

Zwei deutsche Großkraftquellen

deren Erschließung nach den Grundsätzen der größten
Wirtschaftlichkeit und des kleinsten Aufwandes von
Johann Hallinger, Zivil-Ingenieur in München

Erster Teil:

Der Rhein

Mit 18 Abbildungen
und 8 Zahlentafeln

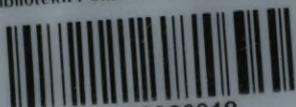


1 - 9 - 1 - 6

Preis 3.60

Jos. E. Hubers Verlag, Diessen vor München

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300918

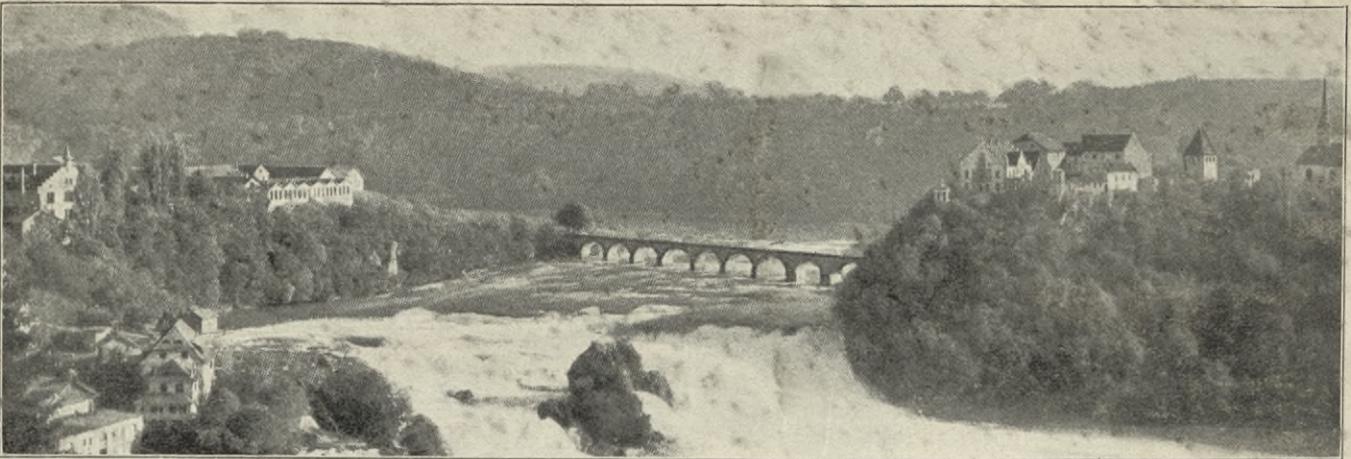


Abb. 1. Der Rheinflall in Schaffhausen. (Bilder vom deutschen Rhein sind zur Zeit verboten)

Zwei deutsche Großkraftquellen

deren Erschließung nach den Grundsätzen der größten
Wirtschaftlichkeit und des kleinsten Aufwandes von
Johann Hallinger, Zivil-Ingenieur
in München

1

Erster Teil:
Der Rhein

Mit 18 Abbildungen
und 8 Zahlentafeln



Jos. C. Hubers Verlag / Diessen vor München

G 37^a. 35

X
1829



III 18272

Graphische Kunstanstalt Jos. C. Huber, Diefen vor München

Akc. Nr. 1125/52



Abb. 2. Die Wasserspender in trockenen Jahreszeiten.

Inhalt.

I. Einleitung.	Seite	5
II. Allgemeines über den Oberrhein und über deutsche Niederdruckwasserkräfte.	"	6
III. Der Rhein zwischen Basel und Straßburg und seine Wasserkräfte.	"	9
IV. Der für die Wasserkraftausnützung und für die Schifffahrt geeignete wirtschaftliche Ausbau der Rheinwasserkräfte.	"	15
V. Die Verwendung der Rhein- und Innwasserkräfte und die Dringlichkeit der Erschließung derselben.	"	29

„Deutsche, erschließt jene Naturkräfte, welche nicht Stoffe verzehren, wenig Arbeitskräfte binden und Werte schaffen, ohne Werte zu verbrauchen! Erschließt die Wasserkräfte zur Arbeitsleistung, zum teilweisen Ersatz der durch den Krieg verlorenen Kräfte und um Deutschland gegenüber dem Auslande unabhängiger zu machen.“

„Wir müssen alles tun, um den deutschen Handel zu zerstören . . . wenn wir Frieden machen, dann werden wir dafür sorgen, daß Deutschland nie wieder sein Haupt erhebt!“

Handelsminister R u n c i m a n, 11. 1. 16
im englischen Unterhaus.

I. Einleitung.

Die gegenwärtigen Zeiten drängen in Deutschland zur Erschließung neuer Kraftquellen für die heimische Wirtschaft; denn es gilt vernichtete Werte zu ersetzen, erweiterte Gebiete zu versorgen und mehr als früher vom Auslande unabhängig zu sein; es gilt jeden Abfluß an Kapital und Menschen zu vermeiden und jede heimische noch brachliegende Kraft nach dem Grundsatz größter Wirtschaftlichkeit auszunützen, damit nicht nur für die Volkswirtschaft, sondern auch für die Staatsfinanzen die höchsten Leistungen erzielt werden. Soll der Nahrungsmittelmangel aufhören und auch in Zukunft unmöglich sein, so müssen der Landwirtschaft jene Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, welche sie zur Hebung der Erträgnisse der Ernte benötigt. Es gilt daher vor allem, weitere große Erzeugungsstätten für Salpeter und schwefelsaures Ammoniak zu schaffen; denn was heute auf diesem Gebiete hergestellt wird, beansprucht fast ausnahmslos die Landesverteidigung. Um sowohl diese dringendsten Bedürfnisse der Landwirtschaft zu decken, als auch die im Lande benötigten Mengen an Aluminium, an Stahl und dergl. zu erzeugen, sind mindestens 1200000 PS. erforderlich, die daher in allernächster Zeit erschlossen werden müssen. Für die Lösung solcher Aufgaben und zur Deckung des Kraftbedarfes in der kommenden Zeit sind allen voran die Wasserkräfte berufen. Der Ausbau derselben im Auslande und die an genannten Wasserkräften angegliederten und zu hoher Blüte entwickelten Industrien sind dafür die beredtesten Zeugen.

Bei dem Übergang in die Friedenswirtschaft werden jene Länder den Vorsprung haben, deren Vorbereitungsarbeiten am weitesten gediehen sind. Daher ist es notwendig, mit den Maßnahmen zur Erschließung großer Wasserkräfte im vollen Umfange und unverzüglich einzusetzen und ihren Ausbau mit oder ohne Schiffsstraßen in Angriff zu nehmen oder mindestens vorzubereiten, wenn die beschleunigte Erschließung großer Wasserkräfte im Interesse der Landesverteidigung und Volksernährung nicht schon noch während des Krieges ein unabweisbares Bedürfnis wird. Um die ungeheuren Lasten des Krieges tragen und abtragen zu können, muß Deutschland mehr als früher restlos sparsam wirtschaften und rastlos arbeiten. Jede Stunde, in der die Wasser unausgenützt zu Tal laufen, bedeutet eine unverantwortliche Vergeudung an Volksvermögen.

Von diesen Gesichtspunkten aus und zur Aufklärung weiter Kreise hat der Verfasser in diesem Frühjahr eine im Verlag von Jos. C. Huber in Dießen vor München erschienene, einführende Abhandlung über

Die großen staatlichen Niederdruckwasserkräfte in Südbayern

herausgegeben, auf die hier bezüglich der allgemeinen, zeitgemäßen Fragen über die Wasserkraftererschließung verwiesen sei.

Anschließend an diese Arbeit erscheinen nun in der Reihenfolge Einzelabhandlungen über deutsche Flußgebiete, welche als Großkraftquellen in Frage kommen. Die erste Arbeit dieser Art ist dem Rhein gewidmet, der die größte Kraftleistung und die günstigsten Verhältnisse aufweist; würde doch die Ausnützung der Rheingefälle von Basel bis hinab über Karlsruhe allein eine Durchschnittsleistung von rund 800000 PS. ergeben. Werke am Rhein haben bei der heutigen deutschen Westgrenze den Nachteil der Nähe feindlicher Gebiete. Wenn zum Nutzen des Landes die Kräfte des Rheins erschlossen werden sollen, so wird eine großzügige Wirtschaft sie in einem anderen Stromgebiet, abseits der Westgrenze, eine Ergänzung finden lassen.

Hierzu eignen sich die Wasserkräfte des Innstromes in Bayern ganz außerordentlich, weil der Inn im Osten und in einer sehr geschützten Gegend des Landes liegt und, mit der Schifffahrt in Verbindung gebracht, den Osten versehen kann. Während jedoch der Rhein, der den ganzen Westen beherrscht, das Ideal der Wasserkraftausnützung bildet, ist der Inn noch wild und reißend und seine Ausnützung mit größeren Schwierigkeiten verbunden. Die weniger günstigen Eigenschaften des einen oder anderen Stromes werden aber vollständig aufgehoben, wenn beide Großkraftquellen gemeinsam zur Arbeitsleistung herangezogen werden. Aus diesem Grunde soll daher zunächst mindestens die Erschließung der Rhein- und Innwasserkräfte gemeinsam und von einer Hand aus durchgeführt werden. Eine Zerschneidung oder Verteilung der beiden größten, in verschiedenen Bundesstaaten liegenden Kraftquellen Deutschlands würde ihre wirtschaftliche Bedeutung vernichten. Jetzt ist es noch Zeit, die beiden Ströme zusammen in den Dienst der deutschen Volkswirtschaft zu stellen. Heute noch sind sie unverfehrt und frei!* Möge der Zwang der Kriegszeit das Werk fördern und es vollendet als eine Friedensgabe dem deutschen Volke bringen!

II.

Allgemeines über den Oberrhein und über deutsche Niederdruckwasserkräfte.

In der Schweiz wurde der Rhein bereits mehrfach zur Kraftleistung im Großen herangezogen, und es entstanden dort im Laufe der letzten Jahre die Kraftwerke Rheinfelden, Augst-Wyhlen, Laufenburg, Eglisau mit über 150000 PS., während neue Werke in Schwörstadt, Koblenz, Rheinfall, Schaffhausen und in Rheinklingen geplant sind. Diesen sollen später noch Anlagen in Säkingen, Dogern, Zurzach und Reckingen folgen. So ist der Rhein für die Schweiz eine Großkraftquelle ersten Ranges und wird als solche noch ständig erweitert. Von Basel nördlich auf deutschem Boden ist die Ausnützung seiner Wasserkräfte zu Ende.

In Deutschland suchte man bisher für Rohstoff- und Großindustrien geeignete Wasserkräfte im Auslande, in den Bergen, im Gebiet großer Wassermengen und hoher Gefälle, die im eigenen Lande nicht zu finden waren. Daß auch aus unseren flachen Flußstrecken, wie am Rhein und am Inn und anderen mit kleinem und kleinstem Gefälle bei entsprechender Wassermenge wirtschaftliche, für Großindustrien brauchbare und billige Wasserkräfte erschlossen werden können, war und wird sogar heute noch bestritten.

Dieser Umstand rührt von der Tatsache, daß bei dem bisherigen Stand der Technik für die Flachlandflußstrecken eine entschieden zu geringe Gefällsausbeutung von selten mehr als 50 bis 60 v. H. gewählt wurde**), denn bei dieser war die Erschließung von Wasserkraften, die in Flachlandflußstrecken liegen, so auch jener am Rhein und am Inn — selbst bei den verhältnismäßig billigen Löhnen und billigen Materialkosten der früheren Zeit — zu Preisen, welche die Großindustrie anlegen kann, nicht möglich***). Bei den nun anzunehmenden teilweise höheren Preisen kann dies erst recht nicht der Fall sein. Für Niederdruckwasserkräfte, wie sie mit wenig Ausnahmen für Deutschland allein als natürliche Großkraftquellen in Frage kommen, fehlte in der Technik bisher der Aufbau einheitlicher Grundsätze, die einheitliche rechnerische Durchforschung der verschiedenen, zur Wasserkraftererschließung erforderlichen Aufwendungen und insbesondere der Nachweis des kleinsten Aufwandes bei höchster Ausbeute, der allein die größte Wirtschaftlichkeit gewährleisten kann. Für das Zusammenziehen einzelner, entfernt voneinander liegender Kraftquellen, wie sie bei Niederdruckwerken bedingt sind, waren die Erfahrungen auf dem Gebiete der Hochspannung und der Übertragung gewaltiger Kräfte erst zu sammeln.

* Bei dem gegenwärtigen Stand der Wasserkraftausnützung in Bayern ist das Herauscheiden einer günstigen Innstrecke und damit die spätere Unmöglichkeit einer Ausnützung des Flusses im großen nicht von der Hand zu weisen.

***) Siehe Hütte, 20. Aufl., Handbuch der Ingenieurwissenschaft, Bd. 13. Staatliche Denkschrift über die Ausnützung der bayerischen Wasserkräfte aus dem Jahre 1907, 1908 und 1909 u. a. m.

****) Preise von 400 Mark für 1 PS. und Jahr sind mit günstig gelegenen Dampfanlagen nicht mehr wettbewerbsfähig.

So ist es gekommen, daß in Deutschland Großkräfte wie am Rhein und am Inn und andere unausgenützt geblieben sind, daß man die Industrien, welche nur mit billigen Kräften arbeiten können, zum Schaden des Landes im Auslande ansiedelte und das Geld für deren Erzeugnisse abwandern ließ. Der Krieg trieb zur raschen Errichtung großer Dampfkraftanlagen, welche zahlreiche Arbeitskräfte, die besser anderswo verwendet sein könnten, festhalten, mit großen Unkosten arbeiten, unter Mangel an Schmier- und Ersatzmaterial leiden und daher die Sicherheit der dringendsten Versorgung nur bis zu einem gewissen Grade gewährleisten.

Die Übelstände auf dem Gebiete der Niederdruckwasserkrafterschließung fallen heute weg. Arbeiten des Verfassers, die alle Aufwendungen, angefangen vom Grunderwerb, hindurch durch alle Bauarbeiten und bis zur maschinellen Einrichtung ins Einzelne verfolgt und ausgewertet haben, führen zur Höchstaussbeutung der Gefälle mit dem kleinsten Aufwand sowohl bei der Erbauung als auch bei der Unterhaltung der Anlagen. Die Grundsätze hierfür sind den Untersuchungsarbeiten für deutsche Großkraftquellen zugrunde gelegt und können beim Rhein im vollen Umfange Anwendung finden. Es erscheint daher am Platze, die weittragendsten und wichtigsten davon der Reihe nach aufzuzählen.

Grundsätze für die Erschließung der Rheinwasserkräfte.

1. Zur Ausnützung von Wasserkräften in flachen Flußstrecken und insbesondere jener am Rhein muß man sich im Gegensatz zu den Anschauungen, die bei neueren Anlagen in der Schweiz vertreten sind, der seitlichen Kanäle mit Gefällsstufen bedienen. Deren Anlage muß außerhalb des Grundwassers und abseits vom Überschwemmungsgebiet des Flusses auf festem Grund und Boden, also in Verhältnissen erfolgen, wie sie in den breiten flachen Tälern der deutschen Flußgebiete meistens gegeben sind, womit Anlage- und Unterhaltungskosten, sowie das Baurisiko herabgesetzt und Schäden bei Hochwasser vermieden werden.
2. Die zur seitlichen Ableitung des Wassers erforderlichen betriebsficheren Stauwehre müssen auf die zulässig kleinste Zahl beschränkt werden, um den Baukosten- und Unterhaltungsanteil für 1 PS. weitgehendst herabzusetzen, um die Eis- und Geschiebeabführung im Flusse so wenig wie möglich zu stören, das Verkiesen und Versanden der Kanäle auf möglichst wenig Stellen zu beschränken, den Kanal so wenig wie möglich an den Flußschlauch zu binden und dessen kostspieliges Heraus- und Wiedereinführen aus dem Grundwassergebiet des Flusses soweit wie möglich einzuschränken.
3. Die ganze Flußstrecke muß nach einheitlichen Gesichtspunkten unter Ausschaltung von Sonderinteressen so aufgeteilt werden, daß die Bauausführung möglichst erleichtert wird, daß Werk für Werk einzeln und nacheinander, dem Bedürfnis angepaßt, zur Ausführung kommen kann und daß eine Beeinträchtigung der Unterlieger durch die Oberlieger vermieden wird.
4. Die Gefällsausbeute muß 90 bis 98 v. H. sein und zwar bei hoher Wassergeschwindigkeit, welche Eisbildung vermeidet und Ablagerungen verhindert und, wenn dies mit Erdkanälen nicht einwandfrei und billiger erreicht werden kann, so ist eine Betonauskleidung als wasserdichte Schale für den ganzen Kanal und auf der ganzen Strecke erforderlich. Man erreicht damit einen Kleinstwert an Gefällsverlust infolge kleiner Reibung, vermeidet Wasserverluste, kommt bei Wassergeschwindigkeiten $v = 1,0$ bis $1,4$ m/sek. noch mit Rinnegefälle $J = 1,0$ auf 10 bis 25 km aus und erhält Kanäle, welche nicht nur die Wasser-versickerung vermeiden, sondern auch infolge der flachen Gefälle und der hohen Standfestigkeit bei starker Strömung sich sowohl für die Schiffahrt als auch für Wasserausspeicherung bei Betriebspausen oder Belastungsschwankungen eignen.
5. Man verwende große Maschineneinheiten und eine Anordnung des Krafthauses für den kleinsten Aufwand an verbautem Raum durch Aufstellung der Turbinen senkrecht zum Wasserzulauf und in durch Einzelkammern unterteilte Turbinenkammern, damit die verbaute Fläche und der verbaute Raum im Verhältnis zur Leistung bleibt und das Ausschalten einzelner Einheiten oder Teile derselben bei kleiner Belastung oder Beaufschlagung noch vollen Wirkungsgrad der großen Einheiten gewährleistet.

Die Anordnung der Turbinen senkrecht zum Wasserzulauf gestattet freie, zugängliche Lagerung und die Wahl großer Säge mit geringer Abnutzung und einfacher Regulierfähigkeit; sie führt zur Vereinfachung des Wasserweges durch das Krafthaus und zur Vermeidung merkbarer Gefällsverluste in demselben. Der Turbinenrechen kann in der Höhe des Oberwasserspiegels mit der Turbinenkammerrückwand zusammengelegt und abgeschnitten werden, so daß sich ein freier Überfall über die Turbinen bildet unter Vermeidung der bisherigen Sackgasse des Oberwasserkanales am Krafthaus, wodurch die Abführung von Eis und Anschwemmungen über die Turbinen hinweg ohne oder mit nur geringem Kraftaufwand möglich wird. Schiffahrtsschleusen oder Flossgassen bringe man so in Verbindung mit dem Krafthaus, bezw. mit dem Leerlauf, daß die Bauteile des einen den teuersten Teil des anderen bilden. Auf diese Weise sinkt der Aufwand für die Unterhaltung und Herstellung des Krafthauses im Gegensatz zu der üblichen Anordnung auf den Kleinstwert, der Betrieb wird vereinfacht und die Lebensdauer des Werkes verlängert.

6. Die Flußstrecken sind in einzelne Stufen so aufzuteilen, daß sich aus den Kanal- und Krafthauskosten bei den für die Ausführungszeit in Frage kommenden Preisen der Kleinstwert aus den Anlage-, Bedienungs- und Unterhaltungskosten für 1 PS. ergibt. Zu diesem Zwecke ermittelt man den wirtschaftlich größten Abstand der Kraftstufen von einander, bezw. die billigsten Gefällshöhen und Abstände der Gefällsstufen eines Flußgebietes.
7. Gefälle und Wassermengen müssen bis zur Wirtschaftlichkeitsgrenze für die gegebenen Höhen und für die in Aussicht genommenen Betriebe einzeln ausgewertet und aus vorliegenden Wasserstandsbeobachtungen die Tageszahlen gleicher Wassermengen von 2 zu 2 oder von 5 zu 5 m³ so ermittelt werden, daß sich die Jahresdurchschnittsleistung aus längeren Zeitabschnitten in KW. und in KWst. ergibt.
8. Bei den neuen Kanälen für die Wasserkraftausnützung einzelner Flußstrecken ist möglichst die Schiffahrt zu berücksichtigen unter dem Gesichtspunkt, daß damit den neu anzusiedelnden Erzeugungsstätten Zu- und Abfuhrwege für Rohstoffe und Erzeugnisse geschaffen werden. Einzelne technische und finanzielle Fragen der Schiffahrt sind für sich zu lösen, so daß im allgemeinen nur dafür zu sorgen ist, daß die Bedürfnisse der Schiffahrt befriedigt werden können, wenn nicht ein besonderer Fall es verlangt, wie sie zu befriedigen sind.
9. Die langen Kanäle sind für verschiedene Wasserhöhen und Wassergeschwindigkeiten, zur Aufnahme großer Schwankungen im Wasserverbrauch einzurichten.
10. Wo es möglich ist, empfiehlt sich, Oberlandzentralen mit Großindustrien in Verbindung zu bringen, weil diese die besten Spitzenverwerter und Spitzenverbraucher sind.

Diese Grundsätze ergeben sowohl für die bayerischen Niederdruckwasserkräfte als auch für jene am Rhein rund das Dreifache jener Leistung, welche bisher durch die Arbeiten der staatlichen Behörden nachgewiesen war, und ferner bei den gestiegenen Löhnen und Materialpreisen Stromkosten von $\frac{1}{4}$ bis zu $\frac{1}{2}$ Pfennig für die KWst., mit denen jede Industrie ihre Vorteile finden kann. Sie werden damit infolge der günstigen Lage den billigsten ausländischen Wasserkräften überlegen, während sie früher und während des Krieges diesen und den Dampfanlagen das Arbeitsfeld überlassen mußten. Anlagen am Rhein und am Inn, wie auch an anderen deutschen Flußgebieten werden damit und infolge der Wasserwege leistungs- und wettbewerbsfähig, so daß für deren Erzeugnisse nicht bloß der Eigenverbrauch des Landes, sondern auch die Ausfuhr in Frage kommt.

III.

Der Rhein zwischen Basel und Straßburg und seine Wasserkräfte.

Der Rheinstrom überschreitet bei Basel die deutsche Grenze, fließt von Süden nach Norden und scheidet Elsaß-Lothringen von Baden. Wie jeder Strom aus dem Gebirge, so besitzt auch der Rhein anfangs ein stärkeres Gefälle von 1,0 m auf 1000 m, das sich talabwärts mehr und mehr verflacht und bei Straßburg nur mehr 0,7 m auf 1000 m beträgt. Der Rhein führt bei Basel eine ziemlich gleichmäßige Wassermenge. Die Eigenschaft der günstigen Wasserführung verdankt der Rheinstrom dem großen natürlichen Ausgleichsbecken, dem Bodensee, dann dem stärkeren Zufluß aus den Gletschern in trockenen, warmen Jahreszeiten.

Auf seinem 120 km langen Laufe von Basel bis nach Straßburg durchfließt der Rheinstrom das breite ebene Rheintal. Dasselbe wird im Osten vom Schwarzwald und im Westen von den Vogesen begrenzt, ist unterhalb Basel etwa 6 km und nördlich bis 30 km breit. Die Talsohle ist meistens mit Schotter ausgefüllt, mit einer Humusdecke überwachsen und flach. Sie fällt der Länge nach, also von Süden nach Norden im gleichen Verhältnis wie der Strom und liegt sowohl am Fuße der Vogesen als auch am Fuße des Schwarzwaldes höher als in der Mitte, fällt also auch langsam bis zur Stromrinne, so daß sie von derselben entwässert wird.

Dieses Gelände ist zur Anlage von Bauten für Wasserkraftausnützung und für Schifffahrt bestens geeignet. Auch die Wasserverhältnisse des Rheins, auf die später eingegangen werden soll, sind für Niederdruckwasserkraftanlagen äußerst günstig und ergeben eine sehr gleichmäßige Kraftleistung. Die links und rechts vom Strom ansteigende Talsohle erlaubt die Anlage der Kanal- und Turbinenbauten weit über den Rheinwasser- und teilweise auch über den Grundwasserspiegel, womit kostspielige und schwierige Gründungsbauten stark beschränkt werden.

Das Einzugsgebiet.

Der Rhein besitzt an der Landesgrenze unterhalb Basel ein Einzugsgebiet von 36500 km²; davon rund 28000 km² in der Schweiz. Sein Ursprung liegt in der Gletschermwelt; er durchfließt auf seinem Laufe die Schweiz und den Bodensee. Mit dem Rhein stehen verschiedene Seengebiete in Verbindung, welche zusammen eine Oberfläche von rund 1200 km² besitzen. Diese und die Gletscher beeinflussen naturgemäß die Wasserführung im günstigsten Sinne. Die Seen wirken als Ausgleichsbecken zwischen höheren und niederen Wasserständen und die Gletscher als Wasserspender in den trockenen Jahreszeiten.

Die Abteilung für Wasserwirtschaft in Bern gibt als die größte Hochwassermenge jene im Jahre 1876 zu 5697 m³ und als die kleinste Niedrigwassermenge jene im Jahre 1858 zu 205 m³ an.

Die Nutzwassermenge.

Jene Wasserführung des Rheins, welche für die Ausnützung der Wasserkräfte zwischen Basel und Straßburg in Frage kommt, geht aus den Zahlentafeln 1 und 2 hervor. Diese umfassen:

- a) die Monatszahlen gleicher Monats- und Mittelwassermengen für die Zeit eines ganzen Jahrhunderts, d. i. für die Jahre 1808—1913 in m³/sek. und
- b) die Tageszahlen mit gleicher Wasserführung für die Jahre 1904—1914.

Die in den Tafeln niedergelegte Berechnung der Wasserführung des Rheins bei Basel ist auf Grund der Aufzeichnungen und Arbeiten des schweizerischen hydrographischen Büros ausgewertet und aufgestellt worden*).

*) Ghezzi. Die Abflußverhältnisse des Rhein. Bern 1915.

Zahlentafel 1.

Zahl der Monate mit gleichen Mittelwasser-

Jahrgang	Zahl der Monate mit einer Wasserführung von													
	m ³ 280-320	m ³ 320-360	m ³ 360-400	m ³ 400-440	m ³ 440-480	m ³ 480-520	m ³ 520-560	m ³ 560-600	m ³ 600-640	m ³ 640-680	m ³ 680-720	m ³ 720-760	m ³ 760-800	m ³ über 800
1808	—	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	7
1809	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	2	—	—	8
1810	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	8
1811	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1	1	7
1812	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	10
1813	—	—	1	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	7
1814	—	—	—	—	—	—	2	1	1	1	1	—	—	6
1815	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2	1	—	7
1816	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	10
1817	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1	9
1818	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—	8
1819	—	—	—	1	—	—	—	2	1	—	—	1	—	7
1820	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1	1	—	1	7
1821	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1	1	—	8
1822	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1	1	1	1	5
1823	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	9
1824	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	9
1825	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1	9
1826	—	—	—	—	—	2	2	—	1	2	—	—	—	5
1827	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	—	9
1828	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1	1	—	7
1829	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	1	—	—	8
1830	—	—	1	1	—	—	—	2	—	—	—	—	1	7
1831	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	10
1832	—	—	—	—	2	1	—	1	2	—	2	1	—	3
1833	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	8
1834	—	—	—	—	1	—	—	1	2	1	—	—	—	7
1835	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	1	—	—	8
1836	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	10
1837	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	2	—	7
1838	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—	9
1839	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	10
1840	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	2	8
1841	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	10
1842	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	—	1	—	8
1843	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	9
1844	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	9
1845	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	8
1846	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	11
1847	—	—	—	1	—	—	1	—	2	—	1	1	—	6
1848	—	1	—	—	—	—	1	1	1	—	1	—	1	6
1849	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	3	5
1850	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	10
1851	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	—	—	—	8
1852	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	1	—	8
1853	—	—	—	1	—	—	—	1	2	—	—	1	—	7
1854	—	1	—	—	—	1	—	1	2	—	—	—	1	6
1855	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2	1	—	8
1856	—	—	—	—	—	—	—	2	1	1	—	1	1	6
1857	—	1	1	1	—	—	3	—	—	—	—	1	1	4
1858	2	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	6
1859	—	—	—	—	—	2	—	1	—	—	1	1	1	6
1860	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	10
1861	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	1	—	8
1862	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—	2	—	7
1863	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	—	—	—	8
Uebertrag:	2	5	7	11	11	16	16	31	35	22	32	29	24	431

mengen für die Jahre 1808 bis 1913

Zahlentafel 1.

Jahrgang	Zahl der Monate mit einer Wasserführung von													
	m ³ 280-320	m ³ 320-360	m ³ 360-400	m ³ 400-440	m ³ 440-480	m ³ 480-520	m ³ 520-560	m ³ 560-600	m ³ 600-640	m ³ 640-680	m ³ 680-720	m ³ 720-760	m ³ 760-800	m ³ über 800
Uebertrag:	2	5	7	11	11	16	16	31	35	22	32	29	24	431
1864	—	—	—	1	1	1	1	1	—	1	—	—	—	6
1865	—	—	—	1	1	1	1	2	—	—	—	—	—	6
1866	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	—	9
1867	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	10
1868	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	3	—	7
1869	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	9
1870	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	2	—	1	7
1871	—	1	—	1	—	—	1	—	—	—	2	—	1	6
1872	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	8
1873	—	—	—	—	—	1	—	—	2	1	—	—	—	8
1874	—	1	1	2	—	1	1	—	—	—	1	—	—	5
1875	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	—	2	6
1876	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	1	8
1877	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1	—	—	—	8
1878	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	9
1879	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	11
1880	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	—	9
1881	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	1	—	8
1882	—	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	8
1883	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	10
1884	—	—	—	1	—	—	1	—	2	3	—	—	—	5
1885	—	1	—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	1	6
1886	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	2	2	5
1887	—	—	—	1	—	—	1	2	1	—	—	—	1	6
1888	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	9
1889	—	1	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	8
1890	—	—	—	1	—	—	1	—	1	2	—	—	—	7
1891	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	8
1892	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	9
1893	—	—	1	1	—	—	—	—	—	2	1	—	—	7
1894	1	—	1	1	—	—	1	1	—	—	—	1	—	6
1895	—	1	1	1	—	—	1	—	1	2	—	—	—	5
1896	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	9
1897	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	9
1898	—	—	1	—	—	1	—	—	1	2	2	—	—	5
1899	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—	1	8
1900	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	8
1901	—	—	1	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—	7
1902	—	—	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	—	8
1903	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	7
1904	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	—	1	1	7
1905	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1	1	8
1906	—	—	—	—	2	1	1	—	—	—	2	—	—	6
1907	—	—	—	1	—	2	—	1	—	1	—	—	—	7
1908	—	—	—	2	1	—	—	—	1	—	2	—	—	6
1909	—	1	—	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	8
1910	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
1911	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	1	—	1	6
1912	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	10
1913	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	8
Summa:	4	13	17	31	22	31	41	52	59	42	57	51	41	809

Aus den Monatszahlen (Tafel 1) für die Jahre 1808/1913 ergibt sich, wenn für die Wasserkraftausnützung dem Rhein 600 m³/sek. entnommen und seitlich im Kanal abgeführt werden, eine nutzbare jährliche Mittelwassermenge von

$$\frac{4 \times 300 + 13 \times 340 + 17 \times 280 + 31 \times 420 + 22 \times 460 + 31 \times 500 + 41 \times 540 + 52 \times 580 + 1059 \times 600}{106 \times 12} = 580,52 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

Wird die Betriebswassermenge für die Werke zu 700 m³ festgesetzt, so erhöht sich die nutzbare Jahresmittelwassermenge auf 658,74 m³/sek.

Tafel 2. Zahl der Tage mit gleicher Wasserführung aus den Jahren 1904 bis 1914.

Jahrgang	Zahl der Tage mit einer Wasserführung von:																			
	m ³ 280-300	m ³ 300-320	m ³ 320-340	m ³ 340-360	m ³ 360-380	m ³ 380-400	m ³ 400-420	m ³ 420-440	m ³ 440-460	m ³ 460-480	m ³ 480-500	m ³ 500-520	m ³ 520-540	m ³ 540-560	m ³ 560-580	m ³ 580-600	m ³ 600-800	m ³ 800-1000	m ³ üb. 1000	
1904	—	—	—	—	—	—	5	10	15	8	8	10	5	7	9	5	91	60	132	
1905	—	—	—	—	18	11	16	5	7	—	1	1	1	4	—	4	26	38	233	
1906	—	—	—	—	11	9	5	10	17	18	16	10	11	13	9	—	49	42	145	
1907	—	—	—	—	6	17	17	14	6	7	7	6	17	19	13	8	27	31	170	
1908	—	—	—	2	18	22	14	18	12	12	8	4	2	3	2	2	41	55	150	
1909	13	12	11	12	10	4	4	1	2	2	3	6	1	1	6	8	63	64	142	
1910	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	64	271	
1911	—	—	—	—	—	—	—	—	6	10	12	9	5	8	12	14	117	80	92	
1912	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	6	5	95	76	179	
1913	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5	15	8	8	63	74	189	
1914	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16	19	14	63	29	222	
Σa.:	13	12	11	14	63	63	61	58	65	57	55	49	50	89	84	68	665	613	1925	

Aus den Tageszahlen (Tafel 2) für die Jahre 1904—1914 ergibt sich eine für die Ausnützung verfügbare Wassermenge im Jahresdurchschnitt, wenn ein seitlicher Kanal für 600 m³ Wasserführung angelegt wird, wie folgt:

$$\frac{13 \times 290 + 12 \times 310 + 11 \times 340 + 14 \times 350 + 63 \times 370 + 63 \times 390 + 61 \times 410 + 58 \times 430 + 65 \times 450}{11 \times 365} + \frac{57 \times 470 + 55 \times 490 + 49 \times 510 + 50 \times 530 + 89 \times 550 + 84 \times 570 + 68 \times 590 + 3203 \times 600}{11 \times 265} = 574,57 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

Bei Ausnutzung einer Wassermenge von 700 m³ ist die mittlere verfügbare Wassermenge im Jahresdurchschnitt rund 592 m³/sek.

Werden am Stauwehr als Mindestwasser 20 m³ im Flußbett belassen, so steht bei einer Wassermenge von 600 m³ im Jahresmittel zur Ausnützung

$$\frac{13 \times 270 + 12 \times 290 + 11 \times 320 + 14 \times 330 + 63 \times 350 + 63 \times 370 + 61 \times 390 + 58 \times 410 + 65 \times 430}{11 \times 365} + \frac{57 \times 450 + 55 \times 470 + 49 \times 490 + 50 \times 510 + 89 \times 530 + 84 \times 550 + 68 \times 590 + 3203 \times 600}{11 \times 365}$$

570,94 m³/sek. zur Verfügung.

Die Jahresmittelwassermenge aus der Zeit eines ganzen Jahrhunderts weicht von der Mittelwassermenge aus dem letzten Jahrzehnt nur um 6 m³, d. i. rund 1 v. H., ab und kann daher als außerordentlich zuverlässig bezeichnet und für die Ausnützung in Rechnung gezogen werden.

Ob die Ausbeutung der Wassermenge noch über 600 m³ hinaufgesetzt werden kann, ist eine Frage, welche mit den Betrieben zusammenhängt, die sich am Rhein einstens ansiedeln werden, die also erst später entschieden werden kann.

Das Gefälle.

Der natürliche Höhenunterschied, den der Rheinstrom zwischen Basel und Straßburg auf 120 km Länge überwindet, ist 240,6 - 133,2 = 107,6 m. Das nutzbare Gefälle, welches diesem natürlichen Höhenunterschied bei der gegebenen Länge abgewonnen werden kann, ist von der Form und von der Ausführung des Kanales und von der Wassergeschwindigkeit abhängig. Da der Kanal als Schiffahrtskanal die Aufgabe hat, den erforderlichen Wasserquerschnitt zu bilden, während er andererseits als Triebwerkskanal große Wassermengen mit dem wirtschaftlich kleinsten Querschnitt fördern soll, so mußte man im voraus auf günstigste Wassergeschwindigkeit sowohl für die Schifffahrt als auch für die Wasserkraftausnützung verzichten und einen Mittelweg wählen.

Immerhin ist aber für die Ausbildung des Kanales schon bei der Voruntersuchung auf kleinsten Reibungswert n , sowie auf kleinsten benetzten Umfang P und auf möglichst großes $R = \frac{\text{Fläche}}{\text{Umfang}}$ Rücksicht genommen worden. Zur Vermeidung von Eisbildung mußte mit der Geschwindigkeit v verhältnismäßig hoch, z. B. bis 1,34 m/sek. hinaufgegangen werden, während für Schifffahrtszwecke diese auf 1,0 bis 1,2 m/sek. herabgesetzt werden soll. Diese Verhältnisse verlangen glatt ausbetonierte Kanäle, welche sich auch im Preise, wie später nachgewiesen wird, entschieden billiger stellen als Erdkanäle. Der obere Teil der Böschung kann, wenn erforderlich, um den Schifffahrtsverhältnissen Rechnung zu tragen, in Erde ausgeführt und mit Lehm gedichtet werden, wodurch ein gemischter Kanal entstehen würde.

Diesen Erwägungen entspricht das flache Kanalprofil a (Abb. 3). Dasselbe ist bestimmt für folgende Werte:

Wassermenge	$Q = 600 \text{ m}^3$
Wasserquerschnitt	$F = 448 \text{ m}^2$
Benetzter Umfang	$P = 105,28 \text{ m}$
$\frac{F}{P}$	$R = 4,12 \text{ m}$
Wassergeschwindigkeit	$v = 1,34 \text{ m}^3/\text{sek.}$
Rauheitswert	$n = 0,015$
Wasserspiegelgefälle	$J = 0,0625 = 1/16000$, also 1 m auf 16000 m

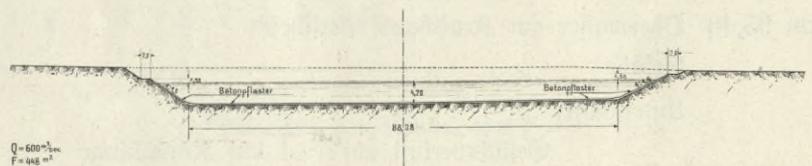


Abb. 3. Flaches Kanalprofil a

und das tiefe Kanalprofil b (Abb. 3) für

Wassermenge	$Q = 600 \text{ m}^3$
Wasserquerschnitt	$F = 448 \text{ m}^2$
Benetzter Umfang	$P = 78,04 \text{ m}$
$\frac{F}{P}$	$R = 5,72 \text{ m}$
Wassergeschwindigkeit	$v = 1,34 \text{ m}^3/\text{sek.}$
Rauheitswert	$n = 0,015$
Wasserspiegelgefälle	$J = 0,04 = 1/25000$, also 1 m auf 25000 m

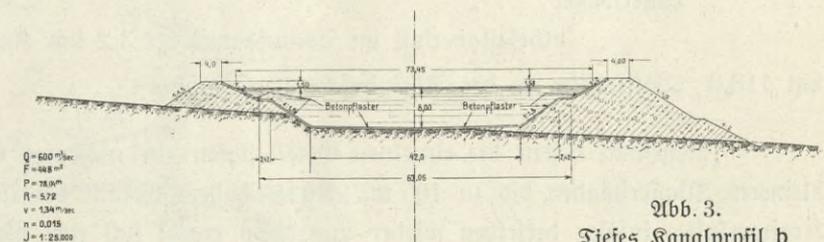


Abb. 3. Tiefes Kanalprofil b

und bei Niederwasser entsprechend weniger. Für die Bestimmung des Gefällsverlustes wurde die Kutter'sche Formel, welche sich bei langen Betonkanälen an der M_3 als genau erwiesen hat, verwendet. Als Rauheitszahl n kommt der Wert 0,015 in Frage. Dasselbe Ergebnis liefert die Anwendung der Viel'schen Rauheitswerte*).

Die Entwicklung des Kanales, welche durch Gelände- und Untergrundverhältnisse mit bestimmt wird, ist aus dem Lageplan (Abb. 4) und aus dem Längenprofil (Abb. 5) ersichtlich. Die Gefälle und Wasserhöhen, letztere mit Rücksicht auf die Schifffahrt, sind für Vollwasser wie folgt festgesetzt worden:

*) Camerer, Vorlesungen über Wasserturbinen, München 1911.

km 0,00	Stauhöhe unterhalb Basel	. . . . .	240,60
	Gefällsverlust am Einlauf	. . . . .	0,05
	Gefällsverlust bis km 23,0	. . . . .	<u>1,15</u> 1,20
km 23,00	Oberwasser am Krafthaus Ottmarsheim	. . . . .	239,40
	Gefälle " " "	. . . . .	<u>15,40</u>
	Unterwasser " " "	. . . . .	224,00
	Gefällsverlust auf 13 km Kanallänge	. . . . .	<u>0,70</u>
km 36,00	Oberwasser am Krafthaus Blodelsheim	. . . . .	223,30
	Gefälle " " "	. . . . .	<u>15,40</u>
	Unterwasser " " "	. . . . .	207,90
	Gefällsverlust auf 12 km Kanallänge	. . . . .	<u>0,60</u>
km 48,00	Oberwasser am Krafthaus Agolsheim	. . . . .	207,30
	Gefälle " " "	. . . . .	<u>14,70</u>
	Unterwasser " " "	. . . . .	192,60
	Gefällsverlust auf 12,6 km Kanallänge	. . . . .	<u>0,70</u>
km 60,60	Oberwasser am Krafthaus Urzenheim	. . . . .	191,90
	Gefälle " " "	. . . . .	<u>14,90</u>
	Unterwasser " " "	. . . . .	177,00
	Gefällsverlust auf 18 km Kanallänge	. . . . .	<u>1,00</u>
km 78,60	Oberwasser am Krafthaus Sundhausen	. . . . .	176,00
	Gefälle " " "	. . . . .	<u>14,00</u>
	Unterwasser " " "	. . . . .	162,00
	Gefällsverlust auf 16,8 km Kanallänge	. . . . .	<u>0,90</u>
km 95,40	Oberwasser am Krafthaus Gerstheim	. . . . .	161,10
	Gefälle " " "	. . . . .	<u>14,00</u>
	Unterwasser " " "	. . . . .	147,10
	Gefällsverlust auf 19,4 km Kanallänge	. . . . .	<u>1,00</u>
km 114,8	Oberwasser der Krafthausanlage in Straßburg	. . . . .	146,10
	Gefällshöhe bei der Krafthausanlage in Straßburg	. . . . .	<u>12,00</u>
	Unterwasser " " " " "	. . . . .	134,10
	Gefällsverlust im Ablaufkanal bei 3,2 km Kanallänge	. . . . .	<u>0,90</u>
km 118,0	Wasserhöhe an der Rheinbrücke zu Straßburg	. . . . .	133,20

Insgesamt liefern die einzelnen Gefällsstufen ein nutzbares Gefälle von 100,4 m bei Vollwasser und bei kleineren Wasserständen bis zu 105 m. Dieses höhere Gefälle bei kleinerer Wasserführung gleicht einen Teil des Kraftverlustes infolge derselben wieder aus. So ergibt sich eine Gefällsausbeute von 94 bis 98 v. H. und eine Kraftausbeute von 5 PS. auf 1 lfdm. Kanal gerechnet, welche für die Wirtschaftlichkeit der Anlage von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Die Kraftleistung der Rheingefälle zwischen Basel und Straßburg.

Aus dem nutzbaren Gefälle und der verfügbaren Wassermenge berechnet sich die mittlere Jahreskraftleistung, wenn der Turbinenwirkungsgrad zu 78 v. H. angenommen wird, wie folgt:

$$\frac{572,0 \times 100,4 \times 1000 \times 78}{75 \times 100} = \text{rund } 600000 \text{ PS.}$$

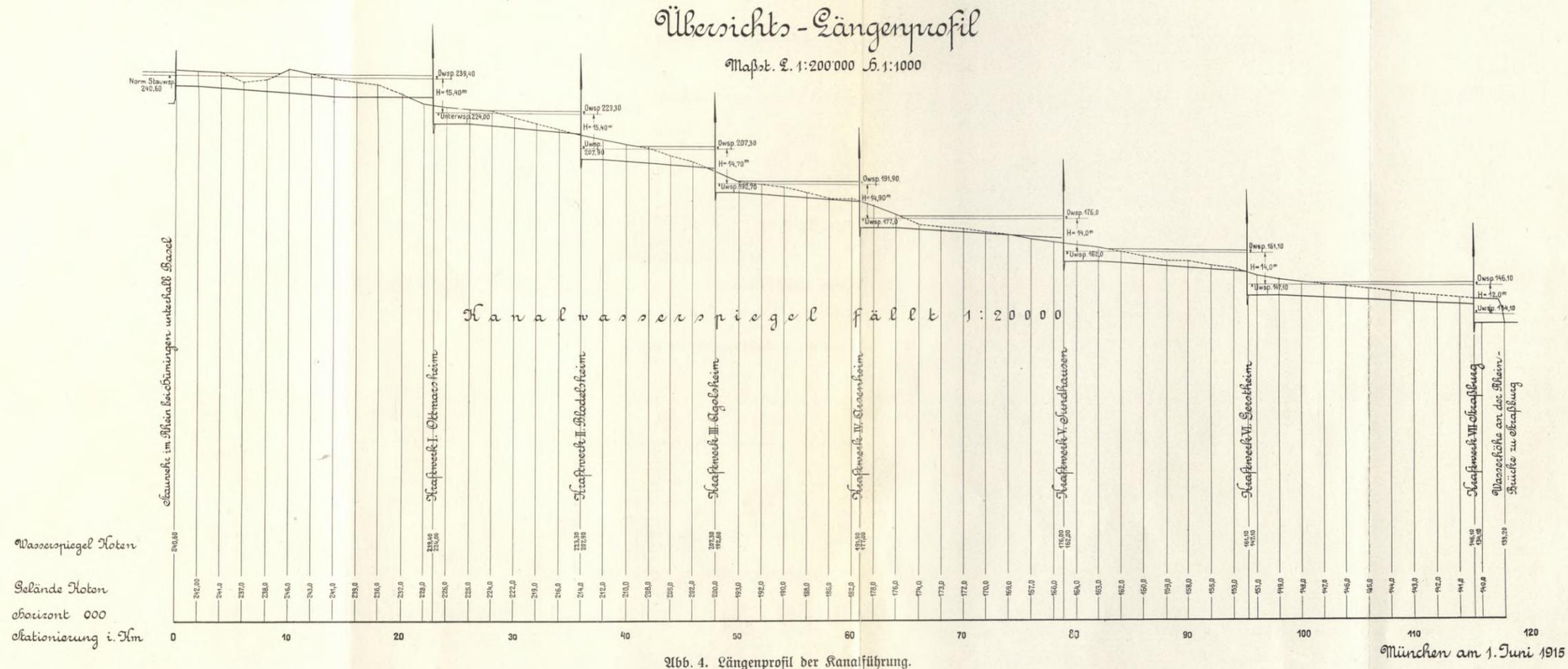


Abb. 4. Längenprofil der Kanalführung.



Abb. 5. Lageplan der Kanalführung.

Diese Leistung verteilt sich auf einzelne Werke, die im Lageplan (Abb. 4) und in der folgenden Tafel näher bezeichnet sind.

Zahlentafel 3.

Übersichtstafel über Gefällshöhen und Kraftleistung.

Krafthausanlage	Nutzbare Gefällshöhe m	Wassermenge m ³	Kraftleistung PS.
Ottmarsheim	15,40	600,00	95 800
Blodelsheim	15,40	600,00	95 800
Agolsheim	14,70	600,00	91 400
Arzenheim	14,90	600,00	92 000
Sundhausen	14,00	600,00	87 000
Gerstheim	14,00	600,00	87 000
Straßburg	12,00	600,00	75 000
Sa :	100,40		624 000
oder rund 600 000 PS.			

Unterhalb Straßburg bis über Karlsruhe hinaus kann dem Rhein ein weiteres Gefälle von 30 m und eine Kraftleistung von rund 200 000 PS. abgewonnen werden. Für die Ausnützung dieser Strecke kommt das rechte Ufer, die badische Seite, allein in Frage.

IV.

Der für die Wasserkraftausnützung und für die Schifffahrt geeignete wirtschaftliche Ausbau der Rheinwasserkräfte.

Die günstigsten Verhältnisse zur Ausnützung der Rheinwasserkräfte von Basel bis Straßburg bietet die elsässische Ebene auf der linken Flußseite. Für die Voruntersuchungen ist daher diese ausschließlich gewählt worden in der Voraussetzung, daß sich ein Teil der Kraft, wenn es sein muß, ohne weiteres auf badischen Boden übertragen und dort verwerten läßt. Die Voruntersuchungsarbeiten sollten ja in der Hauptsache den Nachweis für die große Wirtschaftlichkeit der Wasserkräfte erbringen und die beste Ausnützungsweise erforschen.

Das Rheinwehr.

Um die zur Ausnützung bestimmten Wassermengen dem Rhein entziehen und seitlich ableiten zu können, ist unterhalb Basel bei km 6 der elsässischen Rheineinteilung ein Stauwehr vorgesehen, das eine Wasserhaltung in Höhe von 240,60 m herstellen soll. Dabei war ein gemischtes Wehr angenommen, bestehend aus Schleusenöffnungen mit Walzenverschluß, Grundablaß, Floßgasse, Fischpaß und in Verbindung mit dem Einlauf ein festes Überfallwehr, welches gemeinsam mit den Schleusen eine Überfalllänge von etwa 500 m ergibt, so daß bei höchstem Hochwasser und bei geschlossenen Schleusen auf den 150 m. Wehrlänge eine Wassermenge von etwa 10 m³/sek. trifft, die unschädlich abgeführt werden kann.

Oberhalb des neuen Stauwehres auf dem linken Ufer, an der Abzweigstelle des neuen Kanales ist ein Einlaufbauwerk mit Absperrschleusen, Hochwasserschildd und Durchschleusungseinrichtung für Schiffe in Rechnung gezogen.

Die Kanalanlage.

Die Kanalführung und die Abmessungen des Kanales gehen aus dem Lageplan, aus dem Längenprofil und aus den Querprofilen (Abb. 3 bis 5) hervor. Die Abmessungen sind ferner im Abschnitt III unter Nutzgefälle mit der Ausführungsart näher beschrieben.

Der Kanal wird teils durch Anschüttung und teils durch Ausschachtung gebildet. Sohle und Böschungen sind auf der ganzen Strecke vollständig ausgekleidet gedacht. Die Sohlenbreite der Kanäle schwankt zwischen 88 und 42 m, die Wassertiefe zwischen 4,7 und 8,0 m. Die Sohle erhält eine schwache Neigung gegen die Mitte. Das Böschungsverhältnis ist mit Rücksicht auf die Befestigung für den unteren Teil 1:1,5 und für den oberen Teil 1:2; die Dammkrone ist 4 m breit und 1,5 m über dem Wasserspiegel vorgesehen. Sie fällt teilweise gleichmäßig mit dem Wasserspiegel und liegt 4 bis 5000 m von den einzelnen Kraftwerken aufwärts wagrecht, so daß der Abstand zwischen Dammkrone und Wasserspiegel am Krafthaus rund 2 m beträgt. Der obere Teil der landseitigen Böschungen ist im Verhältnis 1:1,5 und der untere wieder 1:2 gedacht.

Straßen, Wege und Eisenbahnen, welche den Kanal kreuzen, werden teils dem Kanal entlang verlegt, zusammengezogen und ausnahmslos übergeführt. Die Überführung muß eine für die Schifffahrt erforderliche Höhe erhalten. Wasserläufe sind in den Kanal ein-, demselben entlang- oder unten durchgeführt gedacht.

Die Krafthausanlagen.

Für die Umwandlung der großen Kräfte des Rheins in mechanische Arbeitsleistung können Wasserturbinen nur in der Form von Großkraftmaschinen in Frage kommen, soll anders der Betrieb ein ungestörter sein. Hiefür eignet sich die bisher übliche Aufstellungsweise der Turbinen nicht.

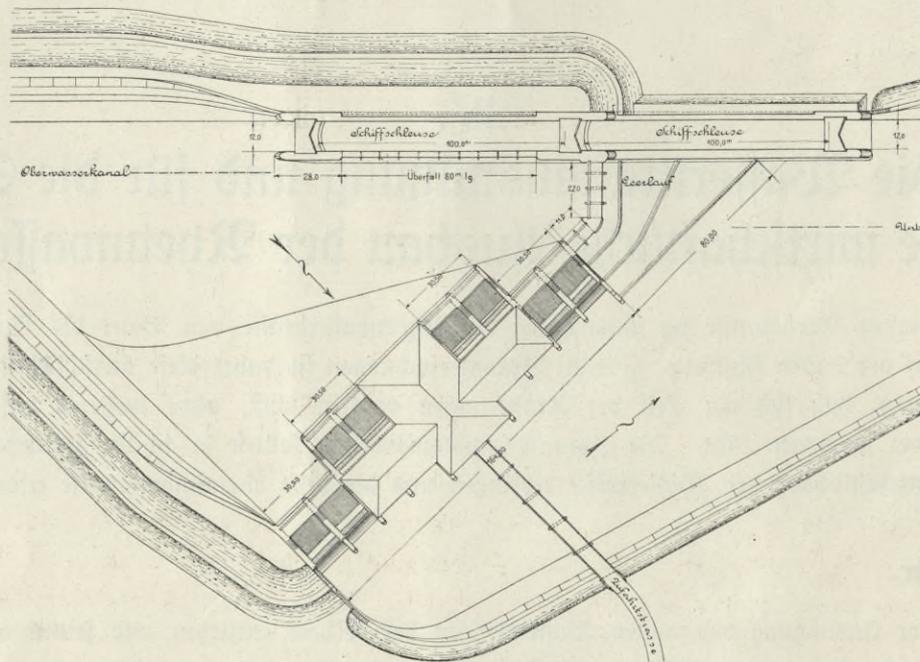


Abb. 6 Lageplan eines Kraftwerkes mit parallel verlegten Turbinen und seitlicher Schiffschleuse.

Die Turbinen hat man bisher mit den Achsen zum Wasserzulauf parallel gesetzt. Ein Nachteil dieser Aufstellungsart liegt darin, daß kleinere Beaufschlagung oder kleinere Belastung sämtliche Laufräder einer Einheit erfasst und eine Arbeit mit schlechterem Wirkungsgrad herbeiführt. Man war daher gezwungen, die

Kraftwerke, entsprechend den Schwankungen in der Wasserführung oder Belastung, mehrfach zu unterteilen und kam so zur Aufstellung einer verhältnismäßig großen Zahl kleiner Einheiten*), die sich für Großbetriebe wenig eignen. Die überbaute Fläche und der verbaute Raum bei dieser Turbinenaufstellung wächst dann — und dies ist ein weiterer großer Nachteil — im quadratischen Verhältnis zur Zahl der zu einer Einheit vereinigten Turbinen und dementsprechend stieg auch der Kostenaufwand. Ist nämlich l die Länge und b die Breite einer Turbinenkammer für eine Turbine und n die Zahl der zu einer Einheit vereinigten Turbinen, so ist die überbaute Fläche $= n^2 \times b \times l$ und wenn beispielsweise 2 Turbinen auf eine Einheit vereinigt sind $= 4 \times b \times l$.

Liegt dagegen die Turbine, wie bei den vorgeschlagenen Werken, mit der Achse quer zum Wasserzulauf, so bleibt das Verhältnis zur Turbinenzahl ein einfaches, es ist bei 2 Turbinen $= 2 \times l \times b$, also nur $\frac{1}{2}$ der Fläche bei der alten Anordnungsweise. Aus der bisherigen Aufstellung ergäbe sich daher für Großkraftwerke ein Mißverhältnis, aus welchem heraus sich auch die verschiedenen Preise von Werken erklären lassen, die unter fast gleichen Bedingungen gebaut worden sind, und die Tatsache, daß mit der zunehmenden Größe der Kraftwerke die Preise für 1 PS. gestiegen sind.

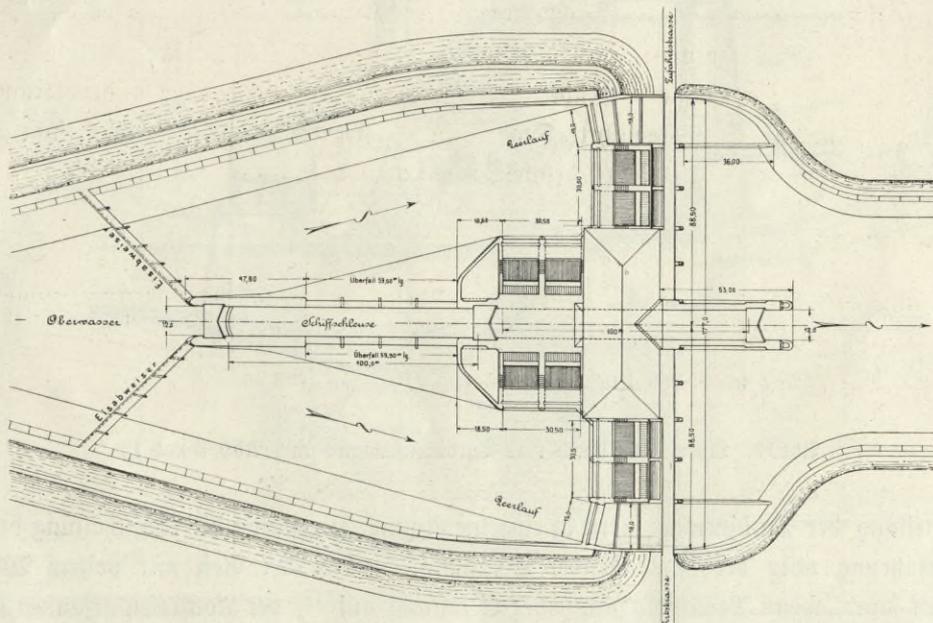


Abb. 7. Lageplan eines Kraftwerkes mit rechtwinkelig versetzten Turbinen und mit eingebauter Schiffschleuse

Zur wirtschaftlichen Ausgestaltung der Kraftwerke für große Niederdruckwasserkraftanlagen war daher eine Aufstellungsart der Turbinen erforderlich, die ebenso wie die Kanalanlage einen Kleinstwert an Aufwendungen ergiebt und bei der die Kosten unabhängig von der Wassermenge aus den Einheitspreisen für 1 PS. nach der Gefällshöhe und aus der Anzahl der installierten PS. entwickelt werden**).

Um aber die kraftabnehmenden Maschinen auch dann noch in einem einheitlichen Raume unterbringen zu können, wenn mehrere Einheiten, denen allen das Wasser quer zur Achse zufließt, in einem Krafthaus vereinigt sind, ist es notwendig, die Maschinen entweder parallel oder im rechten Winkel zu- bzw. gegeneinander zu versetzen (D. R. P. Nr. 272 979 und 288 296).

Aus diesen Gesichtspunkten heraus ergeben sich für den Rhein zwei Krafthausanordnungen, die in Abb. 6 bis 14 dargestellt sind. Bei der einen (Abb. 6 bis 12) sind die Turbinen im rechten Winkel und bei der anderen (Abb. 13 und 14) parallel zu einander gesetzt.

*) Augst-Wyhlen, Laufenburg, Tacherting, Uppenbergwerk, Saalachwerk und dergleichen.

***) Hallinger, Eine neue Bauweise für Wasserturbinen, Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, Jahrgang 1914/15.

Für jedes Krafthaus sind 4 Doppel-Zwillingsturbinen in durch Einzelkammern geteilten Turbinenkammern so aufgestellt vorgesehen, daß überall das Wasser in der Laufrichtung der Turbinen, also senkrecht zur Turbinenachse zufließt. Jede der Doppel-Zwillingsturbinen soll bei einem Wasserverbrauch von $Q = 156 \text{ m}^3/\text{sek.}$ bei einer Umlaufzahl von $n = 150$ eine Leistung von $N = 25000 \text{ PS.}$ erzeugen und direkt auf die Stromerzeuger übertragen.

In der geplanten Ausführung und Größe zählen die Turbinen zur wichtigsten Bauart mit langer Lebensdauer, die, ähnlich wie die alten Reichenbach'schen Maschinen, fast bedienungslos laufen und infolge der Wucht der untergebrachten Massen sich für größte Betriebschwankungen und zum Parallelhalten mit anderen Werken im Gegensatz zu den kleinen Maschinen ganz hervorragend eignen.

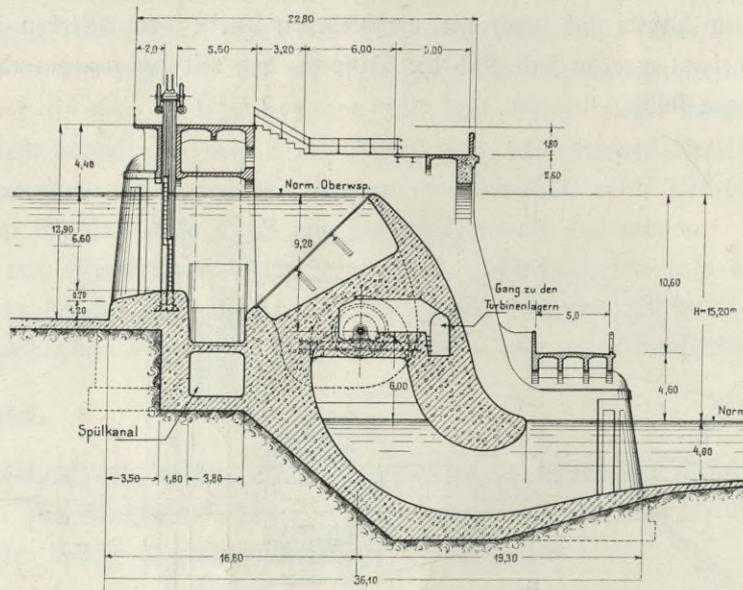


Abb. 9. Querschnitt durch eine Turbinenkammer nach Abb. 8 und 13.

Die Unterteilung der Turbinenkammern in einzelne Kammern gestattet die Ausschaltung der halben Einheiten bei kleiner Wasserführung oder bei schwankender Belastung, so daß der Rest mit vollem Wirkungsgrad dann noch weiter arbeiten kann, wenn Beaufschlagung oder Belastung auf $\frac{1}{3}$ der normalen gesunken ist. Die Lagerung der Turbinen liegt vollständig außerhalb des Wassers und ist jederzeit bequem zugänglich. Das Turbinengehäuse, welches das Oberwasser vom Unterwasser trennt und den Kessel für den Saugkrümmer bildet, ist in Eisenbeton vorgesehen und trägt in seinem Innern wasserfrei und zugänglich das Mittellager der Turbine. Der Turbinenrechen fällt in der Mitte des Oberwasserspiegels mit der wasseraufwärts zurückgebogenen Turbinenkammerrückwand zusammen (D. R. P. Nr. 275086), bildet hier also einen Überfall, spart die Anlage eines eigenen Bauwerkes und gestattet, Eis und Anschwemmungen in einfachster Weise, sei es durch Überstau oder durch geringe Nachhilfe, über die Turbinen hinweg ins Unterwasser abzuführen. Die Sackgasse, die bisher der Oberwasserkanal am Krafthaus bildete, wird damit beseitigt, der Wasserweg durch das Krafthaus wird im Gegensatz zu den früheren Bauwerken vereinfacht und verkürzt. Jeder nennenswerte Gefällsverlust, der bisher bei Anlagen mit 15 m oder mehr Gefälle meistens 2 bis 3 v. H. betragen hat, wird vermieden. Die Vermeidung jeden Gefällsverlustes im Krafthaus ist am Rhein besonders wichtig, weil für 1,0 m Gefällsgewinn rund 2000000 Mark aufzuwenden sind und ein Verlust von nur 0,25 m, der bisher bei Kraftwerken mit 15 m Gefälle als Mindestverlust üblich war, einem Wert von 500000 bis 600000 Mark, bei jedem Kraftwerk insgesamt also einem Verlust von 3500000 bis 4000000 Mark entsprechen würde.

Bei der Versetzung der Turbinen im rechten Winkel kann, wie aus Abb. 7 bis 12 hervorgeht, die Schiffschleuse durch das Krafthaus durchgeführt werden. Damit wird der teuerste Teil derselben vom Krafthaus gebildet, ohne daß für dasselbe Mehraufwendungen entstehen. Der Raum über der Schiffschleuse im Krafthaus

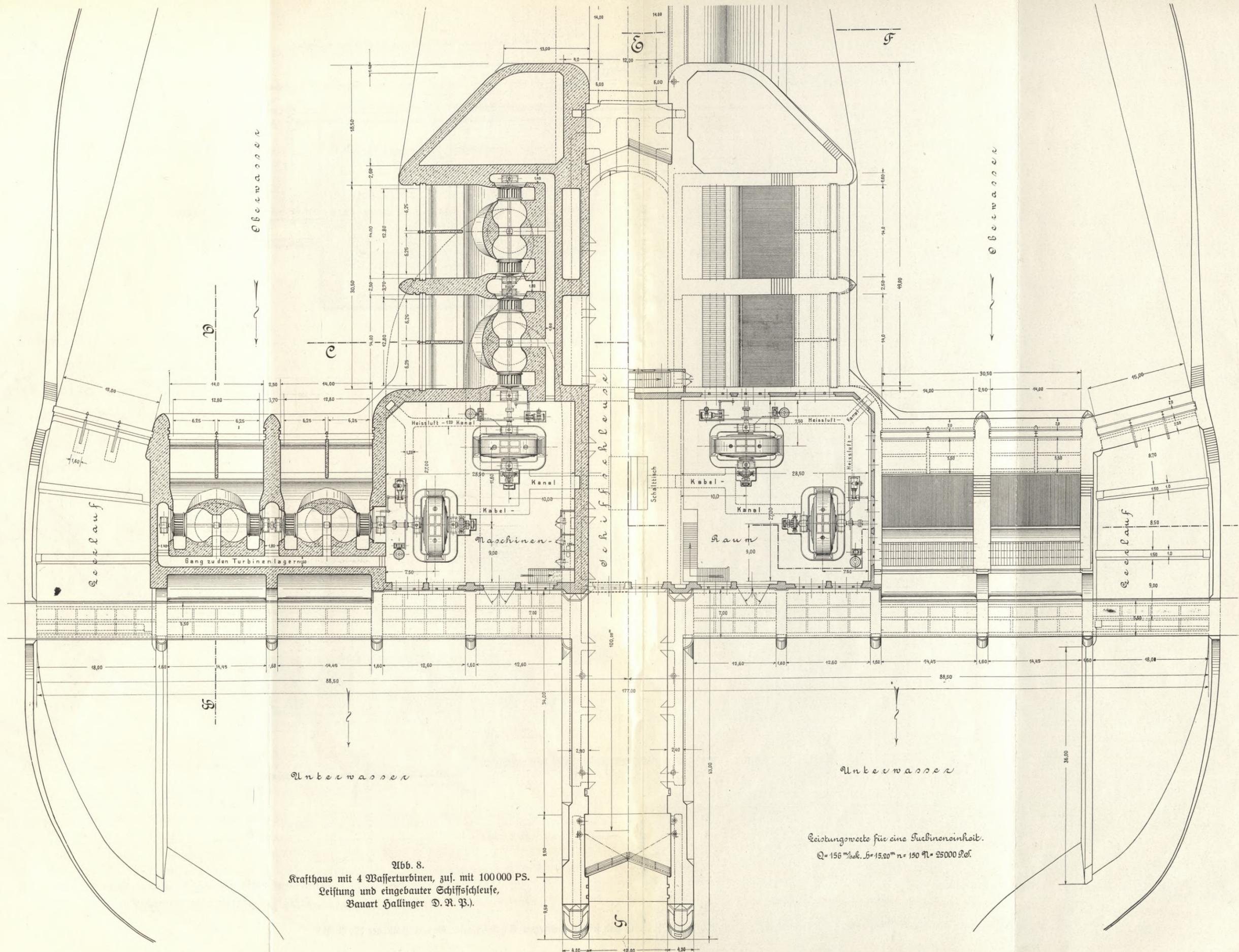


Abb. 8.
 Krafthaus mit 4 Wasserturbinen, zusf. mit 100000 PS.
 Leistung und eingebauter Schiffschleuse,
 Bauart Hallinger O. R. P.).

Leistungsweite für eine Turbineneinheit.
 $Q = 156 \text{ m}^3/\text{sek.}$ $H = 15,20 \text{ m}$ $n = 150 \text{ U.} = 25000 \text{ P.}$

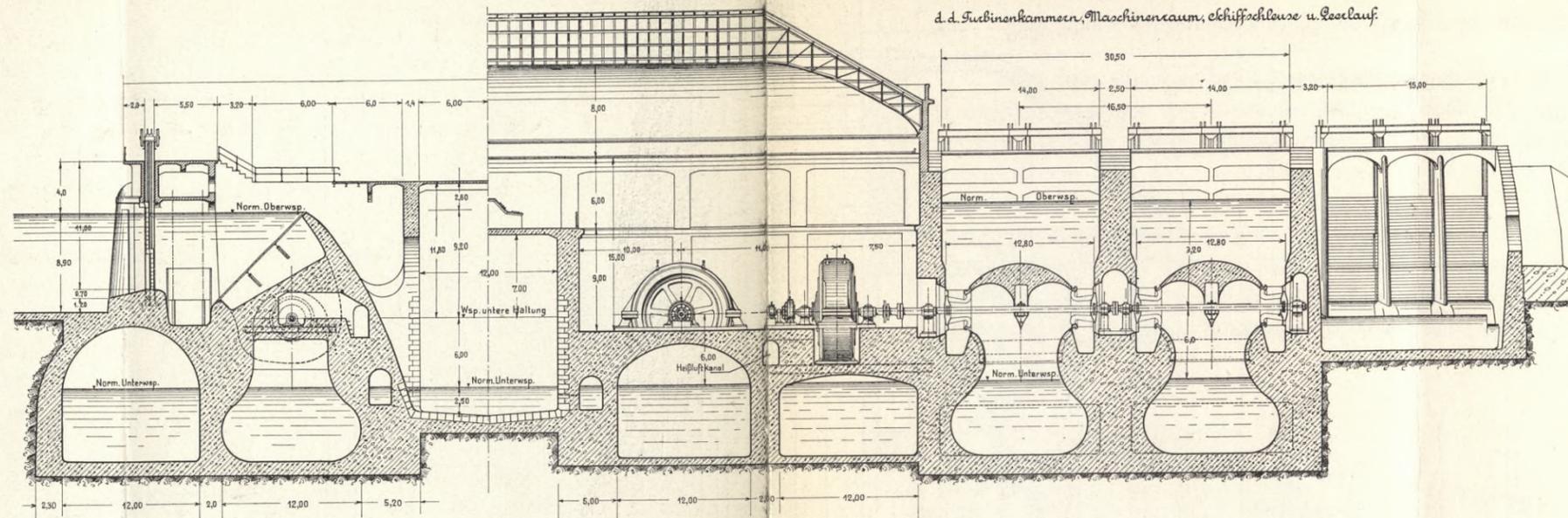
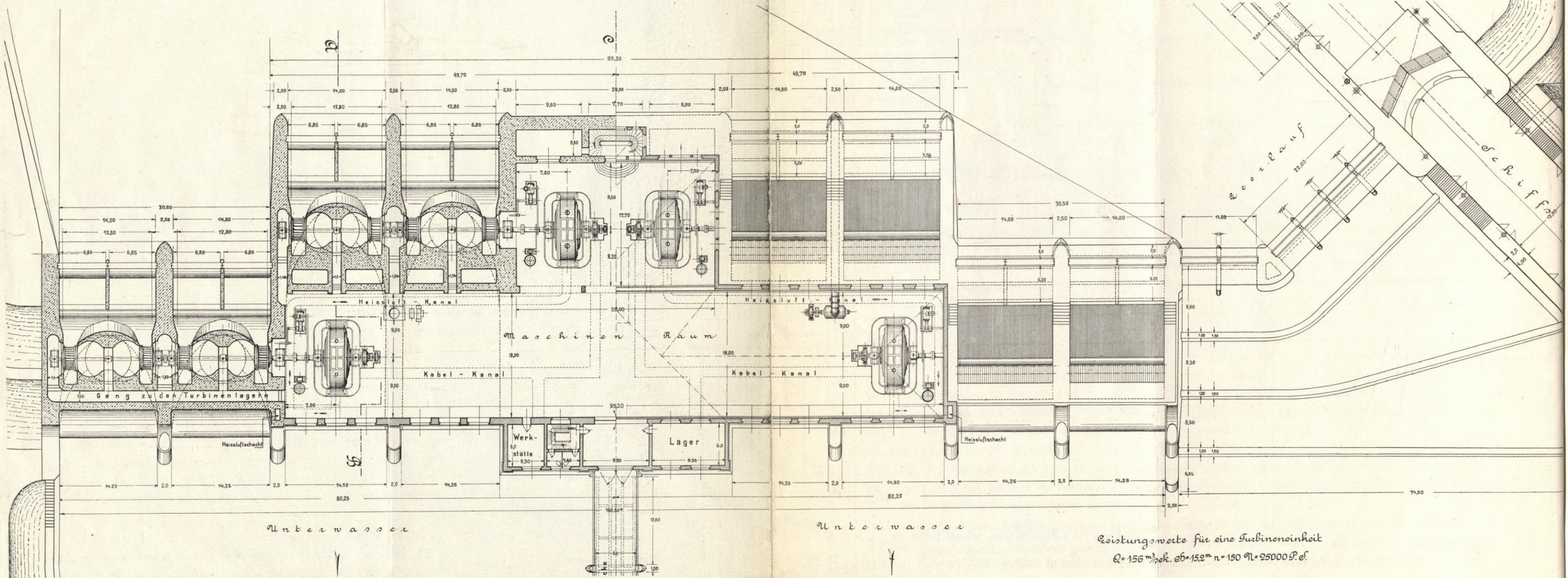


Abb. 10. Längenschnitt durch das Krafthaus nach Abb. 8. 100 000 PS.



Leistungswerte für eine Turbineneinheit
 $Q = 156 \text{ m}^3/\text{sek.}$ $h = 15,2 \text{ m}$ $n = 150$ $\eta = 25000 \text{ P. S.}$

Abb. 13. Krafthaus mit 4 Wasserturbinen, zus. mit 100 000 PS. Leistung und seitlich angelegter Schiffschleuse, Bauart Hallinger (D. R. P.)

dient zur Unterbringung der Schalt- und Regulierungsapparate (Abb. 10 und 11). Die Aufwendungen für die Krafthäuser bei der gewählten Anordnung gehen für beide Bauarten aus der folgenden Zahlentafel hervor. In diesen sind die Aufwendungen für Schiffschleusen, soweit sie außerhalb des Krafthauses liegen, nicht eingerechnet.

Zahlentafel 4. Aufwand für die 7 Krafthausanlagen mit zusf. 624 000 installierten PS.

Posf.	Leistung	Insgesamt	auf 1 PS.
a)	Erdausfachtung rund	540 000 m ³	0,90 m ³
b)	Stampfbeton "	350 000 "	0,60 "
c)	Eisenbeton "	17 600 "	0,03 "
d)	Wasserdichter Putz "	210 000 m ²	0,35 m ²
e)	Wasserfreihalten der Baugrube	128 000 "	0,20 "
f)	Form-, Stab- und T-Eisen	1 800 000 kg	3,00 kg
g)	Hochbauten in überbauter Fläche	15 000 m ²	0,025 m ²
h)	Turbinenrechen, Schützen und Schleusen	7 200 000 kg	12,00 kg
i)	Turbinen und Regulatoren	8 400 000 "	14,00 "
k)	Dynamos, Apparate zc.	10 200 000 "	17,00 "

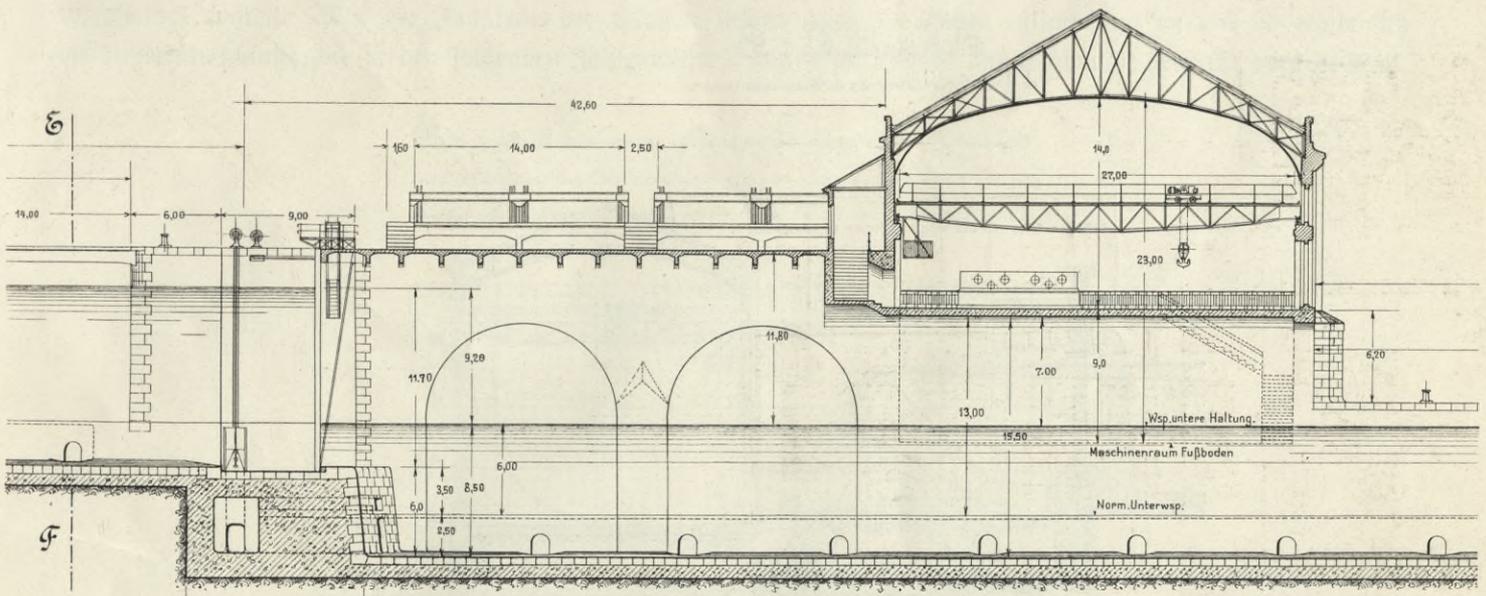


Abb. 11. Schnitt in der Schiffschleuse durch das Krafthaus nach Abb. 8.

Der Aufwand für die vorgeschlagenen Krafthausanlagen und für die Ausrüstung derselben stellt sich mit den Preisen des Jahres 1915 für 1 PS. auf Mk. 58.—
 Bei dem Projekt für das Rheinwerk Rembs-Mühlhausen unterhalb Basel mit 45000 PS. konnten mit kleineren Einheitspreisen die Krafthauskosten einschließlich Ausrüstung für 1 PS. berechnet werden auf „ 160.—
 Beim Appenbornwerk der Stadt München stellten sich dieselben mit der Ausrüstung auf „ 250.—

Aus diesem Unterschied tritt die Einsparung an Aufwand deutlich hervor. Diese wird um so wichtiger, je teurer und weniger die Rohmaterialien werden. Die Einsparungen mit der vorgeschlagenen Bauweise betragen bei der Ausnützung der Rheinstraße Basel-Strasbourg gegenüber dem Projekt für die Anlage Rembs-Mühlhausen für 1 PS. $160 - 58 = \text{rd. } 100 \text{ Mark}$, insgesamt also $600000 \times 100 = 60 \text{ Millionen Mark}$.

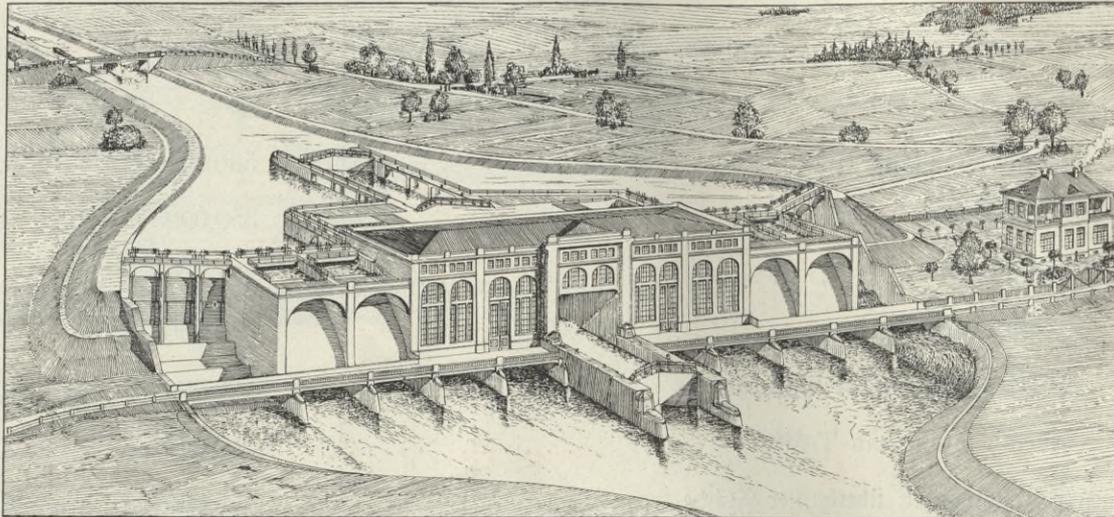


Abb. 12. Ansicht eines Krafthauses mit eingebauter Schiffschleuse.

Arbeiten zwei Kraftwerke oder mehr auf ein gemeinsames Arbeitsgebiet, so stellt sich die Errichtung einer Dampfreserve auf denselben für beide wirtschaftlicher, als die Schaffung je einer Wasserkraftreserve in den beiden Krafthäusern für das eine Arbeitsgebiet. Aus diesem Grunde sind die Krafthäuser über die Höchstleistung hinaus mit keiner Reserve mehr ausgestattet, da sie sich gegenseitig ergänzen können.

Schnitt A - B

d. d. Turbinenkammer u. Maschinenraum

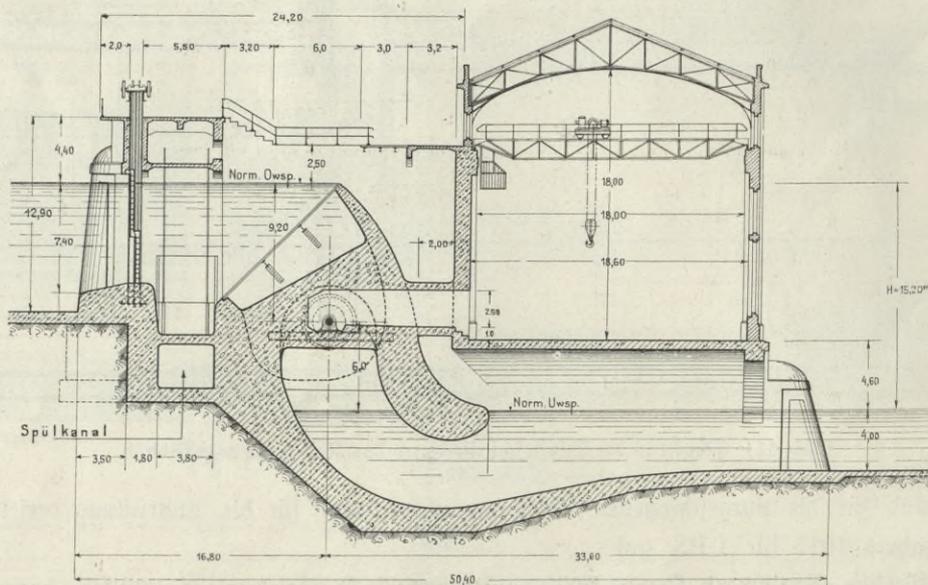


Abb. 14. Querschnitt des Krafthauses zu Abb. 13.

Die Ausführung der Werke ist in massiver Bauart in Stampf- und Eisenbeton gedacht. Für jene mit eingebauter Schiffschleuse geht das Äußere aus Abb. 12 hervor.

Der Kleinstwert aus Kanal- und Krafthauskosten.

Die elsässische Rheintalsole fällt, ebenso wie das Gelände in anderen Flachlandsflusstrecken, fast gleichmäßig mit dem Wasserspiegel des Flusses. Der Wasserspiegel im Kanal erhält wesentlich weniger Gefälle als das Gelände und als der Fluß selbst, weil ja diesem Gefälle abgewonnen werden muß. Aus diesem Grunde tritt von der Abzweigstelle an der Wasserspiegel des Kanales immer mehr aus dem Gelände heraus und kommt mit der zunehmenden Entfernung ständig höher über dasselbe zu liegen. Die Anschüttung wird um so höher, je länger der Kanal von der Abzweigstelle bis zum Kraftwerk oder von Kraftwerk zu Kraftwerk gerechnet gehalten wird. Wird der Unterkanal zur Deckung der Massen im Oberkanal herangezogen, so tritt bezüglich der Aus-

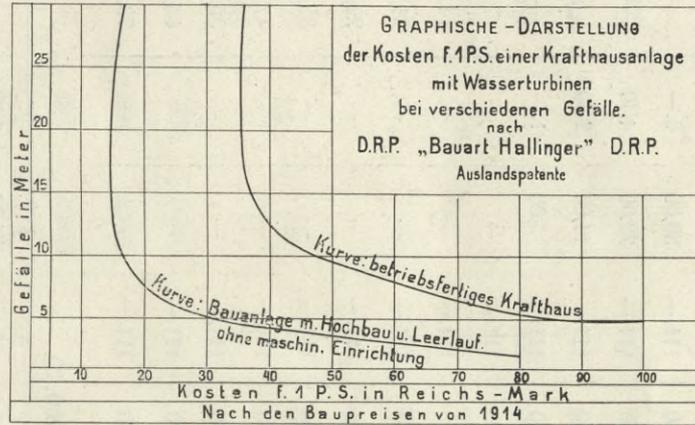


Abb. 15. Krafthauskosten für verschiedene Gefälle nach den Preisen der Jahre 1913/14.

schachtungstiefe ein gleiches Verhältnis wie beim Oberkanal ein. Daraus ergibt sich, daß bei der zunehmenden Entfernung der Gefällsstufen die Anschüttung für den Zulaufkanal und umgekehrt die Ausschachtung für den Ablaufkanal wächst. Mit der Zunahme der Massen steigen auch die Kosten entsprechend an und es ergibt sich eine Preisentwicklung, die in den folgenden Zahlentafeln 5 und 6 für Beton- und Erdkanäle getrennt dargestellt ist.

Kosten des Krafthauses „Bauart Hallinger“ mit hydraulisch. und elektrischer Einrichtung jedoch ohne Fernleitung, für eine ausgebaute Pferdestärke nach dem Nutzgefälle geordnet.

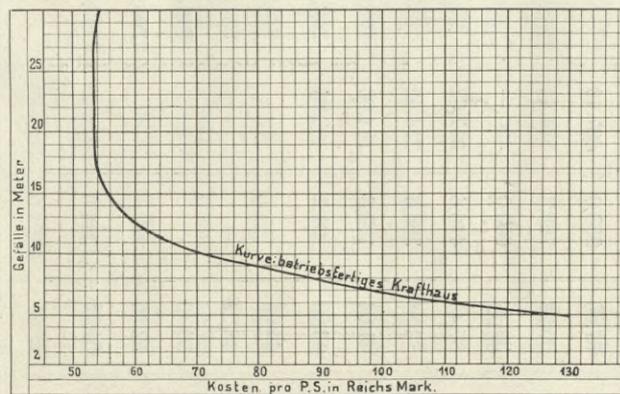


Abb. 16. Kostenkurve mit den Preisen für 1915/16.

Mit der zunehmenden Entfernung der Gefällsstufen wächst die Gefällshöhe, während die Anzahl derselben, auf eine bestimmte Flußstrecke gerechnet, fällt. Mit der Zunahme des Gefälles fallen die Kosten für die Krafthausanlage und -Ausrüstung, auf die P.S. gerechnet; auch die Verringerung der Zahl der Kraftwerke trägt zur Kostenherabsetzung bei. Während daher die Kanalkosten mit der abnehmenden Anzahl der Kraftwerke steigen, fallen die

Zahlentafel 5 zur Entwicklung der Kosten für einen Betonkanal, nach verschiedenen Höhen und Tiefen geordnet.

Höhenmaße		Grund- erwerb in ha à M. 3600.-	Kosten für den Grund- erwerb	Erdarbeiten für 1 m ³ M.k. 1.30			Betonauskleidung			Humus und Rafen			Kosten für 1 m Kanal			
Ab- trag m	Auf- trag m			Abtrag m ³ à 0.70	Kosten M.	Auftrag m ³ 0.60	Kosten M.	Sohle m ² à 2.60	Kosten M.	Böschung m ² à 3.-	Kosten M.	Abtrag m ² à 0.20	Kosten M.	Auftrag m ² à 0.20	Kosten M.	Abtrag M.	Auftrag M.
Siefes Kanalprofil b (Abb. 3)																
18,0	—	0,0124	44,64	1378,0	964,60	42,00	109,20	37,00	111,—	38,00	7,60	—	—	1237,04	—	
16,0	—	0,0154	55,44	1158,0	810,60	42,00	109,20	37,00	111,—	30,00	6,—	—	—	1092,24	—	
14,0	—	0,0160	57,60	953,0	667,10	42,00	109,20	37,00	111,—	22,00	4,40	—	—	994,30	—	
12,0	—	0,0098	35,28	769,2	538,44	42,00	109,20	37,00	111,—	14,00	2,80	—	—	796,72	—	
10,0	0,0	0,0090	32,40	600,0	420,—	42,00	109,20	37,00	111,—	5,00	1,—	—	—	673,60	—	
8,0	2,0	0,0104	37,44	446,6	312,62	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	7,00	—	—	588,10	
6,0	4,0	0,0108	38,88	306,6	214,62	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	14,20	—	—	525,50	
4,0	6,0	0,0114	41,04	192,8	134,96	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	21,40	—	—	501,28	
0,0	8,0	0,0120	43,20	91,2	63,84	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	28,60	—	—	500,96	
—	10,0	0,0128	46,08	—	—	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	35,80	—	—	529,04	
—	12,0	0,0134	48,24	—	—	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	47,00	—	—	688,24	
—	14,0	0,0140	50,40	—	—	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	55,80	—	—	850,56	
—	16,0	0,0146	52,56	—	—	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	64,60	—	—	1010,48	
—	18,0	0,0152	54,72	—	—	42,00	109,20	37,00	111,—	—	—	73,40	—	—	1178,80	
Flaches Kanalprofil a (Abb. 3)																
14,0	—	0,0140	50,40	1574,0	1101,80	88,30	229,58	20,00	60,—	34,00	6,80	—	—	1448,58	—	
12,0	—	0,0136	48,96	1310,0	917,—	88,30	229,58	20,00	60,—	26,80	5,36	—	—	1260,90	—	
10,0	—	0,0130	46,80	1056,0	739,20	88,30	229,58	20,00	60,—	19,80	3,92	—	—	1079,50	—	
8,0	—	0,0124	44,64	816,0	571,20	88,30	229,58	20,00	60,—	12,40	2,48	—	—	907,90	—	
6,0	0,0	0,0128	46,08	588,0	411,60	88,30	229,58	20,00	60,—	—	—	22,00	—	—	755,26	
4,0	2,0	0,0132	47,52	380,0	266,—	88,30	229,58	20,00	60,—	—	—	26,00	—	—	633,14	
2,0	4,0	0,0138	49,68	185,0	129,50	88,30	229,58	20,00	60,—	—	—	28,80	—	—	555,72	

Zahlentafel 6 zur Entwicklung der Kosten für einen Erdkanal, nach verschiedenen Höhen und Tiefen geordnet.

Höhenmaße	Abtrag m	Auftrag m	Grund- erwerb in ha à M. 3600.-	Kosten für den Grund- erwerb	Erdarbeiten für 1 m ³ M.k. 1.30				Böschungsbefestigung u. Dichtungsarbeiten				Humus und Rasen				Kosten für 1 m Kanal	
					Abtrag m ³ à 0.70	Kosten M.	Auftrag m ³ à 0.60	Kosten M.	Abtrag m ² à 0.40	Kosten M.	Auftrag m ² à 2.--	Kosten M.	Abtrag m ² à 0.20	Kosten M.	Auftrag m ² à 0.20	Kosten M.	Abtrag M.	Kosten M.
16,0	—	—	0,0192	69,12	2254,0	1577,80	—	—	132,0	52,80	—	—	48,00	9,60	—	—	1709,32	—
14,0	—	—	0,0182	65,52	1900,0	1330,—	—	—	132,0	52,80	—	—	40,00	8,—	—	—	1456,32	—
12,0	—	—	0,0170	61,20	1564,0	1094,80	—	—	132,0	52,80	—	—	32,00	6,40	—	—	1215,20	—
10,0	—	—	0,0160	57,60	1264,0	872,20	—	—	132,0	52,80	—	—	24,00	4,80	—	—	987,40	—
8,0	—	—	0,0152	54,72	950,0	665,—	—	—	132,0	52,80	—	—	16,00	3,20	—	—	775,72	—
6,0	1,0	—	0,0166	59,76	680,0	476,—	24,80	14,88	132,0	52,80	—	—	—	—	29,00	5,80	—	609,24
4,0	3,0	—	0,0174	62,64	434,0	303,80	92,80	55,68	122,0	48,80	10,80	21,60	—	—	38,00	7,60	—	500,12
2,0	5,0	—	0,0182	65,52	206,0	144,22	207,00	124,20	110,8	44,32	22,00	44,—	—	—	47,00	9,40	—	431,64
—	—	7,0	0,0194	69,84	—	—	357,00	214,20	100,0	40,—	33,00	66,—	—	—	56,00	11,20	—	401,24
—	—	9,0	0,0200	72,—	—	—	727,00	436,20	—	—	133,00	266,—	—	—	59,00	11,80	—	786,—
—	—	11,0	0,0208	74,88	—	—	1103,00	661,80	—	—	133,00	266,—	—	—	68,00	13,60	—	1016,28
—	—	13,0	0,0216	77,76	—	—	1520,00	912,—	—	—	133,00	266,—	—	—	77,00	15,40	—	1271,16
—	—	15,0	0,0224	80,64	—	—	1952,00	1171,20	—	—	133,00	266,—	—	—	86,00	17,20	—	1535,04

Kosten für die letzteren, und bei bestimmten Entfernungen findet sich der geringste Aufwand. Der Kleinstwert für 1 PS., berechnet aus Krafthaus- und Kanalkosten, kann nun nach einem vom Verfasser eingeführten graphischen Verfahren ermittelt werden. Dafür sind zunächst die Krafthauskosten, nach PS. geordnet, für verschiedene Gefällshöhen nach den Preisen der Bauzeit zu ermitteln. Eine derartige Ermittlung für süddeutsche Verhältnisse und mit Preisen aus dem Jahre 1913 bis 1914 ist in Abb. 15 und eine weitere in Abb. 16 aus dem Jahre 1915 bis 1916 dargestellt. Diese Zahlentafeln enthalten nur die Kosten für die Krafthausanlagen und Krafthausausrüstung. Zu denselben kommen daher noch bei Ermittlung des Kleinstwertes der Kostenbetrag für Zu- und Ablaufkanäle, für Verkehrswege und dergl.

Ermittlung des kleinsten Massen & Kostenaufwandes bei Ausnützung von Wasserkraften mit Niederdruckgefälle

Wassermenge $Q=600 \text{ m}^3/\text{sek.}$ Flußgefälle 1:1000

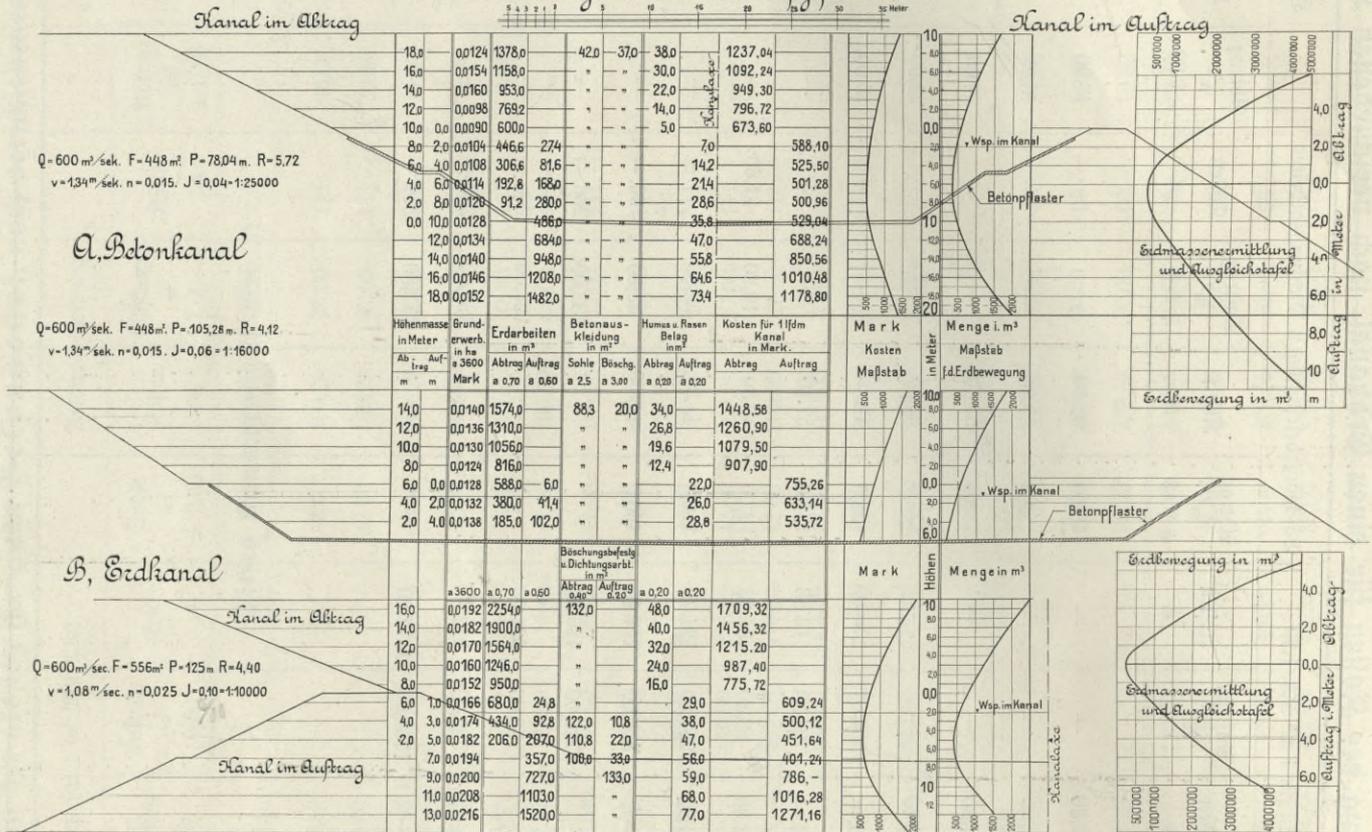


Abb 17. Kostenermittlung für den Kanal bei verschiedener Auf- und Abtragshöhe.

Bei Ermittlung der Kanalkosten (Zahlentafeln 5 und 6) wird der Querschnitt für Auf- und Abtragprofile, wie aus Abb. 17 ersichtlich, in wagrechte Streifen geteilt. Die Kosten der Aufwendungen für jeden einzelnen Streifen und zwar für Grunderwerb, Erdarbeiten, Betonauskleidung, für Humus- und Rasenbeleg und dergleichen werden von m zu m oder von 2 zu 2 m einzeln berechnet und zusammengezogen. So entstehen Einzelpreise für 1 lfdm. Kanal bei verschiedenen Höhen und aus diesen wird der auf Abb. 17 rechts der Preistafel dargestellte Kostenmaßstab entwickelt. In diesen kann Anschüttungs- und Ausschachtungshöhe in senkrechter Richtung eingetragen und in der Wagrechten daraus der Preis für 1 lfdm. Kanal abgenommen werden. Die Ermittlung der Preise in der Preistafel ist für Beton- und für Erdkanäle einzeln durchgeführt; die gewählten Einzelpreise sind aus derselben ersichtlich. So wird z. B. bei Erdbewegung Mk. 0,70 für Abtrag und Mk. 0,60 für Auftrag, für 1 m^3 also Mk. 1,30 in Rechnung gesetzt. Der so für verschiedene Auftragshöhen und Ausschachtungstiefen gebildete

Kostenmaßstab dient dann zur weiteren Entwicklung der gesamten Kanalkosten im graphischen Verfahren. Liegt für die Kanalführung ein genaues Längenprofil vor, so kann aus demselben Auf- und Abtragshöhe abgegriffen und die Kostenkurve darnach entwickelt werden. Beim Rhein ergibt der obere Teil einen Gefällsgewinn von rund 1 m auf 1000 m Kanallänge und daher für jeden Kilometer Kanallänge eine Anschüttungshöhe oder Ausschachtungstiefe von 1 m, bezw. die zur Deckung derselben erforderlichen maßstäblichen Kosten.

Um aus Kanal- und Krafthauskosten den Kleinstwert an Aufwendungen für 1 PS. herauszufinden, sind diese mit den sonstigen Aufwendungen und mit der Kraftleistung nach Kilometer geordnet und wie in Abb. 18 dargestellt, aufzutragen. Die Entwicklung dieser graphischen Untersuchung dürfte ohne weiteres verständlich sein. In der Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, Jahrgang 1914 und 1915, ist sie näher beschrieben. Beim Auftragen

A, für Betonkanäle

B, für Erdkanäle

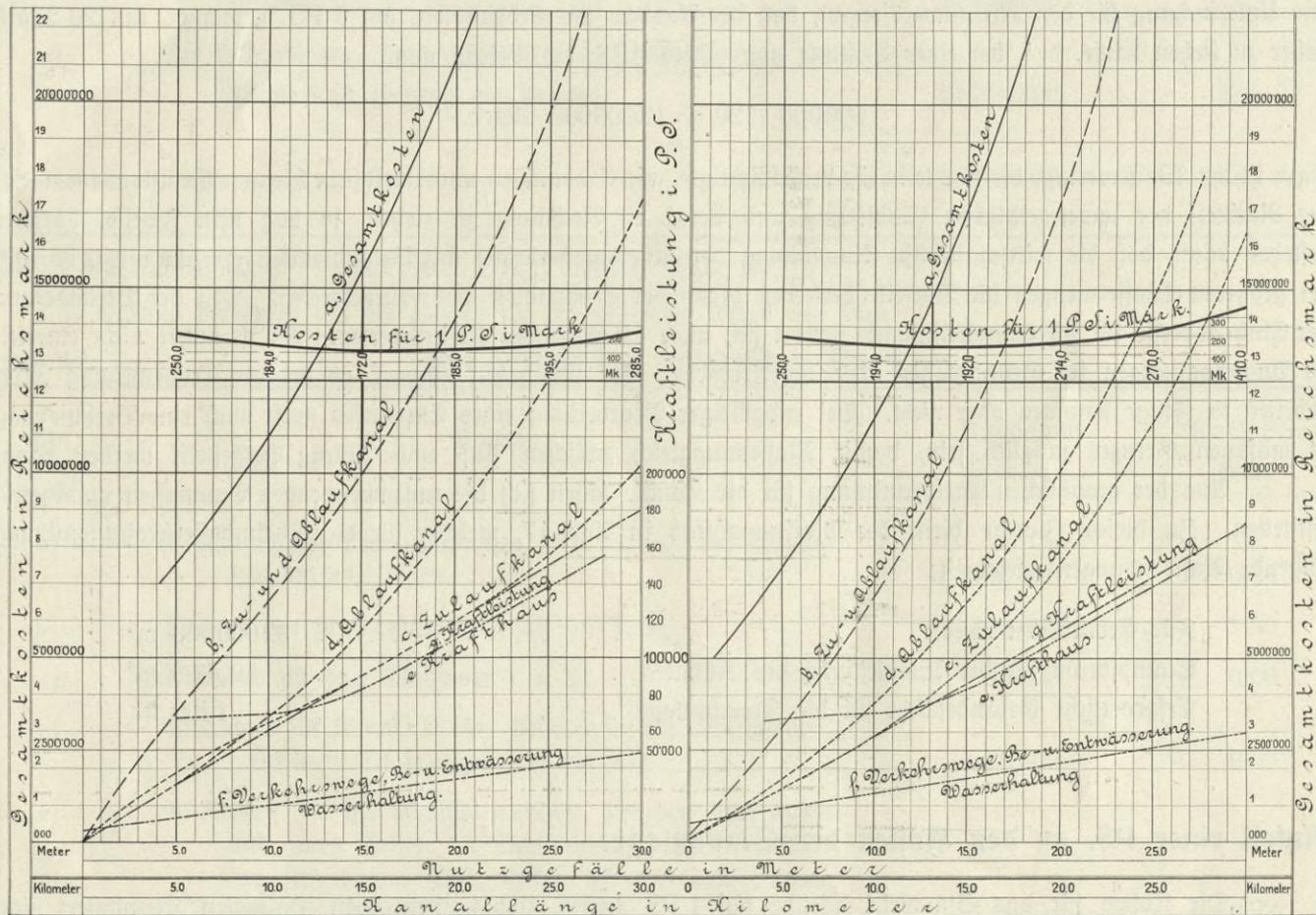


Abb. 18. Graphische Zusammenstellung von Kanal- und Krafthauskosten und Ermittlung des kleinsten Aufwandes für 1 ausgebaute PS.

der verschiedenen Kurven ist wichtig, daß die mit der Entfernung gewonnene Gefällshöhe mit dem erforderlichen Aufwand und mit den Kosten für Kanal und Krafthaus, sowie mit der zunehmenden Kraftleistung genau zusammenfällt.

Die Aufwendungen bei den verschiedenen Abständen und Gefällshöhen werden dann in der Gesamtkostenkurve a (Abb. 18) zusammengezogen.

Die Kurve a (Gesamtkosten) läuft mit der Kurve g (Kraftleistung) nicht parallel, woraus hervorgeht, daß der Wert aus $\frac{\text{Gesamtkosten}}{\text{Kraftleistung}} = \frac{a}{g}$ verschieden ist und daß nur bei einer der verschiedenen Größen der Kleinstwert für 1 PS. liegen kann.

Die Werte und Preise, für 1 PS. gerechnet, fallen vom kleinsten Gefälle, erreichen dann den kleinstwert und steigen mit der zunehmenden Höhe wieder an. Bei der Ausnützung der Rheinwasserkräfte liegt derselbe im Gebiet des stärkeren Gefälles:

Bei Betonkanälen in einer Gefällshöhe von 15 m und beträgt	Mk. 172.—
bei Erdkanälen in einer Gefällshöhe von 13 m und beträgt	„ 192.—

In diesem Kleinstwert sind an Kosten für die Erschließung, auf 1 PS. gerechnet, enthalten jene:

- für die Kanalanlage mit Grunderwerb und Nebenarbeiten, für Brücken, Durchlässe, Über- und Unterführungen und dergleichen;
- für das Krafthaus mit Leerlauf und Hochbau samt maschineller, hydraulischer und elektrischer Ausrüstung, mit den Schiffschleusen, soweit sie Bestandteile des Krafthauses sind; Transformatoren und Schaltanlagen sind in diesem Preis nicht inbegriffen.

Die Untersuchung für den Kleinstwert ergibt, daß der Ausbau mit Erdkanälen, auf 1 PS. gerechnet, um 20 Mark höher zu stehen käme, d. i. bei einer Leistung von 600000 PS. ein Betrag von

$$600000 \times 20 = 12000000 \text{ Mark.}$$

Dazu ist der Wasserverlust, die nur teilweise berücksichtigte, mit Erdkanälen unvermeidliche kleinere Gefällsausbeutung, der Nachteil der unvermeidlichen Eisbildung und dergl. in Rechnung zu ziehen, so daß kein Zweifel darüber bestehen kann, daß die wirtschaftlichste Ausnützung der Rheinwasserkräfte mit Betonkanälen erreicht wird, obwohl bei größeren Wassermengen die Vorteile derselben gegenüber Erdkanälen mehr zurücktreten. Mit der Veränderung der Einheitspreise für die Einzelleistungen ändert sich auch die Lage des Kleinstwertes. Es ist daher nicht einerlei, ob Ausschachtungen im Grundwasser oder im Trockenen vor sich gehen können, ob bei der Erdbewegung Felsarbeiten in Frage kommen oder nicht. Bei endgültiger Bearbeitung eines Entwurfes muß auch eine Verschiebung in mäßigen Grenzen möglich sein, damit Massenausgleich zwischen Auf- und Abtrag hergestellt werden kann.

Aus der graphischen Preisermittlung für die Kanäle lassen sich die aufzuwendenden Baumassen annähernd feststellen. Zu diesem Zwecke dient der Massenmaßstab in Abb. 17, welcher für die Rheinwasserkraftausnützung folgende Aufwendungen nachweist:

Für Erdarbeiten rund	32000000 m ³
Stampfbeton für die Auskleidung des Kanales	600000 m ³
Erforderliche Geländefläche für die Kanalanlage	1400 ha

Anteil einer PS. an den Kosten der Stauanlage.

Die Kosten für das Staumwehr, welche auf 1 PS. treffen, sind in dem oben ermittelten Kleinstwert nicht inbegriffen. Diese ergeben sich aus:

$$\frac{\text{Anlagekosten}}{\text{Anzahl der an das Staumwehr angeschlossenen PS.}}$$

Sie stehen daher mit den Kanal- und Krafthauskosten in keinem Zusammenhang.

Gesamtkosten für die Ausnützung der Rheinwasserkräfte und die Kosten der gewonnenen Kraft.

Aus der beschriebenen Untersuchung ergeben sich die Gesamtkosten der Anlage für die Jahresmittelleistung von 600000 PS. und die Kosten der elektrischen Kraft aus den folgenden Zahlentafeln 7 und 8.

Zahlentafel 7.

Anlagekosten für die Wasserkraftausnutzung.

Pos.	Vortrag	Insgesamt Mark	für 1 PS. Mark
a)	Stauwehranlage	3 600 000.—	6.—
b)	Reserve für ein zweites Stauwehr	2 400 000.—	4.—
c)	Kanalanlage einschließlich Auskleidung und Grunderwerb, ferner einschließlich Brücken, Durchlässe, Überfahrten, Wegverlegungen, Wasserhaltung und dergleichen . .	74 400 000.—	124.—
d)	Krafthaus mit Hochbau, Leerlauf und maschineller Aus- rüstung	34 800 000.—	58.—
e)	Auf Allgemeines, Zinsen und Reserve, für Herstellung der Pläne und Leitung der Bauten	13 200 000.—	22.—
	Sa.:	128 400 000.—	214.—

für 1 PS. Mk. 214.— oder für 1 KW. rund Mk 272.—.

Daraus berechnen sich die Kosten für die elektrische Kraft wie folgt:

Zahlentafel 8.

Die Kosten der elektrischen Kraft.

Pos.	Vortrag	Insgesamt Mark	für 1 PS. Mark
a)	Verzinsung des Anlagekapitales, 5 v. H. aus der Summe 128 000 000 Mark	6 420 000.—	10.70
b)	Tilgung des Anlagekapitales mit 0,7 v. H.	898 000.—	1.50
c)	Rücklage für das Stauwehr 1 v. H.	36 000.—	0.06
d)	Rücklagen für Kanal, Wege, Brücken und Überführungen, gleich den Erfahrungen auf der Alz	18 600.—	0.03
e)	Rücklagen für die Krafthausanlage, für die Hochbauten und jenes Teiles der Schiffschleuse, der innerhalb der Krafthäuser liegt, 0,8 v. H. aus der Summe von 16 200 000 Mark	129 600.—	0.22
f)	Rücklagen für die Krafthausausrüstung, 7 v. H. aus der Summe von 18 600 000 Mark	1 302 000.—	2.17
g)	Betrieb, Versicherung und Allgemeines	600 000.—	1.—
h)	Staatliche Abgabe, nach Jahresmittelleistung gerechnet . .	600 000.—	1.—
	Sa.:	10 004 200.—	16.68

Jahreskosten für 1 PS. daher rund Mk. 16.70

„ „ 1 KW. „ 23.20

Kosten für 1 KWst. am Krafthaus nach Jahresmittelleistung gerechnet 0,28 Pf.

Handwritten calculations:
 27 20 : 24
 23.2000 : 28
 224
 80
 56
 240
 24
 160
 8 285 Jafal Stunden = $\frac{8285}{365} = 22.7$ Stunden
 365
 350
 24
 1400
 160

Diese Kostenentwicklung nach graphischem Verfahren hat Anspruch auf Genauigkeit und die Fehlergrenze liegt innerhalb ± 2 v. H. Bei dem vom Verfasser bearbeiteten Projekt der A. E. G. für die Ausnützung der unteren Nhar in Bayern (84000 PS.) stellten sich die Preise des Detailanschlages um 1 v. H. niedriger, als die auf graphischem Wege ermittelten Kosten.

Wird die Ausnützung der Wasserkräfte zwischen Basel und Straßburg nicht in einem Zuge, sondern nur Werk für Werk und dem Bedürfnis entsprechend zur Ausführung gebracht, so sind für die öftere Wiedereinführung des Triebwassers in das Flußbett Zuschläge von 6 bis 800000 Mark für jeden einzelnen Bauabschnitt in Rechnung zu ziehen. Bei Ausführung in einem Zuge fallen dieselben weg.

Großschiffahrt auf den für die Wasserkraftausnützung bestimmten Kanälen.

Soll die Kanalanlage der Kraftausnützung und nebenbei der Großschiffahrt dienen und entsprechende Betriebsicherheit gewährleisten, so muß die Wassergeschwindigkeit verändert werden können. Aus diesem Grunde erhält die Kanalsohle ein größeres Gefälle als der Wasserspiegel, damit im Winter bei Niedrigwasser und bei Eisgefahr durch Absenkung an den Kraftwerken und durch Verkleinerung des Wasserquerschnittes eine Wassergeschwindigkeit erzielt werden kann, welche die Eisbildung ausschließt. In den Zeiten der Vollwasserführung oder bei Überwasser, wenn die Schiffahrt in Betrieb ist, muß durch Anstau eine Vergrößerung der Querschnittsfläche und damit eine Herabsetzung der Wassergeschwindigkeit herbeigeführt werden können. Dazu eignen sich die Kanäle mit kleinstem Gefälle ganz außerordentlich, da der Höhenunterschied von Werk zu Werk selten mehr als 1 m beträgt und kleiner ist als der Abstand der Dammkrone vom Wasserspiegel. Aus diesem Grunde leisten die in großen Längen gefaßten Kanäle auch zum Wasserausgleich und zur Wasserauffpeicherung bei Belastungsschwankungen ebenso wie der Schiffahrt die wertvollsten Dienste.

Die Kosten, welche für die Einrichtung und für die Unterhaltung der Großschiffahrt auf der Kanalstrecke entstehen, sind in den Kosten für die Wasserkrafterschließung nicht mit eingerechnet. Dieselben betragen schätzungsweise 30 Millionen Mark, so daß der Gesamtaufwand für den Ausbau der Wasserkräfte und für die Einrichtung der Großschiffahrt 160 Millionen Mark betragen wird. Die Kosten für die Schiffahrtseinrichtung sind auch in der Berechnung der Kosten für die elektrische Kraft nicht einbezogen. Auch die Kosten des Wasser- und Kraftverlustes für die Durchschleufung der Schiffe sind nicht in Rechnung gezogen. Diese betragen für jede Durchschleufung auf einer Gefällsstufe bei der angenommenen Schleusenbreite von 12 m, bei einem Preis von 0,28 Pfennig für die KWst. Mk. 8.—, auf der ganzen Strecke daher $7 \times 8 =$ Mk. 56.—.

Die Wasserkraftausnützung unterstützt die Einführung der Großschiffahrt auf der Strecke Basel—Straßburg in hohem Maße; andererseits leistet der Großschiffahrtsweg neuen Erzeugungstäten, welche sich auf die Großkraftwerke stützen, für billige An- und Abfuhr von Rohstoffen und Erzeugnissen die wertvollsten Dienste. Die gemeinsame Lösung der beiden Aufgaben erhöht daher die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens und die Bedeutung desselben für die Versorgung des Landes im weitesten Sinne.

Das Ergebnis der größten Gefällsausbeute mit dem kleinsten Aufwand bei den Rheinwasserkraften.

Dasselbe sticht durch außergewöhnlich große Leistung und durch die geringen Kraftkosten stark hervor. In der Badischen Kammer hat am 19. März 1914 die Großherzogliche Staatsregierung die Leistungsfähigkeit der Rheinwasserkräfte oberhalb Straßburg mit 200000 PS. angegeben. Die höchste Ausbeutung der Gefälle liefert dagegen zwischen Basel und Straßburg allein eine Jahresdurchschnittsleistung von 600000 PS. und außerdem noch unterhalb Straßburg auf der badischen Seite weitere 200000 PS.

Zusammen mit der Höchstaussbeute setzt der kleinste Aufwand Anlagekosten und Kosten der Kraft auf einen Satz herab, welcher den billigsten Werken in Norwegen mit 15 Mark für die Jahrespferdekraft oder mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Pfennig für die KWst.*) mindestens gleichkommt und mit Rücksicht auf die günstigere Lage diesen und insbesondere auch den benachbarten Schweizer Wasserkraften wirtschaftlich weit überlegen ist. Die Erschließung der

*) Njukkanwerke mit 400000 PS.

Rheinwasserkräfte im Zusammenhang mit der Großschiffahrt nach den vorstehenden Gesichtspunkten und Grundsätzen ergibt am Rhein Gelegenheit zur Ansiedlung neuer Erzeugungsstätten, die in die weiteste Ferne hinaus infolge der günstigen Eisenbahnverbindungen und Wasserwege wettbewerbsfähig sein und bleiben werden, Verhältnisse, welche im weitesten Sinne zur Unabhängigmachung des Reiches und zur Schonung der heimischen Arbeitskräfte und des heimischen Kapitals beitragen können. Das Ergebnis der Untersuchungen über die Rheinwasserkräfte liefert den Beweis, daß die in langen Kanälen geführten und in einzelnen Stufen mit Niederdruckturbinen ausgenützten Gewässer jenen überlegen sein können, welche durch lange Rohrleitungen und mit Hochdruckmaschinen zur Kraftleistung entwickelt werden, und daß man **im Gegensatz zur bisherigen Anschauung die billigen Großwasserkräfte nicht mehr allein im Auslande, sondern auch im eigenen Vaterlande suchen und finden kann.**

Andererseits darf nicht übersehen werden, daß die Anwendung der Grundsätze über Höchstaussbeute bei kleinstem Aufwand nicht bloß für Deutschland in Betracht kommt, sondern auch für das Ausland und daß sie insbesondere für das wasserreiche Rußland von bahnbrechender Bedeutung sein wird, dort umsomehr, als man vor Kriegsausbruch schon mit weitschauendem Blick Wasserkraftwerke mit 3 bis 400000 PS. Leistung*) verfolgte, die man heute in Deutschland trotz des Zwanges der Verhältnisse noch nicht einmal für notwendig oder möglich hält. Wird hier Deutschland auch fernerhin den anderen Ländern und insbesondere dem „zurückgebliebenen“ Rußland den Vorrang lassen?

V.

Die Verwendung der Rheinwasserkräfte und die Dringlichkeit ihrer Erschließung.

Außer für die Oberlandversorgung, für die etwa 10 v. H. in Frage kommen, können die Rheinwasserkräfte zusammen mit der nächstgrößten deutschen Großkraftquelle, dem Inn, unverschnitten zur Rohstoffversorgung des Landes in erster und zur Erzeugung von Ausfuhrstoffen für die Hebung des deutschen Wirtschaftslebens in zweiter Linie herangezogen werden. Zur Verwertung der Rheinwasserkräfte sollen im Gebiete des neuen Kanales große Erzeugungsstätten geschaffen und auf diese die Kraft von 2 oder 3 Gefällsstufen zusammengezogen werden.

Deutschland benötigt nach der Ansicht hervorragender Großindustrieller in den nächsten Zeiten jährlich große Mengen Aluminium, dessen Bedarf früher aus der Schweiz bezogen wurde, welcher Deutschland das Rohmaterial dafür geliefert hat und das jetzt in Mengen von 10000 t jährlich im eigenen Lande mit Dampf hergestellt wird. Zur Erzeugung des Eigenbedarfes sind 150—200000 PS. allein erforderlich und sowohl am Inn als auch am Rhein in geeigneter Preislage und an geeigneten Plätzen zur Verfügung.

Bei dem billigen Kraftpreis kann nach dem Beispiel Norwegens, wo bereits über 400000 PS. auf diesem Gebiete arbeiten, das kg Stickstoff in Form von Salpeter um den Preis von 0.50 Mk. gebunden werden. Die in Deutschland bisher angewendeten Verfahren zur Herstellung von Stickstoffträgern in Form von Kalkstickstoff und schwefelsaurem Ammoniak müssen, um auf ihre Kosten zu kommen, für das kg den dreifachen Preis, nämlich 1.48 Mk. fordern. Dazu ist das Luftstickstoffverfahren im Gegensatz zu den übrigen deutschen Verfahren das einzige, welches praktisch nicht an unerseßlichen Vorräten der Erde zehrt, weil Kalk und Luftstickstoff in unerschöpfbaren Mengen vorhanden sind. Nach der Statistik gibt Deutschland bisher jährlich 250 Millionen Mark für Stickstoff aus**). Es müßte, der Menge nach gerechnet, mindestens 5 bis 600 Millionen Mark ausgeben, wenn es die Stickstoffverarbeitung wirtschaftlich betreiben wollte. Aus diesen Zahlen ergibt sich die gewaltige Bedeutung der billigen Luftstickstoffbindung mit Wasserkräften, die der Landwirtschaft und dem Volke jährlich große Summen sparen würde.

*) Die vom Verfasser im Auftrage russischer Kreise zur Versorgung von St. Petersburg und Umgebung und der Arsenale und Werkstätten dortselbst entworfene Wasserkraftanlage am Saimaee verlangte eine Leistung von 360000 PS. auf einer einzigen Station

***) Die Lieferung für Landesverteidigung nicht mitgerechnet.

Die 5 bis 600 000 t Salpeter, die früher Deutschland für die eigene Landwirtschaft allein aus dem Auslande bezogen hat (durch Kräfte des Rheins und des Inns erzeugt), würden den Ernteertrag jährlich um 2 bis 2,5 Millionen Tonnen = 30 bis 40 kg pro Kopf der Bevölkerung heben und Deutschland gegenwärtig in die Lage versetzen, statt selbst zu darben, die anstoßenden Länder mit zu versorgen. Neue Stickstoffindustrien am oberen Rhein können von den elsässischen Kalilagern unterstützt und in ihrer Entwicklung gefördert werden.

Die Arbeitsleistung der Rhein- und Innwasserkräfte entspricht der Arbeit von 25 Millionen Menschen. Der Ausbau dieser Wasserkräfte führt kein Kapital ins Ausland, schafft im eigenen Lande Werte, ohne andere zu verbrauchen, muß durch die Erzeugung billiger Stoffe die stärksten wirtschaftlichen Ringe sprengen, die um das Land gelegt werden, und kann zur wirtschaftlichen Befreiung und Unabhängigkeit vom Auslande und notfalls zu seiner Bekämpfung beitragen. Der Ausbau der Wasserkräfte am Rhein und am Inn mit den dazugehörigen Erzeugungstätten kann bei genügender Vorbereitung in 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ Jahren durchgeführt und zum Wiederaufbau der Friedenswirtschaft eine mächtige Stütze sein und für alle Zeiten bleiben.

Übersicht über die Verwertungsmöglichkeit der Rhein- und Innwasserkräfte mit insgesamt rund 1 Million PS.

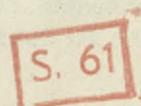
Zahlentafel 9.

No.	Arbeitsgebiet	Kraftaufwand PS.
1	Versorgung des Landes für Eisenbahnen, Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Handwerk	100 000
2	Herstellung von jährlich nur 50 000 t Aluminium	200 000
3	Herstellung von jährlich 500 000 t Kalksalpeter (Norgesalpeter)	600 000
4	Herstellung von jährlich 50 000 t Karbid, Karborundum und Ferroprodukte	40 000
5	Verschiedene andere Erzeugnisse	60 000
	Sa.:	1 000 000

Diese Zahlentafel soll nur beispielsweise den Nachweis liefern, in welcher Mannigfaltigkeit die Kräfte verwertet werden können. Sie beweist daß schon wenige Arbeitsgebiete die Kräfte aufzehren, wenn nur ein Teil des dringendsten Bedarfes gedeckt werden soll, so daß der Ausbau der Rhein- und Innwasserkräfte nur ein Anfang und ein Teil eines die gesamten deutschen Wasserkräfte umfassenden Planes sein wird und daß daneben jede andere wirtschaftliche Kraft mitarbeiten muß, damit im Ringen der Völker Deutschland seinen Platz behaupten kann.

Ein Urteil der Wissenschaft zur Frage der Niederdruckwasserkraftausnutzung:

. . . und daß vor allen Dingen die von Hallinger in vorzüglicher Weise zusammengestellten Baugrundzüge in weitgehendem Maße das Ideal einer Ausnutzung von Niederdruckwasserkräften zu verwirklichen imstande sind, ist für mich außer Zweifel . . . Kgl. Professor der technischen Hochschule München Dr. phil., Dr. ing. R. Camerer im Handelsteil der Münchner Neuesten Nachrichten Nr. 352 v. 13. Juli 1916.



POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

18272

Kdn. 524. 1.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300918

Graph. Kunst- u. Verlagsanstalt
J. C. H. u. b. e
Diessen vor Münche