

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300887

1111520

Südwestdeutsche Wirtschaftsfragen.

Veröffentlichungen des Vereins zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen der Saarindustrie und der Südwestlichen Gruppe des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller.

Herausgegeben von Dr. Alexander Tille.

XXXXXXXXXX Heft 14. XXXXXXXXXXXX

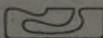
Ueber die Ausführung und Verwertung von Wasserkraftwerken

an kanalisiertem Flüssen, insbesondere an der zu
XXXXXX kanalisierenden Mosel und Saar XXXXXX

von

P. Werneburg

Regierungs- und Baurat.



Kommissionsverlag der Buchhandlung E. Schmidtke
Saarbrücken
1909.

337a
80

1688

337a 10

119

Südwestdeutsche Wirtschaftsfragen

Herausgegeben von Dr. Alexander Tille.

Preis 1 M das Heft. Buchbandlung C. Schmidtke, Saarbrücken.

-
- Heft 1. Der Eisenteil des österreichisch-ungarischen Zolltarifes von 1903 nebst Begründung. 1903.
- Heft 2. Entwurf eines Schemas für die Eisenwaren des neuen Amtlichen Warenverzeichnisses für das Deutsche Reich. 1903.
- Heft 3. Die Kanalisierung der Saar von Brebach bis Konz. Von Dr. Alexander Tille. 1904.
- Heft 4. Die Preispolitik der staatlichen Saarkohlengruben 1892 bis 1903. Von Dr. Alexander Tille. 1904.
- Heft 5. Ueber die Rentabilität der Moselkanalisierung unter Berücksichtigung des Schlepptomopols. Von P. Werneburg. 1906.
- Heft 6. Ueber die Rentabilität der Saarkanalisierung unter Berücksichtigung des Schlepptomopols. Von P. Werneburg. 1906.
- Heft 7. Zur Geschichte der Saarschifffahrt und Saarschifferei. Von Dr. Alexander Tille. 1907.
- Heft 8. Die Mosel- und Saarkanalisierung und die niederrheinisch-westfälische Eisenindustrie. Von Dr. Alexander Tille. 1907.
- Heft 9. Der Handelshafen der Saarstädte. I. Denkschrift der Handelskammer Saarbrücken, im Auftrage der Kammer verfaßt von P. Werneburg, O. Henze, H. Rupp und Dr. Alexander Tille.
- Heft 10. Der Handelshafen der Saarstädte. II. Kartenwerk zu der Denkschrift der Handelskammer Saarbrücken über den Handelshafen der Saarstädte. Im Auftrage der Kammer bearbeitet von O. Henze und H. Rupp. 1907. (M 3).
- Heft 11. Schiffsbetrieb und Schleusengröße auf kanalisiertem Flüssen. Von P. Werneburg. 1907.
- Heft 12. Die Finanzierung der Mosel- und Saarkanalisierung. Von Dr. Alexander Tille. 1907.
- Heft 13. Die Mosel- und Saarkanalisierung als Ausgleichsforderung der südwestdeutsch-luxemburgischen Eisenindustrie für die nordwestpreussischen Wasserstraßen. Von Dr. Alexander Tille. 1907.
- Heft 14. Ausführung und Verwertung von Wasserkraftwerken an der zu kanalisierenden Mosel und Saar. Von P. Werneburg. 1909.
- Heft 15. Der Märgang der südwestlichen Eisenwerke in der Eisenindustrie des deutschen Zollgebietes 1902 bis 1907. Von Dr. Alexander Tille. 1908.
- Heft 16. Die Ausgleichung der Hoheisenselfkosten in Niederrheinland-Westfalen und Südwestdeutschland-Luxemburg 1902 bis 1907. Von Dr. Alexander Tille. 1908.
- Heft 17. Der Rhein-Weserkanal und die westliche Eisen- und Kohlenindustrie. Von Dr. Alexander Tille.
- Heft 18. Die Dringlichkeit der Mosel- und Saarkanalisierung. Von Dr. Alexander Tille.
-

Südwestdeutsche Wirtschaftsfragen.

Veröffentlichungen des Vereins zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen der Saarindustrie und der Südwestlichen Gruppe des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller.

Herausgegeben von Dr. Alexander Tille.

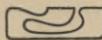
XXXXXXXXXXXX Heft 14. XXXXXXXXXXXXXXX

Ueber die Ausführung und Verwertung von Wasserkraftwerken

an kanalisierten Flüssen, insbesondere an der zu
kanalisierenden Mosel und Saar

von

P. Werneburg
Regierungs- und Baurat.



№ 2397

Kommisionsverlag der Buchhandlung E. Schmidtke
Saarbrücken
1909.



1686
y 37 a 70

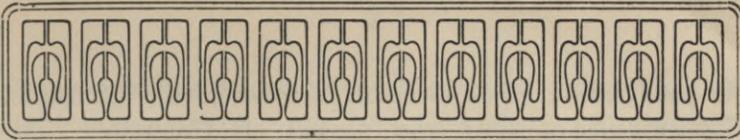
49



III 18203

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	5
II. Allgemeine Angaben über die Wasserkräfte an der Mosel und Saar .	11
III. Ausführungsart eines Wasserkraftwerkes an der Mosel	16
IV. Anlage- und Betriebskosten eines Wasserkraftwerkes an der zu kanalisierenden Mosel	19
V. Verwertung der Wasserkräfte an der zu kanalisierenden Mosel . . .	27
VI. Schlußbemerkungen	35



I. Einleitung.

Die Benutzung der im herabfallenden Wasser enthaltenen mechanischen Arbeit (Energie), kurz „Wasserkraft“ genannt, darf als die älteste menschliche Erfindung auf dem Gebiete der Mechanik angesehen werden; nicht einmal die Sage hat uns eine Andeutung über Ort und Zeit dieser wichtigen Erfindung, geschweige denn über die Person des Erfinders, überbracht. Sie war vorhanden, solange wir geschichtlich zurückblicken können; sie wurde schon in frühester Zeit ausgeübt, in ihrer auch heute noch angewendeten, einfachsten Form, dem „Wasserrad,“ das die zur Gewinnung des Mehls verwendeten Mahlsteine anstelle der früheren Handarbeit in Umdrehung setzt. Die Mühsamkeit der Handarbeit machte also auch in diesem Falle den Menschen zum Erfinder.

Erst in neuerer Zeit ist das Wasserrad durch eine zweckmäßiger geformte Wasserkraftmaschine, die „Turbine,“ ersetzt und mehr und mehr verdrängt worden. Während ersteres den Stoß und das Gewicht des herabfallenden Wassers zur Aufnahme der mechanischen Arbeit benutzt und demzufolge nur eine verhältnismäßig geringe Zahl von Umdrehungen besitzt, erfolgt der Antrieb der schneller umlaufenden Turbine in erster Linie durch den hydraulischen Druck des Wassers. Jenachdem dieser vor Eintritt des Wassers in das Turbinenrad vollständig oder nur teilweise in Geschwindigkeit umgesetzt wird, unterscheidet man „Druckturbinen“ und „Ueberdruckturbinen.“

Das Wasserrad wird zweckmäßig nur für Gefälle von etwa 2 bis 15 Meter Höhe verwendet; die Turbine kann dagegen mit fast unveränderter Nutzleistung für jedes beliebig große Gefälle benutzt werden. Für Gefälle also, die größer oder kleiner sind als die für das Wasserrad geeigneten, kommt die Anwendung der Turbine überhaupt nur infrage.

Die schnellere Umdrehung der Turbine, der demzufolge einfachere Uebertragungsmechanismus (sogenannte Uebersehung), macht

sie zum Betriebe schnell laufender Arbeitsmaschinen (Mahlsteine, Dynamomaschinen usw.) besser geeignet als Wasserräder. Diese und noch andere Vorzüge haben der Turbine ein solches Uebergewicht über das Wasserrad gegeben, daß die Anwendung des letzteren nur noch ausnahmsweise vorkommt. Hier wird daher nur noch die Verwendung von Turbinen inbetracht gezogen werden.

Die Arbeitsgröße einer Wasserkraft A wird bestimmt durch das Gewicht der in der Zeiteinheit (Sekunde) vorhandenen Wassermenge P (in Kilogramm) und die nutzbare Fallhöhe h (in Meter); es ist also:

$$A = P \cdot h \text{ Meterkilogramm (mK)} = \frac{P \cdot h}{75} \text{ Pferdekräfte. (PS.)}$$

Je größer P oder h , desto größer wird auch A und umgekehrt. Eine Wasserkraft von 100 m Gefälle und 1 kg Wasser in der Sekunde ist also theoretisch gleichwertig einer solchen von 1,0 m Gefälle und 100 kg Wasser.

Fällt das Wasser wie in der Natur bei Wasserfällen frei und unbehindert herab, so wird die in ihm enthaltene mechanische Energie, entsprechend den Fallgesetzen, in beschleunigte Bewegung (zum Teil auch in Wärme) umgesetzt und geht somit einer anderen, nutzbaren Verwendung verloren. Leitet man dagegen das Wasser auf ein an passender Stelle eingesetztes Rad (Wasserrad oder Turbine) und zwingt es, mit geringerer als der der Fallhöhe entsprechenden ($v = \sqrt{2gh}$) und gleichmäßiger Geschwindigkeit das Rad zu durchlaufen, so wird die der Verminderung der Geschwindigkeit entsprechende Arbeit zur Drehung des Rades verwendet und damit als nutzbare Arbeit gewonnen. Selbstverständlich wird die Nuzarbeit des Rades immer geringer sein als die oben bestimmte theoretische Leistung, d. h. es wird

$$A\eta = \eta P \cdot h \text{ (mK.)} = \eta \frac{P \cdot h}{75} \text{ (PS.) sein.}$$

Die die Nutzleistung (Nutzeffekt) bestimmende Zahl η schwankt erfahrungsmäßig bei gut ausgeführten Turbinen zwischen 0,75 und 0,85 und darf im Mittel zu 0,80 angenommen werden.

Nach Verbreitung der Dampfmaschine wurde die Benutzung der natürlichen Wasserkräfte stark beeinträchtigt und zurückgedrängt. Die kleineren Wasserkräfte wurden unrentabel; den großen hasteten im Vergleich zur Dampfmaschine besonders die Mängel an, daß sie an einen bestimmten, zur unmittelbaren Verwertung häufig ungeeigneten Ort gebunden sind und je nach dem größeren oder

kleineren Wasserzufluß in ihrer Leistung stark schwanken. Erst nachdem man gelernt hatte, durch Anwendung von elektrischem Strom mechanische Arbeit auf weite Entfernungen zu übertragen, kam die Verwertung größerer Wasserkräfte wieder zur vollen Geltung. Der Verwendung von Elektrizität ist es demnach in erster Linie zuzuschreiben, daß in den letzten Jahrzehnten besonders in Gebirgsgegenden Wasserkraftanlagen in früher ungeahnter Zahl und Größe gebaut und mit bestem Erfolg verwertet worden sind.

Während die Betriebskosten einer Wasserkraft fast ausschließlich von der Höhe der Anlagekosten abhängen, sind die Kosten der Dampfkraft wesentlich beeinflusst vom Kohlenpreis. Die Anlagekosten der ersteren dürfen aus diesem Grunde entsprechend höher sein als die einer gleich großen Dampfkraft, ohne daß hierdurch der Wettbewerb zwischen beiden unmöglich wäre. Für einen bestimmten Ort kommt daher die Anwendung einer vorhandenen Wasserkraft umsomehr infrage, je höher dort die Kohlenpreise sind.

Einen Ueberblick über die Anlagekosten verschiedenartiger Wasserwerke gibt die nachfolgende, von v. Miller (Zeitschr. d. B. deutscher Ingenieure, Jahrg. 1903 Seite 1006) aufgestellte Tabelle.

Tabelle I.
Kosten von Wasserkraften.

Laufende Nr.	Fluß und Ort der Kraftanlage	1.	2.	3.	4.	5.
		Gefälle in m	Wassermenge in cbm/Sec.	Leistung in PS	Gesamtaufkosten M	Kosten für die PS. M
1.	Soale bei Dorndorf . . .	1,5	16	240	240 000	1000
2.	Amper bei Dachau . . .	2,0	12	240	192 000	800
3.	Mangfall bei Darching . . .	3,0	8	240	156 000	650
4.	Mangfall bei Rosenheim . . .	3,4	16	540	280 000	520
5.	Rh. Rhein bei Straßburg . . .	4,8	85	4000	1 700 000	425
6.	Izar bei Landshut . . .	3,5	120	4000	1 300 000	325
7.	Sill bei Matrei . . .	80,0	7,5	6000	1 200 000	200
8.	Wattensbach bei Wattens . . .	300,0	3,0	9000	1 620 000	180

Die Anlagekosten, bezogen auf eine Pferdekraftstunde, fallen also nach den in Spalte 5 enthaltenen Zahlen bei einem Gefälle von 1,5 m bis 300 m von 1000 bis auf 180 M; sie vermindern sich demnach mit steigendem Gefälle.

Hier sollen nur Wasserkräfte behandelt werden, die an kanalisiertem Flüssen nutzbar zu machen sind, d. h. an Flüssen, die durch

Einbau einer Anzahl von Wehren mit Schleusen künstlich aufgestaut und dadurch der Großschiffahrt zugänglich gemacht, d. i. kanalisiert sind, oder voraussichtlich noch werden. Die Gefälle an den Wehren solcher Flüsse sind gewöhnlich von geringer Höhe; sie schwanken etwa zwischen 2,0 und 3,5 m. Nach der Tabelle I liegen die Herstellungskosten der Wasserkraftanlagen bei geringen Gefällen zwischen 325 und 800 M. Für rentable Wasserkraftanlagen an kanalisiertem Flüssen müssen daher im allgemeinen die Herstellungskosten ebenfalls innerhalb dieser Grenzwerte liegen. Die nachfolgenden Berechnungen für die hier besonders zu besprechenden Wasserkraftanlagen an der zu kanalisierenden Mosel und Saar werden zeigen, daß dies für sie tatsächlich zutrifft. Dabei darf der günstige Umstand berücksichtigt werden, daß die hohen Kosten der Stauvorrichtungen nicht der Wasserkraft, sondern der Schiffbarkeit zurlast zu legen sind, denn auch ohne Verwertung der Wasserkräfte würde die Schiffbarmachung des Flusses allein die Herstellung der Wehre erfordern. Wäre dies nicht so, dann würde in den wenigsten Fällen von einer Rentabilität dieser Wasserkräfte die Rede sein können. Der Betrieb einer entsprechenden gewöhnlichen Dampfkraft würde billiger und daher zweckmäßiger sein.

Die Nadelwehre kanalisierter Flüsse werden bei Hochwasser und bei Eisgang niedergelegt; in solchen Fällen verschwindet das nutzbare Gefälle und damit auch die Wasserkraft. Diese Kraftanlagen gehören demnach zu den „unbeständigen,“ die zeitweise in ihrer Leistungsgröße abnehmen oder gänzlich versagen. Je länger die Zeiten des Hochwassers oder Eisgangs dauern, desto ungünstiger wird die Ausnutzung dieser Wasserkräfte. Da aber von den Abnehmern der Arbeit in den meisten Fällen eine jederzeit sichere und gleichbleibende Arbeitslieferung verlangt wird, muß für einen Ersatz der unter den genannten Verhältnissen fehlenden Wasserkraft gesorgt werden. Dies geschieht in der Regel durch Aufstellung einer Hilfsdampfkraft, die anstelle der Wasserkraft in Gang gesetzt wird, wenn diese aufhört. Anlage- und Betriebskosten der Hilfskraft wirken selbstverständlich sehr ungünstig auf die Rentabilität der Wasserkraft ein, und zwar umso mehr, je länger die Hochwasser- und Eiszeit dauert und je größer auch in dieser Zeit die beanspruchte Arbeitsleistung ist. Von einer Rentabilität der Wasserkräfte an kanalisiertem Flüssen kann daher nur dann die Rede sein, wenn die Betriebskosten der Wasserkraft, vermehrt um die der Hilfsdampfkraft, immer noch geringer sind als

die einer gleichgroßen, gewöhnlichen Dampfkraft. Der für die Rentabilität einer bestimmten Wasserkraft günstigste Fall wird umso eher eintreten, je größer die Kosten der Kohlen und je länger die jährliche Arbeitszeit der Kraftanlage ist. Dieselbe Wasserkraft kann also bei langer jährlicher Arbeitszeit (Tag- und Nachtbetrieb) billiger sein als eine entsprechende Dampfkraft, während das umgekehrte bei nur kurzer Arbeitszeit der Fall ist. Für jede Wasserkraftanlage muß demnach in erster Linie eine möglichst lange Betriebszeit oder mit anderen Worten eine hohe „Belastung,“ (hier mit B bezeichnet), angestrebt werden.

Während die wirtschaftlich vorteilhaften Wasserkräfte der Gebirgsländer immer zahlreicher zur Ausführung und Ausnutzung kommen, ist von den weniger günstigen des Flachlandes, insbesondere den an kanalisierten Flüssen vorhandenen, bisher nur in den seltensten Fällen Gebrauch gemacht worden. Als Beispiel einer solchen Ausführung sei hier kurz die Wasserkraftanlage am Nadelwehr zu Saarbrücken erwähnt.

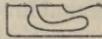
Angeregt durch eine Abhandlung des Verfassers über „die Ausnutzung der Wasserkräfte an kanalisierten Flüssen“ (Zentralblatt der Bauverwaltung Nr. 42 und 43; Jahrgang 1897) ließ die königliche Bergverwaltung in Saarbrücken im Jahre 1904 eine Turbinenanlage am unteren Ende des Malstatter Hafens herstellen, durch die in erster Linie die Spülung des im Oberwasser des Saarbrücker Wehrs belegenen Hafenbeckens nach dem Unterwasser zu bewirkt, sodann aber auch die Nugharmachung und wirtschaftliche Verwertung der am Wehr vorhandenen Wasserkraft erzielt werden sollte. Soweit bekannt, hat die Anlage beide Aufgaben in durchaus befriedigender Weise erfüllt.

In einem das untere Ende des Hafenbeckens mit dem Unterwasser der Stauanlage verbindenden, aus Beton hergestellten Kanal sind 2 Ueberdruckturbinen (System Francis) nebeneinander eingebaut, die mit Anwendung von Kegetrad- und Riemenübertragung je einen Gleichstromdynamo betreiben. Jede Turbine leistet bei 2,0 m Normalgefälle und 5,0 chm Aufschlagwasser 100 PS, die, in elektrischen Strom umgesetzt, von der genannten Behörde zu Beleuchtungs- und Kraftzwecken benutzt werden. Meistens ist mehr Kraft vorhanden, als gebraucht wird, so daß dann nur eine Turbine in Betrieb ist. In etwa 65 Tagen jährlich fehlt infolge von Hochwasser oder Eis die erforderliche Kraft; sie

wird in solchen Fällen ersetzt durch 2 Drehstrommotoren die anstelle der Turbinen die Dynamomaschinen antreiben und so den elektrischen Gleichstrom liefern.

Die Gesamtkosten betragen 192000 M, so daß auf eine PS der Anlagebetrag von 960 M entfällt; diese Summe liegt also zwischen den in der Tabelle I unter 1 und 2 für 2 Beispiele mit ähnlicher Gefällhöhe und Wassermenge angegebenen Beträgen von 1000 bzw. 800 M.

Es handelt sich demnach hier um eine kleine Wasserkraftanlage, die sich aber trotzdem gut bewährt hat und jedenfalls zur Sammlung von Erfahrungen wohl geeignet ist, die bei Ausführung größerer, ähnlicher Anlagen mit Vorteil verwertet werden können.



II. Allgemeine Angaben über die Wasserkräfte an der Mosel und Saar.

Aus dem vorstehend besprochenen Beispiel der bei Saarbrücken ausgeführten Wasserkraftanlage ist ohne weiteres zu ersehen, daß auch die übrigen Wehranlagen der Saar, sowohl die bereits vorhandenen als die nach Fortsetzung der Kanalisierung bis zur Mosel noch zu erstellenden, zwar gut verwertet werden können, jedoch immer nur kleinere Wasserkräfte nutzbar abzugeben imstande sein werden. Anders verhält es sich mit den Stauanlagen der zu kanalisierenden Mosel, die erhebliche größere Wasserkräfte nutzbar machen lassen. Daher sollen im folgenden zur Vereinfachung der Besprechungen und zur Erlangung einer besseren Uebersichtlichkeit nur die Wasserkräfte der Mosel berücksichtigt werden, was umsomehr zulässig erscheint, als die Ergebnisse der Berechnungen unschwer auch auf die Wasserkräfte der Saar angewendet werden dürfen. — Nur darauf ist noch, wie bereits im Heft 6 Seite 10 u. 11 der „Südwestdeutschen Wirtschaftsfragen“ geschehen, kurz hinzuweisen, daß bei der geringen Breite der Saar zur besseren Ausnutzung der Wasserkräfte Schützenwehre anstelle der Nadelwehre angewendet werden können, wie sie bei den Wasserkraftanlagen der Schweiz mehrfach bereits mit Vorteil angewendet worden sind. —

Das Gefälle (h) an den 32 für die preußische Moselstrecke von Perl bis Koblenz vorgesehenen Stauanlagen schwankt zwischen 2,0 und 3,3 m bei Niedrigwasser; wenn daher in dem der nachfolgenden Berechnung zugrunde gelegten Beispiel ein Höchstgefälle von nur 2,85 m vorausgesetzt ist, so darf diese Annahme als für das Rechnungsergebnis eher zu ungünstig als umgekehrt bezeichnet werden.

Die geringste zeitweise vorhandene Wassermenge der Mosel beträgt für die oberhalb der Saarmündung belegene Strecke 26 cbm/Sekunde, unterhalb bis zur Mündung in den Rhein 46 cbm/Sekunde. Mit steigendem Wasser nimmt diese Menge (Q) zu, das Nutzgefälle (h) dagegen ab. Werden nun die anzuwendenden Turbinen so eingerichtet, daß sie mit veränderlicher Wassermenge (Q)

vorteilhaft arbeiten können, so läßt sich bis zu einem gewissen Grade der mit dem abnehmenden Gefälle verbundene Arbeitsverlust durch Vergrößerung des Aufschlagwassers ausgleichen. Die theoretische Arbeitsleistung der Turbine — $A = Qh$ — bleibt also bei dieser Anordnung innerhalb gewisser Grenzen unverändert. Ist das Größtmaß des Aufschlagwassermenge erreicht, so hört bei weiter steigendem Wasser der besprochene Ausgleich auf, und die theoretische Arbeitsleistung nimmt von da ab entsprechend dem verminderten Gefälle ab. Erreicht das Gefälle ein gewisses Mindestmaß — hier ist als solches die Höhe von 0,6 m angenommen worden —, so hört eine vorteilhafte Benutzung der Turbinen auf; an ihre Stelle muß dann die Hilfsdampfkrast herangezogen werden. —

Daselbe findet statt bei eintretendem Eisgange, wobei die Wehre gelegt werden müssen, um sie vor Beschädigung und den Fluß vor Eisverfetzungen zu bewahren. Die Dauer dieser für die Ausnutzung der Wasserkräfte verloren gehenden Zeit wenigstens annähernd zu kennen, ist selbstverständlich für die Beurteilung der Wasserkrast von besonderer Wichtigkeit. Aufgrund langjähriger Pegelbeobachtungen soll hier für die Wasserkrastanlagen der zukünftigen Moselwehre angenommen werden, daß jährlich im Mittel auf eine gänzlich fehlende Wasserkrast infolge von Hochwasser an 40, infolge von Eis an 10, also zusammen an 50 Tagen zu rechnen sein wird. — Wie gesagt, kann diese bei dem nachfolgenden Beispiel gemachte Annahme nur als unsichere Annäherung gelten, da selbstverständlich die in den verschiedenen Jahren und an den einzelnen Wehren von den jeweiligen Witterungsverhältnissen abhängigen Wasserverhältnisse zwischen weit auseinander liegenden Grenzen schwanken.

Für den Wert einer mit Hilfsdampfkrast ausgestatteten Wasserkrast ist die Dauer dieser Zeit besonders insofern von Bedeutung, als durch sie der Verbrauch an Kohlen für die Dampfmaschine entsprechend beeinflusst wird; alle übrigen Betriebskosten, z. B. Verzinsung, Tilgung, Bedienung usw. der Anlage, bleiben dagegen so gut wie unverändert. —

Von den vielfachen an den zukünftigen Moselwehren möglichen Fällen soll nun als Beispiel und Unterlage der folgenden Berechnungen ein etwa bei Cochem belegenes Wehr herangezogen werden, das bei einem Größtgefälle von 2,85 m nicht den günstigsten und nicht den ungünstigsten, vielmehr einen mittleren Fall der möglichen Wasserverhältnisse darstellen würde. Die an diesem Wehr zu

erwartenden Wassermengen Q , das Nutzgefälle h und die Anzahl der Tage im Jahre, an denen die sich entsprechenden Q und h eintreten werden, sind in der nachfolgenden Tabelle II in den Spalten 2, 3 und 1 angegeben, wobei von der tatsächlich vorhandenen Wassermenge Q der Betrag von 5,0 cbm/Sekunde für Verluste am Wehr und bei den Schleusungen abgezogen worden ist. Ferner ist, in Berücksichtigung der Gefällverluste im Turbinenkanal, das vorhandene, absolute Gefälle H , um die Höhe von 0,15 m vermindert, als Nutzgefälle h in Spalte 3 angegeben. Als Mindestnutzgefälle ist die Höhe von 0,6 m angenommen worden; kleinere Gefällhöhen, die an etwa 50 Tagen im Jahre zu erwarten sind, könnten selbstverständlich durch entsprechend gebaute Turbinen ebenfalls noch nutzbare Arbeit leisten; diese Arbeit ist aber hier (zu ungunsten Kraftausnutzung) vernachlässigt worden. Die hiernach in Spalte 4 in Pferdestärken (PS) angegebenen Zahlen der absoluten Arbeitsgröße $A = \frac{1000 Q \cdot h}{75}$ PS geben nun ein Bild der sich mit den verschiedenen Wasserverhältnissen ändernden Wasserkraft, das jedoch nur eine theoretische Bedeutung beanspruchen kann und soll. —

Tabelle II.

1. Anzahl der Tage/Jahr	2. Nutzwassermenge Q in cbm/Sek.	3. Nutzgefälle h in m	4. Absolute Wasserkraft in PS
5	41	2,7	1476
28	45	2,7	1620
49	68	2,6	2360
51	119	2,5	3970
46	185	2,4	5920
37	255	2,2	7480
30	320	1,9	8100
22	385	1,7	8740
16	464	1,4	8660
12	535	1,2	8560
11	618	0,9	7400
8	675	0,6	5400
50	700	0,5	—
	und darüber	und darunter	

Nach den Zahlen der Spalte 4 würde die größte theoretische (absolute) Wasserkraft nach den hier angenommenen Verhältnissen bei einem Gefälle von 1,7 m in Größe von 8740 PS eintreten.

Damit man diese Arbeit nutzbar verwerten könnte, müßten bei einer Schluckfähigkeit der Einzelturbine von 16,5 cbm in der Sekunde, 24 Turbinen angewendet werden, von denen der größte Teil nur zeitweise zur Verwendung kommen und wirtschaftlich nur ungenügend ausgenutzt werden könnte. Es soll daher hier als zweckmäßig angesehen werden, daß für die Wasserkraftwerke der Mosel zunächst nur 3 Francisturbinen von der genannten Größe und Art anzuwenden wären, wie sie die Maschinenfabrik J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz für ähnliche Verhältnisse mit bestem Erfolg ausgeführt hat. Den Angaben der genannten Firma, denen auch die in den Berechnungen angeführten Preise entnommen sind, entsprechend, würde bei diesen Turbinen auf folgende Leistungen zu rechnen sein:

	1 Turbine	3 Turbinen
Bei 2,7 m Gefälle	475 PS	1425 PS
" 2,5 m "	416 "	1248 "
" 2,2 m "	334 "	1002 "
" 1,9 m "	225 "	675 "
" 1,5 m "	147 "	441 "
" 1,0 m "	62 "	186 "

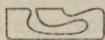
Bei einer für alle Gefälle gleich bleibenden Umdrehungszahl von 43 in der Minute und Anwendung einer Regelradübersetzung von 1:5 beträgt die Umlaufzahl der von der Turbine bewegten Dynamomaschinen 215 in der Minute.

Wird nun wie hier von der Kraftanlage eine „ständige“ (unveränderliche) Arbeitsleistung von etwa 900 PS, am Außenzähler der Station gemessen, verlangt und der Arbeitsverlust in der Regelradübertragung zu 3, in der Dynamomaschine zu 8% angenommen, so berechnet sich die erforderliche Leistung, an der Turbinenwelle gemessen, zu $900 : 0,97 \cdot 0,92 =$ rund 1000 PS, die nach der vorstehenden Angabe der Nutzleistung bei 2,2 m Gefälle und darüber vorhanden, bei geringerem Gefälle nicht vorhanden sind. Im letztern Falle, also nach Tabelle II Spalte 1, an $30 + 22 + 16 + 12 + 11 + 8 + 50 = 149$ Tagen im Jahre müßte demnach die Hilfsdampfkräft zumteil oder ganz zur Ergänzung der Wasserkraft herangezogen werden. Für diese sind hier zwei Kondensationsmaschinen von je 400 PS normaler Leistung vorgesehen, die im Bedarfsfalle vorübergehend bis auf je 500, also zusammen 1000 PS, erhöhte Leistung gesteigert werden könnte. Da diese Hilfsdampfkräft nicht nur bei fehlender und verminderter Wasserkraft zur Ergänzung herangezogen, sondern auch bei vorhandener voller Wasser-

kraft benutzt werden kann, so bietet sie gleichzeitig ein Mittel, um im Falle des Bedarfs eine bedeutende Vergrößerung der normalen Kraftleistung zu ermöglichen. Die Grenzen dieser Ausdehnungsfähigkeit der Kraftleistung lassen sich zahlenmäßig so bestimmen, daß im ungünstigsten Falle $2 \cdot 500 \cdot 0,92 = 920$; im günstigsten Falle $1415 \cdot 0,97 \cdot 0,92 + 2 \cdot 500 \cdot 0,92 = 2188$ PS oder 1610 KW, am Außenzähler der Kraftanlage gemessen, zur Verfügung stehen.

Von dieser unter Umständen gut verwertbaren Arbeitsleistung soll hier nur der ständig vorhandene Teil in Höhe von rund 900 PS benutzt und der Berechnung der Betriebskosten zugrunde gelegt, auf die Verwertung des übrigen, des unbeständigen, Teils also verzichtet werden.

Von ungünstigem Einfluß auf die Betriebskosten der Gesamtanlage ist selbstverständlich die Anwendung der Hilfsdampfkraft, besonders infolge der Kohlenkosten. Je länger im Jahre sie zur Ergänzung der Wasserkraft inanspruch genommen werden muß, umso größer werden Kohlenverbrauch und Kosten, umso höher die Betriebskosten für die Kraftereinheit (Pferdekraftstunde) ausfallen. Das Verhältnis der Arbeitsdauer der Wasserkraft und ebenso das der Hilfsdampfkraft zur Gesamtarbeitsdauer — hier mit „Belastung“ bezeichnet — wird daher von wesentlicher Bedeutung für die Höhe der Betriebskosten sein. Dieses Verhältnis V hängt aber fast ausschließlich von den Witterungsverhältnissen der verschiedenen Jahre ab und schwankt demgemäß, jenachdem diese für den Wasserkraftbetrieb günstig oder ungünstig sind, in weiten Grenzen. Aufgrund besonderer auf die Pegelbeobachtungen der Mosel begründeter Ermittlungen soll hier V zu 0,7 angenommen werden, d. h. es wird bei den nachfolgenden Berechnungen der Betriebskosten vorausgesetzt, daß im Mittel von der Gesamtarbeit der Kraftanlage $\frac{7}{10}$ von der Wasserkraft und $\frac{3}{10}$ von Dampfkraft geleistet wird. Diese Annahme, die voraussichtlich eher etwas zu ungünstig als zu günstig ist, kann also ebenso in einzelnen Jahren unterschritten wie überschritten werden. Im ersteren Falle muß die Dampfkraft mehr herangezogen werden als hier angenommen, und die Betriebskosten werden höher ausfallen, als berechnet worden ist; im anderen d. i. günstigeren Falle wird das umgekehrte eintreten.



III. Ausführungsart eines Wasserkraftwerkes an der Mosel.

Der Berechnung der Anlagelkosten eines Wasserkraftwerkes an der kanalisierten Mosel soll die einfachste Ausführungsart solcher Kraftwerke zugrunde gelegt werden, die im wesentlichen aus einem kurzen Umlaufkanal um den der Schleuse gegenüber liegenden Landpfeiler des Nadelwehres behufs Zuleitung des Aufschlagwassers zu den Turbinen und aus einem Maschinen- und Kesselhaus zur Aufstellung der Turbinen, Dampfmaschinen, Kessel und elektrischen Maschinen und Einrichtungen besteht. Dieses Maschinenhaus — gewöhnlich „Turbinenhaus“ genannt — wird zweckmäßig unmittelbar unterhalb des Wehres so am Unterwasser aufzustellen sein, daß die parallel zur Flußrichtung hintereinander liegenden Turbinen das Aufschlagwasser rechtwinklig zur Flußrichtung aus dem Umlaufkanal (Oberwasser) entnehmen und in gleicher Richtung ins Unterwasser der Stauanlage ablaufen lassen. Für jede Turbine — unter Umständen auch für später erst einzustellende — ist ein besonderer Durchlauf im Turbinenhaus (Turbinenkammer) einzurichten und außerdem ein Freilauf vorzusehen, der dazu dienen soll, um beim Abstellen einer oder mehrerer Turbinen das überschüssige Aufschlagwasser aus dem Umlaufkanal ins Unterwasser abzuführen zu können, ohne daß hierzu eine Heranziehung der Bedienungsmannschaft des Nadelwehres erforderlich ist.

Da der Umlauf- oder Turbinenkanal auch bei Hochwasser zur Durchleitung von Wasser benutzt werden kann, ersetzt er einen Teil der erforderlichen Nadelwehrlänge und führt somit Ersparnisse an Wehrkosten herbei, die um so größer sein werden, je größer die zur Wasserkraftbenutzung verwendete Wassermenge ist. Diese Ersparnisse, die, genau genommen, zugunsten der Wasserkraftanlage in Rechnung gezogen werden müßte, soll jedoch hier unberücksichtigt bleiben und vernachlässigt werden.

Bei der gewählten, möglichst einfachen Ausführungsart eines Wasserkraftwerkes wird nur das unmittelbar am Wehr vorhandene Gefälle ausgenützt. Eine Vergrößerung der Fallhöhe und damit

gleichzeitig der Wasserkraft könnte aber sowohl an der Mosel als an der Saar in mehrfachen Fällen ohne besondere technische Schwierigkeiten durch Verlängerung des oberen Turbinenkanals, sei es im offenen Gelände, sei es durch Abschneiden von Stromkrümmungen mit Anwendung unterirdischer Stollen, erzielt werden. Auch auf diese durch die genannten, baulichen Anlagen erreichbare Vergrößerung der Wasserkraft soll hier verzichtet werden.

Der maschinelle Teil des Kraftwerkes besteht, wie schon gesagt, aus drei Ueberdruckturbinen (Francisturbinen) mit stehender Welle von je 16,5 cbm Schluckfähigkeit, die mittels Regelradbetriebs, das sich in dem über den Turbinen gelegenen Maschinenhaus befindet, ihre Arbeit auf die Dynamomaschinen übertragen und durch sie in elektrischen Strom umsetzen. Diese Anordnung entspricht der in den Wasserkraftwerken in Untertürkheim und in Marbach am Neckar angewendeten Ausführungsart.

In demselben Raum, in dem Regelradübertragung und Dynamomaschinen aufgestellt sind, sollen auch die mit besonderen Dynamomaschinen auszustattenden beiden Hilfsdampfmaschinen, ferner die Schaltanlage und die sonstigen elektrischen Einrichtungen aufgestellt werden. Unmittelbar an das Maschinenhaus schließt sich das Kesselhaus an. Bei dieser Anordnung wird eine gute Uebersichtlichkeit und leichte Bedienung der gesamten maschinellen Einrichtung erreicht.

Da die größere Anzahl der Moselkraftwerke im Hochwassergebiet des Flusses liegen wird, muß der Fußboden des Maschinen- und Kesselhauses hochwasserfrei angeordnet sein, sodaß ein sicherer Betrieb der Kraftwerke auch in Hochwasserzeiten gewährleistet ist.

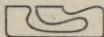
Selbstverständlich können als Ersatz der Wasserkraft anstelle der hier angenommenen Dampfmaschinen auch Dampfturbinen, Sauggasmotoren oder beliebige andere Kraftmaschinen verwendet werden, falls sie Vorteile gegenüber der gewöhnlichen Dampfmaschine, insbesondere geringere Betriebskosten, bieten sollten.

Auch ein anderer Ersatz der Hilfsdampfmaschinen ließe sich für einzelne oder gruppenweise zusammenzufassende Stauanlagen der Mosel schaffen, nämlich die Ausführung hochgelegener Wasserbehälter, deren Wassermenge in der Zeit zum Betriebe von Hochdruckturbinen zu verwenden wäre, in der infolge von Hochwasser oder Eis die Leistung der anderen Turbinen vermindert oder gänzlich aufgehoben ist. Die an der Mosel liegenden Berge würden vielfach eine günstige Gelegenheit zur Ausführung solcher Anlagen bieten, deren

Leistungsfähigkeit unter Umständen durch Fallsperren, die das Wasser der Seitenbäche der Mosel abfangen und aufspeichern, noch erhöht werden könnte. Die Füllung der Hochbehälter würde unter Anwendung von Hochdruckzentrifugalpumpen durch die Turbinen des Wasserkraftwerkes in der Zeit fast kostenlos bewirkt werden können, in der ein Ueberschuß an Kraft vorhanden ist, also besonders in der Nachtzeit. Anstelle der Hilfsdampfmaschinen würden in diesem Falle die aus den Hochbehältern gespeisten Hochdruckturbinen zum Antrieb der Dynamomaschinen verwendet werden.

Der rechnerische Nachweis des wirtschaftlichen Vorteils einer derartigen Anlage kann nur aufgrund genauer Untersuchungen, die zurzeit noch fehlen, geführt werden. Es muß aus diesem Grunde hier auf die weitere Besprechung dieser im übrigen sehr beachtenswerten Art der Wasserkraftausnutzung ohne Hilfsdampfkraft verzichtet werden. Diese Einrichtung findet sich z. B. beim Kraftwerk der Sengbachtalsperre bei Solingen, wo die für gewöhnlich benutzten Niederdruckturbinen aus der Wupper bei 5,2 m Gefälle gespeist, im Bedarfsfalle dagegen Hochdruckturbinen benutzt werden, die ihr Triebwasser aus der Fallsperre selbst mit 50 m Gefallhöhe entnehmen.

Hiernach kann zur Berechnung der Anlage- und Betriebskosten des Wasserkraftwerkes übergegangen werden.



IV. Anlage- und Betriebskosten eines Wasserkraftwerkes an der zu kanalifizierenden Mosel.

Die Anlage- und Betriebskosten des vorbesprochenen Wasserkraftwerkes sind nun aufgrund besonderer Ermittlungen berechnet und für Turbinen und Hilfsdampfmaschinen getrennt zusammengestellt. Die Berechnung der Betriebskosten ist für 5 verschiedene Belastungen und unter Berücksichtigung des oben besprochenen Verhältnisses $V = 0,7$ durchgeführt. Die Kosten für die Dampfmaschinen wurden der in der „Sammlung Götschen“ enthaltenen Bearbeitung „Die zweckmäßigste Betriebsart“ von Friedrich Barth in der Voraussetzung entnommen, daß die dort gegebenen Zahlen für die hier anzustellenden überschlägigen Berechnungen als genügend genaue Unterlage benutzt werden dürfen. Als mittlere Kosten der Kesselfohlen, die nach durchgeführter Kanalifizierung der Mosel und der Saar, sowohl aus dem Ruhr- als aus dem Saarkohlenggebiet auf dem Wasserwege bezogen werden können, ist hier der Preis von 14 M für die Tonne angenommen worden.

Da zur Beurteilung des wirtschaftlichen Wertes einer Wasserkraftanlage in erster Linie der Vergleich mit den entsprechenden Kosten einer gewöhnlichen, gleichwertigen Dampfmaschinenanlage dienen kann, wurde dieselbe Berechnung wie für die Wasserkraft auch für die Dampfkraftanlage unter den gleichen Voraussetzungen durchgeführt. Die Gleichwertigkeit der beiden Kraftanlagen ist dadurch herbeizuführen versucht, daß nicht eine Dampfmaschine von gleicher Leistung wie die Wasserkraft zum Vergleich herangezogen ist, sondern drei Maschinen von je der halben normalen Leistung angenommen worden sind. Hierdurch wird die gleiche Betriebssicherheit für die Dampfanlage herbeigeführt, wie sie die Wasserkraft durch das Vorhandensein von zwei Hilfsdampfmaschinen bietet.

Jede Maschine soll ebenfalls mit je einer Dynamomaschine ausgestattet sein, sodaß als ihre normale Leistung, wie beim Wasserkraftwerk am Außenzähler gemessen, die Arbeitsgröße von $2.500 \cdot 0,92 = 920$ rund 900 PS in Rechnung gesetzt werden kann. Als Kohlenpreis ist ebenso wie für die Hilfsdampfmaschine der Betrag von 14,0 M für die Tonne genommen worden.

Hiernach werden die nachfolgenden Berechnungen ohne weiteres verständlich sein.

A₁) Anlagelkosten des Wasserkraftwerkes.

a) Die Turbinenanlage.

1. 1 ha Grunderwerb als Vergrößerung des ohne- dies für den Wehrbau erforderlichen Grunderwerbs	15 000 M	
2. Wasserbauten: Turbinenkanal	45 000 M	
Turbinenkammer und Unterbau	45 000 "	
Rechenanlage, davon 10 000 M		
für Eisenkonstruktionen	25 000 "	115 000 "
3. Turbinenhaus mit rund 400 qm Grundfläche	40 000 "	
4. drei Francis-turbinen von je 16,5 cbm Schluckfähig- keit mit Regulatoren und Zubehör je 27 000 M =	81 000 "	
5. Für die Turbinenschützen und einen Laufring	15 000 "	
6. Für drei Dynamomaschinen von je 260 KW, je 30 000 M =	90 000 "	
7. Für die Schalteinrichtung usw.	35 000 "	
8. Insgemeinkosten für Bauleistung, Zinsen während der Bauzeit und Unvorhergesehenes (etwa 8 v. H. der Bausumme)	34 000 "	
		<u>425 000 M</u>

b) die Hilfsdampfkraft.

1. zwei Kondensationsdampfmaschinen von je 400 PS normaler Leistung, je 44 000 M =	88 000 M
2. Dampfkessel nebst Rohrleitung	52 000 "
3. zwei Dynamomaschinen von je 360 KW je 40 000 M nebst Schalteinrichtung usw.	80 000 "
4. Kesselhaus mit Schornstein 25 000 + 9 000 =	34 000 "
5. Insgemeinkosten (etwa 6 v. H. der Bausumme)	16 000 "
	<u>270 000 M</u>

A₂) Anlagekosten der Vergleichsdampfkraft.

1. Grunderwerb	40 000 M
2. drei Kondensationsmaschinen (davon eine zur Reserve) von je 500 PS normaler Leistung je 52 000 M =	156 000 "
3. Dampfkessel und Rohrleitungen einschließlich Reserveanlagen	78 000 "
4. Elektrische Einrichtungen im Kraftwerk als drei Dynamomaschinen, Schalteinrichtung usw.	170 000 "
5. Maschinen und Kesselhaus sowie Schornstein $3 \times 25 000 + 9 000 =$	84 000 "
6. Insgemeinkosten (etwa 6% der Bau Summe) ...	34 000 "
	<hr/>
	562 000 M

B₁) a) Der Turbinenanlage. 1050. 0,95. 0,92 = rund 900 PS Leistung. V = 0,7.
Betriebskosten.

Ungabe per einzelnen Kostenbetrag	1/6 Belastung = 1500 Stunden/Jahr 3R	1/8 Belastung = 3000 Stunden/Jahr 3R	1/2 Belastung = 4500 Stunden/Jahr 3R	2/3 Belastung = 6000 Stunden/Jahr 3R	1/1 Belastung = 8760 Stunden/Jahr 3R
1. 4% Verzinsung des Anlagekapitals . . . 4.0. 4250 = 17 000					
2. 1/2% für Reparaturen 0,5. 3760 = 1 880	20 480	20 480	20 480	20 480	20 480
3. 2% Abschreibung für Gebäude, Kran und Eisenkonstruktionen . 2,0. 800 = 1 600					
4. Abschreibung der Turbinen p.p. u. elektrischen Einrichtungen (3 bis 6%)	0,7. 3,0. 2060 = 4 326	0,7. 4,0. 2060 = 5 768	6 490	7 200	0,7. 6,0. 2060 = 8 652
5. Für Bedienung, Schmier- und Flüssstoffe	0,7. 3,0. 2700 = 5 670	0,7. 3. 4500 = 9 450	12 100	14 700	0,7. 3. 9500 = 19 550
6. Für Verwaltung und Ausgemein (etwa 1% der Bauhinne)	3 024	3 002	3 080	3 020	3 018
	<u>33 500</u>	<u>38 700</u>	<u>42 100</u>	<u>45 400</u>	<u>52 100</u>
Über Kosten bei PS-Stunde =	2,48 ¢	1,43 ¢	1,04 ¢	0,84 ¢	0,66 ¢
b) Der Hilfsdampfkrft. V = 0,3					
1. 4% Verzinsung wie vor 4,0. 2700 = 10 800					
2. 1/2% für Reparaturen 0,5. 2540 = 1 270	12 750	12 750	12 750	12 750	12 750
3. 2% Abschreibung bei Gebäude 2,0. 340 = 680					
4. Abschreibung bei Maschinen und Kessel (5,5 bis 9,5%)	0,3. 5,5. 1400 = 2 300	0,3. 7,0. 1400 = 2 940	3 200	3 460	0,3. 9,5. 1400 = 3 990
5. Abschreibung bei elektrischen Einrichtungen (3 bis 6%)	0,3. 3,0. 800 = 720	0,3. 4,0. 800 = 960	1 080	1 200	0,3. 6,0. 800 = 1 440

6. Kesselfeuernungskosten (14 MW/Tonne) nach Fr. 3000	0,3. 2. 7880 = 4 728	0,3. 2. 14 900 = 8 940	12 860	16 770	0,3. 2. 41 000 = 24 600
7. Für Bedienung, Schmier- und Flüssstoffe als Ergänzung zu 5) B ₁	2/7. 5670 = 2 480	2/7. 9 450 = 4 050	5 175	6 300	2/7. 19 050 = 8 550
8. Für Verwaltung, Ausgemein und für Abschreibung	2 180	2 160	2 135	2 120	2 170
	<u>25 100</u>	<u>31 800</u>	<u>37 200</u>	<u>42 600</u>	<u>53 500</u>
Über Kosten bei PS-Stunde =	2,08 ¢	1,18 ¢	0,92 ¢	0,79 ¢	0,68 ¢
Gesamtkosten bei PS-Stunde bei 33% Kraft	4,56 ¢	2,61 ¢	1,96 ¢	1,63 ¢	1,34 ¢

Betriebskosten der Vergleichsdampfkrft.

B₂) Drei Dampfmaschinen von je 500 PS normaler Leistung (davon eine als Meßmaschinen) = 1000. 0,92 = rund 900 PS.

1. 4% Verzinsung des Anlagekapitals . . . 4,0. 5620 = 22 480					
2. 1/2% für Reparaturen 0,5. 4880 = 2 440	26 600	26 600	26 600	26 600	26 600
3. 2% Abschreibung bei Gebäude 2,0. 840 = 1 680					
4. Abschreibung bei Maschinen und Kessel	5,5. 2340 = 12 870	7,0. 2 340 = 16 380	18 370	20 350	9,5. 2 340 = 22 325
5. Abschreibung bei elektrischen Einrichtungen	3,0. 1700 = 5 100	4,0. 1 700 = 6 800	7 650	8 500	6,0. 1 700 = 10 200
6. Kesselfeuernungskosten (14 MW/Tonne)	2,0. 7880 = 15 760	2. 14 900 = 29 800	42 850	55 900	2. 41 000 = 82 000
7. Für Bedienung, Schmier- und Flüssstoffe	2,0. 3540 = 7 080	2. 5 900 = 11 800	15 630	19 450	2. 13 550 = 27 100
8. Für Verwaltung, Ausgemein und für Ab- schreibung (etwa 1% der Bauhinne)	5 690	5 620	5 600	5 600	5 675
	<u>73 100</u>	<u>97 080</u>	<u>136 400</u>	<u>116 790</u>	<u>173 900</u>
Über Kosten bei PS-Stunde =	5,41 ¢	3,59 ¢	2,88 ¢	2,53 ¢	2,21 ¢

Das Ergebnis der vorstehend durchgeführten Berechnung der Betriebskosten läßt sich dahin zusammenfassen, daß die Wasserkraft

bei $\frac{1}{6}$ Belastung: $2,48 + 2,08 = 4,56$ M,

bei $\frac{1}{1}$ Belastung: $0,66 + 0,68 = 1,34$ M

an Selbstkosten für die PS-Stunde, am Außenschalter gemessen, erfordert. Die entsprechenden Kosten für die gewöhnliche Dampfmaschinenanlage betragen dagegen nach der Berechnung B₂ 5,41 bzw. 2,21 M für die Pferdestunde; sie sind demnach im ersten Falle um 0,85 M, im andern Falle um 0,87 M höher als die der Wasserkraft.

Zur Herbeiführung einer besseren Uebersichtlichkeit sind nun noch die gefundenen Rechnungsergebnisse auf dem beigelegten Blatt 2 zeichnerisch so zusammengestellt, daß auf der horizontalen Nulllinie 00 (Abszisse) die verschiedenen Belastungen in entsprechender Entfernung von einander abgesteckt und von dieser aus als Ordinaten die entsprechenden Beträge in Pfennigen (20 mm = 1 Pf) aufgetragen sind. Die oberen Endpunkte der zusammengehörigen Absteckungen durch gerade Linien (genauer würden nach unten gekrümmte Linien sein) verbunden, ergeben die Polygonlinien ww; WW und DD, mithilfe deren man die Betriebskosten der verschiedenen Kraftarten für alle Belastungsfälle ohne weiteres aus der Zeichnung ablesen und abgreifen kann.

Aus dem Verlauf der genannten Linien sind folgende Schlüsse zu ziehen.

1. Die senkrechten Entfernungen w-W, die die anteiligen Kosten der Hilfsdampfkrast zu den Wasserkraftkosten darstellen, vergrößern sich mit abnehmender Belastung; sie betragen bei $\frac{1}{1}$ Belastung 0,68 M; bei $\frac{1}{6}$ Belastung 2,08 Pf. Relativ sind sie dagegen bei geringer Belastung kleiner als bei großer, nämlich bei $\frac{1}{6}$ Belastung $45\frac{1}{2}$ %; bei $\frac{1}{1}$ Belastung 51 % der Gesamtkosten.

2. Die Linien der Gesamtwasserkraft W-W und der Vergleichsdampfkrast D-D durchschneiden sich in einem Punkte X, der einer Belastung von etwa 500 Stunden entspricht; bei größeren Belastungen liegt W-W unter, bei geringeren über D-D. Im ersten Falle sind also die Betriebskosten der Wasserkraft geringer, im andern höher als die der gewöhnlichen Dampfkrast. Die Lage des Punktes X, die wesentlich von den örtlichen Kohlenkosten abhängt, ist also charakteristisch für die Beurteilung des wirtschaftlichen Wertes einer Wasserkraftanlage. Ist die Belastung geringer als die durch den Punkt X bezeichnete, so arbeitet sie teurer als eine entsprechende

Dampfkraft; wirtschaftlich vorteilhaft wird sie erst, wenn ihre Belastung die durch X bezeichnete (hier nach rechts zu) überschreitet, und zwar in zunehmendem Maße mit zunehmender Belastung. Hieraus folgt, daß Wasserkraftwerke möglichst hoch belastet werden müssen (Tag- und Nachtarbeit), wenn sie wirtschaftlich vorteilhaft arbeiten sollen.

3. Dieselbe Folgerung ergibt sich aus dem der Nulllinie 00 mit zunehmender Belastung sich immer mehr nähernden Verlauf der Linien W-W und D-D; nur ist diese Annäherung, d. h. die Verringerung der Betriebskosten für die Leistungseinheit (PS-Stunde), bei der Wasserkraftlinie W-W stärker als bei der Dampfkraftlinie D-D.

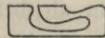
Um nun ein Urteil über den wirtschaftlichen Wert der besprochenen Wasserkraftanlage zu gewinnen, mögen noch die hier gefundenen Rechnungsergebnisse mit den in gleicher Weise bestimmten Ergebnissen anderer, bereits bestehender und vorteilhaft betriebener, großer Wasserkraftwerke nebeneinandergestellt und verglichen werden.

Die Betriebskosten des großen, ebenfalls durch Dampf ergänzten Wasserkraftwerkes der Stadt Genf bei Chèvres an der Rhône, das bei einem veränderlichen Gefälle von 4,0 bis 8,0 m etwa 6400 PS ständige Arbeit liefert, erfordert bei $\frac{1}{6}$ Belastung 5,07 Pf für die Pferdekraftstunde gegenüber dem Betrage von 4,56 Pf des Moselkraftwerks; bei $\frac{1}{4}$ Belastung 1,47 Pf gegenüber von 1,34 Pf. Das Werk bei Chèvres arbeitet demnach um etwa 10% teurer, als das Moselkraftwerk arbeiten wird.

Das durch Dampfkraft ebenfalls ergänzte, bei Gersthofen am Lech errichtete Wasserkraftwerk, das bei 10,0 m Gefälle 5200 PS leistet, erfordert an Betriebskosten bei $\frac{1}{6}$ Belastung 6,48 Pf, bei $\frac{1}{4}$ Belastung 1,53 Pf für die Pferdekraftstunde. Es ist also ebenfalls teurer im Betriebe, als ein Moselkraftwerk sein wird, und zwar im ersten Falle um etwa 42%, im anderen um etwa 14%. Da nun diese Werke zu den wirtschaftlich günstigen Wasserkraftanlagen gezählt werden, so dürfen die Moselkraftwerke umso mehr den gleichen Anspruch erheben. Dieses günstige Ergebnis ist, wie schon gesagt, in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die Kosten für Wassergerechtfame, Grunderwerb und Stauanlagen für die Moselwerke sehr gering sind, während sie bei anderen, nicht an kanalisierten Flüssen gelegenen Wasserwerken, wie auch bei den vorstehend genannten einen sehr hohen Anteil an den Anlagekosten ausmachen. Ein weiterer Grund liegt in der Höhe der durch die

Hilfe von Dampfmaschinen verursachten Kohlenkosten, die an der Mosel nur etwa 14,0, in Gersthofen 24,0 und in Chèvres sogar 35,0 M für eine Tonne betragen.

Nachdem vorstehend die Betriebskosten der Moselkraftwerke bestimmt und durch den Vergleich mit anderen, bereits bestehenden guten Wasserkraftwerken als durchaus günstige erkannt sind, wird jetzt noch zu untersuchen sein, auf welche Abnahme und Verwertung des durch die Wasserkräfte erzeugten elektrischen Stromes unter Umständen im Moseltal zu rechnen sein wird.



V. Verwertung der Wasserkräfte an der zu kanalisierenden Mosel.

Die Frage: „Wie kann die durch ein Wasserkraftwerk hergestellte mechanische oder elektrische Energie gewinnbringend abgesetzt, d. i. als Ware verkauft werden?“ wird sich für jedes projektierte oder neu hergestellte Krafterzeugniswerk von selbst einstellen. Bei den bekannten großen Wasserkraftzentralen Süddeutschlands, der Schweiz und Südfrankreichs war diese Frage meist noch ungelöst, als die Werke bereits in der Bauausführung sich befanden. Die Erfahrung hat jedoch erwiesen, daß sofort nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der Werke nicht nur der vollständige Absatz des erstellten elektrischen Stromes eintrat, sondern eine weitere Nachfrage in vielen Fällen dazu führte, auch die zunächst noch unbenutzte, unbeständige Wasserkraft durch Einstellung von Hilfsdampfkräften zu einer beständigen und damit absetz- und verwertbaren zu machen, also die ursprüngliche Leistung der betreffenden Werke zu erhöhen.

Aufgrund dieser Erfahrung darf daher wohl ohne weiteres gefolgert werden, daß auch für die Moselkraftwerke der notwendige Absatz der gewonnenen Kraft sich leicht und sicher einstellen werde.

Wenn für diese Werke, wie bei allen kanalisierten Flüssen, der Umstand besonders ungünstig auf die Betriebskosten und damit auch auf die Absatzfähigkeit des erzeugten, elektrischen Stroms einwirken muß, daß sie nur in einer größeren Anzahl von verhältnismäßig kleinen Einzelwerken ausgeführt werden können, so wird doch dieser gegenüber großen Kraftzentralen bestehende Nachteil reichlich wieder dadurch ausgeglichen, daß die Moselwerke an einem schiffbaren Strom auf eine Länge von etwa 300 km verteilt liegen, sich daher gegenseitig ergänzen und ausbessern können und bei einer Stromabgabe bis zu 20 km Entfernung zu beiden Seiten des Flusses ein Gebiet von etwa 12000 qkm mit billigem Strom versorgen und beherrschen werden. Der volle Absatz der durch die Moselwasserkräfte erstellten Arbeitsmenge ist demnach mindestens ebenso wahrscheinlich wie bei anderen größeren Wasserkraftwerken.

Ein rechnerischer Nachweis dieser Absatzfähigkeit soll und braucht daher nicht geführt zu werden. Dagegen dürfte von Interesse sein, noch einige Fälle der Verwertungsmöglichkeit hier kurz zu besprechen und durch Vergleich mit der Dampfkraft auf ihren wirtschaftlichen Wert zu prüfen.

Besonders muß dabei vorher nochmals auf den Umstand aufmerksam gemacht werden, daß Ausbau und Inbetriebsetzung der einzelnen Wasserkraftanlagen nicht gleichzeitig mit der Ausführung der zur Kanalisierung des Flusses erforderlichen Stauanlagen erfolgen muß, sondern beliebig später erfolgen kann. Die einzelnen Moselkraftwerke oder Gruppen von Werken können demgemäß, ganz dem Bedürfnis und der Nachfrage folgend, ausgebaut und inbetrieb genommen werden. Die Gefahr des Unternehmens (Risiko) wird durch diesen Umstand auf ein Mindestmaß zurückgeführt.

Ferner ist darauf hinzuweisen, daß es unzutreffend sein würde, bei Schätzung der späteren Nachfrage nach Arbeitskraft den heute vorhandenen Bedarf zugrunde zu legen; vielmehr wird auf eine durch die Schiffbarmachung des Flusses und die Erstellung der billigen Wasserkraft bewirkte Vergrößerung des heutigen Bedarfs gerechnet werden dürfen.

Von den verschiedenen Verwendungsarten der Wasserkräfte sollen nun für die Moselkraftwerke folgende drei Arten besonders ins Auge gefaßt und an Beispielen besprochen werden:

1. die Abgabe der gesamten Leistung eines oder mehrerer hintereinander liegender Wasserwerke an einen elektrochemischen Fabrikbetrieb;

2. die Abgabe zu Kraft- und Lichtzwecken an mehrere Abnehmer also: Städte, Ortschaften, Fabriken, einzelne Handwerker und landwirtschaftliche Betriebe;

3. die Abgabe an große Beförderungsunternehmungen, d. h. ihre Verwendung für den Eisenbahn- und insbesondere für den Schiffahrtsbetrieb.

Beispiel 1.

Eine in unmittelbarer Nähe des Wasserkraftwerks erbaute elektrochemische Fabrik übernimmt die gesamte Leistung desselben. Die Betriebskosten betragen für diesen günstigsten Belastungsfall (Tag- und Nachtarbeit) nach der Berechnung B_1 : 1,34 Pf./PS-Stunde, d. i. im ganzen: $990 \cdot 8760 \cdot 0,0134 = 105646$ M. Jahr.

Werden als Verluste in der kurzen Leitung usw. 10 % angenommen und der vom Abnehmer zu zahlende Preis für die KW=Stunde zu 3,0 Pf d. i. 2,21 Pf/PS=Stunde festgesetzt, d. i. gleich denselben Kosten, die unter sonst gleichen Verhältnissen eine entsprechende Dampfmaschinenanlage nach Berechnung B₂ verursachen würde, so berechnen sich die jährlichen Einnahmen des Wasserkraftwerks zu: $0,90 \cdot 900 \cdot 8760 \cdot 0,0221 = 156\,813$ M. Der Reingewinn beträgt somit: $156\,813 - 105\,646 = 51\,167$ M oder bei einem Anlagekapital von 695 000 M = 7,4 % des Anlagekapitals.

Beispiel 2.

Ein Wasserkraftwerk der Mosel soll durch Fernleitungen instand gesetzt sein, seine Umgebung bis auf 20 km Entfernung mit elektrischem Strom zu Kraft- und Beleuchtungszwecken zu versorgen. Die Kosten der Leitungen und Nebeneinrichtungen betragen 250 000 M. Als mittlere tägliche Betriebsdauer die Zeit von 7 Stunden angenommen, ergibt sich eine jährliche Betriebszeit von 2555 Stunden, die auf 2500 Stunden abgerundet werden soll. Bei dieser Belastung des Werks betragen nach der Berechnung B₁ oder der zeichnerischen Darstellung auf Blatt 2 die Kosten einer PS=Stunde 2,95 Pf, zu denen noch die durch die Leitungen verursachten Kosten hinzugerechnet werden müssen. Setzt man sie zu 7½ % der oben genannten Leitungsanlagekosten, so ergibt sich hieraus eine Erhöhung der Selbstkosten für eine PS=Stunde von 0,83 Pf. Die Gesamtkosten einer PS=Stunde betragen hiernach: $2,95 + 0,83 = 3,78$ Pf und somit die Gesamtbetriebskosten im Jahr: $900 \cdot 2500 \cdot 0,0378 =$ rund 85 000 M.

Die Gesamtleistung des Kraftwerks (am Außenschalter gemessen) beträgt: $900 \cdot 2500 = 2\,250\,000$ PS=Stunden im Jahr.

Wird von dieser Arbeitsmenge ein Drittel als Verlust in den Leitungen usw. für die Einnahmen außerbetracht gelassen, wird weiter angenommen, daß sich die übrigen zwei Drittel je zur Hälfte für Kraftzwecke und für Beleuchtungszwecke, und zwar die erstgenannten für durchschnittlich 6 Pf, die letzteren für 20 Pf PS=Stunde (= 8 bzw. 27 Pf/KW=Stunde), absetzen lassen, so berechnen sich die Roheinnahmen des Werks zu: $\frac{1}{3} \cdot (0,06 + 0,20) \cdot 2\,250\,000 = 195\,000$ M/Jahr.

Die Reineinnahmen betragen hiernach $195\,000 - 85\,000 = 110\,000$ M.

Bei dem Anlagekapital (einschl. Leitungen von 945 000 M ergibt dies einen Reingewinn von **11,6** %.

Dieselbe Berechnung für ein entsprechendes Dampfkraftwerk (B₂) zum Vergleich durchgeführt, gibt für dieses als Einheitspreis der gelieferten Arbeitsmenge: $3,96 + 0,83 = 4,79$ Pf/PS-Stunde, oder $900 \cdot 2500 \cdot 0,0479 = 107\,775$ M/Jahr.

Bei derselben Einnahme, die oben für das Wasserkraftwerk bestimmt war, würde sich hier die Reineinnahme zu: $195\,000 - 107\,775 = 87\,225$ M, d. i. bei dem Anlagekapital von 812 000 M zu 10,7 %, bestimmen.

Also selbst bei der hier vorausgesetzten geringen, d. i. ungünstigen Belastung arbeitet das Wasserkraftwerk absolut um 22 725 M/Jahr, relativ um etwa 1 % des Anlagekapitals billiger als das entsprechende Dampfkraftwerk.

Noch muß auf die hier angenommenen niedrigen Strompreise von 6 bzw. 20 Pf/PS-Stunde hingewiesen werden. Die sonst üblichen Preise betragen nach F. Hoppe „Die Statistiken der Elektrizitätswerke“ Seite 134 im Durchschnitt für Kraftzwecke 15 Pf/PS-Stunde (20 Pf/KW-Stunde) und für Beleuchtungszwecke 45 Pf/PS-Stunde (60 Pf/KW-Stunde), also mehr als doppelt soviel, wie im obigen Beispiel angenommen worden ist.

Es ist nun noch die (oben unter 3) angeführte Art des Wasserkraftverwertung zu besprechen, nämlich ihre Verwendung

- a) zum Betriebe elektrischer Eisenbahnen und
- b) zur Ausübung einer elektrischen Schlepsschiffahrt der kanalisiertem Mosel.

Der elektrische Betrieb von Straßenbahnen und Hochgebirgsbahnen ist bekanntlich bereits fogut wie allgemein eingeführt; für Vollbahnen wird er dagegen zurzeit nur in ganz vereinzelt Fällen (z. B. die Linie „Burgdorf-Thun“ in der Schweiz) angewendet. Die hier entgegenstehenden, technischen Schwierigkeiten werden aber voraussichtlich in kurzer Zeit überwunden und beseitigt sein. Die großen Vorzüge des elektrischen Betriebes gegenüber dem Dampfbetrieb, insbesondere seine völlige Rauchlosigkeit, werden zweifellos in kurzer Zeit dazu führen, diesen Betrieb auch für die Eisenbahnen allgemein einzuführen. Hierauf weisen auch unzweifelhaft die in letzter Zeit vielfach erörterten Bestrebungen der bairischen und die Versuche der preussischen Eisenbahnverwaltungen hin. Den bairischen Bahnen stehen hierbei in erster Linie die großen Wasserkräfte ihres Gebirgslandes zur Herstellung des elektrischen Stroms zur Verfügung;

die preussischen Bahnen werden dagegen im wesentlichen auf die Verwendung von Kohlen angewiesen sein. Die Kanalisierung der Mosel und der Saar würde daher auch für die preussische Eisenbahnverwaltung ausnahmsweise eine günstige Gelegenheit darbieten, um zum elektrischen Betrieb einer stark benutzten Vollbahnstrecke (Koblenz-Trier), unter Umständen auch der sich an diese anschließenden Nebenbahnen, Wasserkräfte benutzen zu können. Das gleiche gilt selbstverständlich auch für die Moseltalbahn Trier-Bulley. Ohne auf die technischen Einzelheiten dieser Benutzungsart hier weiter einzugehen, soll im nachfolgenden Beispiel überschläglich untersucht werden, welchen Einfluß die Einführung eines elektrischen Betriebes auf der Bahnstrecke Koblenz-Trier unter Benützung der Moselwasserkräfte auf die Rentabilität dieser Kraftwerke ausüben würde.

Beispiel 3.

Auf die der Eisenbahnstrecke Koblenz-Trier (111 km Länge) entsprechende Moselstrecke (195 km Länge) entfallen 25 Stauanlagen, also ebensoviel Wasserkraftwerke. Wird angenommen, daß von diesen Werken 9 für elektrochemische oder ähnliche Betriebe voll in Anspruch genommen sind, so bleiben für den hier zu besprechenden Eisenbahnbetrieb 16 übrig, und zwar werden für sie in erster Linie die möglichst nahe der Eisenbahn gelegenen zu wählen sein.

Auf der Bahnlinie verkehren zurzeit etwa 16 Personen- und 22 Güterzüge in jeder Richtung, d. i. zusammen 76 Züge in 24 Stunden. Wird für jeden Zug zur Durchfahung dieser Strecke im Mittel die Zeit von drei Stunden angesehen, so befinden sich gleichzeitig: $76 \cdot \frac{3}{24} = 9,5$ Züge auf der Strecke. Zur Berücksichtigung der Haltezeit auf den Stationen sollen hiervon 9 Züge als in Fahrt befindlich angesehen werden. Die Zugkraft einer Lokomotive im Mittel zu 500 PS angenommen, würde zur Beförderung dieser Züge eine mechanische Arbeit von $9 \cdot 500 = 4500$ PS erforderlich sein. Wird hierzu bei Einführung eines elektrischen Betriebes für Verluste in den Leitungen und den Motoren noch 20 % hinzugerechnet, so beträgt die von den Wasserkraftwerken für den Eisenbahnbetrieb zu leistende Arbeit 5400 PS (rund 4000 KW) d. i. für eins der 16 in Anspruch genommenen Werke rund 340 PS. Als Belastung dieses Werks durch den Eisenbahnbetrieb ist demnach die Anzahl von: $\frac{340 \cdot 24 \cdot 365}{900} = 3285$ Stunden Jahr anzusehen.

Wird ferner angenommen, daß außerdem für andere Zwecke die

im Beispiel 2 angenommene Belastung von 2500 Stunden für jedes Werk vorhanden sei, so beträgt dessen Gesamtbelastung: $3285 + 2500 = 5785$ Stunden, die hier auf 5800 Stunden abgerundet werden soll. Die Betriebskosten für diese Belastung (aus Blatt 2 genommen) betragen 1,66 Pf/PS-Stunde; dazu für die Leitungen 0,36 Pf hinzugerechnet, gibt: $1,66 + 0,36 = 2,02$ Pf/PS-Stunde. Within belaufen sich die Gesamtbetriebskosten auf: $900 \cdot 5800 \cdot 2,02 = 105\,444$ M.

Wird der Preis einer an die Motorwagen abgegebenen PS-Stunde zu 2,25 Pf angenommen, so ergibt sich als Jahreseinnahme eines Kraftwerkes aus dem Eisenbahnbetriebe der Betrag von: $\frac{45}{54} \cdot 340 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,0225 = 55\,845$ M.

Hierzu die aus anderweiter Stromabgabe (nach Beispiel 2) kommende Einnahme von 195 000 M hinzugerechnet, gibt als Gesamteinnahme: $55\,845 + 195\,000 = 250\,845$ M d. i. eine Reineinnahme von: $250\,845 - 105\,444 =$ rund $145\,400$ M.

In Hundertteilen des Anlagekapitals einer Kraftstation ausgedrückt, berechnet sich hieraus der Gewinn zu: $145\,400 : 9450 =$ rund $15,4$ % des Anlagekapitals. Dieselbe Berechnung für die Vergleichsdampfkräft gibt bei $2,6 + 0,36 = 2,96$ Pf/PS-Stunde als Jahreskosten des Kraftwerks: $900 \cdot 5800 \cdot 0,0296 = 154\,500$ M, also als Reineinnahme: $250\,779 - 154\,500 = 96\,280$ M. d. i. $96\,280 : 8120 = 11,8$ % des Anlagekapitals, also infolge der größeren Belastung erheblich weniger als die Wasserkraft.

Es bleibt noch die Verwendung der Wasserkräfte zum Betriebe der Schleppschiffahrt auf dem kanalisierten Fluß zu besprechen, die aus dem Grunde als die nächstliegende und natürlichste Verwendungsart der Wasserkräfte anzusehen ist, weil bei ihr die aus den zur Schiffbarmachung des Flusses hergestellten Stauanlagen gewonnene mechanische Arbeit zum Befördern der auf dem Flusse fahrenden Schiffe benutzt wird.

Ueber die verschiedenen hier infrage kommenden Systeme des elektrischen Schiffszuges sind im Heft 5 der „Südwestdeutschen Wirtschaftsfragen“ (Seite 27—31) bereits die erforderlichen allgemeinen Angaben gemacht worden. Auf Einzelheiten zur Bestimmung des für die Mosel oder Saar zu wählenden Systems hier näher einzugehen, wird vorläufig deshalb verzichtet, weil diese Frage zurzeit durch die Erfahrung noch nicht genügend geklärt ist. Es soll daher die Anwendung des Akkumulatorenschraubenschiffs hier

ins Auge gefaßt werden, dessen Vorzug außer der Rauchlosigkeit darin besteht, daß es dieselbe Bewegungsfreiheit besitzt wie der entsprechende Schleppdampfer. Die Ladung der Akkumulatoren, die etwa nach je 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stunden erfolgen muß, kann ohne Schwierigkeit bei jeder Schleusung, die nach früherem einen Zeitaufenthalt von $\frac{3}{4}$ bis 1 Stunde erfordert, bewirkt werden.

Wird eine Wasserfracht von 3 Millionen Tonnen zoberg und $2\frac{1}{2}$ Millionen Tonnen zutal für die kanalisierte Mosel vorausgesetzt, so würde diese Menge unter Berücksichtigung der Leerschiffahrt etwa dreimal so groß sein, also auch eine dreimal so große Schleppkraft erfordern wie die im Heft 5 Seite 10 für die Schleppdampfer D₂ berechnete Schleppkraft von: 10,452 Millionen PS-Stunden/Jahr. Unter Berücksichtigung der jener Berechnung zugrunde gelegten Flußlänge von 268 km und unter der Annahme, daß die Kraftwerke der Mosel im Mittel 8 km von einander entfernt liegen werden, würde auf jedes einzelne Kraftwerk die Lieferung von: $\frac{8 \times 3 \times 10\,452\,000}{268} = 936\,000$ PS-Stunden (an der

Schraubenwelle gemessen) d. i. bei Annahme eines Verlustes von 5 % in der Leitung, von 25 % in den Akkumulatoren und von 12 % in den Motoren von: $936\,000 : 0,63 = 1\,500\,000$ PS-Stunden, am Außenschalter des Kraftwerks gemessen, entfallen. Diese Leistung entspricht aber einer Belastung des Werks von $1\,500\,000 : 900 = 1667$ d. i. rund 1700 Stunden/Jahr.

Hierzu die in den Beispielen 2 und 3 bestimmten Belastungen hinzugezählt, ergibt eine Gesamtbelastung des Kraftwerks von $5800 + 1700 = 7500$ Stunden.

Aufgrund dieser Annahmen soll nun das folgende, letzte Beispiel durchgeführt werden.

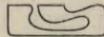
Beispiel 4.

Ein Wasserkraftwerk der Mosel sei durch Stromabgabe an den Schiffsahrts- und Eisenbahnbetrieb, ferner an Fabriken und Ortschaften zu Kraft- und Beleuchtungszwecken mit 7500 Stunden/Jahr belastet. Die Betriebskosten betragen für diesen Fall nach Linie WW (Blatt 2) : 1,48 Pf/PS-Stunde. Hierzu die auf die Leitungen kommenden Kosten in Höhe von $7\frac{1}{2}$ %, d. i. 0,28 Pf/PS-Stunde, hinzugegerechnet, gibt zusammen 1,76 Pf/PS-Stunde. Die Gesamtjahreskosten belaufen sich demnach auf: $900 \cdot 7500 \cdot 0,0176 = 118\,800$ M.

Wird nun die PS-Stunde (am Außenschalter des Kraftwerks gemessen) zu nur 1,00 Pf, d. i. $1,0 : 0,63 = 1,6$ Pf (an der Schraubenvelle des Akkumulatorenschleppers gemessen) an das Schleppe-
schiffahrtsunternehmen verkauft, so ergibt sich hieraus eine
Einnahme für das Kraftwerk von: $900 \cdot 1700 \cdot 0,01 = 15\,300$ M.
Hierzu die Einnahme aus dem Eisenbahnbetrieb (Beispiel 3) von
55 779 und aus den anderweiten Stromabgaben (Beispiel 2) von
195 000 M hinzugerechnet, gibt eine Gesamteinnahme des Kraft-
werks von: $15\,300 + 55\,779 + 195\,000 = 266\,079$ M/Jahr,
d. i. eine Reineinnahme von $266\,079 - 118\,800 = 147\,279$ M/Jahr.
Für das infrage kommende Anlagekapital von 945 000 M stellt
sich sonach in diesem Falle der jährliche Gewinn zu: $147\,279 : 9450 = 15,6\%$ des Anlagekapitals.

Dieselbe Berechnung für die Vergleichsdampfkrast würde die
Kosten der PS-Stunde zu $2,35 + 0,28 = 2,63$ Pf, d. i. die
jährlichen Betriebskosten zu: $900 \cdot 7500 \cdot 0,0263 = 177\,525$ M
oder, in Hundertteilen des Anlagekapitals ausgedrückt, von: $266\,079$
 $- 177\,525 = 88\,554 : 8120 = 10,9\%$ ergeben.

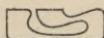
Also auch in diesem Falle bringt die Wasserkraft einen um
 $15,6 - 10,9 = 4,7\%$ höheren Gewinn ein als die entsprechende
Dampfkrast.



VI. Schlußbemerkungen.

Die vorstehend angeführten wenigen Beispiele von Absatzmöglichkeiten der Moselwasserkräfte sollen nun, wie bereits mehrfach gesagt, ebensowenig wie die gefundenen Rechnungsergebnisse einen Anspruch auf unbestreitbare, mathematische Wichtigkeit erheben. Schon das Wesen der Rentabilitätsberechnung, die Notwendigkeit, bei ihrer Durchführung nicht unansehbare Annahmen machen zu müssen, würde einem solchen Anspruch widersprechen. Vielmehr ist darauf zu rechnen, daß die Inanspruchnahme der einzelnen Moselkraftwerke in verschiedenster, von den vorstehend gemachten Annahmen zumteil abweichender Form, Größe und Zusammenstellung sich einstellen, ferner, daß sie nicht sofort nach Fertigstellung der Moselkanalisierung, sondern erst nach einer Reihe von Betriebsjahren eintreten wird. Die bereits erwähnte Möglichkeit, die einzelnen Kraftwerke nicht sofort bauen zu müssen, sondern der Nachfrage und Inanspruchnahme folgend einrichten und inbetrieb setzen zu können, bietet ausreichenden Schutz gegen die Gefahr mangelnden Absatzes der aus den Wasserkräften gewonnenen elektrischen Energie. Daher darf wohl aufgrund der vorstehend gemachten Erörterungen und Berechnungen als sicher angesehen werden, daß im Moseltale nicht nur ein ebenso sicherer und reichlicher Absatz der durch die Kanalisierung des Flusses gewonnenen Wasserkräfte sich einstellen wird wie bei anderen Wasserkraftanlagen, sondern daß durch ihren Bau und Betrieb auch eine wirtschaftlich günstige Verwertung der Anlagekosten erzielt wird.

Durch die Kanalisierung der Mosel und Saar würden demnach Wasserstraßen geschaffen, die nicht allein in Folge des billigen Transports von Massengütern für Handel und Verkehr von größter Bedeutung sein würden, sondern auch durch Verwertung der erstellten Wasserkräfte die Industrie im Moseltale beleben, die Entwicklung der Kleinindustrie in der Eifel fördern und damit den Wohlstand des ganzen Landesteiles heben müßten.



Druck von August Spieß
Hilff-Burbach

S. 61

Skizze eines WASSERKRAFTWERKS an einem Moselwehre.

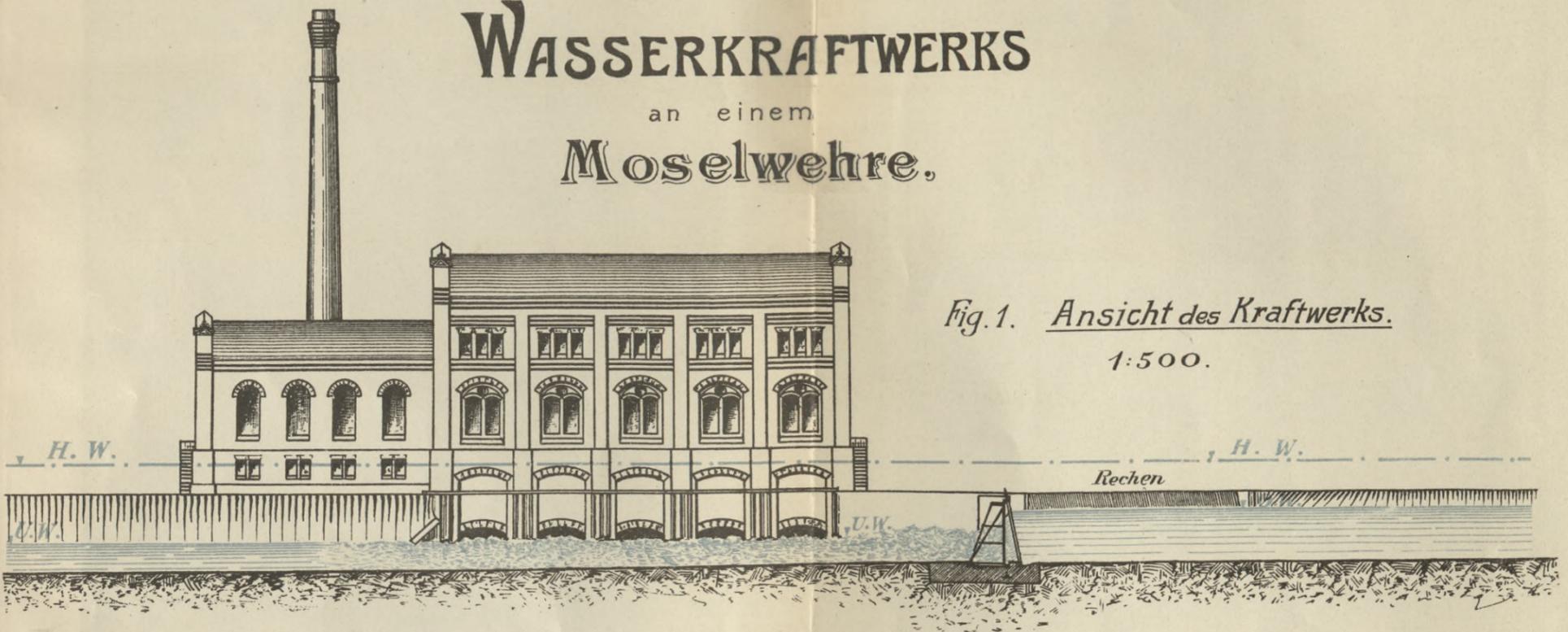


Fig. 1. Ansicht des Kraftwerks.
1:500.

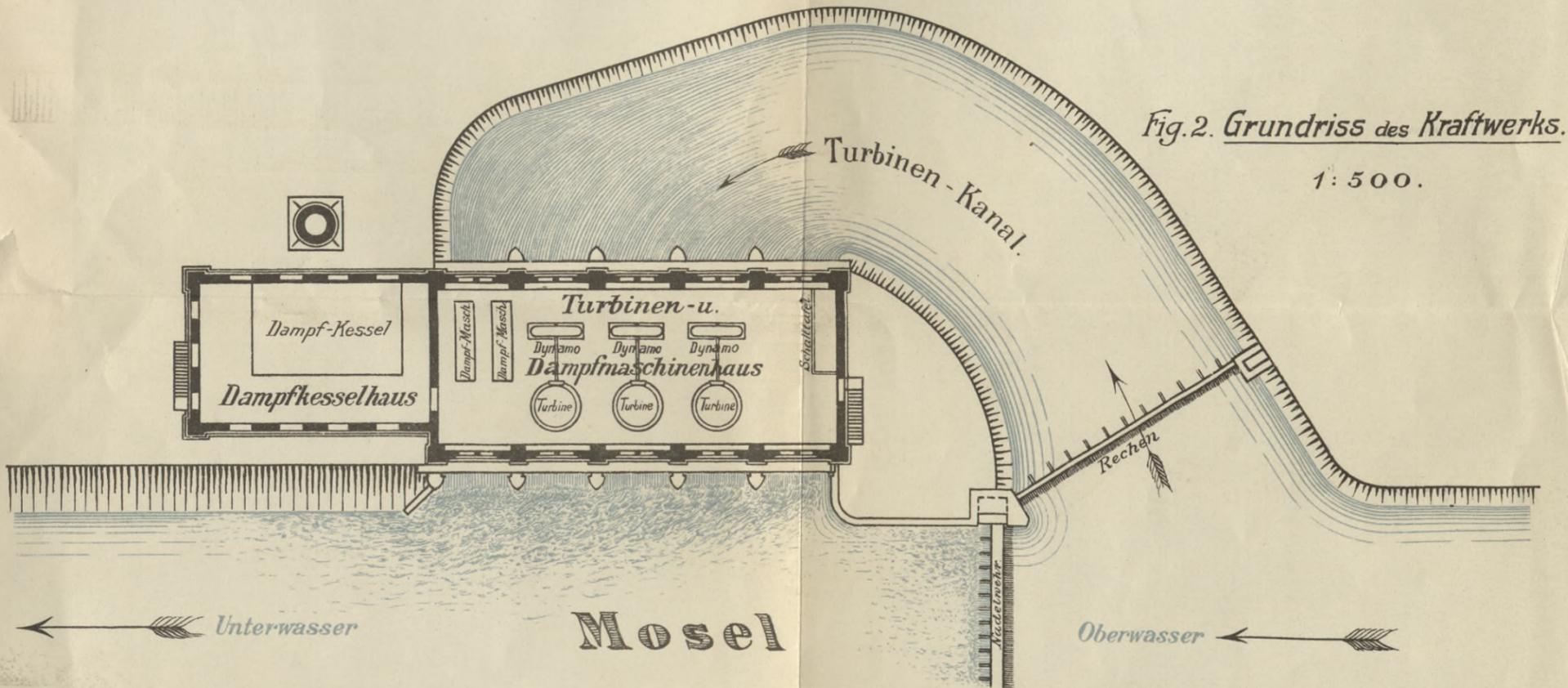
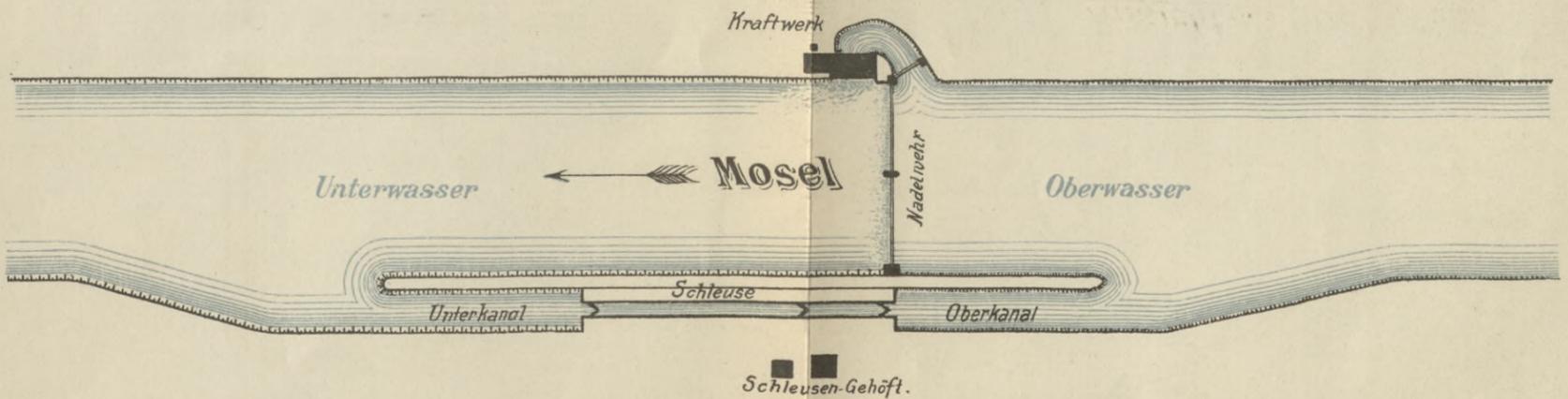
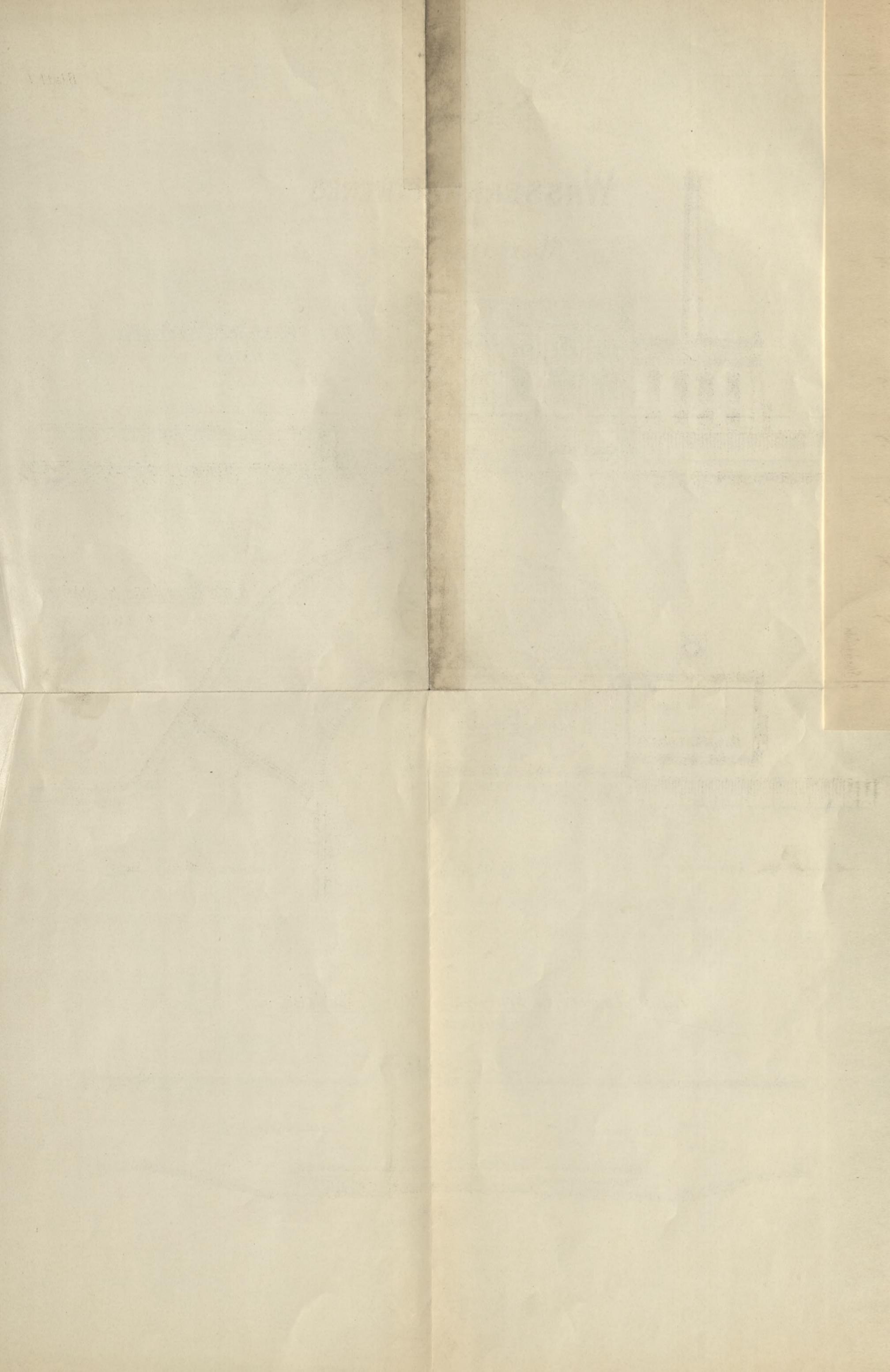


Fig. 2. Grundriss des Kraftwerks.
1:500.

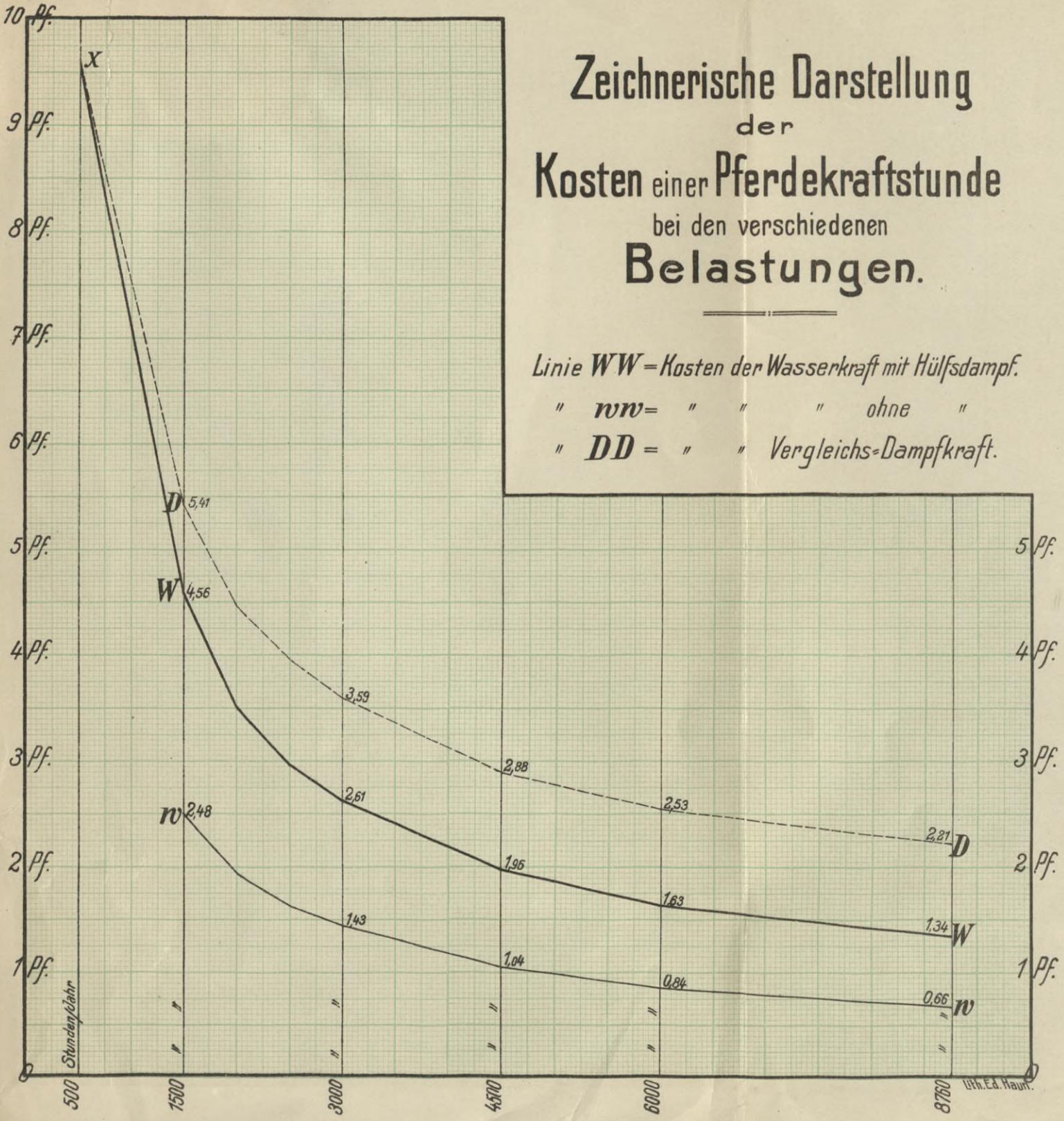
Fig. 3. Lageplan des Kraftwerks mit Wehr und Schleuse.
1:5000.





Zeichnerische Darstellung der Kosten einer Pferdekraftstunde bei den verschiedenen Belastungen.

Linie *WW* = Kosten der Wasserkraft mit Hilfsdampf.
 " *ww* = " " " ohne "
 " *DD* = " " Vergleichs-Dampfkraft.



POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

18203

Kdn. 524. 13. IX. 54

S. A1

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-18203

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300887