfalls stark zum Vorschein in der äußeren Gestaltung der Maschinenhäuser; dies geht aus den Abbildungen 4 bis 6 hervor: Zentrale Rheinfelden (Betriebseröffnung 1898), Zentrale Ryburg-Schwörstadt (Betriebseröffnung 1930) und Zentrale Birsfelden (im Bau), letztere ein Triumph der modernsten Bauweise mit aufgelöstem Eisenbetongerippe und Glaswänden.

[1] Siehe auch «Wasser- und Energiewirtschaft» 1953, Seiten 203 bis 211.

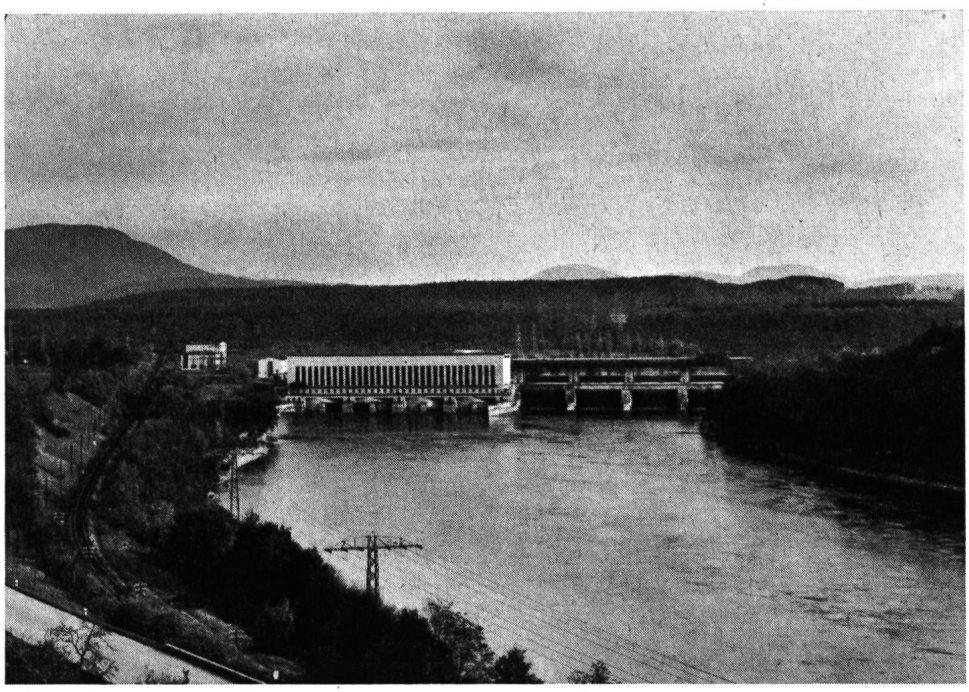


Abb. 5
Ansicht der Zentrale Ryburg-Schwörstadt.

Abb. 6
Ansicht der Zentrale Birsfelden (Photomontage).