



1 25

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000301625

Entwurf

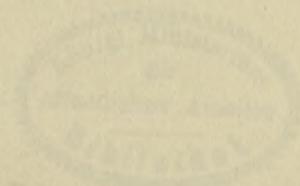
WASSERKRAFTWERKES

im Gebiet der Murg



Mit 2 Tafeln (Koloriert) und 10 Texten

78225



[Handwritten signature]
117

x
2341

Druckfehlerberichtigung.

Auf Seite 13 muß es heißen:

auf Zeile 19 von unten 12,6 kg/qcm statt 12 kg/qcm,

auf Zeile 8 von unten 42 m statt 50 m,

auf Zeile 7 von unten 50 m statt 60 m.

Auf Seite 25 Zeile 7 sind zu streichen die Worte: „und die Erregermaschinen“.

Auf S. 30 muß es unten in der Fußnote statt „aus der um 4 m“, „aus der um 7 m höher angenommenen Lage“ heißen.

Auf S. 39 unten muß es in der Überschrift „Ergänzungswerke“ statt Eränzungswerke heißen.

Entwurf
eines
WASSERKRAFTWERKES

im Gebiet der Murg

oberhalb Forbach

von

Th. Rehbock

Oberbaurat

Professor an der Großh. Technischen Hochschule »Fridericana« zu Karlsruhe

Mit 2 Textabbildungen und 22 Tafeln

F. Nr. 28225



LEIPZIG

Verlag von Wilhelm Engelmann

1909

3.379
27

x
2371



III 16637

Akc. Nr. 3809/50

VORWORT.

Der im vorliegenden Hefte beschriebene Entwurf für die Ausnutzung der Wasserkräfte der Murg oberhalb des Ortes Forbach ist in den Jahren 1905 und 1906 generell aufgestellt worden.

Seine konstruktive Durcharbeitung erfolgte im Auftrage der Firma E. Holtzmann & Cie. in Weisenbachfabrik im Spätjahr 1906 und Frühjahr 1907. Der ausgearbeitete Entwurf trägt das Datum April 1907*. Er wurde von der Firma E. Holtzmann & Cie. unter dem 22. Mai 1907 zur Erlangung der Konzession sowohl beim Großh. Badischen Bezirksamte Rastatt, als auch für die in Württemberg liegenden Teile bei dem Königl. Württembergischen Oberamt Freudenstadt eingereicht. Einem größeren Kreise wurde der Entwurf erstmals auf der Hauptversammlung des Badischen Architekten- und Ingenieurvereins in Lahr am 9. Juni 1907 unter Vorführung von Lichtbildern der Zeichnungen bekannt gegeben.

Durch Vertrag vom 15./20. Juni 1907 erwarb die Großh. Generaldirektion der Badischen Staatseisenbahnen das Verfügungsrecht über den Entwurf und eine Abschrift der grundlegenden Wassermengenbeobachtungen der Firma E. Holtzmann & Cie., wobei diese Firma das Recht behielt, auch ihrerseits den Entwurf weiter zu verfolgen.

Dieser Entwurf umfaßte das Murgstollenwerk mit dem Pumpwerk, das Schwarzenbachwerk, das Raumünzachwerk, das Unter-Schönmünzachwerk und das Gausbachwerk. Das Raumünzachwerk wurde in zwei Varianten bearbeitet, und zwar unter der Bezeichnung Variante I mit Anschluß des Raumünzachwerks an das Murgstollenwerk und unter der Bezeichnung Variante II mit Anschluß an das Schwarzenbachwerk**.

Während der Bearbeitung des Entwurfes hatten sich einige Änderungen in der technischen Durchbildung als erwünscht herausgestellt, die in dem Berichte zum ursprünglichen Entwurfe zwar schon besprochen sind, aber in den zum Teile schon im Druck fertig gestellten Zeichnungen nicht mehr berücksichtigt werden konnten.

Zur Aufnahme dieser Änderungen wurde ein Teil der Konstruktionszeichnungen im Juli 1907 einer Umarbeitung unterzogen, bei der nur die Variante II des Raumünzachwerkes Berücksichtigung fand. Die Abänderungen berührten die wesentlichen Grundlagen des Entwurfes nicht, sondern erstreckten sich nur auf die technische Einzeldurchbildung der Bauwerke. Sie bestanden hauptsächlich in der von den württembergischen Behörden verlangten Umgestaltung des ursprünglich festen Wehres in der Murg bei Schönmünzach in ein bewegliches Wehr und in der Erhöhung der Leistungsfähigkeit der badischen Talsperrenwerke durch Vergrößerung des Wasserleitungsvermögens der Stollen und Druckrohre, sowie der Turbinen und Generatoreinheiten. Die abgeänderten Zeichnungen tragen das Datum Juli 1907*. Sie sind inzwischen von der Firma E. Holtzmann & Cie. als Nachträge zu ihrem Konzessionsgesuch beim Bezirksamt Rastatt bzw. beim Oberamt Freudenstadt eingereicht worden.

Anläßlich der vorliegenden Veröffentlichung wurde dann im September und Oktober d. J. nochmals eine Durchsicht der Zeichnungen vorgenommen, bei der sich eine Änderung der architektonischen Ausbildung einiger Teile des Entwurfes und einige

* Die Fertigstellung der Konstruktionszeichnungen verzögerte sich über diesen Termin hinaus.

** Siehe auch die Anmerkung auf Seite 15.

nebensächliche Verbesserungen und Ergänzungen der technischen Einzelheiten als erwünscht herausstellten. Ganz bzw. teilweise neu aufgetragen wurden die graphischen Tafeln XXI und XXII, weil sich bei der Durchsicht ergeben hatte, daß die Stauräume der badischen Talsperren ursprünglich infolge einer bei der Inhaltsbestimmung vorgekommenen Verwechslung der Ordinaten der badischen topographischen Karten mit den Ordinaten über N. N. etwas zu klein bestimmt worden waren. Die Zeichnungsblätter, bei denen Abänderungen vorgenommen wurden, tragen einen diesbezüglichen Vermerk.

Sämtliche Höhenangaben in dieser Veröffentlichung beziehen sich auf N. N. Sie stimmen mit den Ordinaten der württembergischen topographischen Karten überein, während die Ordinate der badischen topographischen Karten des Murggebietes sich auf einen 2,13 m über N. N. liegenden Nullpunkt beziehen. In den Übersichtskarten auf den Tafeln IV und V sind allerdings die Höhenlinien den badischen topographischen Karten ohne Umzeichnung entnommen worden, da die Verschiebung der Höhenlinien bei der Kleinheit des Maßstabes kaum wahrnehmbar sein würde.

In der vorliegenden Veröffentlichung, die nur dazu bestimmt ist, einen Einblick in den allgemeinen Aufbau des Entwurfes zu bieten, wurde von einer genaueren Beschreibung der sehr verwickelten Arbeitspläne, die den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde, sowie der umfangreichen hydraulischen Berechnungen und Kostenanschläge abgesehen.

Die Durchbildung des Entwurfes konnte sich bei seinem großen Umfang noch nicht auf alle Einzelheiten erstrecken. Namentlich sind die Maschinen und die Verschlussvorrichtungen mit ihren Bewegungsorganen seither erst generell ausgearbeitet worden, so daß sie bei dem endgültigen Bauentwurf wohl noch mancherlei Änderungen in den Einzelheiten erfahren werden. Wenn ich mich trotzdem schon jetzt zu einer Veröffentlichung des ganzen Entwurfes entschlossen habe, so glaube ich damit den zahlreichen Ingenieuren, die gerade zurzeit mit ähnlichen Entwürfen beschäftigt sind, einen Dienst zu erweisen. Sollte diese Veröffentlichung dazu beitragen, daß bei der Auswertung der Wasserkräfte von Gebirgsflüssen mehr, wie es seither geschehen ist, die zusammenfassende Ausnutzung ganzer Flußgebiete, soweit dieselbe wirtschaftlich berechtigt ist, angestrebt wird, so würde sie ihren Zweck erfüllt haben.

Bei der Aufstellung und Ausarbeitung des Entwurfes habe ich von den verschiedensten Seiten wertvolle Anregungen und Unterstützungen empfangen.

Vor allem hat der Mitinhaber und Leiter der Firma E. Holtzmann & Cie, Herr Arwed Fischer, mit dem ich während der Ausarbeitung des Entwurfes in ständiger Fühlung stand, durch seine genaue Kenntnis des Murggebietes und durch seine langjährigen Erfahrungen im Betriebe der größten bestehenden Wasserkraftwerke an der Murg den beschriebenen Entwurf ganz wesentlich gefördert. Wertvolle Anregungen verdanke ich ferner den Herren Stadtbaurat Helck und Geometer Breitling, welcher letztere die Vermessungsarbeiten für den Entwurf ausgeführt hat.

Bei der Ausarbeitung der Einzelpläne und bei den umfangreichen Berechnungen wurde ich durch eine größere Zahl jüngerer Fachgenossen unterstützt, die sämtlich aus der Technischen Hochschule zu Karlsruhe hervorgegangen sind oder als Assistenten an ihr gewirkt haben, bzw. noch wirken.

Bei dem wasserbaulichen Teil des Entwurfes haben mitgearbeitet der I. Assistent für Wasserbau, Diplomingenieur Flügel, die Diplomingenieure Armbruster, Buisson, Dörr, Gänshirt, Haug, Krauth, Lauterwald, Mariouw, Roth und Stark und die Studierenden Leitz und Schmid. Den maschinellen Teil des Entwurfes bearbeiteten die Dr. Ingenieure Grether und Rehfuß.

Allen diesen Mitarbeitern, die den Entwurf mit Hingebung gefördert haben, spreche ich an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

KARLSRUHE, im Dezember 1908.

Th. Rehbock.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
ERSTER TEIL.	
Die Grundlagen des Entwurfes	1
A. Die Murg von der Landesgrenze bei Schönmünzach bis zum Wehr der Fabrik Wolfsheck bei Gausbach	1
B. Die Murg unterhalb des Wehres der Fabrik Wolfsheck bei Gausbach	1
C. Allgemeine Betrachtungen über die Ausnutzung der Wasserkräfte der Murg von Schönmünzach bis Forbach und ihrer Nebenflüsse	2
D. Umfang des Entwurfes	3
ZWEITER TEIL.	
Bestimmung der Abflußmengen	5
DRITTER TEIL.	
Beschreibung des Entwurfes	9
A. Das badische Murgwerk	9
I. Das Murgstollenwerk	9
II. Das Schwarzenbachwerk	13
III. Das Raumünzachwerk	15
IV. Die gemeinschaftliche Zentrale	19
V. Das Ausgleichbecken	22
VI. Das Pumpwerk	23
B. Geplante Erweiterungen des badischen Murgwerkes	27
I. Das Gausbachwerk	28
II. Das Unter-Schönmünzachwerk	28
C. Mögliche Ergänzungen des Werkes	33
I. Ergänzungswerke auf badischem Gebiete	34
II. Das Ober-Schönmünzachwerk	34
III. Das Murgtalsperrenwerk bei Schwarzenberg	36
IV. Ergänzungswerke im Murggebiete oberhalb Klosterreichenbach	39
VIERTER TEIL.	
Leistungen und Kosten	41

Zusammenstellung der Zeichnungsbeilagen.

	Tafel
Niederschlagskarten des Murggebietes 1893—1906	I
Übersichtsplan des oberen Murggebietes mit dem badischen Murgwerk 1:150000 .	II
Übersichtsplan des oberen Murggebietes mit dem badischen Murgwerk und seinen Erweiterungen 1:150000	III
Lageplan des Gesamtentwurfes 1:60000	IV
Lagepläne der Staubecken mit den Wegeverlegungen 1:30000	V
Längenprofile der Murg und ihrer Nebenflüsse und Längenschnitt durch die einzelnen Teile des Werkes	VI
Übersichtsplan des Wehres I in der Murg unterhalb Schönmünzach und Entwurf des Kraftwerkes II	VII
Entwurf des Wehres I in der Murg unterhalb Schönmünzach	VIII
Lageplan des Wehres II im unteren Raumünzachtal	IX
Entwurf des Wehres II zur Überführung des Murgwassers über das Raumünzachtal	X
Entwurf des Wasserschlosses für das Murgstollenwerk und des Pumpwerkes am Berg- hang bei Forbach	XI
Entwurf des Hauptkraftwerkes (Zentrale) an der Murg bei Forbach	XII
Lageplan des Hauptkraftwerkes und des Ausgleichbeckens	XIII
Allgemeiner Entwurf der Ausgleichsperre bei Forbach	XIV
Entwurf der Einzelheiten der Ausgleichsperre bei Forbach	XV
Entwurf der Talsperre im Schwarzenbachtal und der zugehörigen Stollenanlagen .	XVI
Entwurf der Talsperren im Raumünzachtal und im Unter-Schönmünzachtal . . .	XVII
Entwurf des Kraftwerkes bei Gausbach	XVIII
Graphische Untersuchung des Wehres II in der Raumünzach	XIX
Graphische Untersuchung des Profiles der Staumauern	XX
Graphische Zusammenstellung der Hauptwerte für die Talsperren bei verschiedenen Stauhöhen	XXI
Arbeitspläne des badischen Murgwerkes, einschl. des Gausbachwerkes und des Unter-Schönmünzachwerkes für das Jahr 1893	XXII

ERSTER TEIL.

Die Grundlagen des Entwurfes.

A. Die Murg von der Landesgrenze bei Schönmünzach bis zum Wehr der Fabrik Wolfsheck bei Gausbach.

Kurz nach Aufnahme der Schönmünzach, deren linksseitiges Ufer die Grenze zwischen Württemberg und Baden bildet, tritt die Murg in das Großherzogtum Baden ein. Das linke Ufer der Murg wird rund 550 m, das rechte rund 1000 m unterhalb der Schönmünzacheinmündung badisch. Grenzbäche zwischen Württemberg und Baden sind links der Frohnbrunnenbach, rechts der Rennelbach.

An der Einmündung des Frohnbrunnenbaches liegt der Wasserspiegel der Murg bei N.W. auf Ord. + 453,0 m. Von dieser Stelle an durchfließt die Murg ein tief in das durch Sandstein überdeckte Granitmassiv eingefressenes Erosionstal, dessen bewaldete Hänge beiderseitig steil zum Flußbett abfallen.

Rund 4,4 km unterhalb der Einmündung der Schönmünzach empfängt die Murg von links ihren stärksten Nebenfluß, die Raumünzach, die 1 km oberhalb ihrer Mündung in die Murg den wasserreichen Schwarzenbach aufnimmt.

Etwa 5,0 km unterhalb der Einmündungsstelle der Raumünzach tritt die Murg nach zuletzt stark gewundenem Lauf mit einer scharfen Wendung in das etwas breitere Tal von Forbach ein. Der Wasserspiegel der Murg liegt hier auf Ord. + 300,0 m. Das Gefälle von der Landesgrenze bis zu dieser Stelle beträgt 153 m. Abgesehen von dem kleinen Flecken Raumünzach ist diese ganze Talstrecke fast unbesiedelt. Eine Ausnutzung der Wasserkraft findet nicht statt.

Auf der anschließenden 2 km langen Flußstrecke bis zu dem im Jahre 1905 erbauten Wehr der Fabrik Wolfsheck der Firma E. Holtzmann & Cie. bei Gausbach ist das Gefälle der Murg etwas schwächer. Beide Ufer sind dicht besiedelt. Die Kraft der Murg wird in vier Kraftwerken ausgenutzt, von denen indessen nur dasjenige der Dr. Dornschen Pappfabrik, die ein Gefälle von etwa 4 m ausnutzt, Bedeutung besitzt.

Die Wehrkrone des neuen Holtzmannschen Wehres bei Gausbach liegt auf Ord. 280,0 m.

B. Die Murg unterhalb des Wehres der Fabrik Wolfsheck bei Gausbach.

Von der Krone des neuen Wehres der Fabrik Wolfsheck bei Gausbach bis zu ihrer Mündung in den Rhein besitzt die Murg noch ein Gefälle von rund 173 m. Dieses Gefälle ist in erheblichem Umfange durch Kraftwerke ausgenutzt, von denen die drei Werke Wolfsheck, Breitwies und Schlechttau der Firma E. Holtzmann & Cie. in Weisenbachfabrik allein ein Rohgefälle von 78,8 m in Anspruch nehmen.

Die meisten der vorhandenen Kraftwerke sind so eingerichtet, daß sie Wassermengen aufwärts bis zu 10 cbm/Sek. zu verarbeiten vermögen. Die Turbinen nutzen dabei im Jahresmittel eine Wassermenge von 6 bis 7 cbm/Sek. aus. Sie arbeiten demnach im Mittel mit $\frac{2}{3}$ ihrer vollen Leistungsfähigkeit.

Bei dem Ausbau der Wasserkräfte der Murg oberhalb Forbach ist auf die unterhalb gelegenen Werke insofern Rücksicht zu nehmen, als es sich um Fabriken mit ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb handelt, so daß eine Aenderung

des jetzt meist ziemlich regelmäßig auf die Tages- und Nachtstunden verteilten täglichen Wasserabflusses unbedingt vermieden werden muß, weil sonst die bestehenden Werke zu eingreifenden Aenderungen ihres Betriebes und zu einem weitgehenden und kostspieligen Umbau ihrer Anlagen gezwungen würden.

C. Allgemeine Betrachtungen über die Ausnutzung der Wasserkräfte der Murg von Schönmünzach bis Forbach und ihrer Nebenflüsse.

Für die beträchtlichen Wasserkräfte, welche der Murg zwischen Schönmünzach und Forbach und den linksseitigen Nebenflüssen der Murg abgewonnen werden können, fehlt es im Murgtale selbst an Verwendung. Die Murgtalbahn könnte allerdings durch die dem Wasser entnommene und elektrisch übertragene Energie betrieben werden, doch ist die zum Betrieb der Bahn erforderliche Energiemenge im Verhältnis zu den bedeutenden Kräften, die im Murgtal erzeugt werden können, nur gering. Für die Entwicklung einer ausgedehnten Industrie fehlt es im oberen Murgtal an geeigneten flachen Geländen. In größerer Ausdehnung sind ebene Flächen nur in der Umgebung von Forbach vorhanden. Der Talkessel von Forbach ist aber schon so dicht besiedelt und so stark parzelliert, daß es kaum noch möglich erscheint, größere zusammenhängende Plätze für die Anlage gewerblicher Unternehmungen in einer Hand zu vereinigen.

Zur Nutzbarmachung der im badischen Murgtale schlummernden Kräfte muß daher eine Fortleitung der Energie auf elektrischem Wege vorgesehen werden. In vorteilhafter Weise kann die der Murg abgewonnene Energie, soweit sie nicht zum Betriebe eines Teiles des badischen Bahnnetzes Verwendung finden kann, zur Kraft- und Lichtversorgung der benachbarten Städte Baden-Baden, Rastatt, Pforzheim, Karlsruhe, Straßburg, Stuttgart* und Mannheim benutzt werden, die in der Luftlinie 13, 22, 35, 36, 45, 60 bzw. 90 km von der Erzeugungsstelle der Energie entfernt liegen.

Namentlich Karlsruhe, das schon jetzt eine erhebliche Energiemenge für seine Straßenbahnen und zur Lichterzeugung verbraucht, und das vor der Erweiterung seiner Kraftwerke steht, wird neben den Staats- und Privatbahnen als Abnehmer in Frage kommen, zumal es in seinem Hafengebiete besonders günstige Verhältnisse für die Anlage gewerblicher Großbetriebe aufweist.

Wenn aber für die Ausnutzung der bedeutenden vorhandenen Kräfte auch eine größere Anzahl von Abnehmern in Frage kommen wird, so weisen die Verhältnisse doch zwingend auf den Ausbau der ganzen Anlage durch einen einzigen Unternehmer hin, der die Kraft dann an die verschiedenen Verbraucher abgeben kann. Dadurch allein wird es möglich sein, den ganzen in den Wasserläufen des Murggebietes vorhandenen Naturschatz in vollständiger Weise wirtschaftlich auszubeuten und dem Lande nutzbar zu machen. Werden einige Teile der ganzen Anlage ohne Rücksicht auf das Ganze herausgegriffen und für sich allein ausgewertet, so werden sowohl die einmaligen als auch die dauernden Gewinnungskosten unnötig verteuert. Es wird aber auch die Ausnutzung der später verbleibenden Restgefälle ganz wesentlich erschwert und unter Umständen gänzlich in Frage gestellt werden.

Für die Erbauung eines großen, ein weites Gebiet mit Energie versorgenden Kraftwerkes liegen die Verhältnisse an der oberen Murg besonders günstig, insofern diese Flußstrecke im Herzen Badens unfern seines wirtschaftlichen Mittelpunktes liegt und seither vor der Zerstückelung ihrer Kräfte durch den Ausbau einiger besonders günstiger Strecken vollständig bewahrt geblieben ist. Die Verwirklichung des geplanten Unternehmens ist ohne jedes Risiko möglich, weil die ganze Anlage keinerlei ungewöhnliche technische Schwierigkeiten aufweist, weil die geologischen Verhältnisse besonders günstig liegen, weil der für die Anlagen erforderliche Boden sich, abgesehen von demjenigen für das Ausgleichbecken bei Forbach, in wenigen Händen** befindet, und weil

* In der Abgabe von Strom nach Stuttgart könnte bei der einstigen Erweiterung des badischen Murgwerkes durch Talsperrenwerke auf württembergisches Gebiet vielleicht eine Entschädigung Württembergs für die Unterstützung des Unternehmens gefunden werden.

** Eigentümer sind, soweit das badische Murgwerk in Frage kommt, der badische Staat, die Murgschifferschaft, eine alte kapitalkräftige Genossenschaft, bei welcher der badische Staat (Domänenverwaltung) mit mehr als der Hälfte des Kapitals beteiligt ist, und der Heiligenfonds in Forbach.

auch die wirtschaftlichen Grundlagen in einer bei ähnlichen Anlagen selten vorkommenden Zuverlässigkeit feststehen, indem die verfügbaren Wassermengen durch 14-jährige tägliche Abflußbeobachtungen der Firma E. Holtzmann & Cie. gut bekannt sind. Auch für den Absatz der Energie können, wie schon erklärt wurde, bei der Nähe des gewerblich hochentwickelten Rheintales mit seiner leistungsfähigen Wasserstraße keinerlei Bedenken bestehen. Erforderlich ist nur, daß die vorhandenen großen Kräfte dem Bedarf zeitlich angepaßt und dadurch vollständig ausnutzbar gemacht werden.

Für die zeitliche Anpassung der vorhandenen Energiemengen an einen auch bedeutenden Schwankungen unterworfenen Bedarf liegen aber die Verhältnisse im Murgtale gleichfalls besonders günstig, da die Anlage großer und hochgelegener Staubecken von bedeutendem Fassungsraum in den wasserreichen Nebenflüssen der Murg möglich ist. Diese Staubecken können beträchtliche Wassermengen zu Zeiten des Wasserüberflusses zurückhalten und bei eintretendem Bedarf den Turbinen zuführen.

Neben diesen durch Talsperren gebildeten Staubecken, welche die in den Nebenflüssen der Murg vorhandenen Kräfte jedem auftretenden Energiebedürfnis zeitlich anzupassen vermögen, ist für die teilweise Regelung der Energie des Murgwassers selbst ein Pumpwerk vorgesehen, das unter den eigentümlichen vorliegenden Verhältnissen sehr vorteilhaft arbeitet. Dieses Pumpwerk wurde deshalb in den Entwurf aufgenommen, weil die Aufstauung der Murg auf badischem Gebiete unmöglich ist und auf württembergischem Gebiet, wo die Verhältnisse für die Anlage eines großen Staubeckens technisch sehr günstig liegen, auf wirtschaftliche Schwierigkeiten stößt, insofern hier ausgedehnte Wiesengelände unter Wasser gesetzt werden müßten, wodurch die Konzessionserteilung in Frage gestellt wird.

Da durch die genannten hydraulischen Regulierungsanlagen bedeutende Wassermengen vorübergehend zur Aufspeicherung gelangen sollen, so würden die Abflußverhältnisse der Murg unterhalb des Werkes nicht unerheblich geändert werden.

Die Wirkung der hydraulischen Aufspeicherungsanlagen auf die Wasserführung der Murg unterhalb des Werkes wäre nämlich eine doppelte. Zunächst würde der an den einzelnen Tagen des Jahres sehr ungleichmäßige mittlere Abfluß wesentlich regelmäßiger werden, da der tägliche Energieverbrauch geringeren Schwankungen unterliegt als der natürliche Wasserabfluß. Andererseits aber würde der Abfluß während der 24 Stunden des gleichen Tages unregelmäßiger gestaltet werden, da dem Flußbette an Stelle des in kurzen Zeiten meist wenig schwankenden natürlichen Wasserabflusses das Unterwasser des Kraftwerkes zugeleitet wird, dessen Menge infolge der oft schnell wechselnden Belastung der Zentrale und der infolgedessen unregelmäßigen Wasserentnahme aus den Staubecken erheblichen und plötzlichen Schwankungen unterliegt.

Um daher die bestehenden Kraftwerke der Unterlieger vor Schädigungen durch die ungleichmäßige Verteilung der täglichen Abflußmengen auf die einzelnen Tagesstunden zu schützen, ist es unbedingt nötig, am unteren Ende der durch die neuen Anlagen ausgenutzten Flußstrecke den regelmäßigen Abfluß des Wassers an den einzelnen Tagesstunden wieder herzustellen.

Dies soll durch ein Ausgleichbecken ermöglicht werden, das, unterhalb der Zentrale des neuen Werkes gelegen, das ihm unregelmäßig zufließende Wasser des Kraftwerkes, gleichmäßig auf die 24 Stunden eines Tages verteilt, dem Flußbett wieder zuleitet.

D. Umfang des Entwurfes.

(Tafel II, III und IV.)

Um die im Stromgebiete der Murg innerhalb des Großherzogtums Baden noch schlummernden Kräfte in möglichst vollständiger Weise auszunutzen, soll zunächst außer der Murg selbst auch der Schwarzenbach und die Raumünzach zur Energiegewinnung herangezogen werden. Das Wasser der Murg wird an der badisch-württembergischen Grenze durch das Wehr I aufgestaut und durch einen Stollen und durch Druckrohre nach einer bei Forbach gelegenen Zentrale geleitet. Die beiden Nebenflüsse, der Schwarzenbach und die Raumünzach, sollen dagegen in Staubecken aufgefangen werden, aus denen das Wasser durch Stollen und Druckrohre gleichfalls der Zentrale bei Forbach zur Ausnutzung zufließen wird.

Das Murgwerk auf badischem Gebiet setzt sich daher aus drei einzelnen Werken zusammen und zwar aus dem:

- I. Murgstollenwerk,
- II. Schwarzenbachwerk,
- III. Raumünzachwerk.

Wenn diese im dritten Teile im Abschnitte A zu besprechenden drei Werke ihre Energie auch in einer gemeinschaftlichen Zentrale, dem Hauptkraftwerke, vereinigen, so können sie doch der Reihe nach erbaut werden, womit der Vorteil einer allmählichen Steigerung der Leistungsfähigkeit des Werkes bei wachsendem Energiebedarf verbunden ist. Dieser Ausbau des Werkes in drei voneinander fast völlig unabhängigen Stufen ermöglicht den Beginn des Ausbaues mit einem verhältnismäßig kleinen Anfangskapital, er verhindert übermäßige Zinsverluste durch die Festlegung großer Mittel bei noch nicht genügenden Einnahmen und gestattet, bei den später erstellten Werken die Erfahrungen der schon im Betriebe befindlichen Anlagen zu benutzen. Die drei genannten Werke, die abgesehen von der einen Hälfte des Murgwehrs bei Schönmünzach ganz auf badischem Gebiete liegen, bilden zusammen mit ihrer gemeinschaftlichen Zentrale, dem Ausgleichbecken und dem mit dem Murgstollenwerk verbundenen Pumpwerk ein abgeschlossenes Ganzes, das mit dem Namen »**Badisches Murgwerk**« bezeichnet werden soll.

Obschon dieses badische Murgwerk schon allein den größten Teil der noch im Murggebiete schlummernden Wasserkräfte ausnutzt, sind doch noch verschiedene Erweiterungen sowohl auf badischem, als auch auf württembergischem Gebiete möglich, die, soweit ihre Ausführung in nicht allzuferner Zeit erwartet werden kann, als »**Geplante Erweiterungen**« in den Entwurf aufgenommen und im Abschnitte B erläutert wurden, während die erst für die weitere Zukunft in Frage kommenden Anlagen unter dem Namen »**Mögliche Ergänzungen**« zwar im Abschnitte C dieses Berichtes kurz besprochen, zunächst aber noch nicht konstruktiv durchgearbeitet worden sind.

Auf badischem Gebiete kann zunächst noch die unterhalb des Ausgleichbeckens der Forbacher Zentrale gelegene Flußstrecke bis zum Wehr der Fabrik Wolfsheck (Ord. 280,0 m), deren Ausnutzung bisher nur in beschränktem Umfange durch kleinere Kraftwerke stattfindet, zugezogen werden, indem das in dieser Flußstrecke vorhandene Gefälle in einem einheitlichen Werke, dem

Gausbachwerk

zusammengefaßt wird. Die Energie dieser Anlage kann nach Abzug der zur Entschädigung der ausgeschalteten vorhandenen Werke erforderlichen Energiemenge elektrisch der Zentrale des badischen Murgwerkes zugeführt werden.

Auf badischem Gebiete wäre außerdem noch die Anlage von Staubecken mit anschließenden Kraftwerken in den Quellbächen des Schwarzenbaches und der Raumünzach, sowie im Sersbach und im Sasbach zur Vergrößerung und noch weitergehenden Regulierung der Energieleistung des badischen Werkes möglich. Diese vorerst jedenfalls noch nicht lohnenden Ergänzungen wurden in dem ausgearbeiteten Entwurf aber nicht berücksichtigt.

Das geplante Murgwerk auch noch auf die unterhalb Forbachs gelegene Flußstrecke auszudehnen, empfiehlt sich nicht, weil hierdurch die Schwierigkeiten der Verwirklichung des Entwurfes ganz außerordentlich wachsen würden, und weil diese Strecke schon jetzt durch die bestehenden Werke so gut ausgenutzt wird, daß bei Entschädigung derselben durch elektrischen Strom kaum ein nennenswerter Energiegewinn verbleiben würde. Zum Ankauf und zur Stilllegung der bestehenden Werke und dadurch zur Vernichtung einer blühenden Industrie, von welcher der Wohlstand der Talgemeinden sehr wesentlich abhängt, wird man sich aber nicht leicht entschließen, zumal die Kosten der dadurch gewonnenen Energie bei den bedeutenden zu zahlenden Entschädigungen sehr hoch werden müßten.

Aber selbst wenn man nach voller Ausnutzung der Energie des oberen Murggebietes daran denken sollte, das Werk in der angedeuteten Weise zu erweitern, würde es vorteilhafter sein, die Energie der Murg unterhalb Forbachs in einer besonderen Zentrale zu verwenden, in der auch das aus dem Gebiete VII (siehe Seite 7) stammende Wasser verwertet werden könnte.

Auf ganz oder doch überwiegend württembergischem Gebiete kann eine Erweiterung des badischen Murgwerkes durch die Herstellung von Staubecken im

Schönmünzach- und im Murgtale und durch Anlagen zur Ausnutzung des in diesen Staubecken aufgestauten Wassers erfolgen. Der Gewinn würde in einer erheblichen Vergrößerung der Energieleistung des Werkes, vor allem aber in einer Steigerung seiner Regulierungsfähigkeit bestehen.

Je nach den Stellen, an denen die Staubecken angelegt werden sollen, wurden die auf württembergischem Gebiete zur Erweiterung des badischen Murgwerkes in Frage kommenden Werke wie folgt benannt:

- I. Unter-Schönmünzachwerk,
- II. Ober-Schönmünzachwerk,
- III. Murgtalsperrenwerk.

Von diesen drei Werken wurde das Unter-Schönmünzachwerk als das am leichtesten zu verwirklichende und lohnendste in den Entwurf aufgenommen, während die beiden anderen Werke, das Ober-Schönmünzachwerk und das Murgtalsperrenwerk, bei deren Ausführung größere Schwierigkeiten zu überwinden sein werden, nur als mögliche Ergänzungen besprochen, in den ausgearbeiteten Entwurf aber noch nicht aufgenommen worden sind.

Der Oberlauf der Murg mit seinen Seitenbächen oberhalb des Ortes Klosterreichenbach blieb bei dem Entwurf ganz unberücksichtigt, nachdem die angestellten Untersuchungen ergeben hatten, daß die hier noch zu gewinnenden Kräfte nicht allzu bedeutend und schwer regulierbar sind, so daß es sich mehr empfehlen wird, die Ausnutzung, soweit sie überhaupt lohnend ist, in einem besonderen Kraftwerke vorzunehmen, als in Verbindung mit der weit entlegenen Zentrale des badischen Werkes in Forbach.

ZWEITER TEIL.

Bestimmung der Abflußmengen.

(Tafel I bis IV.)

In ganz Süddeutschland gibt es nur wenige, engbegrenzte Gebiete, in denen die jährliche Niederschlagshöhe 1600 mm übersteigt. Aus einem dieser Gebiete, das auf den höchsten Erhebungen des nördlichen Schwarzwaldes liegt, werden die Murg und ihre linksseitigen Nebenflüsse gespeist.

Aus dem Niederschlagsreichtum des Einzugsgebietes erklärt sich der im Verhältnis zu seiner Größe beträchtliche Wasserreichtum der Murg.

Über die Abflußverhältnisse der Murg und ihrer Nebenflüsse enthält das 8. Heft der Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden die folgenden Angaben:

Wasserabfluß in cbm/Sek.	bei Wasser- klemme	bei Niedrig- wasser	bei Mittel- wasser
1. Murg bei Schönmünzach	1,25	2,5	4,4
bei der Heiligen Säge bei Forbach	2,4	3,3	6,5
bei Weisenbachfabrik	2,6	3,64	6,75
bei Obertsrot	2,8	4,00	7,1
2. Schwarzenbach bei der Fallbrücke	0,25	0,4	0,75
3. Raumünzach bei Erbersbronn	0,4	0,6	1,0
bei der Mündung	0,55	1,0	1,75
4. Schönmünzach an der Mündung	0,4	0,7	1,4

Die H.W.-Menge ist nur für den Unterlauf der Murg angegeben und zwar zu 650 cbm/Sek. für die Murg bei Oberndorf, bzw. zu 700 cbm/Sek. für die Murg an der Rheinauer Brücke bei Rastatt. Professor Sayer hat ferner die Abflußmengen der Murg für die bedeutenden Hochwasser des Jahres 1882 und 1896 für Weisenbach zu

500 cbm/Sek. berechnet, welcher Wert einem größten sekundlichen Abfluß von 1,4 cbm für 1 qkm Einzugsgebiet entspricht und mit den beiden genannten Angaben für den Unterlauf der Murg in gutem Einklang steht.

Nach Angaben des hydrographischen Bureaus in Stuttgart führt dagegen die Murg bei Schönmünzach bei Wasserklemme 2 cbm/Sek., bei Mittelwasser 7,2 cbm/Sek., bei Katastrophenhochwasser 626 cbm/Sek. Diese Angaben übertreffen die badischen Angaben um mehr als die Hälfte.

Wenn die württembergischen Angaben auch sehr hoch erscheinen, so wurde doch die Hochwassermenge nach der württembergischen Angabe der Berechnung der Stauwerke in der Murg zugrunde gelegt.

Für die Aufstellung des Entwurfes und für die Festlegung der ausnutzbaren Energiemengen reichen die wenigen angeführten amtlichen Angaben über die beobachteten mittleren und kleinsten Abflußmengen nicht aus. Es mußte dazu vielmehr auch die Verteilung des Abflusses auf die einzelnen kürzeren Abschnitte des Jahres bekannt sein.

Die Verhältnisse lagen bei der Murg in dieser Beziehung insofern ungewöhnlich günstig, als durch die Firma E. Holtzmann & Cie. schon seit dem Jahre 1893 ununterbrochen genaue tägliche Wassermessungen an der Murg bei Weisenbach an gestellt worden sind, die alle Wassermengen aufwärts bis zu 9,0 cbm/Sek., seit 1899 auch bis 9,5 bzw. 10,0 cbm/Sek. umfassen.

Für alle Tage, an denen die tägliche Wasserführung den Betrag von 9 bzw. 10,0 cbm/Sek. nicht übersteigt, geben diese Aufzeichnungen ein zuverlässiges Bild über den täglichen mittleren Wasserabfluß in der Murg am Wehre der Fabrik Schlechtau bei Weisenbach. Gestützt auf diese äußerst wertvollen Aufzeichnungen konnten für alle Teile des Entwurfes genügend zuverlässige Leistungsberechnungen aufgestellt werden.

Da in dieser Beobachtungsreihe die Abflußmengen von mehr als 9,0 bzw. 10,0 cbm/Sek. indessen nicht bestimmt worden sind, war eine Vervollständigung durch Zufügung der höheren Abflußmengen erforderlich, die in den 14 Beobachtungsjahren 1893/1906 an 1292 Tagen, jährlich demnach gemittelt an 92 Tagen vorgekommen sind.

Bei der Berechnung der fehlenden Abflußmengen wurde von den amtlichen Pegelaufzeichnungen von Rastatt ausgegangen, die für alle Tage der Jahre 1893 bis 1906 vorliegen, und aus denen mit ausreichender Genauigkeit Schlüsse auf die Abflußmengen in Weisenbach gezogen werden konnten, da für einige charakteristische Wasserstände der Zusammenhang zwischen den Pegelhöhen in Rastatt und den Abflußmengen in Rastatt und Weisenbach bekannt war. Die Ermittlung erfolgte durch ein graphisches Verfahren. Dabei wurden die Abflußmengen für Weisenbach, um jedenfalls keine zu großen Abflußmengen in die Energieberechnungen einzuführen, so bestimmt, daß dieselben voraussichtlich etwas unter den wahren Werten bleiben.

Nachdem auf die geschilderte Weise die Tabellen der täglichen Abflußwerte für die Jahre 1893 bis 1906 vervollständigt waren, wurden die mittleren Abflußmengen für die halben Monate und für die einzelnen Jahre berechnet.

In der Beobachtungszeit wurden die mittleren jährlichen Abflußmengen wie folgt ermittelt:

1893	7,30 cbm/Sek.
1894	8,82 „
1895	11,72 „
1896	12,60 „
1897	11,22 „
1898	8,58 „
1899	10,12 „
1900	11,54 „
1901	9,83 „
1902	11,60 „
1903	10,77 „
1904	10,58 „
1905	9,11 „
1906	10,81 „

Im Mittel für die Jahre 1893 bis 1906 . . . 10,33 cbm/Sek.

Von besonderer Wichtigkeit für den wirtschaftlichen Wert eines Wasserkraftwerkes ist dann noch die Kenntnis der Abflußmengen in einem besonders regenarmen Jahre, weil sich daraus diejenigen Energiemengen ermitteln lassen, auf die unter allen Umständen mit Sicherheit gerechnet werden kann. Ein solches Jahr ist das Jahr 1893 gewesen. Zeigt doch dieses Jahr für alle im Murggebiete liegenden Beobachtungsorte die seither beobachtete kleinste jährliche Niederschlagshöhe, mit Ausnahme allein der Station auf dem Kniebis, bei der im Jahre 1892 eine noch etwas kleinere Niederschlagshöhe beobachtet wurde, als im Jahre 1893. Da auch im Jahre 1892 durchweg sehr niedrige Niederschlagshöhen im Murgtale festgestellt wurden, welche auf den Abflußreichtum des folgenden Jahres 1893 ungünstig eingewirkt haben müssen, können die Abflußmengen der Murg im Jahr 1893 als ganz besonders niedrige gelten, zumal auch in dem unfern gelegenen Baden-Baden, das eine 38 jährige, wenn auch nicht ganz einwandfreie Reihe von Niederschlagsbeobachtungen besitzt, seit 1869 kein Jahr mit kleineren Niederschlagshöhen festgestellt wurde, als das Jahr 1893.

Für die Aufstellung des Entwurfes genügte nun aber die Kenntnis der bei Weisenbach von der Murg abgeführten Wassermengen allein nicht. Es mußte vielmehr versucht werden, den Abfluß für jedes derjenigen Gebiete so genau als möglich zu bestimmen, deren Wasser durch eine besondere Fassungsanlage den einzelnen Teilen des Kraftwerkes zugeführt wird.

Es kommen dabei die folgenden auf den Tafeln I bis IV angegebenen Gebiete in Frage:

- I. Das 175 qkm große Einzugsgebiet der im Murgtal 1800 m oberhalb der Einmündung der Schönmünzach gelegenen Talsperre, die für eine spätere Ergänzung der geplanten Anlage in Frage kommt.
- II. Das 45 qkm große Einzugsgebiet der im unteren Schönmünzachtale 900 m oberhalb der Einmündung der Schönmünzach in die Murg gelegenen, unter den geplanten Erweiterungen des Entwurfes besprochenen Talsperre.
- III. Das 8 qkm große Gebiet, das mit den Gebieten I und II zusammen das 228 qkm große Einzugsgebiet des in der Murg 900 m unterhalb der Einmündung der Schönmünzach gelegenen Wehres I bildet.
- IV. Das 28 qkm große Einzugsgebiet der im Raumünzachtal 750 m unterhalb des Zusammenflusses des Hundsbaches mit der Biberach gelegenen Talsperre.
- V. Das 23 qkm große Einzugsgebiet der im Schwarzenbachtal 2 km oberhalb seiner Mündung in die Raumünzach gelegenen Talsperre.
- VI. und VI¹. Die zusammen 17 qkm großen Gebiete, die den Murgstollen zwischen dem Einlauf beim Wehre I und dem Wasserschloß bei Forbach speisen.
- VII. Das 32 qkm große Einzugsgebiet der Ausgleichsperre dicht oberhalb des Wehres der Dr. Dornschen Fabrikanlage in Forbach, soweit dasselbe nicht mit den Einzugsgebieten I bis VI zusammenfällt.
- VIII. Das 22 qkm große Einzugsgebiet der Murg zwischen der Ausgleichsperre bei Forbach und dem Wehr der Fabrik Schlechttau.

Diese Gebiete I bis VIII bilden zusammen das 350 qkm große Einzugsgebiet des Wehres der Fabrik Schlechttau, für welches die Abflußmengen für die einzelnen Tage der Jahre 1893 bis 1906 bekannt sind.

Um zu ermitteln, wie sich diese bekannten Abflußmengen auf die einzelnen Gebietsteile I bis VIII verteilen, wurde von der Annahme ausgegangen, daß in den einzelnen Jahren die mittlere jährliche Verdunstungshöhe im ganzen oberen Murggebiete eine gleichmäßige gewesen sei. Wenn dies wohl auch nicht ganz genau zutrifft, so haben die Untersuchungen des Geheimen Oberbaurat H. Keller in dem Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands* doch gezeigt, daß bei Nieder-

* Besondere Mitteilungen. Berlin 1906, Bd. I Nr. 4.

schlagshöhen von mehr als 1000 mm die Verdunstungshöhen nur noch sehr wenig mit steigender Niederschlagshöhe wachsen, so daß bei Einführung einer gleichmäßigen Verdunstungshöhe für das ganze obere Murggebiet jedenfalls kein großer Fehler gemacht wird.

Es wurde nun in der Weise vorgegangen, daß zunächst diejenigen Wassermengen bestimmt wurden, die als Niederschläge den Gebieten I bis VIII in den einzelnen Jahren 1893 bis 1906 zugeführt wurden. Die Ermittlung erfolgte mit Hilfe der auf Tafel I dargestellten Niederschlagskarten, in welche die Linien gleicher Regenhöhen (Isohyeten) nach den Angaben des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie eingetragen wurden. Für jedes einzelne Gebiet wurde sodann die Flächengröße der zwischen zwei Isohyeten liegenden Teile mit dem Planimeter bestimmt, während die zugehörige Niederschlagshöhe aus zwei unabhängigen Schätzungen als Mittelwert festgestellt wurde. Aus den so gefundenen Werten konnten die in jedem Gebietsteile niedergegangenen Wassermengen für die einzelnen Jahre 1893 bis 1906 gefunden werden.

Aus den in dem Gesamtgebiete I bis VIII in den einzelnen Jahren gefallenen Niederschlagsmengen und aus den für diese Gebiete bei Weisenbach ermittelten Abflußmengen war es möglich, die Menge des in den einzelnen Jahren in dem 350 qkm großen Gesamtgebiete I bis VIII nicht zum Abfluß gelangten Wassers zu bestimmen. Durch gleichmäßige Verteilung dieser Wassermenge auf die 350 qkm große Fläche wurde sodann die Verlusthöhe festgestellt, die mit der Verdunstungshöhe identisch ist, weil unterirdische Wasserverluste aus diesen Gebieten bei dem tief im Granitmassiv liegenden Wehre der Fabrik Schlechtau kaum in Betracht kommen können. Bei den niedrigen Ansätzen für die Hochwassermengen wurde eine ziemlich große mittlere jährliche Verdunstungshöhe von 648 mm gefunden, die der Verdunstungshöhe von offenen Wasserflächen nicht sehr wesentlich nachsteht, so daß dieselbe auch für die Oberfläche der Staubecken in Rechnung gestellt werden konnte.

Durch Subtraktion der so ermittelten Verdunstungshöhen von den mittleren Niederschlagshöhen der einzelnen Gebiete wurden die mittleren Abflußhöhen in m und durch Multiplikation dieser Werte mit der Flächengröße der zugehörigen Gebiete in qm die jährliche Abflußmenge in cbm gefunden.

Um die Abflußmengen von den einzelnen Gebieten I bis VIII auch für Teile der einzelnen Jahre ermitteln zu können, mußte noch die weitere Annahme gemacht werden, daß der für die ganzen Jahre ermittelte prozentuale Anteil der einzelnen Gebiete am Gesamtabfluß auch für die einzelnen Tage des betreffenden Jahres gilt.

Wenn diese Voraussetzung ja auch nicht genau zutreffen wird, so kann dabei doch kein erheblicher Fehler gemacht werden, zumal die positiven und negativen Abweichungen sich ausgleichen werden. Ein hoher Grad von Genauigkeit ist bei diesen Ermittlungen auch nicht erforderlich, insofern die Abflußverteilung ja von sehr vielen Faktoren abhängt, die in keinem späteren Jahre wieder in der gleichen Weise zusammentreffen werden.

Wenn es nun unter den gemachten Voraussetzungen auch möglich gewesen wäre, für jeden Tag der Jahre 1893 bis 1906 den Abfluß in cbm von den einzelnen Gebietsteilen I bis VIII zu bestimmen, so wurde doch von dieser sehr umständlichen Berechnung Abstand genommen und nur die Abflußmenge für die halben Monate ermittelt. Diese Werte wurden der Bestimmung der Leistungen der einzelnen Teile des Werkes zugrunde gelegt.

Für die genaue Berechnung der im trockensten Jahre 1893 verfügbaren Energiemengen mußten allerdings stellenweise auch die Werte für die einzelnen Tage herangezogen werden, weil sowohl die Wasserverluste an den Wehren, als auch die Energieverluste, die beim Betrieb eintreten, von der Abflußverteilung auf die einzelnen Tage und sogar von der Verteilung innerhalb der einzelnen Tage abhängen.

Von der Wiedergabe der ermittelten, ein ganzes Heft füllenden Zahlenwerte soll hier abgesehen werden. Dagegen gehen die gefundenen Mittelwerte für die 14 Jahre 1893 bis 1906 aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

Zusammenstellung

der Flächengrößen, sowie der mittleren Abflußhöhen und Abflußmengen der einzelnen Gebietsteile.

Gebiet	Flächengröße		Für die Jahre 1893—1906 bestimmte mittlere			Für die Jahre 1893—1906 berechnete Abflußmenge		
	in qkm	in % der Gesamtfläche	Niederschlagshöhe in mm	Verdunstungshöhe in mm	Abflußhöhe in mm	in Mill. cbm	in % der gesamten Abflußmenge	in cbm/Sek.
I	175	50,00	1583	648	935	163,62	50,26	5,20
II	45	12,86	1688	648	1040	46,80	14,38	1,48
III	8	2,28	1398	648	750	6,00	1,84	0,19
IV	28	8,00	1777	648	1129	31,61	9,71	1,00
V	23	6,57	1591	648	943	21,69	6,66	0,69
VI—VI'	17	4,86	1566	648	918	15,61	4,80	0,50
VII	32	9,14	1423	648	775	24,80	7,63	0,78
VIII	22	6,29	1346	648	698	15,35	4,72	0,49
I—VIII	350	100 %	1578	648	930	325,48	100 %	10,33

DRITTER TEIL.

Beschreibung des Entwurfes.

Der Gesamtentwurf zerfällt in die folgenden Teile:

A. Das badische Murgwerk:

- I. Das Murgstollenwerk,
- II. Das Schwarzenbachwerk,
- III. Das Raumünzachwerk,
- IV. Die gemeinschaftliche Zentrale,
- V. Das Ausgleichbecken,
- VI. Das Pumpwerk.

B. Geplante Erweiterungen des Murgwerkes:

- I. Das Gausbachwerk,
- II. Das Unter-Schönmünzachwerk.

C. Spätere Ergänzungen des Werkes:

- I. Ergänzungswerke auf badischem Gebiet,
- II. Das Ober-Schönmünzachwerk,
- III. Das Murgtalsperrenwerk,
- IV. Ergänzungswerke oberhalb Klosterreichenbach.

A. Das badische Murgwerk.

I. Das Murgstollenwerk.

(Tafel VII bis XIII und XIX.)

Die Ableitung des Murgwassers aus dem Naturbett der Murg erfolgt rund 900 m unterhalb der Einmündung der Schönmünzach durch das Wehr I (Tafel VII und VIII).

Dieses Wehr ist in seiner ganzen Länge beweglich ausgebildet, um die Gefahr der Bildung von Auflandungen des Flußbettes oberhalb des Wehres und eine dadurch entstehende Schädigung des Kurortes Schönmünzach auszuschließen.

Das Wehr I ist als Walzenwehr mit 2 Öffnungen von 18,2 m Breite hergestellt, die durch Walzen von 1,6 m Durchmesser verschließbar sind. Die Walzen ruhen auf einer festen Schwelle auf, die 0,5 m hoch über das Sturzbett emporragt. Bei Hochwasser werden die Walzenverschlüsse bis rund 1 m über den höchsten Hochwasserspiegel gehoben.

Das Sturzbett besteht aus einer 13,0 m breiten und 1,2 m starken Betonplatte, die mit Grundmauern gut in die durch grobe Gerölle gebildete Flußsohle eingreift und mit einem Belag von Halbhölzern abgedeckt ist. Am linken Ufer ist noch eine 3 m breite, durch ein Schütz verschließbare Öffnung angeordnet, welche die Spülung des Flußbettes vor den Einlauföffnungen ermöglichen soll. Die Wehrkrone, die durch die Oberkante der Walzen gebildet wird, liegt auf Ord. + 451,70 m; die Stauwand des Wehres bei km 40,030 der Landstraße. Die Hebung der Walzenverschlüsse kann mit Hand oder mit Elektromotoren erfolgen. Das Schütz soll mit Hand bewegt werden.

Der normale Stau des geschlossenen Wehres bei einer Wasserführung der Murg von 12 cbm/Sek. reicht vom Wehr höchstens 200 m weit aufwärts.

Die Lage des Stauspiegels bei Hochwasser wurde für einen Wasserabfluß von 400 cbm/Sek. (badische Angabe) und 626 cbm/Sek. (württembergische Angabe) berechnet. Der Unterwasserspiegel liegt bei diesen Wasserführungen auf Ord. + 452,80, bzw. + 453,55 m, während der Oberwasserspiegel bei geschlossenem Wehr bis auf Ord. + 454,20, bzw. 455,00 m ansteigen würde.

Auch bei geschlossenem Wehr würde die Stauhöhe bei dem wohl kaum jemals vorkommenden Wasserabfluß von 626 cbm/Sek., oder von rund $2\frac{3}{4}$ cbm/Sek. von 1 qkm Einzugsgebiet, 1,45 m nicht übersteigen und schon 400 m oberhalb des Wehres auf 5 cm zurückgehen. Bei hochgezogenen Walzen wird die Stauwirkung des Wehres fast vollständig aufgehoben, so daß der Oberwasserspiegel nur unbedeutend über dem Unterwasserspiegel liegt.

Die Landstraße oberhalb des Wehres soll so hoch aufgehöhht werden, daß sie noch wenigstens 0,3 m über dem höchsten Stauspiegel bei geschlossenem Wehr und größtem Wasserabfluß (626 cbm/Sek.) liegt, obschon bei hohen Wasserständen das Wehr stets geöffnet sein sollte.

Die Ableitung des Wassers aus dem Flusse erfolgt am linken Ufer durch drei in dem stromaufwärts verlängerten Widerlager des Wehres ausgesparte Einlauföffnungen von je 6,2 m Breite, die zum Schutze gegen den Eintritt allzugroßer Wassermengen und von Schwimmkörpern mit bis unter die Wehrkrone hinunterreichenden hölzernen Schürzen versehen sind. Zum weiteren Schutz gegen größere Schwimmkörper dienen die 1,7 m hinter den Schürzen aufgestellten Grobrechen, deren Stäbe bis über Hochwasser emporreichen und von den beiderseitig angeordneten 1 m breiten Laufstegen aus bequem gereinigt werden können. Jede dieser Einlauföffnungen steht durch zwei mit Schützen verschließbare kleinere Öffnungen mit dem Einlaufbecken in Verbindung.

Das 4,5 m breite Einlaufbecken besitzt einen 10 m breiten Überlauf und einen zum Spülen des Beckens benutzbaren Leerlauf. Ein Fischweg führt von ihm zum Unterwasser hinunter. Die Wassergeschwindigkeit im Einlaufbecken ist gering und überschreitet 0,8 m/Sek. nicht.

Aus dem Einlaufbecken gelangt das Wasser durch zwei Kanäle von 3 m Breite unter der Landstraße hindurch in das Sammelbecken, in welches sich bei Erweiterung der Anlage durch das Unter-Schönmünzschwerk das Unterwasser des Kraftwerkes II ergießen soll. Eine 0,5 m hohe Schwelle beim Einlauf dieser Kanäle verhindert den Eintritt gröberer Sinkstoffe vom Einlaufbecken her. Vor dem Eintritt in das Sammelbecken durchfließt das Murgwasser noch einen Feinrechen, der zur bequemen Reinigung schräg gestellt wurde und von einem 2,5 m breiten und 0,7 m über dem höchsten Wasserspiegel liegenden Stege aus bedient werden kann. Das Sammelbecken ist in einem vorhandenen, nicht mehr benutzten Steinbruch angelegt, der später zur Aufnahme des Kraftwerkes II, das zur Ausnutzung des Schönmünzschwassers dient, erweitert werden soll. Der Stollenmund und das Sammelbecken sind so angeordnet, daß der Abraum des Stollens auf einer Gleisanlage ohne Schwierigkeit

unter der Landstraße hindurch über die Murg hinüber gebracht werden kann, wo ebene Geländeflächen zur Ablagerung zur Verfügung stehen. Aus dem Sammelbecken gelangt das Murgwasser in den Stollen I, der für die Leitung von 12 cbm Wasser in der Sekunde berechnet ist. Er ist an der Sohle und an den Wänden mit Beton ausgekleidet und mit einem Glatzstrich versehen. Bei 3,0 m Breite und einer größten Fülltiefe von 2,1 m besitzt er ein Gefälle von 1:1260. Seine Länge beträgt 3070 m. Um die Ausführung zu erleichtern und zu beschleunigen, ist er durch zwei Querschläge in drei Teile von 1080, 970 und 1020 m Länge zerlegt worden. Dieser Stollen, der das Murgwasser nach dem Raumünzachtal leitet, kann auch noch das aus dem 2 qkm großen Einzugsgebiete des Rauharn- und des Hornbaches abfließende Wasser aufnehmen.

Nach dem Austritt aus dem Stollen I fließt das Wasser in einem 220 m langen, mit Beton ausgekleideten, offenen Kanal am rechtsseitigen Hang des Raumünzachtals entlang in ein Sammelbecken, in das auch das unterhalb der Raumünzach- und der Schwarzenbachtalsperre dem Raumünzachtale zufließende Wasser eingeleitet werden kann (Tafel IX und X).

Dicht beim Ende des Stollens I ist in den offenen Kanal ein Leerlauf zur Raumünzach hin eingebaut. Vor dem Eintritt in das Sammelbecken kreuzt der Kanal die rechtsseitige Raumünzachstraße in einer Unterführung, die, um die Straße möglichst wenig heben zu müssen, rechtwinklig zur Straßenachse angelegt wurde, die aber mit geringen Mehrkosten auch unter einem Winkel von 45° unter der Straße hindurchgeführt werden könnte, wodurch der Kanal eine etwas gestrecktere Linienführung erhalten würde.

Das Sammelbecken liegt parallel zur Raumünzach an deren rechtsseitigen Ufer. Es steht am oberen und am unteren Ende durch mit Schützen verschließbare Öffnungen mit der Raumünzach in Verbindung und kann daher mit dem Wasser dieses Baches gespült werden, wenn das von der Murg zugeführte Wasser durch den vorgesehenen Leerlauf vor dem Eintritt in das Sammelbecken in das Raumünzachbett abgelassen wird.

In der Trennungswand zwischen dem Sammelbecken und dem Raumünzachbett ist ein 12,8 m langer Überlauf angebracht. Das Sammelbecken ist so angelegt, daß es auch den Wasserabfluß des Raumünzachstaubeckens aufnehmen könnte, wenn beim einstigen Ausbau des Raumünzachwerkes beschlossen werden sollte, an Stelle der in diesem Entwurfe vorgesehenen Zuleitung des Wassers der oberen Raumünzach zum Schwarzenbachstaubecken, die Verbindung mit dem Murgstollenwerk zu bewirken*.

Unmittelbar neben dem Sammelbecken liegt das Wehr II, das zur Aufstauung des Raumünzachwassers dient und dadurch dessen Eintritt in das Sammelbecken oder in den Ableitungskanal am linken Raumünzachufer ermöglicht.

Das Wehr II in der Raumünzach ist als hohler Betonkörper mit Eisenarmierung ausgebildet worden (Tafel XIX). Seine Krone liegt auf Ord. + 449,2 m. Durch den röhrenförmigen, freien Innenraum dieses Wehres, der einen Querschnitt von reichlich 8 qm besitzt, gelangt das Wasser aus dem Sammelbecken über das Raumünzachbett hinüber in den im linken Widerlager des Wehres ausgesparten Ableitungs- und Spülkanal und aus diesem in den Stollen II. Der Innenraum des Wehres kann bei kleinen und mittleren Wasserführungen ohne Störung des Betriebes zu Reinigungs- oder Ausbesserungsarbeiten trocken gelegt werden, indem das aus dem Stollen I zufließende Wasser am oberen Ende des Sammelbeckens in das Raumünzachbett oberhalb des Wehres eingeleitet und am linken Ufer durch den Spülkanal dem Stollen II zugeführt wird. Dazu wird der Innenraum des Wehres an den beiden Seiten durch die zu diesem Zwecke angebrachten Schützen abgeschlossen, worauf das Wasser aus dem Wehre durch die in das linke Widerlager eingebaute Rohrleitung zum Unterwasser hin entleert werden kann. Der Innenraum des Wehres ist dann durch den Einsteigschacht im rechten Widerlager des Wehres zugänglich.

* Siehe die Anmerkung auf S. 15.

Ein Fischweg ist im linken Widerlager des Wehres vorhanden. Derselbe führt vom Oberwasser des Wehres mit geringem Gefälle bis hinter die Kreuzung mit der Murgstollenleitung, die in einer eisernen, mit Steinen belegten Rinne überschritten wird. Hinter der Kreuzung fällt der Fischweg mit einem Gefälle von 1:7 als Wildgerinne bis zum Unterwasser des Wehres hinunter.

Der Stollen II leitet das Wasser aus dem Raumünzachtale unmittelbar in das Wasserschloß am Hang des Haulerberges bei Forbach. Der mit Beton ausgekeidete und mit einem Glatstrich versehene Stollen II besitzt bei einer Breite von 3,5 m, bei einer größten Wasserfüllung von 2,2 m Höhe und bei einem Gefälle von 1:1870 ein Leitungsvermögen von 14 cbm/Sek, so daß zu der von der Murg her durch den Stollen I höchstens zugeleiteten Wassermenge von 12 cbm/Sek. im Raumünztale noch 2 cbm/Sek. hinzutreten können. Auch dieser 3020 m lange Stollen ist durch zwei Querschläge in drei Teile zerlegt, die eine Länge von 1210, 690 bezw. 1120 m besitzen.

Das Wasserschloß ist in den steilen bewaldeten Berghang des Haulerberges bei Forbach eingebaut (Tafel XI). Das Wasser tritt aus dem Stollen II zunächst in ein geräumiges Vorbecken, das mit einem 29,6 m langen Überlauf und mit einem Leerlauf versehen ist, durch die ein etwaiger Wasserüberfluß über eine Kaskade dem Murgbette zugeführt werden kann.

Nach Durchfließen des Vorbeckens gelangt das Wasser über eine 37 m lange Reinigungsschwelle in das Hauptbecken, und aus diesem durch einen Feinrechen zu den drei durch Schützen verschließbaren Einlaufschächten der Druckrohre.

Die 1,6 m hohe Reinigungsschwelle, deren Oberkante auf Ord. + 446,1 m liegt, hat den Zweck, das Wasser von dem mitgeführten Sande noch einmal gründlich zu reinigen, ehe es zu den Turbinen gelangt. Der Sand lagert sich oberhalb der Schwelle auf der Sohle des Vorbeckens ab und wird, bevor die Ablagerungen die Oberkante der Schwelle erreichen und dann über diese hinübergerissen werden können, durch vorübergehendes Ziehen des Leerlaufschützes über die Kaskade zum Murgbett fortgespült. Durch diese nochmalige Reinigung des Wassers von Sand wird die Abnutzung der Turbinen wesentlich eingeschränkt werden.

In den Einlaufschächten der Druckrohre steht der Wasserspiegel bei vollem Betrieb auf Ord. + 447,0 m, so daß sich der gesamte Gefällverlust des Wassers vom Murgwehre bei Schönmünzach an auf 4,7 m berechnet. Im Obergraben gehen demnach rund 3,0% des rohen Gefälles von 153,25 m verloren. Bei kleineren Wasserführungen kann der Wasserspiegel in den Einlaufschächten auf Ord. + 447,7 m gehalten werden, so daß der mittlere Verlust an Gefälle noch kleiner ausfällt. Aus dem Wasserschloß gelangt das Wasser durch drei eiserne Druckrohre zur Zentrale bei Forbach, wo es aus den untereinander verbundenen Druckrohren den Turbinen zugeführt wird.

Die Druckrohrleitungen sollen aus 10 m* langen, unter Dampfhämmern überlappt geschweißten Rohren aus Siemens-Martin-Flußeisen hergestellt werden, die mit losen Flanschringen verbunden sind. Sie besitzen in der oberen Hälfte einen inneren Durchmesser von 1,8 m, in der unteren Hälfte einen solchen von 1,7 m. Die Wandstärken nehmen nach unten hin von 8 auf 20 mm zu. Die Flanschen werden mit Gummiringeinlagen gedichtet. Die Rohrleitungen sollen in Abständen von etwa 200 m in Betonklötzen verankert werden. Diese Verankerungen sind in den Zeichnungen nicht angegeben, da ihre zweckmäßige Lage erst nach Freilegung des Rohrbettes bestimmt werden kann. Unterhalb dieser Verankerungen befinden sich die Ausdehnungsfugen.

Die Druckrohre liegen in ihrem unteren Ende in wagerechter Lage neben dem Kraftwerk. Sie sind hier untereinander verbunden und mit Drosselklappen verschließbar. Aus den Druckrohren führen rechtwinklig abzweigende schwächere Ansatzrohre das Wasser in die Maschinenhalle zu den Turbinen.

* Soweit nicht die zulässigen Brückenbelastungen im unteren Teil der Rohrleitungen zur Wahl kürzerer Rohrlängen zwingen.

II. Das Schwarzenbachwerk.

(Tafel V, VI, XVI und XX.)

Das Schwarzenbachwerk dient zur Ausnutzung des Wassers des oberen Schwarzenbaches, das durch eine Talsperre 2 km oberhalb der Einmündung des Schwarzenbaches in die Raumünzach aufgestaut wird. Das Einzugsgebiet beträgt an dieser Stelle 23 qkm.

Die Staumauer soll an der auf Ord. + 616,0 m gelegenen Stelle der Flußsohle errichtet werden, welche im ganzen Schwarzenbachtal die besten Vorbedingungen für die Anlage einer Talsperre besitzt. Der Wasserspiegel wird durch die Talsperre bis zur Ord. + 662,0 m aufgestaut, so daß die normale Stauhöhe bis zur Krone des Überlaufes 46 m beträgt. Der niedrigste Wasserstand im Staubecken während des Betriebes liegt auf Ord. + 624,0 m. Der nutzbare Fassungsraum des Staubeckens beträgt bei einer Wasseroberfläche von rund 65 ha etwa 11,5 Mill. cbm oder 53,0% des mittleren jährlichen Zuflusses der Jahre 1893—1906, der zu 21,7 Mill. cbm bestimmt wurde. Der Beckeninhalt ist so groß gewählt, weil eine weitgehende Regulierung des Wasserabflusses gerade bei diesem dem Hauptkraftwerk am nächsten gelegenen Staubecken besonders wichtig ist, und weil außerdem ein Teil des Stauraumes durch das vom Pumpwerk zugeführte Murgwasser beansprucht wird. Das unter Wasser gesetzte Gelände liegt vollständig im Granit und ist größtenteils mit Wald bedeckt.

Die Staumauer soll ebenso wie die übrigen im Entwurf vorkommenden Staumauern nach dem auf Tafel XX graphisch untersuchten Profil hergestellt werden. Das Mauerwerk wird aus Granitbruchstein, der unmittelbar bei der Verwendungsstelle gebrochen werden kann, in Zement- oder Trassmörtel hergestellt. An der Wasserseite soll ein dichtender Anstrich aufgebracht werden; auch ist die Aussparung von Entwässerungsschlitzen dicht an der dem Wasser zugekehrten Begrenzung der Mauer etwa nach dem Vorbilde der neueren preußischen Talsperren vorgesehen. Die Ausbildung der Entwässerungsanlagen der Mauer im einzelnen soll dem speziellen Bauentwurf vorbehalten bleiben. Von einem Schutze der Dichtungsschicht durch eine Schildmauer oder eine Erdanschüttung wurde bei der Trefflichkeit des Mauermaterials abgesehen. Dagegen soll auf die Verwendung eines besonders dichten Mörtels an der dem Wasser zugekehrten Seite der Mauer Wert gelegt werden.

Die Staumauer wurde, obschon das spez. Gewicht des Granites des oberen Murgtales etwa 2,6 beträgt, nur für ein Mauerwerkgewicht von 2300 kg/cbm berechnet.

Die statische Untersuchung hat den Nachweis erbracht, daß unter keinen Umständen Zugspannungen im Mauerkörper eintreten können. Bei der üblichen Berechnung des gewählten Profils für wagerechte Fugen steigen die Druckspannungen im unteren Teil des Mauerkörpers erst bei 60 m Höhe bis auf 12 kg/qcm an. Auch bei der Berechnung für schräge Fugen übersteigen die Druckspannungen den bei Granitmauerwerk unbedenklich zulässigen Wert von 13,2 kg/qcm nicht. Wird die außerordentlich ungünstige und niemals wirklich eintretende Annahme gemacht, daß der ganze Mauerkörper von wagerechten, klaffenden und unter dem vollen Wasserdrucke stehenden Fugen durchsetzt sei, so steigen trotzdem die Druckbeanspruchungen in dem oberen schwächeren Teil des Mauerprofils bis 25 m unter dem höchsten Wasserspiegel nicht über 12 kg/qcm an. Im unteren Teil des Mauerkörpers mit mehr als 17,5 m Mauerstärke wurde die Forderung der Einführung des vollen Wasserauftriebes im ganzen Mauerquerschnitt nicht mehr gestellt. Bei Einführung eines Auftriebes von 80% der vollen Druckhöhe würde aber auch hier eine Druckbeanspruchung von 12 kg/qcm erst 50 m unter dem Wasserspiegel, eine solche von 15 kg/qcm erst 60 m unter dem Wasserspiegel erreicht werden.

Die Erbauung der Mauer soll nach Tafel XVI im Schutze eines etwa 90 m stromaufwärts von der Baustelle liegenden, massiven Wehres erfolgen, durch welches das Wasser, soweit es nicht durch das 1 m starke Grundablaßrohr abfließen kann, dem vor Erbauung des Wehres herzustellenden Entnahmestollen zugeführt werden soll. Aus diesem Stollen gelangt das Wasser durch den mit ihm während des Baues verbundenen unteren Teil des Überlaufstollens wieder in das Schwarzenbachbett zurück.

Infolge der Umleitung des Schwarzenbachwassers kann die Erbauung der Talsperre ohne erhebliche Belästigung durch Wasserzufluß in die Baugrube erfolgen.

Das zur Erleichterung der Bauausführung vorgesehene Wehr soll auch später erhalten bleiben, da es mit Hilfe der Grundablaß-Rohrleitung eine gelegentliche völlige Trockenlegung der Staumauer zu Unterhaltungszwecken bei kleinen Wasserführungen des Schwarzenbaches gestattet. Das eingemauerte gußeiserne Grundablaßrohr besitzt 2 Abschlußschieber. Da der Grundablaß nur ganz ausnahmsweise einmal benutzt werden wird, wurde von der Anbringung des im Staubecken gelegenen Schiebers in einem besonderen Turme Abstand genommen. Sollte der Schieber bei geplanter Entleerung des Staubeckens einmal versagen, so ist derselbe durch Taucher loszuschrauben und zu entfernen, worauf die Regelung des Abflusses durch den zugänglichen Schieber am Rohrende erfolgen kann.

Als Überlauf dient ein trichterförmiges, mit einem Schutzgitter versehenes Becken, das an seinem ganzen 25,6 m langen achteckigen Rande überströmt wird, wenn der Wasserspiegel im Staubecken den normalen Stand von + 662,0 m übersteigt. Auch bei einem stärksten Zufluß zum Staubecken von 2,5 cbm/Sek. von 1 qkm Einzugsgebiet übersteigt dabei der Wasserspiegel die Ord. + 663,0 m nicht. Aus diesem Überlaufbecken gelangt das überlaufende Wasser in einen 30 cm stark ausbetonierten und mit einer Stahlpanzerung ausgekleideten kreisförmigen Stollen von 2 m Durchmesser. Dieser Stollen fällt zunächst unter einem Winkel von 30° zur Lotrechten steil ab, um dann mit einer Übergangskurve von 12 m Halbmesser in die wagerechte Lage überzugehen. Er leitet das Wasser in zwei übereinander angeordnete Beruhigungsbecken ein, aus denen es etwa 200 m unterhalb der Talsperre in das Schwarzenbachbett zurückfließt.

Der Überlauf wird bei der geringen Ausdehnung des Einzugsgebietes von nur 23 qkm und dem im Verhältnis zu diesem kleinen Speisungsgebiete bedeutenden Fassungsraum des Staubeckens nur sehr selten in Wirksamkeit treten und daher in nicht sehr starker Weise beansprucht werden, so daß eine Gefährdung der Panzerung nicht zu befürchten ist*.

Die Ableitung des Nutzwassers aus dem Staubecken erfolgt durch den Entnahmestollen, der um das nördliche Ende der Staumauer herumgeführt ist und mit seiner Sohle auf Ord. + 620,5 m liegt. Er hat ein ringsum mit Beton ausgekleidetes, abgerundetes Profil von 3,0 m Breite bei 2,5 m mittlerer Höhe und endet in dem lotrechten Schieberschacht 1 a. Aus diesem Schieberschacht führt der 1390 m lange Druckstollen III a, der das gleiche Querprofil wie der Entnahmestollen besitzt, das Wasser durch die Wasserscheide zwischen dem Schwarzenbach- und dem Murgtal, unter dem Lachsberg hindurch in einen weiteren lotrechten Schacht 2 a, aus dem die drei Druckrohre abzweigen, die das Wasser der Zentrale bei Forbach zuführen. Der Schacht 2 a dient gleichzeitig als Schieber- und als Ausgleichschacht. In der zuletzt genannten Eigenschaft verhindert er das Auftreten von Wasserschlägen, die für die unter starkem Druck stehenden Rohrleitungen und Turbinen schädlich werden könnten. Die Schächte sind gegen die Stollen durch Schützen und gegen die Rohrleitungen durch Schieber abschließbar. Die Bewegung der Schützen, die nur in der Richtung gegen die Stollen hin durch Wasserdruck beansprucht werden sollen, und der Schieber erfolgt von den über den Schächten errichteten Schutzhäusern aus. Die drei nebeneinander liegenden Druckrohrleitungen werden durch einen Stollen aus dem unteren Teile des Schachtes herausgeführt. Die an ihrem oberen Ende in den Stollen einbetonierten Rohrleitungen sind aus geschweißten Rohren hergestellt, die durch lose Flanschringe verbunden werden.

Die offen verlegten Rohrleitungen haben im oberen Teile einen inneren Durchmesser von 1,25 m, während der unter sehr bedeutendem Druck stehende untere Teil der Rohre nur einen inneren Durchmesser von 1,15 m besitzt. Die Wandstärken

* Die Verletzung der Auspanzerung der Überlaufstollen bei der Talsperre von Markklissa hat in manchen Kreisen Bedenken gegen die Zweckmäßigkeit solcher Überlaufstollen wachgerufen. Bei genügend starker Auspanzerung sind diese Bedenken indessen nicht berechtigt. Es ist auch zu berücksichtigen, daß die Verhältnisse bei Markklissa sehr viel größere sind, insofern das Einzugsgebiet der Marklissatalsperre 303 qkm beträgt, gegenüber nur 23 qkm bei der Schwarzenbachsperre. Die Überlaufstollen bei Markklissa erhielten daher einen Durchmesser von 5 m gegenüber 2 m bei der Schwarzenbachsperre.

nehmen von 8 auf 32 mm zu. Diese Rohrleitungen werden neben den Rohrleitungen des Murgwerkes am Hang des Haulerberges hinuntergeführt und wie diese Rohrleitungen verankert und mit Ausdehnungsfugen versehen. Sie erhalten neben dem Kraftwerk eine um 2,5 m tiefere Lage als die Rohrleitungen des Murgstollenwerkes, so daß sie unter den letzteren angeordnet werden können. Die drei Druckrohre des Schwarzenbachwerkes enden ebenso wie die beiden Rohre des Raumünzachwerkes in einem unter dem Fußboden des Kraftwerkes liegenden Sammelrohr, aus dem die Turbinen gespeist werden. In das Sammelrohr können im Bedarfsfall zwischen je zwei einmündende Druckrohre Drosselklappen eingebaut werden, von denen auf Tafel XII eine eingezeichnet ist. Jedes der Druckrohre kann 3 cbm Wasser in der Sekunde dem Kraftwerk zuführen. Das mittlere Nutzgefälle des Schwarzenbachwerkes beträgt 348 m.

III. Das Raumünzachwerk*.

(Tafel V, VI, XVI, XVII und XX.)

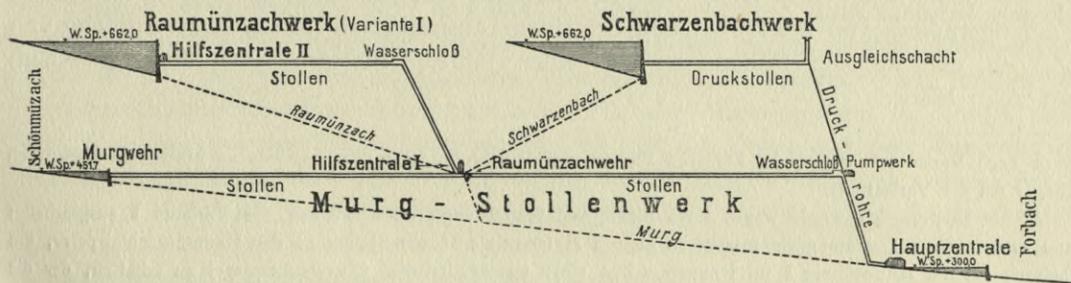
Das Raumünzachwerk nutzt den Abfluß einer 28 qkm großen Geländefläche aus. Das aus diesem Gebiete abfließende Wasser der Raumünzach wird durch ein Staubecken aufgenommen, das durch eine rund 750 m unterhalb der Zusammenflußstelle des Hundsbaehes und der Biberach gelegene Talsperre gebildet wird. Die Talsperre kann unmittelbar auf dem hier zutage tretenden, mit Porphyradern durchzogenen Granitfelsen gegründet werden. Sie liegt dicht oberhalb einer Stelle des Bachbettes mit starkem Gefälle, woraus auf die besondere Festigkeit des Baugrundes geschlossen werden kann. Die Bachsohle liegt hier auf Ord. + 609,0 m, so daß bei der

* In dem Entwurfe vom April 1907 wurde das Raumünzachwerk in zwei Varianten bearbeitet.

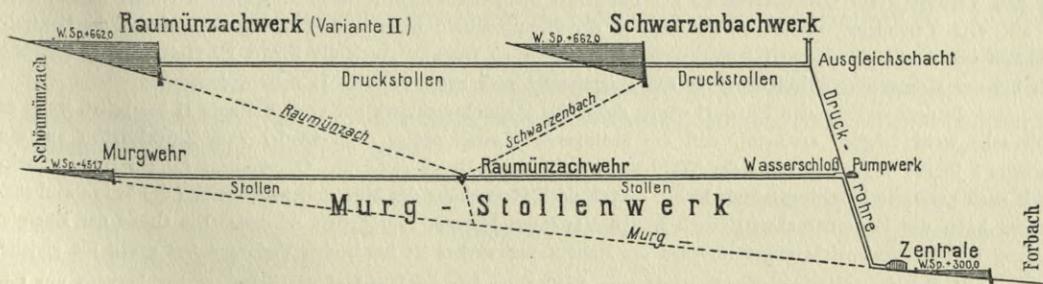
Bei der in die vorliegende Beschreibung nicht aufgenommenen Variante I des Raumünzachwerkes erfolgte die Fassung und Aufstauung des Raumünzachwassers in der gleichen Weise wie bei der hier beschriebenen Variante II, durch die nämliche Talsperre. Die Ausnutzung des Wassers aber ist insofern eine verschiedene, als das Wasser aus dem Staubecken nicht wie beim Schwarzenbachwerk und wie beim Raumünzachwerk nach Variante II unmittelbar zur Zentrale bei Forbach geleitet, sondern zunächst durch eine Hilfszentrale im Raumünzachtale neben dem Wehre II bis zur Höhe des Murgstollenwerkes ausgenutzt wird. Das aus dem Untergraben dieser Hilfszentrale ausfließende Wasser vereinigt sich in diesem Falle in dem Sammelbecken beim Wehre II im Raumünzachtale mit dem Wasser des Murgstollenwerkes, um durch die Anlagen dieses Werkes weitergeleitet und in der Hauptzentrale bei Forbach nochmals verarbeitet zu werden.

Die Anordnung der beiden Varianten geht aus den Längenschnitten I und II hervor:

I. Längenschnitt durch das badische Murgwerk mit dem Raumünzachwerk nach Variante I:



II. Längenschnitt durch das badische Murgwerk mit dem Raumünzachwerk nach Variante II:



Da die Anlagen des Murgstollenwerkes ohne Erweiterung auch für die Ausnutzung des Wassers des Raumünzachstaubeckens ausreichen werden, insofern der Raumünzachtalsperre nur dann Wasser entnommen zu werden braucht, wenn die Murg dem Murgstollenwerk keine genügende Wassermenge zuführt, ist das Raumünzach-

Lage des Überlaufes auf Ord. + 662,0 sich eine normale Stauhöhe von 53 m ergibt. Der nutzbare Fassungsraum des Staubeckens oberhalb der Ord. + 625,0 beträgt etwa 15 Mill. cbm, oder 47,5 % des berechneten mittleren Jahreszuflusses von 31,6 Mill. cbm. Das überstaute Gebiet ist größtenteils mit Wald bedeckt.

Da während des größten Teiles des Jahres Wasser vom Raumünzachbecken zum Schwarzenbachbecken abfließen wird, hätte der Überlauf im Raumünzachbecken etwas höher angeordnet werden können, als im Schwarzenbachbecken*. Es ist dies aus dem Grunde nicht geschehen, weil gerade in wasserreichen Zeiten das noch zu besprechende Pumpwerk Wasser von der Murg her in das Schwarzenbachbecken hinaufpumpt, so daß sehr wohl auch der Fall eintreten kann, daß der Wasserspiegel im Schwarzenbachbecken früher die Höhe des Überlaufes erreicht, als derjenige des Raumünzachbeckens.

Das Staubecken im Raumünzachtale, ebenso wie dasjenige im Schwarzenbach-tale ist etwa an derjenigen Stelle des Flußlaufes angeordnet, wo der mittlere jährliche Zufluß multipliziert mit der nutzbaren Fallhöhe den Höchstwert erreicht, wo demnach die ausgenutzte Kraft die größtmögliche ist. Ein glücklicher Zufall ist es, daß gerade an diesen Stellen sich auch die besten örtlichen Verhältnisse für die Anlage von Staubecken vorfinden.

Die beiden Staubecken des badischen Murgwerkes im Schwarzenbach- und im Raumünzachtal besitzen zusammen einen nutzbaren Fassungsraum von rund 26,5 Mill. cbm. Nach den vorsichtig aufgestellten Kostenanschlägen stellt sich der Preis der diese beiden Staubecken bildenden Talsperren bei einem Mauerwerksaufwand von etwa 300000 cbm, einschließlich der Kosten für den Bodenerwerb, für Entschädigungen und Wegeverlegungen auf 7,4 Mill. Mk. Dabei kostet der Fassungsraum 28 Pf./cbm.

Dieser Preis ist an sich kein besonders niedriger, da nach einer Zusammenstellung Intzes der Fassungsraum von 17 Staubecken im Wupper-, Ruhr- und Urftgebiet sich gemittelt auf 24,8 Pf./cbm stellte**. Es ist indessen zu beachten, daß bei Staubecken, die zur Energieregulierung benutzt werden, nicht der Preis der Einheit des Fassungsraumes, sondern derjenige eines Stauraumes, der imstande ist, eine Energieeinheit aufzuspeichern, der richtige Wertmesser ist. Infolge des bedeutenden mittleren Nutzgefälles der beiden badischen Talsperrenwerke von 348 m stellt sich dabei das Verhältnis für diese Anlagen wesentlich günstiger. Denn es kostet der Stauraum, der zur Aufspeicherung einer Jahrespferdestärke ausreicht, bei den badischen Talsperren des Murgwerkes 2530 Mark. Demgegenüber stellt sich bei der preiswertesten der erwähnten 17 westdeutschen Talsperren, der Urfttalsperre bei Gemünd, bei einem Preis des Fassungsraumes von 9 Pf./cbm und bei einem ausnutzbaren mittleren Nutzgefälle von 96,5 m der für die Aufspeicherung einer Jahrespferdestärke erforderliche Raum auf 2940 Mark.

werk nach Variante I wegen der kürzeren Stollen und Druckrohre und der Ersparnis an Maschinen wesentlich billiger als die Variante II.

Ursprünglich wurde wegen ihres niedrigeren Herstellungspreises lediglich die Variante I ausgearbeitet und zwar unter Einschaltung einer weiteren kleinen Hilfszentrale II unmittelbar an der Raumünzachtalsperre, um dadurch für die Hilfszentrale I im Raumünzachtal einen unveränderlichen Oberwasserspiegel zu schaffen, der die Anlage einer nicht unter Druck stehenden Wasserzuleitung und eines offenen Wasserschlosses ermöglicht.

Die Bearbeitung des Raumünzachwerkes nach Variante II erfolgte erst auf Grund der Verhandlungen mit den Vertretern der Generaldirektion der Badischen Staatseisenbahnen, nachdem dieselben erklärt hatten, daß sie auf eine Vereinigung sämtlicher Turbinen in der Hauptzentrale besonders Wert legten, und daß die Generaldirektion bereit sei, die dadurch entstehenden Mehrkosten zu tragen. Auch die Firma E. Holtzmann & Cie. hat sich bei der Konzessionsnachsichtung für das Raumünzachwerk nach Variante II entschieden.

In dem vorliegenden Entwurf wurde daher das Raumünzachwerk nur nach Variante II bearbeitet, wenn es auch sehr wohl möglich erscheint, daß die niedrigeren Kosten später doch wieder zum Zurückgreifen auf die Variante I führen werden, die bei der Wahl eines nicht unter Druck stehenden Obergrabens für das Raumünzachwerk auch geringere Betriebsgefahren bietet. Auch nach Herstellung des Murgstollenwerkes und des Schwarzenbachwerkes kann das Raumünzachwerk nach beiden Varianten bequem angegliedert werden. Die Größe der Energieleistung und des Aufspeicherungsvermögens des Raumünzachwerkes ist bei beiden Varianten fast genau die gleiche.

* Bei dem ursprünglichen Entwurf vom April 1907 lag der Überlauf des Schwarzenbachbeckens um 1 m niedriger, als derjenige des Raumünzachbeckens.

** s. Th. Koehn, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Teil: Der Wasserbau (Leipzig, 1908, Wilhelm Engelmann), Band XIII, S. 716.

Die Staubecken des badischen Murgwerkes müssen hiernach als besonders preiswert gelten.

Die Staumauer im Raumünzachtal ist nach demselben Querprofil gestaltet, wie die Schwarzenbachtalsperre. Der Überlauf ist mit einer Kaskade verbunden, die das über eine halbkreisförmige Überlaufmauer von 25 m Länge zufließende Wasser 100 m unterhalb der Staumauer in das Flußbett zurückleitet. Der Wasserabfluß beträgt bei einer Überflutungshöhe von 1,2 m 70 cbm/Sek. oder 2,5 cbm/Sek. von 1 qkm Einzugsgebiet. Die Entnahme des Wassers ist, wie bei der Schwarzenbachtalsperre, durch einen Entnahmestollen geplant, der in einem mit einem Schutzhaus überbauten Schieberschacht (Regulierungsschacht) endet. Aus diesem Schieberschacht zweigt ein Leerlaufstollen ab, der im untersten Beruhigungsbecken der Überlaufkaskade endet. Während der Erbauung der Talsperre kann das Bachwasser, das durch einen Damm oder durch ein massives Wehr oberhalb der Baustelle aufgestaut werden soll, durch den Entnahme- und den Leerlaufstollen um die Baugrube herumgeleitet werden. Auf die gleiche Weise ist auch im Bedarfsfalle eine spätere völlige Trockenlegung der Staumauer zu Untersuchungs- und Ausbesserungsarbeiten möglich. Zu diesem Zweck sind die beiden Stollen möglichst tief angeordnet worden. Ihre Sohle liegt auf der Ord. + 612,5 m. Bei etwaigem späteren Anschluß von Staubecken im oberen Schönmünzachtal soll die Zuführung des Schönmünzachwassers durch einen über dem Leerlaufstollen liegenden kurzen Stollen erfolgen, durch den eine Rohrleitung von der Überlaufkaskade her in den Schieberschacht eingeführt wird.

Aus dem Schieberschacht, der einen quadratischen Querschnitt von 4 m Seitenlänge besitzt, zweigt der Stollen IV ab, der das Wasser aus dem Raumünzachtalbecken zum Schwarzenbachtale führt. Dieser Stollen besitzt eine Länge von 4700 m. Um die Kosten dieses Stollens möglichst niedrig zu halten, erhielt derselbe nur eine mittlere Breite von 1,8 m, bei einer mittleren Höhe von ebenfalls 1,8 m, so daß die Querschnittfläche 3,24 qm beträgt. Gleichfalls zur Erniedrigung der Kosten wurde von einer Auskleidung dieses Stollens mit Beton abgesehen. Nur wenn der Stollen gegen Erwartung undichtes Gebirge durchfahren sollte, ist die Anbringung einer Betonummantelung beabsichtigt. Der Wasserdurchfluß durch den Stollen würde bei einem wirksamen Druckgefälle von 1:4000 etwa 1,0 cbm/Sek., bei einem Gefälle von 1:2000 etwa 1,5 cbm/Sek., bei einem Gefälle von 1:1000 etwa 2,0 cbm/Sek. und bei einem Gefälle von 1:500 etwa 3,0 cbm/Sek. betragen.

Trotz seiner kleinen Abmessungen ist das Leitungsvermögen dieses Stollens ein ausreichendes, weil die Zentrale während des Betriebes mit dem Schwarzenbachstaubecken in Verbindung steht und der Wasserbedarf daher stets zunächst aus dem Schwarzenbachbecken befriedigt werden kann, das bei seinen großen Abmessungen imstande ist, jederzeit die erforderliche Wassermenge abzugeben. Fällt infolge der Wasserentnahme aus dem Schwarzenbachbecken der Wasserspiegel in diesem unter den Wasserspiegel des Raumünzachtalbeckens, so tritt ein Ersatz aus dem Raumünzachtalbecken durch Zuströmen von Wasser durch den Stollen IV ein, und zwar in um so stärkerem Maße, je größer der Wasserspiegelunterschied in den beiden Staubecken ist. Da der mittlere Jahreszufluß des Raumünzachtalstaubeckens rund 1 cbm/Sek. beträgt, muß im Jahresmittel auch diese Wassermenge den Stollen durchfließen. Zur Beförderung dieser mittleren Wassermenge von 1 cbm/Sek. durch den Stollen IV ist ein relatives Druckgefälle von 1:4000 oder bei der Länge der ganzen Verbindungsleitung von rund 5400 m ein Wasserspiegelunterschied von etwa 1,35 m erforderlich. Zu Zeiten andauernder, starker Wasserentnahme aus den Staubecken und geringen Zuflusses wird der Höhenunterschied der beiden Beckenspiegel über dieses Maß anwachsen, wodurch ein schnelleres Nachfließen von Wasser aus dem Raumünzachtalstaubecken zum Schwarzenbachstaubecken hin bewirkt wird.

Bei normalem Betrieb des Werkes wird die Wasserführung im Stollen indessen nur ausnahmsweise 2 cbm/Sek. erreichen, wobei der Wasserspiegelunterschied etwa auf 5 m ansteigen wird.

Durch die gewählten kleinen Abmessungen des Stollens wird die Wasserlieferung an die Zentrale in keinem Falle berührt werden, solange das Schwarzenbachstaubecken im Betrieb ist. Die Außerbetriebsetzung eines Staubeckens ist aber ein so

selten vorkommendes Ereignis, daß bei seinem Eintritt eine Einschränkung des Betriebes statthaft erscheint. Die Verhältnisse liegen bei dem geplanten badischen Murgwerke gerade in dieser Beziehung besonders günstig, da bei der vorübergehenden Außerdienststellung einer der drei zusammenarbeitenden Werke die beiden anderen den Betrieb ohne allzustarke Einschränkung aufrecht erhalten können.

Ein Nachteil des gewählten kleinen Stollenprofils könnte darin erblickt werden, daß bei ungleichmäßiger Füllhöhe der beiden Staubecken infolge des zu langsamen Ausgleiches der beiden Wasserspiegel eines der Becken überlaufen könnte, bevor das andere gefüllt ist. Das ist aber nur ganz ausnahmsweise zu befürchten, weil die Fassungsräume der beiden Staubecken fast im gleichen Verhältnisse zu ihren Einzugsgebieten stehen, und die Einzugsgebiete dicht nebeneinander und unter den gleichen klimatischen Bedingungen liegen, so daß die Abflußhöhen im allgemeinen nur wenig voneinander abweichen werden.

Bei dem bedeutenden Fassungsraum der Staubecken mit etwa der Hälfte des mittleren Jahreszuflusses braucht bei richtigem Betrieb ein Überlaufen der Staubecken in den meisten Jahren auch überhaupt nicht vorzukommen. Wenn aber bei ungewöhnlich starkem Zufluß einmal eines der Becken überlaufen sollte, ehe das andere vollständig gefüllt ist, so ist der dabei eintretende Verlust in solchen Zeiten des Wasserüberflusses nur von geringer Bedeutung, zumal in den meisten Fällen die starke Wasserführung der speisenden Bäche nicht gerade bei Füllung des einen Beckens aufhören wird, so daß gewöhnlich sich auch das andere Becken noch nachträglich ganz zu füllen vermag.

Auch der Gewinn an Energie, der bei einer möglichst vollständigen Auspiegelung der beiden Staubecken infolge der höheren Lage des Wasserspiegels im Schwarzenbachbecken eintreten würde, rechtfertigt nicht die Herstellung eines Stollens von erheblich größerem Querschnitt. Denn der Gewinn an Druckhöhe, der etwa der halben Differenz der Wasserspiegelunterschiede gleichgesetzt werden kann, bleibt auch bei einer wesentlichen Vergrößerung des Stollenquerschnittes gering und ergibt im günstigsten Falle nur einen mittleren Gewinn von 10 bis 20 PS., deren Wert die Aufwendung bedeutender Mehrkosten für ein größeres Stollenprofil, die nach Hunderttausenden von Mark zählen würden, nicht lohnend erscheinen läßt.

Wenn so die Bedürfnisse des Raumünzachwerkes allein eine Vergrößerung des gewählten Stollenprofils nicht rechtfertigen, so soll doch eine mäßige Erweiterung desselben auf etwa $2,2 \times 2,2$ m ins Auge gefaßt werden, weil der Stollen IV bei einstiger Verstärkung des badischen Murgwerkes durch Zuziehung der Kräfte der oberen Schönünzach zweckmäßig auch zur Zuleitung des Wassers der oberen Schönünzach zur Zentrale bei Forbach benutzt werden wird. Dadurch würde aber die mittlere Wasserführung des Stollens von 1 auf etwa $1\frac{3}{4}$ cbm/Sek. ansteigen, welche Wassermenge ein unausgekleideter Stollen von $2,2 \times 2,2$ qm Querschnittsfläche bei einem Gefälle von 1:4000 abzuleiten vermag.

Über diese Vergrößerung des Stollenprofils kann aber die Entscheidung noch bis zur einstigen Ausführung des Raumünzachwerkes verschoben werden, da alsdann größere Klarheit über die Möglichkeit der Ausnutzung der Wasserkräfte der oberen Schönünzach im Anschluß an das badische Murgwerk bestehen wird.

Um die Ausführung zu erleichtern, ist auch der Stollen IV durch Querschläge in vier gesonderte Teile zerlegt worden. Der Stollen tritt im Schwarzenbachtale, wie auf Tafel XVI zu sehen ist, dicht unterhalb der Talsperre zutage. Das Wasser wird durch ein Rohr von 1,75 m Durchmesser über das Schwarzenbachbett hinübergeleitet und am gegenüberliegenden Talhang durch einen kurzen Stollen in den Schieberschacht 1 b eingeführt. Bei Zuziehung des Wassers des Ober-Schönünzachwerkes soll ein zweites Rohr gleichen Durchmessers zugefügt werden. Der Schacht 1 b liegt dicht neben dem Schacht 1 a des Schwarzenbachwerkes und ist durch zwei beiderseitig mit Schiebern abschließbare Rohre von 1,25 m Lichtweite mit diesem verbunden. Durch die beiden Schieberschächte hindurch steht das Wasser der beiden Talsperren mit einander in Verbindung.

Aus dem Schacht 1 b gelangt das Raumünzachwasser durch einen 12 m vom Stollen III a entfernt liegenden ausbetonierten und mit Glattstrich versehenen Parallel-

stollen III b von 4 qm Querschnitt in den Schieber- und Ausgleichschacht 2 b, der neben dem Schachte 2 a gelegen, gleichfalls durch 2 mit Schiebern verschließbare Rohre von 1,25 m Weite mit ihm verbunden ist.

Aus dem Schachte 2 b führen zwei Druckrohrleitungen in den gleichen Abmessungen der drei Rohrleitungen des Schwarzenbachwerkes zum Hauptkraftwerk. Die Anordnung der Stollen und Rohrleitungen ist so getroffen worden, daß jeder beliebige Teil ohne Unterbrechung des Betriebes ausgeschaltet werden kann.

Bei normalem Betrieb soll der Stollen III a bis zu 10 cbm, der Stollen III b bis zu 5 cbm Wasser in der Sekunde ableiten. Bei vorübergehender Ausschaltung eines der Stollen zu Ausbesserungszwecken kann die Leistungsfähigkeit des anderen aber unbedenklich auf das 1¹/₂ fache dieser Leistung gesteigert werden. Auch bei Außerbetriebsetzung des Schachtes 1 a kann eine Speisung des Stollens III b aus dem Schwarzenbachstaubecken durch die vorgesehene Aushilfsrohrleitung erfolgen.

Die Druckrohre sollen je bis zu 3 cbm Wasser in der Sekunde dem Kraftwerke zuführen. Die 5 Druckrohre würden daher zusammen 15 cbm/Sek. durchlassen.

Wenn der Entwurf auch für eine Wasserlieferung aus den beiden Talsperren von 15 cbm/Sek., entsprechend einer Leistung von reichlich 60 000 PS., aufgestellt wurde, um auch noch im ungünstigsten Falle den Kraftbedarf der Zentrale decken zu können, so ist es doch fraglich, ob eine gleichzeitige Ausnutzung einer so großen Wassermenge tatsächlich erforderlich werden wird. Es sollen daher die Rohrleitungen entsprechend dem steigenden Energiebedarf einzeln verlegt und auch die Maschineneinheiten des Kraftwerkes dem Bedarf entsprechend aufgestellt werden. Die übrigen Anlagen der badischen Talsperrenwerke müssen dagegen gleich anfangs in vollem Umfange hergestellt werden.

Von einer Erweiterung des Stollens III b zur Ableitung der größten Wassermenge von 15 cbm/Sek. auch bei einer Betriebsstörung im Stollen III a konnte abgesehen werden, da ein so großer Wasserbedarf, wenn überhaupt, so doch jedenfalls nur in seltenen Fällen und zu bestimmten, vorher bekannten Zeiten des Jahres eintritt, so daß zu den weniger belasteten Zeiten Ausbesserungsarbeiten im Stollen III a ohne Behinderung des Betriebes vorgenommen werden können. Bei guter Ausführung werden größere Ausbesserungsarbeiten in den Stollen zudem erst nach Jahrzehnten erforderlich werden, während etwa nötige Ausbesserungen an den Schützen und Schiebern meist in kurzen Betriebspausen, wie sie in jeder Nacht vorkommen, ausgeführt werden können.

Aller Voraussicht nach wird der Wasserbedarf des Werkes auch in der weiteren Zukunft 12 cbm/Sek. nicht oder doch nur ausnahmsweise übersteigen, so daß vier Rohrleitungen zum Betriebe des Kraftwerkes ausreichen würden, und das fünfte Rohr nur zur Reserve oder zur Verringerung der Wassergeschwindigkeit in den Rohrleitungen und dadurch zur Einschränkung der Betriebsgefahren verlegt zu werden braucht.

Die Rohrleitungen werden wie diejenigen des Schwarzenbachwerkes ausgebildet.

Das mittlere ausnutzbare Gefälle des Raumünzachwerkes beträgt, wie das des Schwarzenbachwerkes, 348 m.

IV. Die gemeinschaftliche Zentrale (Hauptkraftwerk).

(Tafel XII und XIII.)

Die Zentrale, in der sowohl das durch das Murgstollenwerk zugeführte Wasser, als auch dasjenige aus den Staubecken im Schwarzenbach- und im Raumünzachtal verarbeitet werden soll, liegt am oberen Ende des Talkessels von Forbach, 300 m oberhalb der Heiligen-Säge auf einem flachgeneigten Wiesengelände am linken Ufer der Murg. Sie wird, wie alle übrigen Bauwerke des ganzen Entwurfes, mit einziger Ausnahme des Murgwehres bei Schönünzach und des Stauwerkes des Ausgleichbeckens bei Forbach, deren Baugrund noch nicht untersucht ist, auf Granitfelsen gegründet werden können. Die Murg soll hier durch eine hochwasserfreie Ufermauer

eingefaßt werden, die bis zum Ende des Untergrabens reicht. Das Kraftwerk ist um 8,5 m gegen die Vorderkante dieser Mauer zurückgesetzt, um Raum für die Lagerung der Druckrohre zu gewinnen. Die Druckrohre sind in 2 Stockwerken so gelagert, daß die in ihrem unteren Ende 1,15 m starken Rohrleitungen der Talsperrenwerke tiefer als der Fußboden der Maschinenhalle, die 1,70 m starken Rohre des Murgwerkes aber höher als derselbe liegen.

Die Zentrale bei Forbach zerfällt in die Maschinenhalle und in das angebaute Transformatorgebäude mit dem Schaltraum.

Die Maschinenhalle wird bei vollem Ausbau eine lichte Breite von 16,20 m und eine Länge von 117,70 m erhalten. Doch wird die Halle zunächst in kürzerer Länge zu errichten und bei Vermehrung der Maschineneinheiten zu verlängern sein.

Nach völligem Ausbau enthält die Maschinenhalle Raum für die Aufstellung von 17 Aggregaten, die je aus einer Hochdruckturbine und einem Generator mit gemeinschaftlicher wagerechter Achse bestehen.

Von diesen Aggregaten sind die 7 auf Tafel XII mit a bezeichneten zur Ausnutzung des vom Murgstollenwerk zugeführten Wassers bestimmt. Jede der gewählten Löffelradturbinen besitzt zwei Laufkränze, auf welche das Wasser durch je zwei Düsen geleitet wird. Da jede der Turbinen $2\frac{1}{3}$ cbm Wasser in der Sekunde verarbeitet, genügen sechs Turbinen zur Ausnutzung des größten Zuflusses des Murgstollenwerkes von 14 cbm/Sek. Die siebente Turbine dient zur Reserve.

Bei mittlerer Wasserführung beträgt das Nutzgefälle des Murgwerkes nach Abzug der Verluste im Druckrohr und im Vakuumraume der Turbinen rund 146,5 m.

Bei der stärksten Wasserführung des Werkes von 14 cbm/Sek. schwankt das Nutzgefälle je nach der Lage des Unterwasserspiegels zwischen rund 144,5 und 148,5 m. Das mittlere Gefälle bei dieser Wasserführung wurde zu 146 m ermittelt, wobei die sechs Turbinen zusammen bis zu 21750 PS. erzeugen können. Die Leistung des Murgstollenwerkes, dessen Wasser bei dem rein badischen Werke nicht durch Talsperren reguliert werden kann, hängt sehr wesentlich von der Art der Beanspruchung der Zentrale ab. Bei der vorgesehenen Verwendung eines erheblichen Teiles der Energie zur Lichterzeugung, sowie zum Bahnbetrieb, wobei mit einer stark wechselnden Belastung des Werkes gerechnet werden muß, wird die mittlere Leistung des Murgstollenwerkes nach Ergänzung durch das noch zu besprechende Pumpwerk etwa zwischen 7000 bis 7500 PS. schwanken. Sie kann in einem besonders trockenen Jahr, wie es das Jahr 1893 gewesen ist, aber auch auf 5500 bis 6000 PS. zurückgehen.

Die Aggregate b des Kraftwerkes, von denen je nach Bedarf bis zu 10 Stück Aufstellung finden sollen, nutzen das Wasser der beiden Talsperren im Schwarzenbach- und Raumünzachtale aus. Die hier zur Anwendung kommenden Turbinen sind Löffelradturbinen mit einem Laufrad und zwei Düsen. Sie verbrauchen je $1\frac{2}{3}$ cbm Wasser in der Sekunde und leisten bei einer Tourenzahl von 375 in der Minute normal je 6055 PS.

Diese Turbinen sind nur in Tätigkeit, wenn die von der Zentrale geforderte Kraft nicht dem Murgstollenwerk abgewonnen werden kann. Bei mittlerem Gefälle beträgt die Leistung dieses Teiles der Zentrale bei einem Wasserverbrauch von 15 cbm/Sek. 55680 PS. Bei dem größten vorkommenden Gefälle kann sie auf rund 57000 PS. gesteigert werden, so daß das ganze Kraftwerk dann bis zu rund 79000 PS. zu leisten vermag.

Während die dem Talsperrenwasser zu jeder Zeit abzugewinnende Leistung, solange überhaupt Wasser in den Talsperren vorhanden ist, eine bedeutende bleibt und nur mit der Füllhöhe der Staubecken innerhalb enger Grenzen schwankt, geht die Leistung des Murgstollenwerkes bei dem kleinsten Wasserstand auf etwa 2000 PS. zurück. Aber auch beim Zusammentreffen der ungünstigsten Verhältnisse kann, solange die Talsperren Wasser enthalten, die jederzeit verfügbare Leistung der Zentrale nach vollem Ausbau des Werkes nicht unter 54000 PS. fallen. Diese Leistung entspricht immer noch reichlich dem Vierfachen der mittleren Leistung des badischen Murgwerkes. Bei forciertem Betriebe könnte ohne Erweiterung der Anlagen die Wasserzuleitung von den Talsperren her auch wohl auf $16\frac{2}{3}$ cbm/Sek. gesteigert werden, so daß im Notfall

10 Turbinen gleichzeitig im Betrieb sein könnten, wobei die auch bei kleinstem Wasserstand in der Murg verfügbare Leistung kaum unter 60000 PS. hinuntergehen und die gesamte Leistungsfähigkeit des Werkes unter den günstigsten Verhältnissen auf über 85000 PS. ansteigen würde.

Ein so weitgehender Ausbau des Werkes würde aber jedenfalls nur dann erforderlich werden, wenn die gewonnene Energie später einmal fast ausschließlich zur Lichterzeugung und zum Bahnbetrieb Verwendung finden würde, wenn das Werk durch das Ober-Schönmünzachwerk erweitert ist und zusammen mit einem anderen Kraftwerk von wenig schwankender Leistung arbeiten sollte. Solange das nicht der Fall ist, wird die jederzeit verfügbare Leistung wesentlich geringer sein können. Es ist daher im Lageplan zunächst nur der Ausbau von sechs Aggregaten und eines Reserveaggregates für die Talsperrenwerke vorgesehen. Der endgültige Ausbau mit zehn Aggregaten ist als später im Bedarfsfalle zu erstellende Erweiterung gedacht und auf Tafel XII punktiert eingezeichnet.

Bei dieser Ausdehnung des Werkes würden drei Rohrleitungen zur Zuführung des Talsperrenwassers genügen. Die mittlere Leistung des durch Talsperren regulierbaren Wassers der Schwarzenbachtalsperre wurde zu 2400 PS.*, diejenige des Wassers aus der Raumünzachalsperre zu 3480 PS.* berechnet, so daß die mittlere Gesamtleistung dieser beiden Werke 5880 PS. beträgt.

In einem so niederschlagsarmen Jahre, wie es das Jahr 1893 gewesen ist, würde die mittlere Leistung allerdings auf 4220 PS.* zurückgehen können.

Die mittlere Leistung der drei badischen Werke zusammen in der gemeinschaftlichen Zentrale beträgt nach den gemachten Angaben bei Ausführung des Pumpwerkes, das die mittlere Leistung um 800 bis 1000 PS. vergrößert, etwa 13 200 PS., während die kleinste zu erwartende mittlere Leistung eines Jahres etwa 10 000 PS. betragen wird. Dabei ist ein Betrieb mit erheblichen Schwankungen in der Belastung des Werkes vorgesehen**. Bei den sehr vorsichtig angenommenen Grundlagen sowohl bei der Berechnung der Abflußmengen, als auch bei der Bestimmung des Wirkungsgrades der Turbinen dürften diese Werte indessen voraussichtlich etwas übertroffen werden.

Wenn auch die wesentlichsten Teile der Turbinen und Generatoren berechnet wurden, so ist der Entwurf der maschinellen Einrichtungen des Kraftwerkes doch nur als ein schematischer zu betrachten. Die Einzelheiten des maschinellen Ausbaues sollen erst später unter Mitwirkung der ausführenden Unternehmerfirmen festgelegt werden, weil jede Firma ihre besonderen Maschinentypen besitzt, die einem häufigen Wechsel unterliegen, so daß die Maschinen doch nicht genau nach den vorher gefertigten Plänen zur Ausführung gelangen würden. Während der mehrere Baujahre erfordernden Ausführung der Wasserbauten bietet sich dazu noch reichlich Zeit und Gelegenheit.

Von einer sich auf alle Einzelheiten erstreckenden Durcharbeitung der maschinellen Einrichtung der Zentrale konnte um so mehr Abstand genommen werden, als der wirtschaftliche Wert der Gesamtanlage durch die Einzelausbildung der maschinellen Teile kaum berührt wird, und es sich im vorliegenden Entwurfe in erster Linie um ein wasserbauliches Werk handelt.

Das von den Turbinen des Kraftwerkes ausgenutzte Wasser wird durch die Saugrohre einem Unterkanal zugeführt, der aus dem Felsboden unter der Maschinenhalle ausgesprengt und mit Betonwänden umkleidet ist. Der 6 m breite Kanal liegt mit seiner Sohle auf Ord. + 294,5 m. Er geht unterhalb des Maschinenhauses in einen offenen Graben über, der im Ausgleichbecken endet.

Die in den Turbinenwellen erzeugte Energie treibt die auf den gleichen Achsen befindlichen Drehstromgeneratoren. Diese Generatoren besitzen 16 Pole. Sie arbeiten mit einer Tourenzahl von 375 in der Minute und liefern Strom mit 5000 Volt Spannung

* Obschon die vorgesehenen Löffelradturbinen einen Wirkungsgrad von über 0,8 besitzen, wurde bei Berechnung der mittleren Energiemengen durchweg nur ein Wirkungsgrad von 0,75 zugrunde gelegt, um den Ausfällen bei nicht völliger Ausnutzung der Anlage Rechnung zu tragen. Die wirklichen mittleren Leistungen dürften daher die berechneten Werte etwas übersteigen.

** Nähere Angaben darüber finden sich im vierten Teile.

und 50 Perioden. Unter einem Teil der Maschinenhalle und dem angebauten Transformatorenhaus liegt der Kabelkeller. Im Erdgeschoß des Transformatorenhauses in gleicher Höhe mit dem Fußboden der Maschinenhalle sind die Transformatoren aufgestellt, welche die Spannung des Stromes von 5000 Volt auf 50000 Volt transformieren. Mit dieser Spannung geht der Strom in die Fernleitungen. Über dem Transformatorenraum ist der Schaltraum angeordnet. Die Schaltbühne ist balkonartig in die Maschinenhalle eingebaut und liegt 3,5 m über dem Boden der Maschinenhalle, so daß von ihr aus alle maschinellen Anlagen gut überblickt werden können. Über dem Schaltraum liegt der Raum für die Blitzschutzvorrichtungen. Die beiden Türme der Zentrale bieten Raum für die Verwaltung.

Der elektrische Teil des Werkes wird ebenso wie der maschinelle zweckmäßig erst kurz vor der Ausführung endgültig entworfen werden, um die neuesten Erfahrungen der zahlreichen in letzter Zeit fertiggestellten und noch im Bau befindlichen hydroelektrischen Zentralen berücksichtigen zu können. Dabei wird zu erwägen sein, ob nicht die Spannung des primären Stromes auf über 5000 Volt erhöht werden soll, wie es bei verschiedenen neueren Werken* geschehen ist, und ob sich nicht eine Vereinigung der Turbinen und der Generatoren auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte zur Kosten- und Raumersparnis empfehlen würde**.

V. Das Ausgleichbecken.

(Tafel XIII—XV.)

Das in dem Hauptkraftwerk ausgenutzte Wasser wird durch den Untergraben zunächst in ein Ausgleichbecken eingeleitet, das durch ein dicht oberhalb des Wehres der Dr. Dornschen Fabrikanlage errichtetes Stauwerk gebildet werden soll.

Das Ausgleichbecken dient dazu, das unregelmäßig, je nach dem augenblicklichen Kraftbedarf der Zentrale, aus den Staubecken im Schwarzenbach- und Raumünzachtale entnommene Wasser möglichst gleichmäßig auf die 24 Stunden des betreffenden Tages verteilt dem Mittellauf der Murg und den unterhalb gelegenen Kraftwerken zuzuführen.

Der Stauraum des Ausgleichbeckens wurde so bestimmt, daß er nicht nur zur Regelung des Wasserabflusses innerhalb der einzelnen Tage ausreicht, sondern auch einen Teil des an den Sonntagen unbenutzt abfließenden Murgwassers zurückhalten und an den Wochentagen der Murg zuführen kann, wodurch die Leistungsfähigkeit der unterhalb liegenden Werke nicht unerheblich gesteigert werden würde. Um ferner auch der Abnahme des Fassungsraumes des Beckens infolge von Auflandungen Rechnung zu tragen und dem Werke bei einer etwaigen späteren Erweiterung durch Staubecken auf württembergischen Gebiet eine genügende Bewegungsfreiheit, namentlich bei der einstigen Vereinigung mit einem nicht regulierbaren Kraftwerke, zu sichern, wurde der nutzbare Fassungsraum auf 296000 cbm festgesetzt. Dieser nutzbare Fassungsraum ist in dem auf Tafel XIII dargestellten Staubecken zwischen den Wasserspiegellagen auf Ord. + 296,0 und + 300,0 m, zwischen denen der Stauspiegel beim Betrieb des Werkes schwanken soll, vorhanden.

Das zur Bildung des Ausgleichbeckens dienende Stauwerk ist im Gegensatz zu den übrigen Talsperren des Entwurfes gradlinig gestaltet worden. Es soll bis zu dem gewachsenen Felsen hinuntergeführt werden, dessen Tiefenlage allerdings noch durch Schürfungen festgestellt werden muß. Für den Entwurf ist angenommen worden, daß sich gesunder Felsen im ganzen Talquerschnitt nicht tiefer als auf Ord. + 284,0 m findet, was nach der Gestaltung des Flußbettes wahrscheinlich ist. Sollten sich die Untergrundverhältnisse gegen Erwarten als besonders ungünstig

* Beim Brusiowerk (1907) wurden 7000 Volt, beim Löntschwerk (1908) 8000 Volt, bei Marklissa 10000 Volt gewählt. Stellenweise ist man sogar noch weiter, bis auf 20000 Volt, gegangen. Siehe E. Mattern, Die Ausnutzung der Wasserkräfte, 2. Auflage (Leipzig 1908, Wilhelm Engelmann) S. 340.

** Beim Löntschwerk wurde diese Anordnung gewählt, wobei auf eine elastische Kuppelung ganz verzichtet und die starr durchgehende Achse in 3 wassergekühlten Lagern gebettet wurde.

herausstellen, so müßte eine Verschiebung des Stauwerkes 100—200 m stromaufwärts erfolgen, wo der gewachsene Felsen dicht unter der Flußsohle ansteht. Hierdurch würde indessen der Fassungsraum und damit der Nutzen des Ausgleichbeckens erheblich verringert werden.

Das zur Bildung des Ausgleichbeckens dienende 252,4 m lange Stauwerk zerfällt in drei gesonderte Teile, in die beiden 86,2 bzw. 82,0 m langen, mit ihrer Krone hochwasserfrei liegenden Flügel und den 84,2 m langen Mittelbau. In dem letzteren sind die Vorrichtungen zur Ableitung des Wassers angebracht.

Die Ableitung des Wassers aus dem Staubecken in das unterhalb gelegene Murgbett kann auf drei verschiedenen Wegen erfolgen:

1. durch zwei mit Walzenverschlüssen versehene Öffnungen von je 20 m Breite und 1,6 m Höhe;
2. durch drei mit Rollschützen verschließbare Öffnungen von je 2 m Breite und 5 m Höhe;
3. über die auf Ord. + 300,0 m gelegene Überlaufkante, deren Gesamtlänge 60 m beträgt.

Die Öffnungen im Stauwerk, deren Verschlüsse sowohl mit Hand, als auch mit Elektromotoren bewegt werden können, dienen ebenso wie der Überlauf nur zur Ableitung des Hochwassers der Murg, während die normalen Wassermengen bis 15 cbm/Sek. dem Ausgleichbecken durch einen Stollen, der am westlichen Ende des Stauwerkes abzweigt, entnommen werden sollen. Die Regulierung des Wasserzuflusses zu diesem Stollen erfolgt durch Schützenverschlüsse, die in zwei nebeneinanderstehende Entnahmetürme eingebaut sind. Der Stollen leitet das Wasser einem besonderen Kraftwerk zu.

Diesem Kraftwerk, das unter dem Namen »Gausbachwerk« auf Tafel XVIII dargestellt ist und bei den Erweiterungen des Murgwerkes im Abschnitt B noch besprochen werden soll, wird das Wasser während der einzelnen Tage gleichmäßig verteilt zugeführt.

Nachdem das Wasser in dem Gausbachwerk ausgenutzt ist, fließt es in den Einlauf des Obergrabens des bestehenden Werkes der Fabrik Wolfsheck ein, dessen Wasserspiegel mit dem Wasserspiegel im Untergraben des Gausbachwerkes auf der gleichen Höhe liegt.

Die Ausgleichsperre trägt eine durchgehende Gleisanlage für einen Laufkranen, der zum Ausheben der Rollschützen zu Unterhaltungs- und Ausbesserungsarbeiten benutzt werden kann. Bei erforderlicher Beseitigung der Rollschützen werden die Öffnungen in der Ausgleichsperre vorübergehend durch Dammbalken verschlossen.

VI. Das Pumpwerk.

(Tafel XI.)

Die aus den beiden Staubecken des Schwarzenbach- und des Raumünzacherwerkes der Zentrale zugeleiteten Wassermengen werden so reguliert, daß nur dann Wasser der Zentrale zufließt, wenn Bedarf für Energie vorliegt. Es kann daher eine volle Verwendung derjenigen Energie stattfinden, die in dem aus diesen beiden Staubecken abgeleiteten Wasser enthalten ist.

Im Gegensatz dazu geht bei dem rein badischen Murgwerke ein erheblicher Teil der Energie verloren, der in dem Abfluß der vom Murgstollenwerke gefaßten Wasserläufe schlummert, insofern eine Regulierung der dieses Werk speisenden Wasserläufe, der Murg selbst, der Schönmünzach und der untern Raumünzach durch Staubecken auf badischem Gebiete unmöglich ist.

Ein erheblicher Energieverlust wird zunächst dadurch verursacht, daß aus wirtschaftlichen Gründen das Wasserleitungsvermögen der Anlagen des Murgstollenwerkes auf 12 bzw. 14 cbm/Sek. beschränkt worden ist, wodurch die Ausnutzung einer diese Werte übersteigenden Wassermenge ausgeschlossen wird. Bei hohen Wasserständen in der Murg und in der untern Raumünzach wird daher ein Teil der Wasserführung dieser Flüsse unbenutzt über die Wehre fließen.

Die durch Wasserabfluß über die Wehre I und II hervorgerufenen Verluste verringern die in den ausgenutzten Flußstrecken im Jahresmittel abfließende Wassermenge von 7,37 cbm/Sek. auf 5,63 cbm/Sek., die durch den vorhandenen Stollenzug der Zentrale zugeleitet werden können. Beim badischen Murgwerk tritt dabei durch Abfluß von Wasser über die Wehre ein Energieverlust von nahezu 25% ein.

Die Energiemenge, die der durch das Murgstollenwerk gefaßten Wassermenge von 5,63 cbm/Sek. abgewonnen werden kann, berechnet sich bei einem Wirkungsgrad der Turbinen von 0,75 auf 8250 PS.

Bei den starken Schwankungen, denen einerseits der Wasserzufluß aus dem Murgstollen zu den Turbinen und damit die zu den einzelnen Zeiten verfügbare Energiemenge, andererseits aber der Energiebedarf der Zentrale unterliegt, kann auch die mittlere in dem zugeleiteten Wasser enthaltene Energie von rund 8250 PS. keine volle Verwertung finden.

Namentlich in den Nachtstunden, in denen der Energiebedarf eines Elektrizitätswerkes erfahrungsgemäß stark zurückgeht, bei hohen Wasserständen in den speisenden Wasserläufen, bei denen das Murgstollenwerk allein über 20000 PS. leisten kann, aber auch während des größten Teiles des Tages wird die Energieleistung des Murgstollenwerkes auch bei völliger Außerbetriebsetzung der Talsperrenwerke den Bedarf der Zentrale erheblich übersteigen. Es würde dabei der Überschuß der Energie des Wassers des Murgstollenwerkes über den gleichzeitigen Bedarf, der je nach den Schwankungen der Belastung des Werkes an den einzelnen Tagesstunden im Jahresmittel 1000 bis 2000 PS. betragen wird, zeitweise aber bis auf 18000 PS. ansteigen kann, der Ausnutzung vollständig verloren gehen.

Um diese Energiemengen wenigstens teilweise der Verwendung zu erhalten, soll ein Teil des nicht unmittelbar verwertbaren Wassers des Murgstollenwerkes in die Staubecken der Talsperrenwerke hinauf gepumpt und bis zur späteren Verwendung seiner Energie vorübergehend dort aufgespeichert werden.

Anlagen, die zur Aufspeicherung von Energie durch Aufpumpen von Wasser dienen, sind schon in einigen Fällen, so an der Aare bei Aarburg und am Rhein bei Schaffhausen zur Ausführung gelangt. Bei diesen ausgeführten Anlagen muß das Wasser, da es sich um Niederdruckanlagen handelt, fast um die ganze später ausgenutzte Gefällshöhe emporgehoben werden. Bei dem Wasser des Murgstollenwerkes ist dies nicht der Fall, indem hier die mittlere Hubhöhe des Wassers vom Wasserschloß aus nur etwa 205 m beträgt, während später in den Hochdruckturbinen des Kraftwerkes ein mittleres Gefälle von 348 m ausgenutzt werden kann. Infolge dieses Umstandes wird der bei Niederdruckanlagen nur geringe Wirkungsgrad einer solchen Aufspeicherungsanlage von etwas über 40% beim Murgwerk auf etwa 60% erhöht, was darauf zurückzuführen ist, daß das aufgepumpte Wasser die seiner Höhenlage im Murgstollenwerk entsprechende latente Energie ohne Verlust beibehält, während Energieverluste durch Reibung in den Leitungen und Maschinen nur bei der Hebung um die genannten 205 m, d. h. bei rund 60% der später ausgenutzten Fallhöhe auftreten.

Zur Hebung des Wassers dient ein Pumpwerk, das neben dem offenen Wasserschloß des Murgstollenwerkes am Hange des Haulerberges angelegt werden soll und aus dem Wasserschloß gespeist wird. Die Pumpen entnehmen das Wasser aus einem mit dem Einlaufbecken der Druckrohre des Murgstollenwerkes in Verbindung stehenden Speisungsbecken und drücken es durch die vorhandenen Druckrohre und die vorhandenen Stollen der Talsperrenwerke in die Staubecken im Schwarzenbach- und Raumünzachtal hinauf.

Der Betrieb der Anlage ist so gedacht, daß bei dem Zufließen nicht unmittelbar verwertbaren Wassers aus dem Stollen II etwa $\frac{3}{4}$ des Wasserüberschusses aus dem Wasserschloß auf dem gewöhnlichen Wege der Zentrale bei Forbach zugeführt und zur Erzeugung von elektrischem Strom von 5000 Volt Spannung benutzt werden. Der erzeugte Strom wird aber nicht zur Speisung der Fernleitungsnetze verwandt, sondern ohne Änderung seiner Spannung zum Pumpwerk geleitet, wo er die hier aufgestellten Elektromotoren antreibt. Die Elektromotoren setzen die mit ihnen auf derselben Achse befindlichen achtstufigen Zentrifugalpumpen in Tätigkeit, welche das letzte Viertel des Wasserüberschusses aus dem Wasserschloß des Murgstollenwerkes in die Staubecken im Schwarzenbach- und Raumünzachtale heben.

Die beiden vorgesehenen Pumpen sind zur Hebung von 1,5 cbm Wasser in der Sekunde eingerichtet. Um den Betrieb dem Bedarf möglichst anpassen zu können, sind die Pumpen verschieden stark ausgebildet. Die größere durch einen Elektromotor von 3800 PS. angetriebene Pumpe hebt nahezu 1,0 cbm Wasser in der Sekunde; die kleinere durch einen Motor von 2000 PS. betätigte fördert reichlich 0,5 cbm Wasser in der Sekunde in die Staubecken. Die Aufstellung der Pumpen, sowie auch diejenige der Elektromotoren und der Erregermaschinen ist aus dem Lageplan Tafel XI ersichtlich. Die beiden Pumpen drücken das Wasser unmittelbar in die beiden äußersten Druckrohrleitungen der Talsperrenwerke. Die Wassergeschwindigkeit in den Druckrohren zu Berg erreicht auch bei der stärkeren Pumpe nur 0,8 m/Sek. Hören die Pumpen auf zu arbeiten, so werden die Schieber in den Anschlußrohren der Pumpen geschlossen und die Rohre stehen dann sogleich zur Abwärtsleitung von Talsperrenwasser zur Zentrale bei Forbach zur Verfügung.

Das Pumpwerk ist für die Ausnutzung eines Wasserzuflusses aus dem Murgstollenwerke von 6 cbm/Sek. bestimmt. Von diesen 6 cbm/Sek. werden 4,5 cbm/Sek. dem Hauptkraftwerk zugeleitet. Sie erzeugen in den Turbinen bei einem Wirkungsgrad von 0,75 eine Energie von 6600 PS. Bei einem Wirkungsgrad der Generatoren des Kraftwerkes von 0,92, der Stromleitung von 0,98 und der Elektromotoren des Pumpwerkes von 0,92 stellt sich die in den Achsen der Elektromotoren des Pumpwerkes erzeugte Energie auf 5470 PS. Bei dieser Antriebskraft können die beiden Pumpen bei einem Wirkungsgrad von 0,75 und bei der mittleren Hubhöhe zusammen rund 1,5 cbm/Sek. in die Staubecken heben. Diese 1,5 cbm Wasser in der Sekunde aber vermögen bei der späteren Ausnutzung in der Zentrale, die in den Turbinen der Talsperrenwerke erfolgt, bei einem mittleren Nutzgefälle von 348 m und bei einem Wirkungsgrad der Turbinen von 0,75 rund 5220 PS. zu leisten.

Würden 6 cbm Wasser in der Sekunde aus dem Murgstollenwerk unmittelbar in dem Kraftwerke verarbeitet werden, so könnten dieselben 8790 PS. erzeugen. Da nach der Aufspeicherung dieser Wassermenge nur 5220 PS. gewonnen werden, gehen $8790 - 5220 = 3570$ PS. durch Reibungsarbeit verloren, und die gesamte Pumpanlage arbeitet bei vollem Betriebe mit einem Wirkungsgrad von

$$\frac{5220}{8790} = 0,594 \text{ oder rund } 60\%.$$

Wenn der Stollen des Murgwerkes 14 cbm Wasser in der Sekunde dem Wasserschlosse zuführt, was nach den Beobachtungen der Jahre 1893 bis 1906 gemittelt an 42 Tagen des Jahres der Fall sein wird, kann das Pumpwerk täglich wenigstens 16 Stunden lang mit vollem Betriebe arbeiten, da die für die Erzeugung von Strom zur unmittelbaren Verwendung verbleibende Wassermenge des Murgstollenwerkes von 8 cbm/Sek., der eine Energieleistung von nahezu 12 000 PS. entspricht, ausreichen wird, um während dieser 16 Stunden allein den Bedarf der Zentrale zu decken, insofern die starken Belastungen der Zentrale mit mehr als 12 000 PS. nur an höchstens 8 Tagesstunden auftreten werden.

Auch den Werken der Unterlieger wird durch die Tätigkeit des Pumpwerkes kein Nachteil entstehen, insofern von den 14 cbm/Sek., die das Murgstollenwerk zuführt, $8 + 4,5 = 12,5$ cbm/Sek. in der Murg zum Abfluß kommen werden, wodurch der Bedarf der Unterlieger an Triebwasser mehr als gedeckt ist.

Allein während dieser 16 Stunden eines Tages mit vollem Betrieb vermag das Pumpwerk $16 \cdot 5220$ oder rund 83 500 PS.-Stunden zur späteren beliebigen Verwendung in den vorhandenen Staubecken aufzuspeichern. Einschließlich des Energiegewinnes an den verbleibenden 8 Stunden mit eingeschränktem Betrieb des Pumpwerkes wird an den 42 Tagen, an denen die Murg und die untere Raumünzach im Jahresmittel dem Murgstollen 14 cbm Wasser in der Sekunde zuführen, die Leistungsfähigkeit des badischen Murgwerkes durch das Pumpwerk um rund **4 000 000 PS.-Stunden** oder im Jahresmittel um über 450 PS. erhöht werden, die zu beliebiger Zeit zur Deckung der Belastungsspitzen des Werkes zur Verfügung stehen.

Würde das an diesen 42 Tagen aufgepumpte Wasser gleichzeitig in den Staubecken vorhanden sein, so wäre ein Raum von reichlich 4 Mill. cbm zu seiner Aufnahme

erforderlich. Wird nur mit einer gleichzeitigen Aufspeicherung von 40% dieser Energiemenge gerechnet, so ermäßigt sich der erforderliche Stauraum auf 1,6 Mill. cbm. Würde es möglich sein, in der Höhe des Murgstollens ein Staubecken einzuschalten, so müßte dasselbe zur Aufspeicherung der in diesen 1,6 Mill. cbm Wasser enthaltenen Energiemenge bei seiner geringeren Höhenlage einen Fassungsraum von 4 Mill. cbm besitzen. Der zur Aufspeicherung der gleichen Energiemenge erforderliche Fassungsraum würde daher um 2,4 Mill. cbm größer sein und bei dem Einheitspreis des Fassungsraumes von 28 Pf./cbm um 670000 M. höhere Kosten verursachen. Ganz abgesehen davon, daß die örtlichen Verhältnisse die Anlage eines Staubeckens mit einem so großen Fassungsraum in der Höhe des Murgstollenwerkes überhaupt nicht gestatten, wird demnach durch die Aufspeicherung des Murgwassers in der größeren Höhenlage, die allein durch das Pumpwerk ermöglicht wird, eine wesentliche Kostenersparnis erzielt, eine Ersparnis, welche die Kosten des gesamten Pumpwerkes um weit mehr als das Doppelte übertrifft.

Während die Anlage des Pumpwerkes sich schon wegen der Aufspeicherung einer so großen Menge von jederzeit verfügbarer Energie während dieser 42 Tage des Jahres in glänzender Weise lohnen würde, wird der Nutzen noch dadurch vergrößert, daß das Pumpwerk auch an den meisten anderen Tagen des Jahres, wenn auch während einer kürzeren Zeit und teilweise auch nur mit geringerer Kraft, arbeiten kann. Dabei wird nur ein Teil des hinauf gepumpten Wassers den Stauinhalt der Talsperren längere Zeit hindurch vermehren, insofern das im Laufe eines Tages zurzeit kleinen Energiebedarfes des Werkes gehobene Wasser teilweise oder ganz am gleichen Tage zu Zeiten höherer Betriebsbelastung des Werkes wieder zur Verwendung kommt, wie dies auch bei den 42 Tagen mit 16stündigem vollen Betrieb des Pumpwerkes, wenn auch nur in geringerem Umfange, schon der Fall sein wird.

Die Gesamtmenge der durch das Pumpwerk im Jahresmittel geretteten Energie läßt sich nur für ganz bestimmte Belastungsannahmen der Zentrale genau berechnen. Sie beträgt im Jahresmittel aber jedenfalls 800 bis 1000 PS. Wird später die Talsperre im Unter-Schönmünzachtal ausgeführt, so wird der durch das Pumpwerk jährlich gewonnene Energiebetrag etwas zurückgehen. Aber auch dann noch wird der mittlere Energiegewinn jedenfalls 600 bis 800 PS. erreichen, wobei das Pumpwerk immer noch der lohnendste Teil der Gesamtanlage bleibt.

Die Kosten der beschriebenen, für das Murgstollenwerk geplanten Aufspeicherungsanlage sind ganz besonders niedrig, weil gerade die kostspieligsten Teile einer solchen durch ein Pumpwerk betriebenen Aufspeicherungsanlage, die Rohrleitungen und das Hochreservoir, bereits vorhanden sind. Bei den Rohrleitungen ist eine Änderung überhaupt nicht erforderlich, während bei den Staubecken zwar eine Vergrößerung nötig wird, die aber bei der bedeutenden Höhenlage der Talsperren über dem Kraftwerk, wie gezeigt wurde, verhältnismäßig klein ausfällt*.

Während für die durch das Pumpwerk bewirkte Aufspeicherung von Energie auf längere Zeit nur durch die Schaffung von verhältnismäßig beträchtlichen Stauräumen im Murg- und Schönmünzachtale Ersatz geschaffen werden kann, könnte an einen Ersatz für den Energieausgleich, den das Pumpwerk außerdem auch innerhalb der einzelnen Tage bewirkt, durch kleinere Tagesausgleichweiherr entweder im Zuge des Murgstollens oder in der Murg und der Schönmünzachtal gedacht werden.

Das oder die Ausgleichbecken müßten, um diese Aufgabe einigermaßen erfüllen zu können, wenigstens 100000 cbm Wasser fassen. Für die Anlage eines solchen Ausgleichbeckens fehlt im Zuge des Murgstollens indessen die Möglichkeit. Auch im Murglauf unterhalb der Einmündung der Schönmünzachtal kann ein Ausgleichbecken von diesem Fassungsraum nicht geschaffen werden. Es müßten daher zwei getrennte Ausgleichbecken an höher gelegenen Stellen des Murg- und Schönmünzachtales angeordnet werden, wenn der Wasserzufluß beider Wasserläufe reguliert werden soll. Die Anlage eines Ausgleichbeckens in der Murg wird aber recht kostspielig werden, da das Stauwerk, welches das Ausgleichbecken bilden soll, für die Durchlassung der

* Wahrscheinlich würde auch beim Fehlen des Pumpwerkes den badischen Staubecken kein wesentlich kleinerer Fassungsraum gegeben werden, da der ganze Stauraum in Jahren mit sehr unregelmäßigem Abfluß auch ohne das Pumpwerk vollständig ausgenutzt werden kann.

Hochwasserfluten der Murg eingerichtet werden müßte, so daß es etwa nach dem Vorbild des Ausgleichbeckens bei Forbach zu gestalten wäre. Vor allem aber kann die Regulierung des Wasserabflusses bei der großen Entfernung der Ausgleichbecken vom Kraftwerk nur eine sehr unvollkommene sein, weil die Regulierung für den Ausgleich der Tagesschwankungen auf eine Entfernung von 7 bis 8 km beim freien Abfluß des Wassers in nicht unter Druck stehenden Stollen und Leitungen nicht schnell genug wirkt, zumal die Füllhöhe der Flußbetten und der Stollenanlage und damit die in den Leitungen aufgespeicherte Wassermenge sich mit der Größe des Wasserabflusses ändert.

Aus den genannten Gründen ist von der Anlage von Tagesausgleichweihern, die auch eine sehr sorgfältige Bedienung erforderlich machen würden, in dem Entwurfe Abstand genommen worden.

Eine Regulierung des Wasserabflusses bei kleinen Wasserführungen ist dafür, wenn auch nur in sehr bescheidenem Umfange, mit den Einlaufschützen des Murgwehres möglich, durch die der Wasserspiegel im Staubereich des Wehres innerhalb mäßiger Grenzen gehoben oder gesenkt werden kann, wobei einige Tausend Kubikmeter Wasser im Stauteich des Wehres zurückbehalten oder aus diesem abgelassen werden könnten.

Diese Regelung des Abflusses wird indessen nur eine sehr geringe Wirkung auf die Zuleitung des Wassers zum Kraftwerk ausüben können und eine wirksamere Regulierung des Abflusses nicht einmal innerhalb der einzelnen Tagesstunden entbehrlich machen. Da das Pumpwerk schon wegen seines sehr erheblichen Nutzens für die Regulierung der Energie aus dem Murgstollenwerk während längerer Zeiträume nicht entbehrt werden kann, wird man es auch zur Regulierung des täglichen Abflusses verwenden, zumal dadurch keine nennenswerten Mehrkosten entstehen werden. Das Pumpwerk ist imstande, den Wert des Murgstollenwerkes durch wenigstens teilweise Anpassung seiner Energielieferung an den Bedarf wesentlich zu erhöhen. Der unvermeidliche Verlust an Energie, der bei der Aufspeicherung durch Aufpumpen von Wasser eintritt, ist bei ihm geringer, als bei einer der seither ausgeführten ähnlichen Anlagen. Er kann um so eher in den Kauf genommen werden, als er bei demjenigen Teil der Energie eintritt, der sonst dem Werke ganz verloren gehen würde.

Die nahe Lage des Pumpwerkes bei der einzigen in dem seither beschriebenen Entwurfe des badischen Murgwerkes vorkommenden Zentrale erleichtert das gute Zusammenarbeiten. Das Personal des Pumpwerkes kann zugleich die Überwachung und Bedienung des unmittelbar neben dem Pumpwerk liegenden Wasserschlosses übernehmen. Die Aufstellung noch einer dritten Pumpe im Pumpwerk würde leicht möglich und auch noch von Nutzen sein. Es wurde aber davon Abstand genommen, da im Laufe der Zeit doch wohl mit der Erbauung einer Talsperre auf württembergischem Gebiet gerechnet werden muß, nach deren Erstellung die angeordneten beiden Pumpen dem Bedürfnis genügen werden.

B. Geplante Erweiterungen des badischen Murgwerkes.

Wenn bei dem Entwurf für die Ausnutzung der Wasserkräfte des oberen Murggebietes auch das Schwergewicht auf das im Abschnitt A beschriebene badische Murgwerk gelegt wurde, das ein ohne erhebliche technische Schwierigkeiten erstellbares, einheitliches und sehr lohnendes Kraftwerk darstellt, dessen Verwirklichung in erster Linie ins Auge gefaßt werden muß, so sind doch auch die Möglichkeiten für eine spätere Erweiterung dieses Werkes untersucht worden. Soweit diese Erweiterungen ohne große Schwierigkeiten zu verwirklichen sein werden und für die nicht allzu ferne Zukunft in Frage kommen, sind sie in den Entwurf selbst aufgenommen worden. Sie sollen zunächst in diesem Abschnitt besprochen werden, während die nur generell untersuchten, für die weitere Zukunft in Frage kommenden Ergänzungswerke, im Abschnitt C eine kurze Besprechung finden sollen.

Als Erweiterungen des badischen Murgwerkes sind zwei Werke in den Entwurf aufgenommen worden, das Gausbachwerk und das Unter-Schönmünzachwerk, von denen das Gausbachwerk unterhalb des bereits beschriebenen badischen Murgwerkes ganz auf badischem Boden liegt, während das Unter-Schönmünzachwerk fast ausschließlich auf württembergischem Gebiet gelegen ist.

I. Das Gausbachwerk.

(Tafel XVIII.)

Die zwischen dem Ausgleichbecken des beschriebenen badischen Murgwerkes und den Werken der Firma E. Holtzmann & Cie. gelegene Murgstrecke wird zurzeit durch die drei* vorhandenen Werke nur mit einem kleinen Teile ihrer Leistungsfähigkeit ausgenutzt. Das Gausbachwerk soll nun unter Entschädigung der drei bestehenden Werke, denen das Betriebswasser entzogen wird, durch Abgabe von elektrischem Strom eine zusammenfassende Ausnutzung dieser Flußstrecke bewirken.

Das Wasser wird dazu, wie schon bei der Beschreibung des Ausgleichweihers besprochen wurde, am westlichen Ende der Staumauer des Ausgleichbeckens durch zwei Entnahmetürme in einen aus dem Granitfelsen ausgesprengten und ausbetonierten Druckstollen eingeleitet, der es unter einem Teile des Ortes Forbach hindurch bis dicht an den Sersbach führt. Aus diesem 850 m langen Stollen, der einen Querschnitt von 9 qm erhalten soll, gelangt das Wasser durch ein Druckrohr von 2,6 m Lichtweite in das Kraftwerk, das unmittelbar oberhalb der Einmündung des Sersbaches am linken Ufer der Murg liegt. Dieses Kraftwerk erhält drei Francis-Spiralturbinen mit lotrechten Achsen, die unmittelbar die im Obergeschoß aufgestellten Generatoren tragen (Tafel XVIII). Das Kraftwerk ist zur Verarbeitung einer Wassermenge von 15 cbm/Sek. eingerichtet. Es arbeitet bei voller Beaufschlagung mit einem mittleren Nutzgefälle von 16,75, bei mittlerer Belastung mit einem mittleren Gefälle von 18,0 m. Dabei können die Turbinen nach Erstellung des badischen Murgwerkes rund 1560 PS., nach besserer Regulierung des Wasserabflusses durch eine Talsperre im unteren Schönmünzachtal 1640 PS. und nach etwaiger Erbauung einer weiteren Talsperre im Murgtale rund 1720 PS. im Jahresmittel leisten, wovon allerdings etwa 450 PS.** zur Entschädigung der ausgeschalteten Triebwerke abzuziehen sein würden.

Der mittlere nutzbare Energiegewinn stellt sich daher je nach dem Umfange, in dem der Wasserabfluß der Murg durch Staubecken geregelt wird, auf 1080 bis 1240, gemittelt auf rund 1160 PS.

Der Untergraben des Gausbachwerkes führt das ausgenutzte Wasser unter dem Sersbach hindurch unmittelbar in den Obergraben des Kraftwerkes*** der Fabrik Wolfsheck ein.

Nach Erweiterung des vorgeschlagenen badischen Murgwerkes durch das Gausbachwerk würde der obere Murglauf auf badischem Gebiet auf die denkbar vollständigste Weise zur Energieerzeugung ausgenutzt sein.

II. Das Unter-Schönmünzachwerk.

(Tafel V, VII, VIII, XVII und XX.)

Eine noch weitergehende Regulierung des Wasserabflusses, wie sie auf badischem Gebiet durch die Talsperren im Schwarzenbach- und Raumünzachtal und durch das geplante Pumpwerk möglich ist, und eine Vergrößerung der ausnutzbaren Energieleistung des badischen Murgwerkes kann am zweckmäßigsten durch die

* Die Heiligen-Säge fällt nicht in den Bereich des Gausbachwerkes. Sie muß, auch wenn das Gausbachwerk nicht zur Ausführung kommen sollte, angekauft werden, da sie im Ausgleichbecken liegt.

** Die mittlere Jahresleistung der drei bestehenden Werke ist wesentlich geringer.

*** Dieses Kraftwerk wurde in den Jahren 1905—1906 unter der technischen Oberleitung des Verfassers erbaut. Es ist für eine Höchstleistung von 4500 PS. eingerichtet und liefert die Triebkraft für die oberste der drei Holzstoff- und Papierfabriken der Firma E. Holtzmann & Cie. in Weisenbachfabrik.

regulierbare Verwertung der Wasserkräfte der Schönmünzach erzielt werden, die ähnlich günstige Verhältnisse für eine weitgehende regulierbare Ausnutzung ihrer Kräfte aufweist, wie der Schwarzenbach und die Raumünzach. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, daß das Wasser der Schönmünzach durch das Murgstollenwerk auch schon bei dem badischen Murgwerke, wenn auch nur mit einem Teile seiner Fallhöhe und ohne die Möglichkeit einer guten Anpassung an den Bedarf, ausgenutzt wird.

Während bei den badischen Wasserläufen des Schwarzenbaches und der Raumünzach kein Zweifel darüber bestehen kann, daß die gewählte Lage der Staubecken die wirtschaftlich und technisch beste und daher die richtige ist, liegen die Verhältnisse bei der Schönmünzach nicht so klar, insofern hier zwei Möglichkeiten in Frage kommen, zwischen denen die Entscheidung nur auf Grund sorgfältiger Vergleiche getroffen werden kann.

Im ersten Falle würde die Talsperre im Unterlauf der Schönmünzach nur 850 m oberhalb ihrer Einmündung in die Murg, dicht beim Kurorte Schönmünzach, im zweiten Falle kurz unterhalb der Einmündungsstelle des Langenbaches in die Schönmünzach beim Orte Zwickgabel liegen. Bei der zuerst genannten Lage beträgt das Einzugsgebiet 45 qkm, bei der höheren Lage 33 qkm. Aus den bekannten Einzugsgebieten, aus den vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie bestimmten Niederschlagshöhen und aus der mit 648 mm jedenfalls ausreichend hoch angenommenen Verlusthöhe berechnet sich die mittlere jährliche Abflußhöhe für das Staubecken bei Schönmünzach zu 1,04 m und der mittlere jährliche Zufluß zu 46,80 Mill. cbm, während für das Staubecken bei Zwickgabel die Abflußhöhe 1,08 m und der Zulauf 35,64 Mill. cbm beträgt.

Wird angenommen, daß die Staubecken 40%* des jährlichen Zuflusses fassen sollen, so müßte das Becken bei Schönmünzach 18,72 Mill. cbm, das Becken bei Zwickgabel aber 14,26 Mill. cbm Wasser fassen.

Bei dem angegebenen Fassungsraum liegt der Wasserspiegel im Staubecken beim Orte Schönmünzach rund auf Ord. + 523,0 m, derjenige beim Becken bei Zwickgabel auf + 595,0 m. Das Nutzgefälle bis zum Hauptkraftwerk berechnet sich dabei zu rund 206 m bzw. 278 m und die im Jahresmittel aus dem gestauten Wasser der Schönmünzach zur Verfügung stehende regulierbare Energiemenge bei einem Wirkungsgrad der Turbinen von 0,75 zu 3050 bzw. 3140 PS. Die Berechnung ergibt demnach für die Talsperre bei Zwickgabel einen Energiegewinn von 90 PS. Zugunsten der Talsperre bei Zwickgabel spricht ferner der Umstand, daß bei ihrer Ausführung in dem Murgstollenwerk noch der Abfluß des 12 qkm großen Gebietes ausgenutzt werden kann, das die Schönmünzach zwischen den beiden für die Talsperren gewählten Stellen speist, während das aus diesem Gebiet stammende Wasser bei der tieferen Lage der Talsperre beim Orte Schönmünzach dem Staubecken zufließt, und bei der für das Unter-Schönmünzachwerk berechneten Leistung von 3050 PS. schon berücksichtigt ist. Der Abfluß aus diesem 12 qkm großen Gebiet beträgt im Jahresmittel 11,16 Mill. cbm, von denen nach Abzug des Wasserverlustes durch Überlauf über das Murgwehr rund 8,4 Mill. cbm zur Ausnutzung im Murgstollenwerk verbleiben, die bei voller Verwendung in der Zentrale bei Forbach eine nicht regulierbare Kraftmenge von 390 PS. erzeugen können. Es berechnet sich demnach zugunsten der Lage der Talsperre bei Zwickgabel ein mittlerer Gewinn an regulierbarer Kraft von 90 PS. und ein solcher von nicht regulierbarer und daher in der Zentrale nicht voll verwendbarer Energie von 390 PS.

Dem Vorteil der Erzielung einer größeren Energiemenge bei der Lage der Talsperre bei Zwickgabel stehen aber erhebliche Nachteile gegenüber, welche die tiefere Lage der Talsperre trotzdem als die zweckmäßigere erscheinen lassen. Der Nachteil besteht vor allem in den wesentlich höheren Kosten, die bei der Talsperre

* Dieser Betrag ist jedenfalls ausreichend und steht in einem guten Verhältnis zu dem Fassungsraum der badischen Staubecken, die gemittelt etwa 50% ihres Zuflusses aufnehmen können. Der relativ größere Fassungsraum der badischen Becken ist gerechtfertigt, weil diese Becken bei ihrer nahen Lage beim Kraftwerk die feinere Regulierung des Zuflusses zu übernehmen haben werden, wobei ein möglichst hohes Regulierungsvermögen erwünscht ist, und weil sie außerdem auch zur Aufnahme des vom Pumpwerke aus dem Murgstollenwerke zugeführten Wassers dienen.

bei Zwickgabel durch den erforderlichen etwa dreimal so langen Stollen und durch den wesentlich teureren Stauraum entstehen. Denn während die bei dem Staubecken beim Orte Schönmünzach erwünschten 18,72 Mill. cbm Stauraum schon durch eine 51 m hohe Aufstauung des Wassers mit einem Aufwand von rund 135 000 cbm Mauerwerk beschafft werden können, läßt sich der zu einer gleichwertigen Regulierung des Wasserabflusses bei einem Staubecken bei Zwickgabel nötige Beckeninhalte von 14,26 Mill. cbm nur durch eine Staumauer von 56 m Stauhöhe mit einem Aufwand von rund 200 000 cbm Mauerwerk erzielen. Der Mehraufwand an Mauerwerk von 65 000 cbm ergibt beim Einheitspreise von 23 M./cbm Mehrkosten im Betrage von rund 1 500 000 M. Mit einem Mehraufwand von 1½ Millionen Mark wäre aber ein mittlerer Gewinn an Energie von 90 regulierbaren und 390 unregulierbaren Pferdestärken viel zu teuer bezahlt, da sich der Wert dieser Energiemenge selbst bei den schon hohen Einheitsätzen von 3200 M. für eine regulierbare und 800 M. für eine unregulierbare Pferdestärke nur auf rund 600 000 M. stellen würde. Allein die Mehrkosten des erforderlichen Stauraumes, die den Wert der erzielbaren Vergrößerung der Energieleistung um mehr als das Doppelte übertreffen, zwingen daher zur Wahl des Staubeckens beim Orte Schönmünzach, wobei auch die Zerstörung des Ortes Zwickgabel erspart und die Überstauung von Acker- und Wiesengelände wesentlich eingeschränkt wird.

Der für die höhere Lage der Talsperre berechnete Gewinn an Energie ist dabei insofern nur ein scheinbarer, als dieser Gewinn nur durch die Ausnutzung einer um 72 m größeren Gefällshöhe der Schönmünzach erreicht wird. Bei der tieferen Lage der Talsperre kann zwischen den beiden angenommenen Talsperren aus dem Gefälle von 72 m sogar eine größere und besser regulierbare Energiemenge gewonnen werden, als dies bei der Anlage eines Staubeckens bei Zwickgabel möglich ist. Es werden daher bei der tieferen Lage des Staubeckens die Wasserkräfte der Schönmünzach auch volkswirtschaftlich besser ausgenutzt, als bei der hohen Lage. Es kommt hinzu, daß bei der hohen Lage der Talsperre mit dem Wasserspiegel auf Ord. + 595,0 m die im Oberlauf der Schönmünzach verbleibenden Kräfte kaum noch in einem lohnenden regulierbaren Werke ausgenutzt werden könnten, während dies bei der tieferen Lage des Staubeckens mit dem Wasserspiegel auf Ord. + 523,0 m infolge der Vergrößerung der ausnutzbaren Gefällhöhe um 72 m der Fall sein wird.

Die Ausnutzung der Kräfte der oberen Schönmünzach könnte in der Weise erfolgen, daß das Wasser der Schönmünzach und dasjenige des Langenbaches durch zwei kleine Talsperren in der Höhe der badischen Talsperren aufgestaut und durch einen Stollenzug mit dem Raumünzachbecken in Verbindung gesetzt wird. Auf diese Weise würde für das badische Werk eine regulierbare Zusatzkraft gewonnen werden können, die bei einem gefaßten Abfluß von 23 Mill. cbm im Jahre und bei einem vermehrten Nutzgefälle von $348 - 206 = 142$ m im Jahresmittel 1030 PS. betragen würde.

Würde die Talsperre bei Zwickgabel ausgeführt werden, so würde diese Zusatzkraft bei einem vermehrten Nutzgefälle von $348 - 278 = 70$ m auf 510 PS. zurückgehen, und es würden die Aufwendungen für die im gleichen Umfange erforderlichen Talsperren und Stollen kaum mehr lohnend sein. Aber selbst wenn trotzdem diese Anlagen erstellt werden sollten, bleibt die Ausnutzung der Schönmünzachkräfte eine wesentlich schlechtere. Denn es würden beim zweistufigen Ausbau der Schönmünzach mit der Talsperre der unteren Stufe bei Zwickgabel dem Schönmünzachwasser im ganzen gemittelt $3140 + 510 = 3650$ regulierbare und 390 nicht regulierbare Pferdestärken abgewonnen werden können, denen beim zweistufigen Ausbau mit der unteren Talsperre beim Orte Schönmünzach eine vollständig regulierbare Energiemenge von $3050 + 1030 = 4080$ Pferdestärken* gegenüberstehen würde. Bei den allerdings hohen Einheitssätzen von 800 Mark für eine nicht regulierbare und 3200 Mark für eine regulierbare Pferdestärke berechnet sich der Mehrwert der gewonnenen Energie bei Erbauung der unteren Talsperre beim Orte Schönmünzach auf über 1 Mill. Mark.

Die größere und besser regulierbare Energiemenge, die beim zweistufigen Ausbau der Schönmünzach mit dem Staubecken beim Orte Schönmünzach gewonnen wird, läßt sich aber mit einem Kostenaufwande erreichen, der, wie gezeigt wurde,

* Die kleinen Unterschiede mit den in der Zusammenstellung auf Seite 45 angegebenen Werten ergeben sich aus der um 4 m höher angenommenen Lage des Stauspiegels der Unter-Schönmünzachtalsperre.

ganz beträchtlich hinter demjenigen zurückbleibt, der beim zweistufigen Ausbau mit der unteren Talsperre bei Zwickgabel aufzuwenden wäre.

Sowohl beim einstufigen als auch beim einstigen zweistufigen Ausbau der Schönmünzach zeigt sich daher die Talsperre beim Orte Schönmünzach als die wirtschaftlich überlegenere und allein für die Verwirklichung in Frage kommende.

Bei Zuziehung der Schönmünzachkräfte zu einem badischen Kraftwerke besitzt aber die Lage der Talsperre beim Orte Schönmünzach außerdem noch den sehr wesentlichen, ja sogar auch allein schon für die Wahl dieser Baustelle ausschlaggebenden Vorteil, daß die Erlangung der württembergischen Konzession für sie viel leichter sein wird, als für ein Staubecken bei Zwickgabel, das dem Flußlauf der Schönmünzach auf einer Strecke mit einem mehr als doppelt so großen Gefälle das Wasser entzieht und die lohnende Ausnutzung der verbleibenden Kräfte der oberen Schönmünzach in Frage stellt.

Bei der späteren Ausführung der beschriebenen Anlage zur Ausnutzung des Wassers des oberen Schönmünzachgebietes würde der Zufluß des Staubeckens in der unteren Schönmünzach sich nun allerdings jährlich gemittelt um die 23 Mill. cbm vermindern, welche durch den hochgelegenen Stollenzug unmittelbar dem Hauptkraftwerke zugeführt werden. Es verbleibt dann nur ein mittlerer jährlicher Zufluß von 23,8 Mill. cbm, zu dessen Regulierung ein Stauraum von etwa $23,8 \times 0,4 = 9,52$ Mill. cbm ausreichen würde. Das früher besprochene Staubecken mit einem Fassungsraum von 18,72 Mill. cbm wäre somit fast um das Doppelte zu groß. Da nun einerseits jedenfalls zuerst die Talsperre im Unterlauf der Schönmünzach allein zur Ausführung kommen wird, die, solange die höher gelegenen Talsperren im Schönmünzachtale fehlen, zweckmäßig einen Stauraum von etwa 18,72 Mill. cbm erhalten würde, weil aber andererseits für die Zukunft auch auf die höher gelegenen Talsperren im Schönmünzachgebiete Rücksicht genommen werden muß, nach deren Errichtung der erforderliche Stauraum bei der gemachten Annahme nur noch 9,52 Mill. cbm zu betragen braucht, erscheint die gewählte Überlaufhöhe der Staumauer auf Ord. + 516,0 m zweckmäßig zu sein, da bei ihr ein mittlerer Fassungsraum von etwa 12,8 Mill. cbm vorhanden ist, der zwar beim einstufigen Ausbau der Schönmünzach etwas knapp bemessen ist, der aber beim einstigen zweistufigen Ausbau dem Bedürfnisse reichlich genügt*.

Die Kosten dieser Talsperre, die knapp 100 000 cbm Mauerwerk erfordert, einschließlich des Bodenerwerbes, der Entschädigungen und der Wegeverlegungen stellen sich auf rund 2,7 Mill. Mark, wobei der Stauraum 21 Pf./cbm und der für die Aufspeicherung einer Jahrespferdestärke ausreichende Stauraum 3 300 Mark, d. h. um fast ein Drittel mehr als bei den badischen Talsperren, kostet.

Bei der Festlegung des höchsten Wasserspiegels des Staubeckens bei Schönmünzach wurde auch darauf Rücksicht genommen, daß die spätere Anlage eines großen Staubeckens im Murgtale bei Schwarzenberg etwa 1800 m oberhalb der Einmündung der Schönmünzach nicht ausgeschlossen sein soll, und daß dessen Wasserspiegel nicht gut höher als auf Ord. + 512,0 m gelegt werden kann. Das Wasser dieses Staubeckens wäre zweckmäßig zusammen mit dem Staubecken im unteren Schönmünzachtale zu verarbeiten, wozu eine Verbindung der beiden Staubecken durch einen Stollen erwünscht ist. Bei der Höhenlage des Wasserspiegels im Unter-Schönmünzachbecken auf Ord. + 516,0 m ließe sich diese Verbindung noch zweckmäßig herstellen, wobei der Verbindungsstollen nur dann zu öffnen wäre, wenn der Wasserspiegel im Murgbecken höher liegt, als derjenige im Schönmünzachbecken. Sollten beide Becken bis zur Ord. + 512,0 m gefüllt sein, so würde die Füllung des Staubeckens im Schönmünzachtal aus dem Zufluß der Schönmünzach fortgesetzt werden können, während das aus der Murg zufließende Wasser über die Überläufe der Murgtalsperre abfließen würde.

* Würde der Fassungsraum einer Talsperre bei Zwickgabel im gleichen Verhältnis auf etwa 9,7 Mill. cbm verringert werden, so würde sich der Mehraufwand an Mauerwerk auf 35 000 cbm und die Mehrkosten auf 800 000 Mark verringern, welcher Betrag allein aber auch noch den auf Seite 30 angegebenen Wert der gewonnenen Energieleistung weit übersteigt.

Das Staubecken liegt in seiner ganzen Ausdehnung im Granitgebiet, das südlich der Schön Münz nach an den Gneis angrenzt. Der Granit reicht wie im Gebiet der Raumünz nach und des Schwarzenbaches etwa bis zur Ord. + 750,0 m hinauf und ist von durchlässigen Schichten des Buntsandsteins überdeckt, die als wertvolle Wasservorratskammern wirken. Der bei weitem größte Teil des überstauten Geländes ist bewaldet, doch würden in der Nähe des Ortes Schön Münz nach auch einige Wiesen gründe unter Wasser kommen.

Die Talsperre des Unter-Schön Münz nachwerkes liegt bei den letzten Häusern des Ortes Schön Münz nach, von denen noch zwei neben einem einzeln gelegenen Forsthaus dem Werke zum Opfer fallen müßten (Tafel V, Abbildung 3). An der Baustelle liegt die Flußsohle auf Ord. + 472,0 m, so daß die Stauhöhe bis zum Überlauf 44 m betragen würde. Die Mauer, die das gleiche Querprofil wie die badischen Talsperren erhalten soll, wird auf dem an der Baustelle anstehenden Granitfelsen gegründet. Die Einzelheiten der Anlage sind aus Tafel XVII zu ersehen. Der Überlauf ist auf der Mauer selbst angebracht. Das Wasser kann durch 9 Öffnungen von 6 m Breite auf eine Länge von 54 m die Mauer überströmen, wobei bei einer Überflutungshöhe von 1 m etwa $54 \times 2,12 = 114$ cbm/Sek. abfließen können, was bei einem Einzugsgebiet von 45 qkm einem Abfluß von reichlich 2,5 cbm/qkm in der Sekunde entspricht. Das überfallende Wasser wird am Fuße der Mauer in einem Sturzbecken beruhigt und dann nach einem weiteren kleinen Absturz in das etwas verlegte Bachbett abgeführt*.

Die Ableitung des Wassers zur Verwendung erfolgt durch einen Entnahmeturm, der im unteren Teil drei durch Schützen verschließbare Einlauföffnungen von 1,25 m Breite und 1,8 m Höhe besitzt und auch noch mit einigen höher gelegenen Einlaßöffnungen versehen werden könnte. Vor den Abschlußschiebern befinden sich Schutzgitter, die zum Reinigen hochgezogen werden können und zum Schutze der Turbinen gegen Schwimmkörper dienen. Aus dem Entnahmeturm zweigen zwei einbetonierte und mit Abschlußschiebern versehene Entnahmerohre von 1,6 m lichter Weite ab, die sich schon in der Staumauer zu einem Rohre von 2,0 m Weite vereinigen. Dieses Rohr führt das Wasser in den Ableitungstollen.

Für die Ausnutzung des Schön Münz nachwassers kommen zwei Möglichkeiten in Frage. Im ersten Falle würde das Wasser durch einen besonderen Stollen von rund 7 km Länge zum Haulerberg und an diesem hinab durch Druckrohre unmittelbar in die Zentrale bei Forbach geleitet werden. Im zweiten Falle würde die Ausnutzung in zwei Gefällstufen in der Weise erfolgen, daß zunächst das Wasser bis zur Höhe des Obergrabens des Murgstollenwerkes in einem besonderen Kraftwerk bei Schön Münz nach verarbeitet wird, worauf dasselbe durch die schon vorhandenen Anlagen des Murgstollenwerkes der Zentrale bei Forbach zufließt und in deren gleichfalls schon vorhandenen Maschinen nochmals zur Verwendung gelangt. Bei der zuletzt genannten Art der Ausnutzung fallen der lange Stollen zum Hauptkraftwerk, die neuen Druckleitungen am Haulerberge und eine umfangreiche Erweiterung des Hauptkraftwerkes durch neue Maschinensätze mit einer besonderen Druckhöhe fort, da die vorhandenen Anlagen des Murgstollenwerkes auch für die Ausnutzung des aufgespeicherten Schön Münz nachwassers vollauf ausreichen. Es kann nämlich die Verwendung des Wassers des Unter-Schön Münz nachwerkes auf diejenigen Zeiten beschränkt werden, an denen die Murg keine genügenden Wassermengen zur vollen Ausnutzung der Anlagen des Murgstollenwerkes führt. An Stelle eines großen selbständigen Schön Münz nachwerkes, das für die Ausnutzung einer Gefällshöhe von etwa 200 m eingerichtet sein müßte, und bei der Länge des erforderlichen Stollens von 7000 m sehr kostspielig sein würde, genügt bei der Mitverwendung des Murgstollenwerkes für die Ausnutzung des Schön Münz nachwassers die Neuanlage eines Stollens von 940 m Länge und eines kleinen Kraftwerkes für die Ausnutzung eines Gefälles von gemittelt 55,0 m Höhe. Es kann bei dieser Sachlage keinem Zweifel unterliegen, daß die Errichtung eines Hilfskraft-

* Die Überläufe sind bei den drei im Entwurf behandelten Talsperren als Überlaufstollen, als Überlaufkaskade und als Überlauf über die Staumauer dargestellt, um diese drei verschiedenen Überlaufarten in Vergleich zu stellen. Für die Bauentwürfe wird es zweckmäßig sein, eines dieser drei ziemlich gleichwertigen Überlaufsysteme für alle drei Talsperren zu wählen.

werkes bei Schönmünzach und die Mitverwendung des vorhandenen Murgstollenwerkes für die Ausnutzung des Unter-Schönmünzachwassers die zweckmäßigste Lösung darstellt, denn der Nachteil, der darin besteht, daß es nötig ist, die in dem Hilfskraftwerk gewonnene Energie auf 7 km elektrisch zum Hauptkraftwerk zu übertragen, ist verschwindend gegenüber den 1,5 Mill. Mark übersteigenden Mehrkosten, die durch die Leitung des Wassers auf diese Entfernung und durch die Erweiterung der Zentrale bei Forbach durch eine besondere Druckstufe entstehen würden.

Das Wasser des Unter-Schönmünzachstaubeckens wird durch den 940 m langen Stollen V unter dem Tirolerberg hindurch in die Nähe des Steinbruches beim Murgwehr unterhalb des Ortes Schönmünzach geleitet, von wo es durch ein eisernes Rohr in die Hilfszentrale gelangt, die im erweiterten Steinbruch westlich der Landstraße errichtet werden soll.

Der für die Leitung von 6 cbm Wasser in der Sekunde eingerichtete Druckstollen besitzt ein abgerundetes Profil von 3,24 qm Querschnittsfläche. Er soll mit Beton ausgekleidet und mit einem Glattstrich versehen werden. An seinem Ende ist ein 2,0 m weites Rohr einbetoniert, durch welches das Wasser dem Kraftwerk zufließt. Auf das Druckrohr ist 20 m unterhalb der Stelle, an der es aus dem Stollen austritt, ein eisernes Standrohr von 1,6 m Lichtweite aufgesetzt, das einen kreisförmigen, oben offenen Hochbehälter von 3,5 m Durchmesser trägt und zur Verhinderung von Wasserschlägen dient. Das Standrohr ist mit einem Mantelrohr umgeben, durch welches das bei Druckschwankungen überfließende Wasser in das Druckrohr zurückgeleitet werden kann. Ein Einfrieren des Wassers in dem mit einer Überdachung versehenen Standrohr kann durch Heizung vom Kraftwerke aus verhindert werden.

Das Druckrohr tritt unter dem Fußboden der Maschinenhalle in die Hilfszentrale (Kraftwerk II) ein (Tafel VII). Aus ihm zweigen drei schwächere Ansatzrohre ab, die das Wasser den drei in der Maschinenhalle aufgestellten Francis-Spiralturbinen mit wagerechten Achsen zuführen, die je für die Ausnutzung von 2 cbm Wasser in der Sekunde berechnet sind und bei dem normalen Nutzgefälle von 51,5 m 1030 PS. leisten. Die mittlere Leistung des Werkes nach Übertragung der Energie in die Zentrale bei Forbach stellt sich auf 780 PS., während die Höchstleistung bis auf 3800 PS. anwachsen kann. Es ist anzunehmen, daß für den Betrieb des Werkes zwei Turbinen mit einem Wasserverbrauch von 4 cbm/Sek. ausreichend sein werden, so daß die dritte Turbine nur zur Aushilfe bei Betriebsstörungen dient. Auf den wagerechten Achsen der Turbinen sind die Generatoren angebracht, die Drehstrom von 5000 Volt Spannung liefern, der zum Hauptkraftwerk bei Forbach übertragen und hier im Transformatorenhaus auf die Spannung von 50000 Volt transformiert wird.

Der Untergraben des Hilfskraftwerkes führt das aus den Saugrohren der Turbinen abfließende Wasser dem schon bei der Erläuterung des Murgstollenwerkes besprochenen Sammelbecken vor dem Einlauf des Stollens I zu, in dem es sich mit dem Wasser der Murg vereinigt, um gemeinschaftlich mit diesem durch die Stollen I und II der Zentrale bei Forbach zur weiteren Ausnutzung seiner Energie zuzufließen.

C. Mögliche Ergänzungen des Werkes.

Außer den bereits im Abschnitte B besprochenen beiden Erweiterungen, deren Ausführung schon bald nach Fertigstellung der zuerst auszuführenden Anlagen des im Abschnitte A beschriebenen badischen Murgwerkes zweckmäßig sein wird, kommen für die weitere Zukunft noch eine Anzahl von möglichen Ergänzungen des Werkes in Frage, die imstande sein würden, seine Leistungsfähigkeit nicht unbedeutend zu erhöhen, die aber in den ausgearbeiteten Entwurf nicht aufgenommen wurden, weil ihre Verwirklichung jedenfalls noch in weiterer Ferne liegt, und ihre Durchführung entweder weniger lohnend sein wird, als die seither besprochenen Werke, oder auf besondere Schwierigkeiten stößt.

Diese Ergänzungen sind, soweit sie Aussicht auf einstige Verwirklichung haben, in die Lagepläne auf den Tafeln III und IV des Entwurfes eingetragen worden. Sie sollen in kurzen Zügen besprochen werden, weil es zweckmäßig sein wird, die einleitenden Schritte zu ihrer späteren Verwirklichung frühzeitig zu treffen, damit nicht infolge von Unterlassungen die einstige Durchführung erschwert oder unmöglich gemacht wird.

Als spätere Ergänzungen des Werkes können in Frage kommen:

- I. Ergänzungen auf badischem Gebiet.
- II. Das Ober-Schönmünzachwerk.
- III. Das Murgtalsperrenwerk bei Schwarzenberg.
- IV. Ergänzungen im Murggebiet oberhalb Klosterreichenbach.

I. Ergänzungswerke auf badischem Gebiete.

Da das Wasser der Murg auf badischem Gebiet von der Landesgrenze bis Gausbach, wo die schon jetzt fast durchweg durch Kraftwerke ausgebeutete Flußstrecke beginnt, durch das Murgstollenwerk und das Gausbachwerk vollständig ausgenutzt werden soll, ist eine Erweiterung des Werkes auf badischem Gebiet nur durch eine gesteigerte Verwertung der Energie der Nebenflüsse der Murg möglich. Da aber auch die Ausnutzung der Kraft des einzigen bedeutenden Nebenflusses auf badischem Gebiet, der Raumünzach mit dem Schwarzenbach bereits bis zur Höhe der Ord. + 662,0 m vorgesehen ist, kann ein Gewinn an Energie auf badischem Gebiet nur noch in beschränktem Maße erzielt werden.

Eine nennenswerte Erweiterung des Werkes auf badischem Gebiet kann bei den linksseitigen Nebenflüssen der Murg durch die Anlage von Talsperrenwerken in den Quellbächen der Raumünzach und des Schwarzenbaches erfolgen, die das Gefälle oberhalb der im Hauptentwurf vorgesehenen Werke ausnutzen oder durch Zuziehung des Sersbaches; auf dem rechten Ufer der Murg aber nur durch ein regulierbares Werk im Sasbachgebiet.

Alle diese Erweiterungen zusammen würden einen Gewinn an regulierbarer Energie von etwa 1000 PS. in Aussicht stellen, von denen rund 400 PS. auf die Ergänzungswerke im Gebiet der Raumünzach und des Schwarzenbaches, 200 PS. auf den Sersbach und 400 PS. auf den Sasbach entfallen würden. Diese Ergänzungswerke könnten, da im Granitgebiete gelegen, zuverlässige Staubecken erhalten und wären technisch leicht ausführbar. Bei den geringen zur Verfügung stehenden Wassermengen würde indessen der Einheitspreis der gewonnenen Energie sehr hoch ausfallen, so daß die Ausführung, wenn überhaupt, so doch jedenfalls erst nach völligem Ausbau des geplanten Hauptwerkes und im Anschluß an dieses möglich sein wird.

Am günstigsten liegen die Aussichten für ein Ergänzungswerk noch beim Sasbach, dessen Wasser im Hauptkraftwerk bei Forbach mit einem Gefälle von 220 m verarbeitet werden könnte. Aber auch hier stellt sich der Einheitspreis mehr als doppelt so hoch, als bei den Talsperrenwerken des Hauptentwurfes, so daß erst nach völliger Ausnutzung der früher beschriebenen Werke an die Verwirklichung wird gedacht werden können.

II. Das Ober-Schönmünzachwerk.

(Tafel III und IV.)

Schon bei Besprechung des Unter-Schönmünzachwerkes wurde darauf hingewiesen, daß bei der gewählten tiefen Lage der Talsperre in der unteren Schönmünzach noch die Gelegenheit zu einer zusammenfassenden Ausnutzung der Kräfte der oberen und mittleren Schönmünzach bestehen bleibe.

Da die Schönmünzach beim Orte Zwickgabel auf Ord. + 542,0 m den Langenbach aufnimmt, der ein nahezu ebenso großes Einzugsgebiet wie die Schön-

münzach* selbst entwässert, so muß zur vollständigen Ausnutzung des Wasserabflusses eine getrennte Fassung der Schönmünzach und des Langenbaches erfolgen. Zu diesem Zwecke sind zwei Talsperren vorgesehen, die im Schönmünzachtal 500 m oberhalb der Volzenhäuser und im Langenbachtal dicht oberhalb der letzten Häuser von Vorder-Langenbach errichtet werden sollen.

Da die Verwertung des Wassers des oberen Schönmünzachgebietes am zweckmäßigsten zusammen mit demjenigen des Raumünzach- und des Schwarzenbachwerkes in der Zentrale bei Forbach erfolgen wird, wobei das Wasser durch einen Druckstollenzug mit dem Staubecken im Raumünzachtal in Verbindung gesetzt werden muß, sind diese Staubecken etwa in der gleichen Höhe mit den Talsperren des badischen Murgwerkes anzulegen. Die Überlaufkante wurde beim Staubecken im Langenbachtal auf Ord. + 664,0, diejenige des Staubeckens in der oberen Schönmünzach auf + 666,0 m angenommen, so daß bei gefülltem Staubecken ein schwaches Gefälle in der Richtung des abfließenden Wassers zum Raumünzachbecken hin entsteht, dessen Überlauf auf + 662,0 m liegt. Die beiden Staubecken des Ober-Schönmünzachwerkes sollen zusammen 6,9 Mill. cbm oder 30% des mittleren jährlichen Zuflusses von 23 Mill. cbm fassen.

Das Staubecken im Schönmünzachtale wird durch einen 6 km langen Stollenzug an das Raumünzachbecken angeschlossen. Die Überführung des Wassers über das Langenbachtal erfolgt in einem Syphon, der durch ein eisernes Rohr gebildet wird. Am Ende des Syphons mündet der reichlich 2 km lange Anschlußstollen vom Langenbachstaubecken her ein. Die gesamten Anlagen liegen im stellenweise mit Porphyrr durchsetzten Granitgebiet. Die Stollenzüge können bei dem erforderlichen geringen Wasserfangungsvermögen ein kleines und nicht ausgekleidetes Querprofil erhalten.

Bei einem mittleren Nutzgefälle von 348 m wird das Wasser des beschriebenen Ober-Schönmünzachwerkes bei einem Wirkungsgrad der Turbinen von 0,75 im Hauptkraftwerk bei Forbach gemittelt 2540 PS. leisten, wobei indessen zu berücksichtigen ist, daß durch die Ableitung des Wassers aus dem Tale der Schönmünzach dem Unter-Schönmünzachwerk im Jahresmittel 23 Mill. cbm Wasser entzogen werden. Dadurch tritt eine Verringerung der Leistung des Unter-Schönmünzachwerkes um etwa 1430 PS. ein, so daß der tatsächliche Gewinn an Energie sich nur zu 1110 PS. berechnet. Allerdings wird dabei die Regulierung des Wasserabflusses des Unter-Schönmünzachwerkes eine vollkommener werden, insofern das Staubecken in der unteren Schönmünzach den verringerten Zufluß in besserer Weise dem Bedarf anzupassen vermag. Dieses Staubecken kann daher nach Erbauung des Ober-Schönmünzachwerkes auch dazu gebraucht werden, erhebliche Wassermengen aus abflußreichen Jahren für die Verwendung in trockenen Jahren zurückzuhalten.

Trotz der im allgemeinen günstigen Verhältnisse für die Ausnutzung der Kräfte der oberen Schönmünzach stellt sich die aus dem Ober-Schönmünzachwerke gewonnene Energie doch wesentlich teurer als beim Schwarzenbach- und beim Raumünzachwerk, so daß es fraglich ist, ob die Ausnutzung in einem selbständigen Werke noch gewinnbringend sein würde. Im Anschluß an das badische Murgwerk dürfte die Anlage indessen zweifellos lohnend sein, da die vorhandenen Anlagen der badischen Talsperrenwerke für die Ausnutzung des Wassers der oberen Schönmünzach mitbenutzt werden können, so daß sich die Kosten erheblich verringern. Die Frage, ob und unter welchen Bedingungen es möglich sein würde, die Konzession für die Ausführung eines Ober-Schönmünzachwerkes im Anschluß an ein badisches Murgwerk zu erhalten, soll hier nicht erörtert werden. Technisch und wirtschaftlich wäre dieser Anschluß jedenfalls der zweckmäßigste.

Durch die beiden Schönmünzachwerke würde die Energie der Schönmünzach in sehr vollkommener Weise ausgenutzt werden, wobei aus dem Schönmünzachwasser eine vollständig regulierbare Energiemenge von über 4000 PS. im Jahresmittel gewonnen werden könnte, von der bei Verteilung nach dem Gefälle rund 54% auf Baden und 46% auf Württemberg entfallen würden.

* Auf den topographischen Karten trägt die Schönmünzach oberhalb der Einmündung des Langenbaches den Namen »Schönmünz«.

III. Das Murgtalsperrenwerk bei Schwarzenberg.

(Tafel III und IV.)

Während sich das Wasser der wichtigsten Nebenflüsse der Murg durch die besprochenen Talsperren in einer weitgehenden Weise in seinem Abflusse regulieren lassen wird, so daß die Energie des Schwarzenbaches, der Raumünzach und der Schönünzach dem Bedarfe zeitlich vollständig angepaßt werden kann, treten bei der Ausnutzung des nicht durch Staubecken regulierten Murgwassers bedeutende Energieverluste auf. Auch das Pumpwerk vermag diese Verluste nur in bescheidenem Maße einzuschränken, so daß auch nach seiner Erstellung und nach Regulierung des Schönünzachwassers im Jahresmittel noch reichlich 2000 PS. der Verwendung verloren gehen. Eine Regulierung des Abflusses der Murg durch Staubecken wäre daher sehr erwünscht.

Für die Aufstauung so großer Wassermengen, wie sie zu einer wirksamen Regulierung des Murgabflusses nötig sein würden, kommen im oberen Murglaufe drei Stellen in Frage, die alle auf württembergischem Gebiete liegen. Die erste dieser Stellen findet sich etwa 1800 m oberhalb der Einmündung der Schönünzach beim Orte Schwarzenberg, wo das Murgbett auf der Ord. + 468,0 m liegt, die zweite unterhalb des Ortes Mittelal beim Rauhelsen auf einer Höhe von + 547,0 m, die dritte beim Burgkopf im Orte Obertal auf + 586,0 m. An allen diesen Stellen lassen sich bei Stauhöhen von 40 bis 50 m gewaltige Stauräume von 40 bis 50 Mill. cbm schaffen.

Wegen der ungünstigen geologischen Verhältnisse und wegen der dichten Besiedelung der überstauten Gebiete mußten indessen von diesen drei Stellen die beiden zuletzt genannten ausgeschieden werden. Die geologischen Bedenken richten sich gegen die Dichtigkeit des Staubeckenbodens, der hier nicht mehr ausschließlich den kristallinen Gesteinen angehört, sondern in erheblichem Umfange aus Sandstein und Rotliegendem besteht, so daß ein unterirdischer Abfluß des gestauten Wassers nicht ausgeschlossen ist.

Außer den geologischen Bedenken sprechen auch Bedenken wirtschaftlicher Natur gegen die Anlage von Staubecken an diesen Stellen, insofern nicht nur fast das ganze überstaute Gelände aus Ackerland und wertvollen Wiesengründen besteht, sondern auch ausgedehnte Ortschaften mit zahlreichen Häusern und Gehöften, ja sogar mit zwei Kurhotels und einer monumentalen Kirche den Staubecken zum Opfer fallen würden. Das Staubecken beim Rauhelsen würde den größten Teil der Orte Mittelal und Obertal, das Staubecken beim Burgkopf die Orte Obertal und Buhlbach unter Wasser setzen. Hierzu ist aber die Erlaubnis der württembergischen Behörden nicht zu erwarten, zumal der Nutzen der Anlage, wenn die gewonnene Energie im Verhältnis zu dem auf die beiden beteiligten Länder entfallenden Gefälle verteilt werden würde, zur größeren Hälfte Baden zugute käme.

Bei der dritten der genannten Stellen beim Orte Schwarzenberg liegen geologische Bedenken gegen die Anlage eines Staubeckens, soweit ohne genauere geologische Untersuchung festgestellt werden konnte, nicht vor, insofern an der Baustelle der Talsperre dichter Gneis ansteht und auch das ganze Staubecken im Gneis zu liegen scheint. Aber selbst wenn das Staubecken in seinem oberen Teile stellenweise in das Rotliegende oder in den Buntsandstein eingreifen sollte, die in den höheren Lagen der Talhänge anstehen, so würde dies nicht bedenklich sein, weil ein unterirdischer Wasserabfluß äußerst unwahrscheinlich ist. Es liegt nämlich das unterhalb anschließende Murgtal in einem tiefwurzelnden Stocke dichten Granites, in den das Flußbett nur als Erosionsrinne eingeschnitten ist, so daß eine Wasserversickerung nach dem unteren Murgtale hin ausgeschlossen erscheint. Auch gegen das Rheintal hin ist das Staubecken durch einen breiten Granitstock abgeschlossen und im Osten, nach welcher Richtung hin die Schichten fallen, finden sich im weitem Umkreise keine unter das Staubecken hinunterreichenden Talbildungen, nach denen hin ein dauernder unterirdischer Wasserabfluß befürchtet werden müßte. Das Staubecken muß daher als unbedingt zuverlässig gelten.

Bestehen geologisch gegen dieses Staubecken keine Bedenken, so liegen die Verhältnisse doch auch hier nicht besonders günstig, weil auch in diesem Becken das überstaute Gebiet größtenteils aus wertvollem Wiesen- und Ackerland besteht, das die Bewohner der umliegenden Ortschaften nur ungern entbehren werden. Da die Ortschaften selbst zum Teil an den höheren Hängen angelegt sind, ist die Zahl der in den Staubecken fallenden Gebäude nur gering. Immerhin würden auch hier die kleinen Ortschaften Röth und Huzenbach mit etwa 40 Häusern unter Wasser kommen; auch wären 5 vorhandene Sägewerke anzukaufen. Ferner würden an den beiden Seiten des Staubeckens neue Straßen in erheblicher Länge zu erbauen sein.

Auch für die Erbauung der geplanten Eisenbahnlinie Forbach—Klosterreichenbach würden Mehrkosten entstehen, da die Bahnlinie auf der Strecke von Kirschbaumwasen bis Schwarzenberg unter Beibehaltung des auf der unterhalb gelegenen badischen Strecke vorgesehenen Maximalgefälles bis über den Wasserspiegel des Staubeckens gehoben werden müßte, um dann nahezu wagerecht bis nach Klosterreichenbach dicht über dem höchsten Wasserspiegel des Staubeckens weitergeführt zu werden. Auf der rund 4 km langen unteren Strecke wird die Höherlegung der Bahn bei der Steilheit der Hänge erhebliche Mehrkosten verursachen, während auf der anschließenden etwa 8 km langen fast wagerechten Strecke bis Klosterreichenbach bei dem hier vorhandenen nur schwachgeneigten Gelände die Mehraufwendungen gering sein werden.

Wenn nach dem Gesagten die Ausführbarkeit eines großen Staubeckens an dieser Stelle auch außer Frage steht, und die Verhältnisse technisch sogar ganz ungewöhnlich günstig liegen, insofern durch eine 44 m hohe, auf trefflichem Felsboden errichtete Talsperre mit einem Mauerwerksaufwand von nur wenig mehr als 100 000 cbm ein Stauraum von etwa 49 Mill. cbm gewonnen werden kann, so wird sich dieses Staubecken infolge seiner Lage in einem fruchtbaren Wiesental doch nur mit Schwierigkeit verwirklichen lassen, zumal auch hier der Umstand erschwerend ins Gewicht fällt, daß die Nachteile der Anlage ausschließlich Württemberg treffen würden, während der Nutzen hauptsächlich Baden zugute kommen wird.

Diese politischen Schwierigkeiten haben dazu geführt, das Staubecken bei Schwarzenberg nicht in den ausgearbeiteten Entwurf aufzunehmen, sondern nur als spätere Ergänzung zu behandeln, obschon es technisch leicht zu verwirklichen wäre und selbst beim Ansatz hoher Entschädigungen für den Landerwerb und für wirtschaftliche Schädigungen eine lohnende Erweiterung des badischen Werkes darstellen würde.

Die Höhe des Überlaufes der Staumauer bei Schwarzenberg wurde auf der Ord. + 512,0 m angenommen, weil eine wesentlich höhere Lage den Ort Klosterreichenbach und die zur Zeit bei diesem Orte endende Bahnlinie Freudenstadt—Klosterreichenbach schädigen würde. Bei dieser Höhenlage des Überlaufes ist das Staubecken bei einem nutzbaren Fassungsraum von rund 49 Mill. cbm imstande, 30% des mittleren jährlichen Zuflusses von 163 Mill. cbm aufzunehmen. Dieser Stauraum ist als ausreichend zu betrachten, da nach Ausführung auch dieses Staubeckens der ganze ausgenutzte Wasservorrat des Murggebietes bis auf einen kleinen Betrag von etwa 7,5%, der aus dem unterhalb der Talsperren gelegenen Gebiete dem Murgstollenwerk zufließt durch Staubecken reguliert sein wird, wodurch die Anforderungen an die Regulierungsfähigkeit der einzelnen Werke verringert werden.

Bei dem reichlich bemessenen Stauraum der badischen Staubecken mit rund 50% des jährlichen Zulaufes konnte der Stauraum der Staubecken auf württembergischem Gebiet sehr gut auf 30% herabgesetzt werden, da der Betrieb des Werkes so zu regeln sein wird, daß die rohere Regulierung des Wasserabflusses durch die abgelegeneren württembergischen Staubecken, namentlich durch das große Murgstaubecken bei Schwarzenberg erfolgt, während die feinere Anpassung der Leistung der Zentrale an den jedesmaligen Bedarf den unmittelbar durch Druckleitungen mit der Zentrale verbundenen badischen Staubecken überlassen bleibt. Bei der Wichtigkeit ihrer Aufgabe und bei ihrer vorteilhafteren höheren Lage ist es, wie schon früher ausgeführt wurde, begründet, den badischen Talsperren einen entsprechend reich-

licheren Fassungsraum zu geben, der sie befähigt, aus regenreichen Jahren erhebliche Wassermengen für trockene Jahre zurückzubehalten, und dadurch dem Kraftwerke für den Notfall eine reichliche Reserve zu sichern.

Zur Entlastung des Staubeckens bei ungewöhnlichen Hochwässern soll die Staumauer einen 80 m langen Überlauf und zwei besondere Überlaufsstollen erhalten, zu deren Anbringung die örtlichen Verhältnisse besonders günstig liegen. Das Nutzwasser soll dem Staubecken durch einen Stollen entnommen werden, der in ähnlicher Weise mit dem Unter-Schönmünzachstaubecken verbunden werden kann, wie dies bei dem badischen Murgwerk bei dem Ableitungsstollen IV des Raumünzachwassers mit dem Schwarzenbachstaubecken geplant ist.

Der Verbindungsstollen des Murgbeckens mit dem Unter-Schönmünzachwerk erhält eine Länge von 1800 m und einen zur Ableitung von 10 cbm Wasser in der Sekunde ausreichenden Querschnitt von 6 qm. Das von ihm abgeleitete Wasser wird durch eine Rohrleitung über das Schönmünzachtal hinübergeführt und sodann durch einen Parallelstollen zum Stollen V des Unter-Schönmünzachwerkes zur Hilfszentrale bei Schönmünzach geleitet, die zur Verarbeitung des gestauten Murgwassers bis zur Höhe des Wasserspiegels des Murgstollenwerkes durch einen Anbau vergrößert werden soll. Die beiden Parallelstollen werden an ihren beiden Enden, ähnlich wie es bei den Parallelstollen III der badischen Talsperrenwerke geschehen ist, miteinander verbunden, so daß sie sich gegenseitig zu ersetzen vermögen. Die Vergrößerung der Hilfszentrale (Kraftwerk II) soll durch eine Verlängerung nach Süden erfolgen, wozu der Platz durch Aussprengung gewonnen werden muß. Zwei Druckrohre führen das Wasser in den Erweiterungsbau der Hilfszentrale, die Raum für die Aufstellung von 6 weiteren Aggregaten in der Größe der alten Einheiten bieten soll. Der Untergraben wird entweder schräg unter der Landstraße hindurch in das Einlaufbecken am Murgwehr eingeleitet oder unmittelbar in das Sammelbecken vor dem Stollen I des Murgstollenwerkes geführt. Die Weiterleitung des aus dem Murgstaubecken stammenden Wassers erfolgt zusammen mit dem ungestauten Wasser der Murg und dem Wasser des Unter-Schönmünzachwerkes durch die Anlagen des Murgstollenwerkes, die dazu keiner Erweiterung bedürfen.

Auch die Zentrale bei Forbach braucht nicht geändert zu werden, da die Verarbeitung des aus dem Staubecken bei Schwarzenberg stammenden Wassers in den gleichen Turbinen erfolgen kann, die früher zur Verarbeitung des ungestauten Murgwassers bestimmt waren.

Sollte die Erlaubnis zur Trockenlegung des Murgbettes vor dem württembergischen Kurorte Schönmünzach nicht zu erlangen sein, so muß das Wasser des Murgstaubeckens oberhalb des Ortes Schönmünzach in einem besonderen Kraftwerke ausgenutzt und dort in das Murgbett zurückgeleitet werden, worauf es am Wehre I wieder dem Flußbette entnommen und dem Murgstollenwerk zugeführt werden kann. Dabei würde dem Flußbett auf etwa 1 km Länge das Wasser erhalten bleiben. Der hierdurch eintretende Energieverlust würde allerdings einige Hundert PS. betragen.

Es könnte bei der Anlage des Murgstaubeckens bei Schwarzenberg noch die Frage aufgeworfen werden, ob es nicht zweckmäßig sein würde, für die Ausnutzung des gestauten Murg- und Unter-Schönmünzachwassers einen neuen Druckstollen bis zum Hauptkraftwerke bei Forbach anzulegen, oder den vorhandenen Stollenzug des Murgstollenwerkes nachträglich in einen Druckstollen zu verwandeln, um auch das Wasser des Unter-Schönmünzach- und des Murgtalsperrenwerkes unter Ausschaltung des Hilfskraftwerkes bei Schönmünzach mit seiner ganzen Fallhöhe in der Zentrale bei Forbach verarbeiten zu können.

Wenn sogleich beim ersten Ausbau des badischen Murgwerkes die Errichtung der Talsperren im Unter-Schönmünzach- und im Murgtale möglich sein würde, so könnte die Ausnutzung des Wassers in einer einzigen Stufe und die Vereinigung sämtlicher Turbinen in einer einzigen Zentrale bei Forbach wohl in Frage gezogen werden. Die Verhältnisse werden aber jedenfalls dazu führen, daß zunächst das Murgstollenwerk und zwar bei seiner Billigkeit wohl schon bei der ersten Baustufe zur

Ausführung kommen wird. Ist aber das Murgstollenwerk, das auf einen nicht unter Druck stehenden Stollen angewiesen ist, einmal hergestellt, so kommt die nachträgliche Umänderung der Anlage nicht mehr in Betracht, da der allenfalls zu erzielende geringe Nutzen in keinem Verhältnis zu den sehr bedeutenden Kosten der Änderung stehen würde. Der Umbau würde auch eine lange Unterbrechung in dem Betriebe des Murgwerkes verursachen und die Ausnutzung des nicht regulierbaren Abflusses aus dem Gebiete III unterhalb der Talsperren dauernd unmöglich machen*. Auch würde bei dieser Umwandlung des Murgstollens in einen Druckstollen der Vorteil des geräumigen offenen Wasserschlosses für den Betrieb des Werkes verloren gehen.

Zu berücksichtigen ist ferner, daß gegen die Vereinigung sämtlicher Turbinen und Generatoren in einem einzigen Kraftwerke bei einem Hochdruckwerke mit so beträchtlichen Druckhöhen doch auch sehr ernstliche Bedenken bestehen, insofern die Gefahr einer allgemeinen Betriebsstörung des ganzen Werkes bei einem Unglücksfall nicht ausgeschlossen erscheint, da das unter einem Druck von 320 bis 360 m stehende Wasser der badischen Talsperrenwerke beim Bruch einer Leitung unter Umständen eine Stilllegung der ganzen Zentrale verursachen könnte. In einem solchen Falle würde die völlig unabhängige Hilfszentrale bei Schönmünzach die Stromlieferung wenigstens für die wichtigsten Betriebe sichern. Gegen die zentralisierte Anlage sehr großer Wasserkraftwerke sind in neuerer Zeit überhaupt verschiedentlich Bedenken in der Richtung erhoben worden, daß bei ihnen bei Betriebsstörungen leicht ausgedehnte Gebiete des Lichtes und der Triebkraft beraubt werden könnten. Diese Bedenken lassen sich bei dem geplanten Murgwerke nur gegen die Zentrale in Forbach richten, da abgesehen von der gemeinschaftlichen Zentrale zwei vollständig voneinander unabhängige Werke vorhanden sind. Ohne jede Schwierigkeit ließen sich aber auch bei der Zentrale durch Auseinanderziehen der Maschinenhalle in zwei getrennte Gebäude etwa gehegte Bedenken beseitigen.

Das Murgtalsperrenwerk würde im Jahresmittel eine regulierbare Energiemenge von reichlich 10000 PS. liefern können, wobei allerdings die Leistung des nicht regulierbaren Wassers des Murgstollenwerkes auf rund 870 PS. zurückgehen würde. Dem Gewinn an regulierbarer Energie von 10000 PS. würde dabei der Verlust einer nur durch das Pumpwerk innerhalb enger Grenzen regulierbaren Energiemenge von 5570 PS. gegenüberstehen, so daß neben der vollkommeneren Regulierung der Murgkräfte ein mittlerer dauernder Gewinn von 4430 PS. erzielt werden würde.

Das Murgwerk würde die Menge der regulierbaren Energie des seither besprochenen Werkes mehr als verdoppeln und es dadurch befähigen, auch die Energie eines weiteren, größeren, nicht regulierbaren Wasserkraftwerkes oder einer größeren Dampfkraftanlage dem schwankenden Bedarf einer elektrischen Zentrale anzupassen.

IV. Eränzungswerke im Murggebiete oberhalb Klosterreichenbach.

Wird das besprochene Staubecken in der Murg bei Schwarzenberg ausgeführt, so würde durch dasselbe das Wasser der Murg aufwärts bis zur Ord. + 512,0 m vollständig ausgenutzt werden. Oberhalb dieses Stauspiegels liegt aber noch ein ziemlich ausgedehntes Gebiet, das durch die Quellbäche der Murg, die Rotmurg, die Rechtmurg, den Buhlbach, den Ellbach, den württembergischen Forbach und den Thonbach entwässert wird.

* Bei einem Vortrage im Badischen Architekten- und Ingenieurverein am 28. Febr. 1907, in dem der Verfasser seinen Entwurf für das Murgwerk mit einem von anderer Seite aufgestellten Gegenentwurf für die Ausnutzung des ganzen oberen Murggebietes zahlenmäßig verglichen hat, wurden allerdings zur Vereinfachung des Kostenvergleiches für alle Werke Druckstollen zugrunde gelegt. Die anlässlich dieses Vortrages in die Presse gelangten Mitteilungen haben an manchen Stellen die Meinung erweckt, daß das früher geplante Hilfskraftwerk bei Schönmünzach aufgegeben worden sei. Das ist nicht der Fall. Der Entwurf des Konzessionsgesuches der Firma E. Holtzmann & Cie. vom 22. Mai 1907 hat in seinen wesentlichen Grundlagen keinerlei Änderung erfahren. Er deckt sich in der Gesamtanlage vollständig mit dem in den Abschnitten A und B beschriebenen Entwürfe.

Die Untersuchungen haben sich auch darauf erstreckt, ob es möglich sein würde, die Wasserkräfte dieser Bäche zur Ergänzung des besprochenen Murgwerkes heranzuziehen. Das Ergebnis ist ein wenig befriedigendes gewesen. Es hat sich gezeigt, daß die Verhältnisse für die Gewinnung von Großwasserkraften, wie sie allein für die Verstärkung des weit entfernten badischen Murgwerkes bei Forbach in Frage kommen können, wenig günstig liegen, da die für die Aufstauung von Wasser in Frage kommenden Talgründe stark besiedelt sind, da das anstehende Gebirge meist ungünstige geologische Verhältnisse aufweist, und da außerdem die Wasserläufe zum Teil schon jetzt durch eine größere Zahl kleinerer Kraftwerke ausgenutzt werden. Diese Gründe führten zu dem Entschlusse, von der Zuziehung der Quellflüsse der Murg zu dem badischen Murgwerk ganz abzusehen und die hier noch vorhandenen Wasserkräfte der lokalen Ausnutzung beziehungsweise einem besonderen Elektrizitätswerke zu überlassen.

Für den Anschluß an das Forbacher Werk könnte höchstens noch ein Talsperrenwerk in der oberen Rotmurg mit einer Talsperre bei der Herdegenhütte und mit dem Wasserspiegel auf Ord. + 668,0 m in Frage kommen, wenn eine geologische Untersuchung einen genügend undurchlässigen Talgrund feststellen würde, was bei dem im ganzen Staubecken anstehenden mit Granitgängen durchsetzten Gneis wahrscheinlich erscheint.

Durch Anschluß dieses Staubeckens durch einen 4 km langen Stollen an das Staubecken im oberen Schönmünzachtale könnte die mittlere Leistung der Forbacher Zentrale um eine regulierbare Energiemenge von rund 500 PS. gesteigert werden, deren Einheitspreis sich allerdings ziemlich hoch stellen würde. Eine noch weitergehende Heranziehung der Quellbäche der Murg zur Verstärkung der badischen Talsperrenwerke durch Staubecken in der gleichen Höhenlage würde sich auch abgesehen von den ungünstigsten geologischen Verhältnissen durch die für die Aufstauung von Wasser ungeeignete Talgestaltung verbieten.

Es dürfte sich nach dem Gesagten empfehlen, das Murgtal oberhalb Klosterreichenbach bei der weiteren Ausgestaltung des badischen Murgwerkes ganz außer Betracht zu lassen, oder doch jedenfalls nur das Quellgebiet der Rotmurg zur Ausnutzung heranzuziehen.

Selbst wenn es gegen Erwarten möglich sein sollte, in der Zukunft doch noch einmal eines der beiden genannten Staubecken in der Murg oberhalb Baiersbronn beim Rauhfelsen oder beim Burgkopf herzustellen, würde es sich nicht empfehlen, die Energie des in diesem Staubecken gefaßten Wassers in Verbindung mit dem so weit entfernten badischen Murgwerk zu verwenden, wozu beim Anschluß an die Hilfszentrale bei Schönmünzach ein 10 km langer, beim unmittelbaren Anschluß an die Forbacher Zentrale aber sogar ein 16 bis 18 km langer Stollenzug erforderlich werden würde.

Es wäre vielmehr zweckmäßiger, das Wasser auf dem kürzesten Wege zu dem besprochenen Murgstaubecken mit dem Wasserspiegel auf Ord. + 512,0 m hinzuleiten und bis zur Höhe des Stauspiegels in diesem Becken in einer besonderen württembergischen Zentrale unterhalb Klosterreichenbachs zu verwerten. Bei diesem zweistufigen Ausbau würde die Energie des württembergischen Oberlaufes der Murg in der denkbar vollkommensten Weise und mit dem geringsten Gefällsverlust ausgenutzt werden, und der erzeugte Strom, der doch wohl innerhalb Württembergs zur Verwendung kommen wird, ohne den Umweg über die badische Zentrale im Lande verbleiben. Ohne Zuziehung des württembergischen Forbaches, der schon jetzt durch zahlreiche kleinere Kraftwerke in weitgehender Weise ausgenutzt wird, könnte dieses württembergische Kraftwerk eine regulierbare Energiemenge von gemittelt 2000 bis 2500 PS. erzeugen. Der Verwirklichung stehen allerdings, wie schon gesagt wurde, schwerwiegende und voraussichtlich nicht überwindliche Hindernisse entgegen.

VIERTER TEIL.

Leistungen und Kosten.

Bei der Berechnung der Leistungen der einzelnen Teile der Gesamtanlage wurden die mittleren jährlichen Leistungen der Werke und die mittleren Leistungen in einem besonders trockenen Jahre unterschieden.

Bei Bestimmung der mittleren Leistungen der Werke wurde von den mittleren Abflußmengen der 14 Jahre 1893 bis 1906 ausgegangen, während als besonders trockenes Jahr das Jahr 1893 betrachtet wurde, das im Murggebiet in den letzten 20 Jahren mit Sicherheit als das abflußärmste bezeichnet werden kann.

Die Abflußmengen wurden in der im zweiten Teile beschriebenen Weise aus den 14-jährigen Wassermengen-Messungen der Firma E. Holtzmann & Cie. und aus den Pegelbeobachtungen und den Niederschlagskarten des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie Badens bestimmt. Bei der Berechnung der Abflußmengen bei hohen Wasserständen wurde sehr vorsichtig vorgegangen, so daß die berechneten mittleren Abflußmengen voraussichtlich hinter den wirklichen Abflußmengen zurückbleiben, worauf auch aus der gefundenen bedeutenden mittleren Verlusthöhe von 648 mm geschlossen werden kann. Nach Schätzung dürfte diese Verlusthöhe um etwa 50 mm zu groß, und dementsprechend die mittlere Abflußmenge der ausgenutzten Gebiete I—VI um etwa 5% zu klein bestimmt worden sein. Mit Sicherheit kann jedenfalls angenommen werden, daß keine Überschätzung des Abflusses vorliegt.

Für das bei gefüllten Staubecken gelegentlich eintretende Abfließen von Wasser über die Überläufe der Talsperren wurde nur bei dem Staubecken in der Murg bei Schwarzenberg ein Wasserverlust angenommen. Bei den beiden badischen Staubecken, die rund 50% des mittleren jährlichen Zuflusses fassen, und bei den drei Staubecken der Schönmünzach, die reichlich 40% des Jahresabflusses aufnehmen können, wurde dagegen kein Abzug gemacht, weil bei dem großen Fassungsraum dieser Staubecken sich ein Überlaufen ganz oder doch fast ganz wird vermeiden lassen, wenn die Leitung des Werkes sich durch eine geeignete Tarifbildung einen gewissen Spielraum im Energieabsatz sichert, so daß bei übernormaler Füllhöhe der Staubecken der Betrieb des Werkes verstärkt werden kann.

Etwa doch gelegentlich eintretende kleine Wasserverluste durch Abfluß über die Überläufe werden durch die sehr niedrige Schätzung des Hochwasserzuflusses jedenfalls reichlich ausgeglichen werden.

Während die Löffelradturbinen, die in der Zentrale bei Forbach ausschließlich Verwendung finden sollen, bei normaler Belastung einen Wirkungsgrad von über 80% besitzen, wurde bei den Leistungsberechnungen nur ein mittlerer Wirkungsgrad von 75% in Ansatz gebracht. Die mittleren Übertragungsverluste des Stromes von der Hilfszentrale bei Schönmünzach und vom Gausbachwerk zur Zentrale bei Forbach wurden mit 5% bzw. 3% in die Rechnung eingeführt. Beim Gausbachwerk kamen ferner auch noch im Jahresmittel 450 PS. zur Entschädigung der ausgeschalteten Kraftwerke durch elektrischen Strom in Abzug.

Die Leistungsberechnungen wurden für eine stark schwankende Belastung der Zentrale durchgeführt. Sie sind bei dem Zusammenwirken der verschiedenen Werke sehr umständlich, so daß von einer ausführlichen Besprechung an dieser Stelle Abstand genommen werden mußte.

Das Ergebnis der Untersuchungen für das badische Murgwerk einschließlich des Gausbachwerkes und des Unter-Schönmünzachwerkes im besonders trockenen Jahr 1893 geht aus den graphischen Aufzeichnungen auf Tafel XXII hervor, die auch die angenommene Verteilung der erzeugten Energie für die verschiedenen Zwecke und die Belastung des Werkes während der einzelnen Tagesstunden erkennen lassen.

Zur Erklärung dieser graphischen Auftragungen mögen die folgenden Angaben dienen:

Erklärungen zu Tafel XXII.

Abb. 1—4. Arbeitspläne des badischen Murgwerkes, einschl. des Gausbachwerkes und des Unter-Schönmünzachwerkes für das Jahr 1893.

Abszissen: Halbmonate des Jahres 1893.

Abb. 1. *Ordinaten:* Verfügbare Energiemengen in Mill. PS.-Stunden seit 1. Januar 1893 fortlaufend summiert, und zwar die Energiemengen aus den Talsperrenwerken im Schwarzenbachtal (T_1), im Raumünzachtal (T_2) und im Unter-Schönmünzachtal (T_3) von der wagerechten Grundlinie nach oben, die Energiemengen aus den nicht durch Talsperren regulierten Werken nach unten angetragen. Die letzteren sind eingeteilt in die Energiemengen, die aus dem Gausbachwerke (U_1), aus dem Murgstollenwerk (U_2) und aus dem Pumpwerke (U_3) stammen, sowie in die im Betriebe (V_1) und die an den Wehren (V_2) verloren gehenden Energiemengen.

Abb. 2. *Ordinaten:* Die gleichen Werte wie bei Abb. 1 für die halben Monate gesondert aufgetragen.

Abb. 3 u. 4. *Ordinaten:* Die gleichen Werte wie bei den Abb. 1 u. 2, nur unter Auftragung aller ausnutzbaren Energiemengen ($U_1, U_2, U_3, T_1, T_2, T_3$) von der wagerechten Grundlinie nach oben, der im Betriebe und an den Wehren verloren gehenden Energiemengen (V_1 und V_2) nach unten.

In den Abb. 2—4 sind ferner die Linien (in Kreuzstrich) eingetragen, nach denen die ausnutzbaren Energiemengen nach Regulierung durch die Talsperren und das Pumpwerk in den einzelnen Halbmonaten des Jahres 1893 zur Verwendung gelangen sollen.

Diese Verbrauchslinien, ebenso wie die Linien, welche den Energiegewinn, der durch das Pumpwerk erzielt wird, und den Energieverlust im Betriebe darstellen, wurden auf Grund der in den Abb. 5—16 dargestellten Belastungskurven des Werkes ermittelt.

Abb. 5—16. Verteilungspläne der ausnutzbaren Energie im Jahre 1893.

Abszissen: Tagesstunden in den einzelnen Jahreszeiten.

Ordinaten: Leistungen in PS.

Abb. 5—8. Angenommene Belastungsverteilung während der einzelnen Tagesstunden an einem mittleren Werktag der einzelnen Jahreszeiten, getrennt nach dem Energieverbrauch:

- a) zur Erzeugung von Licht,
- b) für Fabriken mit Tagesbetrieb,
- c) für Eisenbahnbetrieb,
- d) für Fabriken mit Tages- und Nachtbetrieb,
- e) für den Gesamtbetrieb.

Abb. 9—12. Angenommene Belastungsverteilung während der einzelnen Tagesstunden an einem mittleren Sonntag der einzelnen Jahreszeiten, getrennt nach dem Energieverbrauch:

- a) zur Erzeugung von Licht,
- b) für Eisenbahnbetrieb,
- c) für den Gesamtbetrieb.

Abb. 13—16. Angenommene Belastungsverteilung während der einzelnen Tagesstunden an einem mittleren Tag der einzelnen Jahreszeiten, getrennt nach dem Energieverbrauch:

- a) zur Erzeugung von Licht,
- b) für Fabriken mit Tagesbetrieb,
- c) für Eisenbahnbetrieb,
- d) für Fabriken mit Tages- und Nachtbetrieb,
- e) für den Gesamtbetrieb.

Abb. 17—19. Arbeitspläne der Talsperrenwerke für das Jahr 1893.

Abszissen: Halbmonate des Jahres 1893.

Ordinaten: Energiezuleitung und Energieabgabe in Mill. PS.-Stunden summiert aufgetragen.

Abb. 17. Für die drei Talsperrenwerke und das Pumpwerk zusammen.

Abb. 18. Für die badischen Talsperrenwerke und das Pumpwerk.

Abb. 19. Für das Unter-Schönmünzachwerk.

Abb. 20—23. Arbeitspläne der Talsperrenwerke bzw. Wasserhaushalt der Staubecken im Jahre 1893.

Abszissen: Halbmonate des Jahres 1893.

Ordinaten: Wasserzufluß und Wasserabfluß, bzw. Wasservorrat der einzelnen Staubecken in Mill. cbm.

Abb. 24—25. Arbeitsplan des Ausgleichbeckens für einen mittleren Werktag im Winter des Jahres 1893.

Abszissen: Tagesstunden.

Ordinaten: Zufluß und Abfluß, bzw. Inhalt des Beckens in Mill. cbm.

Bei Beurteilung der graphisch dargestellten Verteilungspläne der Energie ist zu berücksichtigen, daß dieselben nur die mittleren Belastungen während ganzer Stunden und für mittlere Tage der Jahreszeiten enthalten, und daß an einzelnen Tagen und namentlich während einzelner Teile der Stunden viel größere Belastungen des Werkes zu erwarten stehen, die aber jederzeit leicht aus den Staubecken gedeckt werden können.

Die für die Aufstellung der Arbeitspläne erforderlichen Annahmen über die Schwankungen in der Beanspruchung des Werkes mußten auf Grund der Belastungsverteilung bei bestehenden Elektrizitätswerken ziemlich willkürlich gewählt werden, da die künftige Entwicklung eines solchen in gleicher Größe seither in Deutschland noch nicht ausgeführten regulierbaren Werkes nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden kann.

Obschon indessen mit einer ziemlich unregelmäßigen Belastungsverteilung gerechnet wurde, brauchte nach den aufgestellten Arbeitsplänen für das Jahr 1893 nur etwa 70% des Energieaufspeicherungsvermögens der drei Talsperren ausgenutzt zu werden, so daß das badische Murgwerk mit seinen beiden in den Entwurf aufgenommenen Ergänzungen auch in einem Jahre mit gleich ungünstigen Abflußverhältnissen, wie sie das Jahr 1893 gebracht hat, einem noch stärker schwankenden Energiebedarf genügen könnte. Es würde daher möglich sein, einen noch größeren Teil der im Jahresmittel verfügbaren Energiemenge für Bahnbetrieb und Lichterzeugung zu verwenden.

Der Inhalt des Staubeckens ist so groß gewähit worden, daß innerhalb der 14 einzelnen Jahre, für welche Abflußbeobachtungen vorliegen, mit zwei Ausnahmen die volle Ausnutzung der Energie möglich sein wird, und daß noch ein gewisser Ausgleich zwischen niederschlagsreichen und wasserarmen Jahren erfolgen kann. Ein voller Ausgleich zwischen den mittleren Leistungen der einzelnen Jahre würde dagegen nur bei einem noch wesentlich größeren Fassungsraum zu erzielen sein.

Die Abgabe von Energie an gewerbliche Großbetriebe ganz auszuschalten, würde sich daher nicht empfehlen, weil bei dem Fehlen von Abnehmern, die sich wenigsten in gewissen Grenzen in ihrem Energieverbrauch den verfügbaren Energiemengen ohne allzu großen Nachteil anzupassen vermögen, in niederschlagsreichen Jahren auf die volle Ausnutzung der vorhandenen Energie verzichtet werden müßte. In diesem Falle könnte nur dadurch eine volle Ausnutzung der Wasserkräfte der Murg und ihrer Nebenflüsse erzielt werden, wenn dem Murgwerke eine Dampfreserve angegliedert würde, die in niederschlagsarmen Jahren die Leistung des Wasserkraftwerkes wenigstens auf diejenige abflußreicher Jahre aufzuheben vermöchte.

Bei der weiteren Entwicklung des Werkes wird sich von selbst ergeben, wie weit man in der Verwendung der Energie des geplanten Werkes für Betriebe mit einem stark schwankenden und Einschränkungen nicht duldenden Kraftbedarf wird gehen können, und ob es empfehlenswert sein wird, andere Wasserkraftwerke von wenig schwankender Leistung oder eine Dampfzentrale mit dem Murgwerke zu vereinigen. Weitgehende Untersuchungen in dieser Richtung, die auf viele unsichere Voraussetzungen aufgebaut werden müßten, erübrigen schon dadurch, daß die Rentabilität der ganzen Anlage außer Frage steht und daher die Entwicklung getrost der Zukunft überlassen werden kann.

Unter den gemachten Voraussetzungen wurden für die einzelnen Teile des Werkes die in den folgenden Zusammenstellungen angegebenen mittleren Energieleistungen festgestellt, die bei den sehr vorsichtigen Annahmen, namentlich infolge des niedrigen Wirkungsgrades der Turbinen voraussichtlich um einige Hundertstel hinter den wirklich erreichbaren Leistungen zurückbleiben dürften.

Zusammenstellung der mittleren Leistungen der einzelnen Werke.

A. Badisches Murgwerk.

Name des Werks und Nutzgefälle h	Zeit	Mittlere verfügbare Wassermenge in cbm/Sek.	Mittlere Energie der gesamten Wassermenge in PS.	Mittlerer Verlust an den Wehren in PS.	Mittlerer Verlust im Betrieb in PS.	Mittlere ausnutzbare Leistung in PS.
I. Murgstollenwerk mit Pumpwerk h = 146,5 m	1893—1906	7,37	10 800	2 550	930	7 320
	1893	5,23	7 660	1 190	690	5 780
II. Schwarzenbachwerk h = 348 m	1893—1906	0,69	2 400	—	—	2 400
	1893	0,51	1 780	—	—	1 780
III. Raumünzachwerk h = 348 m	1893—1906	1,00	3 480	—	—	3 480
	1893	0,70	2 440	—	—	2 440
I.—III. Badisches Murgwerk	1893—1906	9,06	16 680	2 550	930	13 200
	1893	6,44	11 880	1 190	690	10 000

B. Badisches Murgwerk mit dem Gausbach- und dem Unter-Schönmünzachwerk.

Name des Werks und Nutzgefälle h	Zeit	Mittlere verfügbare Wassermenge in cbm/Sek.	Mittlere Energie der gesamten Wassermenge in PS.	Mittlerer Verlust an den Wehren in PS.	Mittlerer Verlust im Betrieb in PS.	Mittlere ausnutzbare Leistung in PS.
I. Murgstollenwerk mit Pumpwerk h = 146,5 m	1893—1906	5,89	8 630	1 500	690	6 440
	1893	4,17	6 110	650	460	5 000
II. Schwarzenbachwerk h = 348 m	1893—1906	0,69	2 400	—	—	2 400
	1893	0,51	1 780	—	—	1 780
III. Raumünzachwerk. h = 348 m	1893—1906	1,00	3 480	—	—	3 480
	1893	0,70	2 440	—	—	2 440
IV. Gausbachwerk. h = 18 m	1893—1906	9,84	1 770	210	480	1 080
	1893	7,00	1 260	70	390	800
V. Unter-Schönmünzachwerk h = 199 m	1893—1906	1,48	2 940	—	40	2 900
	1893	1,06	2 110	—	30	2 080
I—V. Badisches Murgwerk mit Erweiterungen	1893—1906	9,84	19 220	1 710	1 210	16 300
	1893	7,00	13 700	720	880	12 100

C. Badisches Murgwerk mit dem Gausbachwerk, dem Unter- und dem Ober-Schönmünzschwerk und dem Murgtalsperrenwerk.

Name des Werks und Nutzgefälle h	Zeit	Mittlere verfügbare Wasser- menge in cbm/Sek.	Mittlere Energie der gesamten Wasser- menge in PS.	Mittlerer Verlust an den Wehren in PS.	Mittlerer Verlust im Betrieb in PS.	Mittlere ausnutz- bare Leistung in PS.
I. Murgstollenwerk ohne gestautes Wasser h = 146,5 m	1893—1906	0,69	1 010	80	60	870
	1893	0,51	750	30	20	700
II. Schwarzenbachwerk h = 348 m	1893—1906	0,69	2 400	—	—	2 400
	1893	0,51	1 780	—	—	1 780
III. Raumünzschwerk h = 348 m	1893—1906	1,00	3 480	—	—	3 480
	1893	0,70	2 440	—	—	2 440
IV. Gausbachwerk h = 18 m	1893—1906	9,84	1 770	50	480	1 240
	1893	7,00	1 260	30	380	850
V. Unter-Schönmünzsch- werk h = 199 m	1893—1906	0,75	1 490	—	20	1 470
	1893	0,54	1 010	—	10	1 000
VI. Ober-Schönmünzsch- werk h = 348 m	1893—1906	0,73	2 540	—	—	2 540
	1893	0,52	1 810	—	—	1 810
VII. Murgtalsperrenwerk h = 199 m	1893—1906	5,20	10 350	350	—	10 000
	1893	3,67	7 300	180	—	7 120
I—VII. Gesamtwerk	1893—1906	9,84	23 040	480	560	22 000
	1893	7,00	16 350	240	410	15 700

Die mittleren ausnutzbaren Leistungen der drei besprochenen Ausbaustufen, die Maximalleistungen, die im Bedarfsfalle jederzeit zur Verfügung stehen, und die höchstmöglichen Leistungen der Werke gehen aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Name des Werks	Mittlere Leistung 1893—1906 in PS.	Davon durch Staubecken vollständig regulierbar in PS.	Jederzeit verfügbare Leistung in PS.	In Hundertstel der mittleren Leistung	Größte Leistungs- fähigkeit des Werkes in PS.
A. Badisches Murgwerk	13 200	5 880	54 000	409	79 000
B. Badisches Murgwerk mit Erweiterungen	16 300	8 780	66 000	405	84 000
C. Gesamtwerk	22 000	19 890	80 000	364	88 000

Die Kostenanschläge ergaben für die einzelnen Ausbaustufen ohne den elektrischen Teil die in der folgenden Zusammenstellung enthaltenen Werte:

Name des Werks	Gesamt-Anlagekosten in Mark	Mittlere Leistung in PS.	Davon durch Talsperren vollständig regulierbar	Anlagekosten bezogen auf die mittlere Leistung in Mark/PS.	Anlagekosten bez. auf die jederzeit verfügbare Leistung in Mark/PS.
A. Badisches Murgwerk	17 500 000	13 200	44,5 %	1 330	324
B. Badisches Murgwerk mit Erweiterungen	21 500 000	16 300	53,9 %	1 320	326
C. Gesamtwerk	36 000 000	22 000	90,4 %	1 640	440

Unter Berechnung des Jahres zu 8500 Stunden*, und bei angemessenen Ansätzen für Verzinsung und Abschreibung, sowie für Unterhaltung und Bedienung der Anlagen** wurde der Einheitspreis der Leistung in der Turbinenwelle wie folgt berechnet:

Name des Werks	Mittlere Leistung in PS.-Stunden im Jahr	Jährliche Aufwendungen in Mark	Preis für 1 PS.-Jahr in Mark	Preis für 1 PS.-Stunde in Pf.
A. Badisches Murgwerk	112,2 Mill.	1 030 000	78	0,92
B. Badisches Murgwerk mit Erweiterungen	138,5 Mill.	1 240 000	76	0,90
C. Gesamtwerk	187,0 Mill.	2 000 000	91	1,07

Einschließlich der elektrischen Einrichtung der Zentrale, aber ohne die Transformatoren und die Fernleitungen, stellt sich der Preis der elektrischen Energie bei 5000 Volt Spannung an der Schalttafel in Forbach etwa wie folgt:

	Mittlere Leistung in KW.-Stunden im Jahr	Jährliche Aufwendungen in Mark	Preis für 1 KW.-Stunde in Pf.
A. Badisches Murgwerk	75,8 Mill.	1 140 000	1,50
B. Badisches Murgwerk mit Erweiterungen	93,6 Mill.	1 380 000	1,48
C. Gesamtwerk	126,4 Mill.	2 180 000	1,87

Bei der Feststellung der Kosten des Werkes wurden reichlich hohe Einheitspreise eingeführt, so daß eine Überschreitung der ermittelten Werte nicht zu befürchten steht.

Bei dem badischen Werke und seinen beiden in den Entwurf aufgenommenen Erweiterungen stellt sich nach Erhöhung der berechneten Preise um 10 % für Betriebsausfälle **eine Pferdestärkenstunde** in den Turbinenwellen auf

etwa 1 Pf.

Der Preis für **eine Kilowattstunde** an der Schalttafel der Zentrale in Forbach berechnet sich auf

etwa $1\frac{2}{3}$ Pf.

* Diese Stundenzahl, die um 260 Stunden hinter der wirklichen verfügbaren Stundenzahl zurückbleibt, wurde in Rechnung gestellt, um die Verluste bei Einschaltung von Aggregaten, für deren Leistung kein voller Absatz vorhanden ist, zu berücksichtigen.

** Gerechnet wurden für den wasserbaulichen Teil zusammen 4,8 %, für die Gebäude 7 %, für die Druckrohre 8 % und für die Maschinen 14 %. Außerdem wurde ein Zuschlag für die Verwaltungskosten gemacht.

Nach Übertragung des Stromes auf eine Entfernung von gemittelt 40—50 km erhöht sich der Preis für 1 Kilowattstunde auf

etwa $2\frac{1}{2}$ Pf.

Wird für die Berechnung der Einheitspreise nur die Energieleistung des trockensten bekannten Jahres eingeführt und von einer Aufhöhung der Leistung aus dem in früheren Jahren in den Staubecken aufgesammelten Energievorrat abgesehen, so erhöht sich der Einheitspreis für 1 PS.-Stunde auf etwa $1\frac{1}{3}$ Pf., für 1 Kilowattstunde an der Schalttafel in Forbach auf etwa 2 Pf. und für 1 Kilowattstunde nach Übertragung auf 40—50 km auf etwa 3 Pf.

Bei dem Gesamtwerke stellen sich die Preise zwar um nahezu ein Viertel höher, es ist aber zu berücksichtigen, daß bei dem Gesamtwerke, bei dem das verwendete Wasser fast vollständig durch Staubecken reguliert werden kann, eine noch weitergehende Anpassungsmöglichkeit an den Bedarf vorliegt, so daß dieses Werk nicht nur die eigene Leistung, sondern auch noch diejenige eines angeschlossenen nicht regulierungsfähigen größeren Kraftwerkes dem stark schwankenden Bedarf eines Elektrizitätswerkes für Lichterzeugung oder Bahnbetrieb anzupassen vermag.

Wird von der Annahme ausgegangen, daß die Hälfte der gewonnenen Energie in industriellen Großbetrieben mit $10\frac{1}{2}$ bzw. 24 stündlicher täglicher Betriebszeit, die andere Hälfte für den Bahnbetrieb und für Beleuchtungswerke verwandt werden soll, und daß der Wert des Stromes für die zuletzt genannten, starken zeitlichen Schwankungen ausgesetzten und Betriebseinschränkungen nicht duldbaren Verwendungsarten dreimal so hoch ist als derjenige des Stromes für die gewerblichen Großbetriebe, so erhöht sich der Preis für die zuerst genannten Zwecke auf $2\frac{1}{2}$ Pf. für die Kilowattstunde an der Schalttafel der Forbacher Zentrale und auf $3\frac{3}{4}$ Pf. für 1 Kilowattstunde nach Übertragung auf 40—50 km, während der Preis des Stromes für den Fabrikbetrieb auf $\frac{5}{6}$ Pf. für die Kilowattstunde an der Schalttafel der Zentrale bei Forbach und auf $1\frac{1}{4}$ Pf. für 1 Kilowattstunde nach Übertragung auf 40—50 km zurückgeht.

Diese Preise stellen die Selbstkosten nach vollständiger Fertigstellung der einzelnen Ausbaustufen dar, wobei eine angemessene Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitales vorgesehen ist, aber kein Zuschlag für eine etwaige Versteuerung der Energie gemacht wurde. Zum Vergleich sei darauf hingewiesen, daß die Selbstkosten des Stromes bei den großen neueren, mit Dampfkraft betriebenen städtischen Zentralen zwischen 6 und 15 Pf./KW.-Stunde schwanken und stellenweise sogar noch wesentlich höher sind.

Bei dem berechneten sehr mäßigen Einheitspreise der Energie steht die Wirtschaftlichkeit des beschriebenen Murgwerkes ebenso außer Frage, wie seine leichte und sichere Durchführbarkeit.

Eine generelle Durcharbeitung der für Großwasserkraft in Frage kommenden Wasserläufe hat gezeigt, daß innerhalb des Großherzogtums Baden wohl mit Bestimmtheit kein zweites gleich leistungsfähiges Wasserkraftwerk errichtet werden kann, das ebenso billige und zugleich ebenso gut regulierbare Energie zu liefern vermöchte.

Zu bedauern bleibt nur, daß durch diese Anlagen die Täler der Murg und ihrer Nebenflüsse mit dem Wasser eines Teiles ihrer landschaftlichen Schönheit beraubt werden. Den großen wirtschaftlichen Vorteilen dieses Werkes gegenüber, das ausgedehnte Gebiete der Segnungen billigen Lichtes und billiger Kraft teilhaftig machen wird, muß aber dieser Nachteil in den Hintergrund treten, zumal die neugeschaffenen großen Wasserflächen, die an Umfang denjenigen der größten Seen des südlichen Schwarzwaldes gleichkommen, inmitten der Tannenwäldchen dem Landschaftsbilde des seearmen nördlichen Schwarzwaldes dafür einen neuen Reiz verleihen werden.

Möchten die auf die Ausnutzung der Wasserkraft des oberen Murggebietes gesetzten Erwartungen in nicht allzu ferner Zeit in Erfüllung gehen, und sich bald mit dem elektrischen Strom ein reicher Strom wirtschaftlicher Kraft aus den einsamen Gebirgstälern der Murg befruchtend in die badischen Lande ergießen!

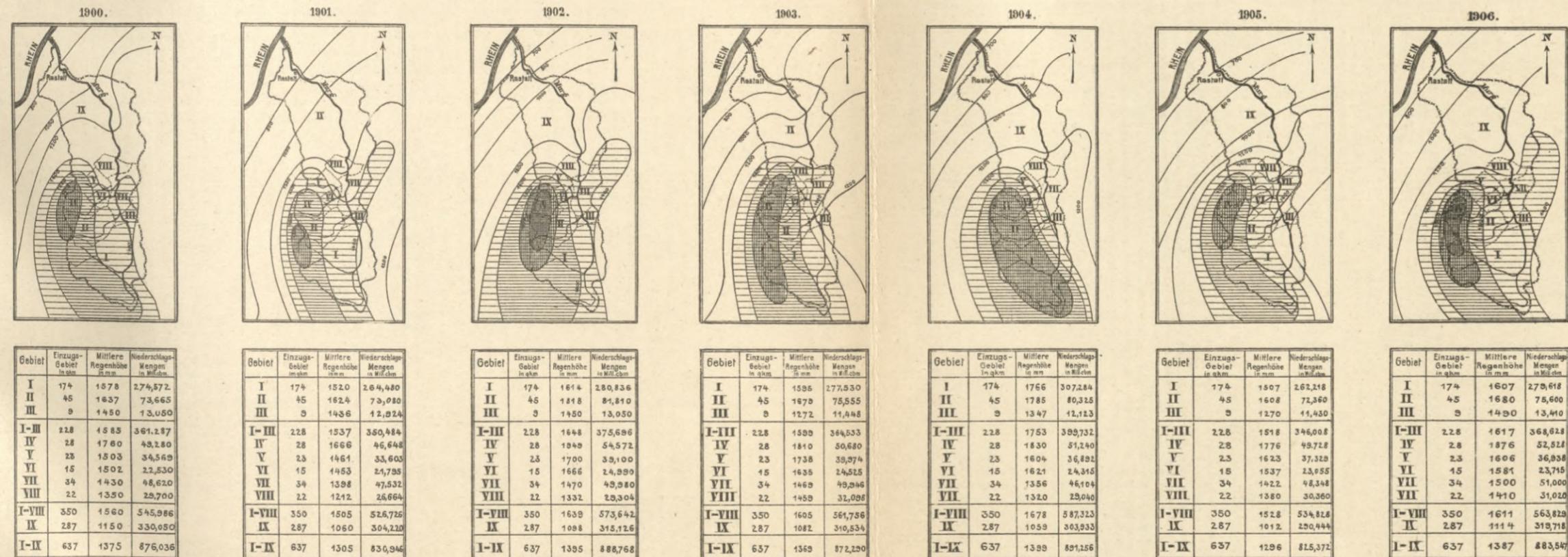
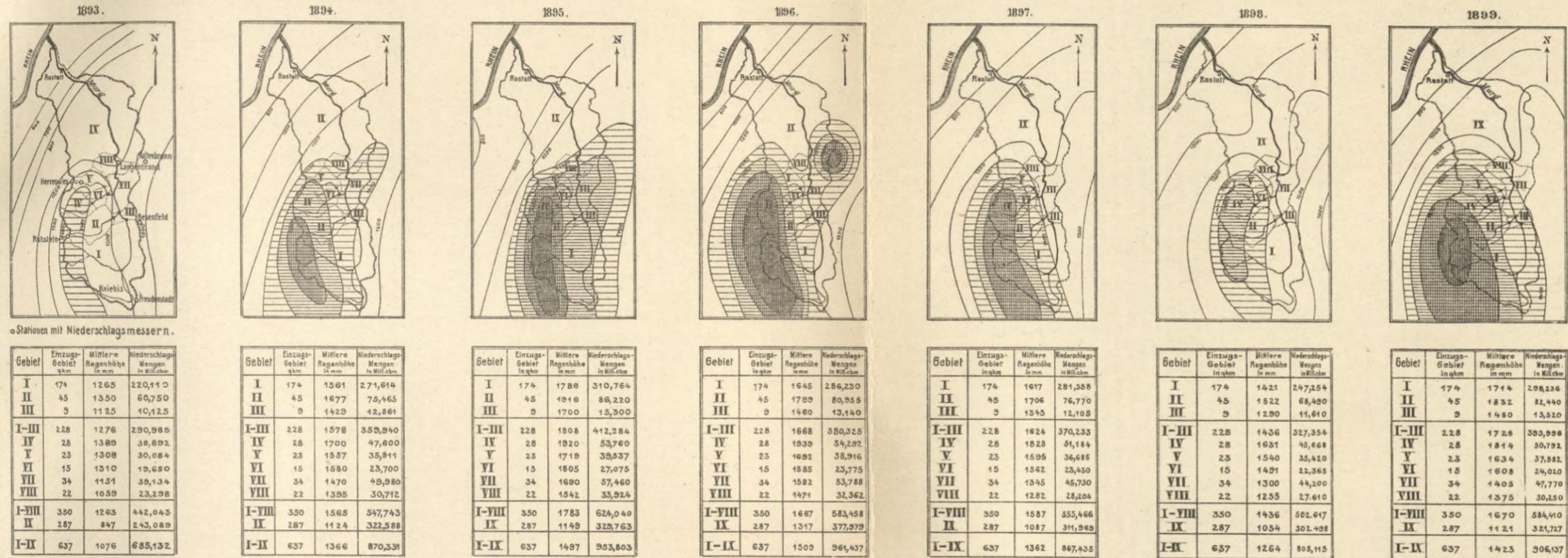


NIEDERSCHLAGSKARTEN DES MURG - GEBIETES

FÜR DIE JAHRE 1893-1906.

Gebiet I: Einzugsgebiet der 1800m oberhalb der Schönmünzacheinmündung gelegenen Murgtalsperre.
 Gebiet II: Einzugsgebiet der 900m oberhalb der Einmündung in die Murg gelegenen Schönmünzachtalsperre.
 Gebiet III: Nicht durch Talsperren beherrschtes Einzugsgebiet des 900m unterhalb der Schönmünzacheinmündung gelegenen Murgwehres.
 Gebiet IV: Einzugsgebiet der Raumünzachtalsperre bei Biberach.
 Gebiet V: Einzugsgebiet der Schwarzenbachtalsperre bei Schwarzenbach.

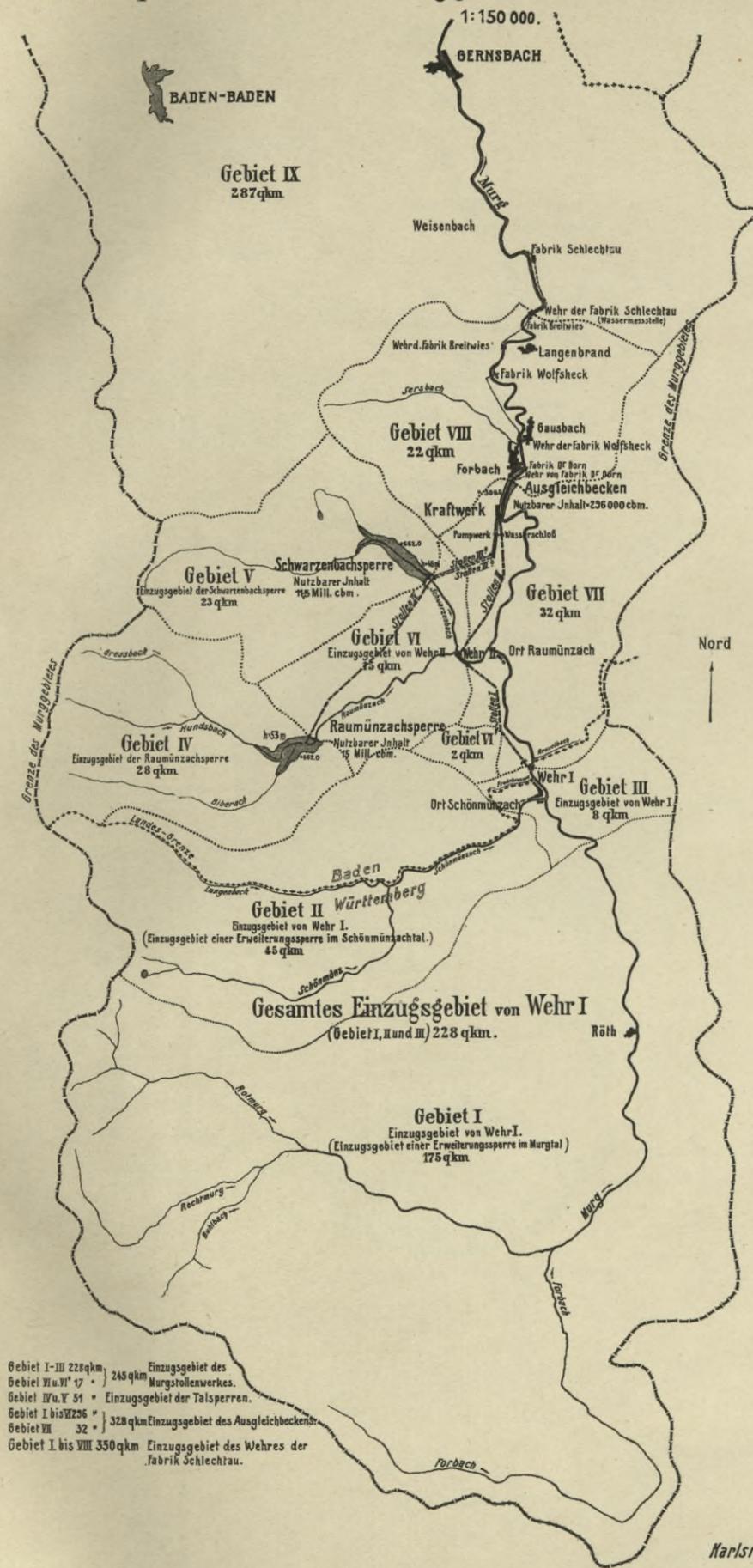
Gebiet VI: Nicht durch Talsperren beherrschtes Einzugsgebiet des 200m unterhalb der Schwarzenbacheinmündung gelegenen Raumünzachtwehres.
 Gebiet VII: Nicht durch die Wehre in der Murg und in der Raumünzacht beherrschtes Einzugsgebiet der Ausgleichstalsperre bei Forbach.
 Gebiet VIII: Nicht durch die Murgsperre bei Forbach beherrschtes Einzugsgebiet des Wehres der Fabrik Schlechttau.
 Gebiet IX: Einzugsgebiet der Murg unterhalb des Wehres der Fabrik Schlechttau.



Karlsruhe, im April 1907.

L. Rehbock.

Übersichtsplan des oberen Murggebietes mit dem badischen Murgwerk.



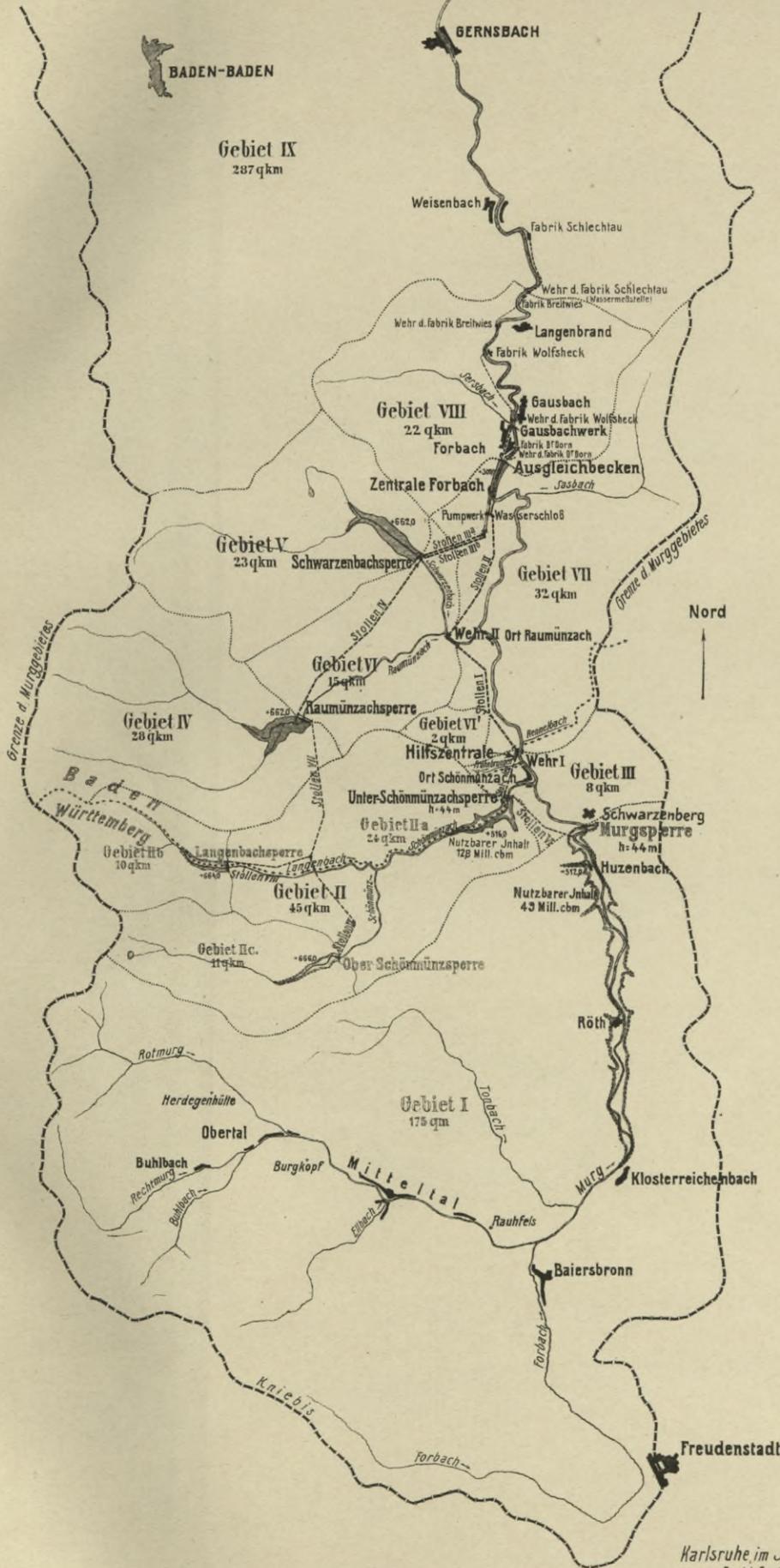
Karlsruhe, im Juli 1907.

Revid. Sept. 1908.

Th. Rehbock

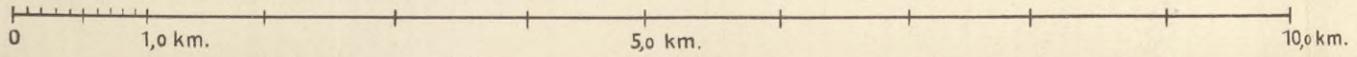
Übersichtsplan des oberen Murgtgebietes mit dem Gesamtentwurf.

1:150000.



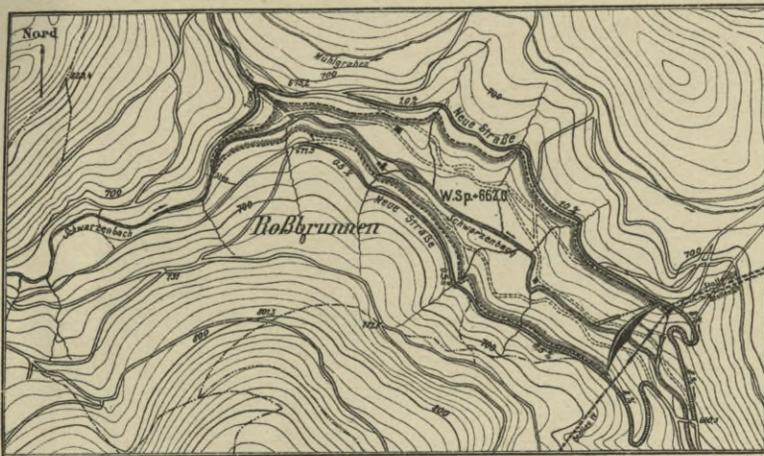
Karlsruhe im Juli 1907.
Revid. Sept. 1908.
Th. Rehbock

1:60000

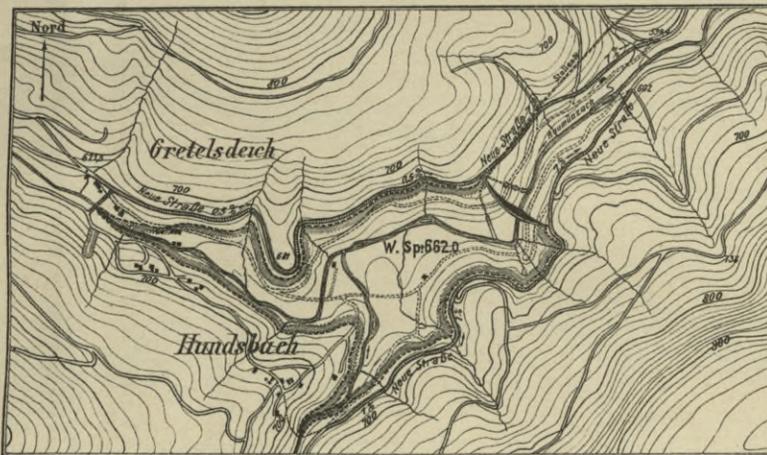


Lagepläne der Staubecken mit den Wegverlegungen: Maßstab 1:30000.

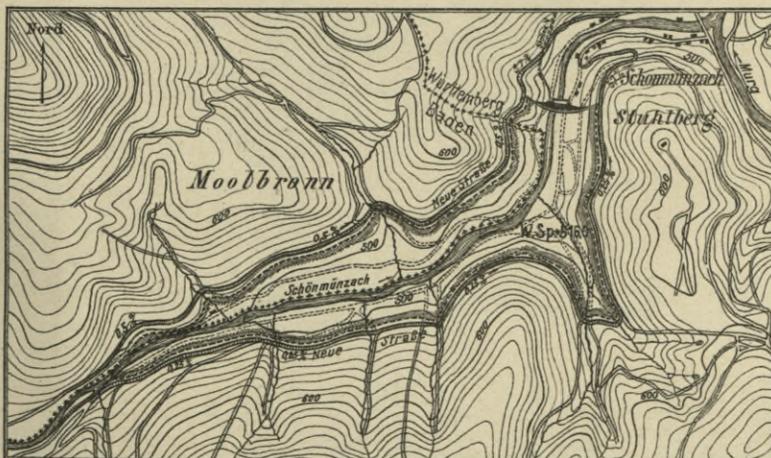
1. Schwarzenbach - Falsperre.



2. Raunmünzack - Falsperre.



3. Schönmünzack - Falsperre.

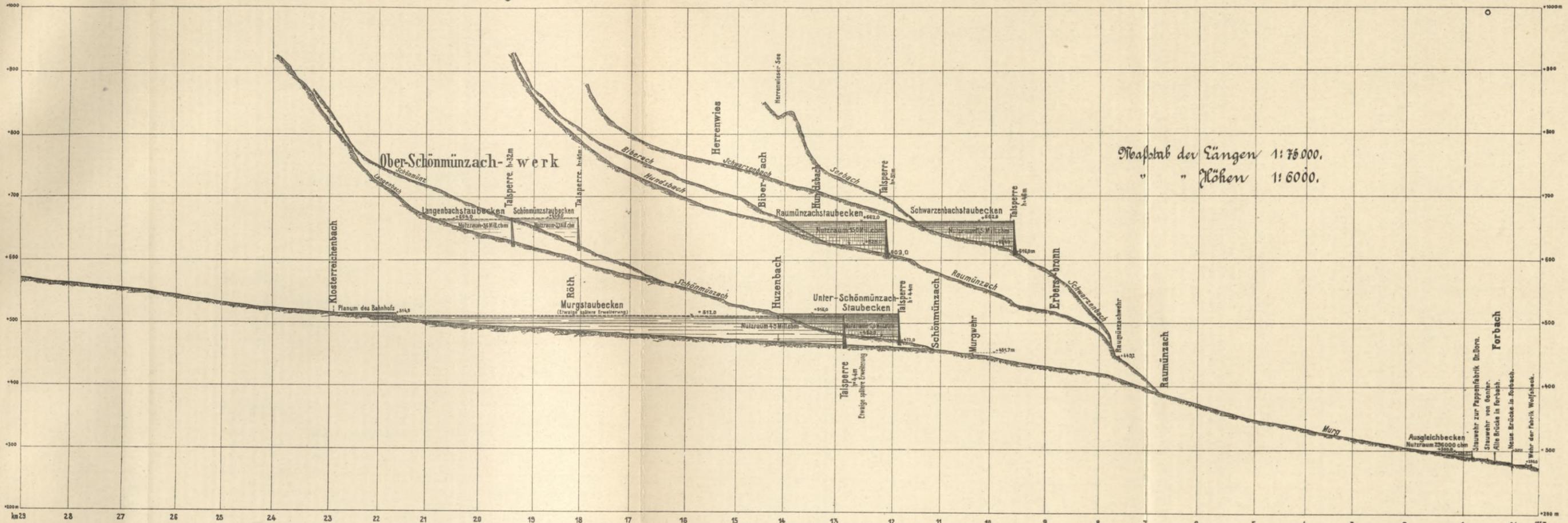


Die neuen Wege sind stark ausgezogen und schraffiert,
die aufgegebenen Wege sind punktiert eingezeichnet.

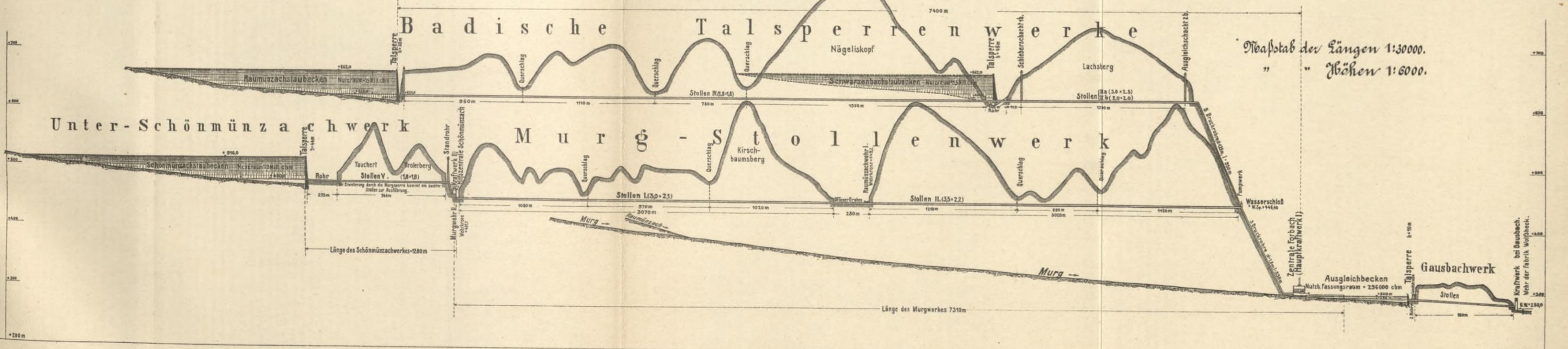
Karlsruhe, im Juli 1907.

T. Rehbock.

Längenprofil der Murg und ihrer Nebenflüsse.



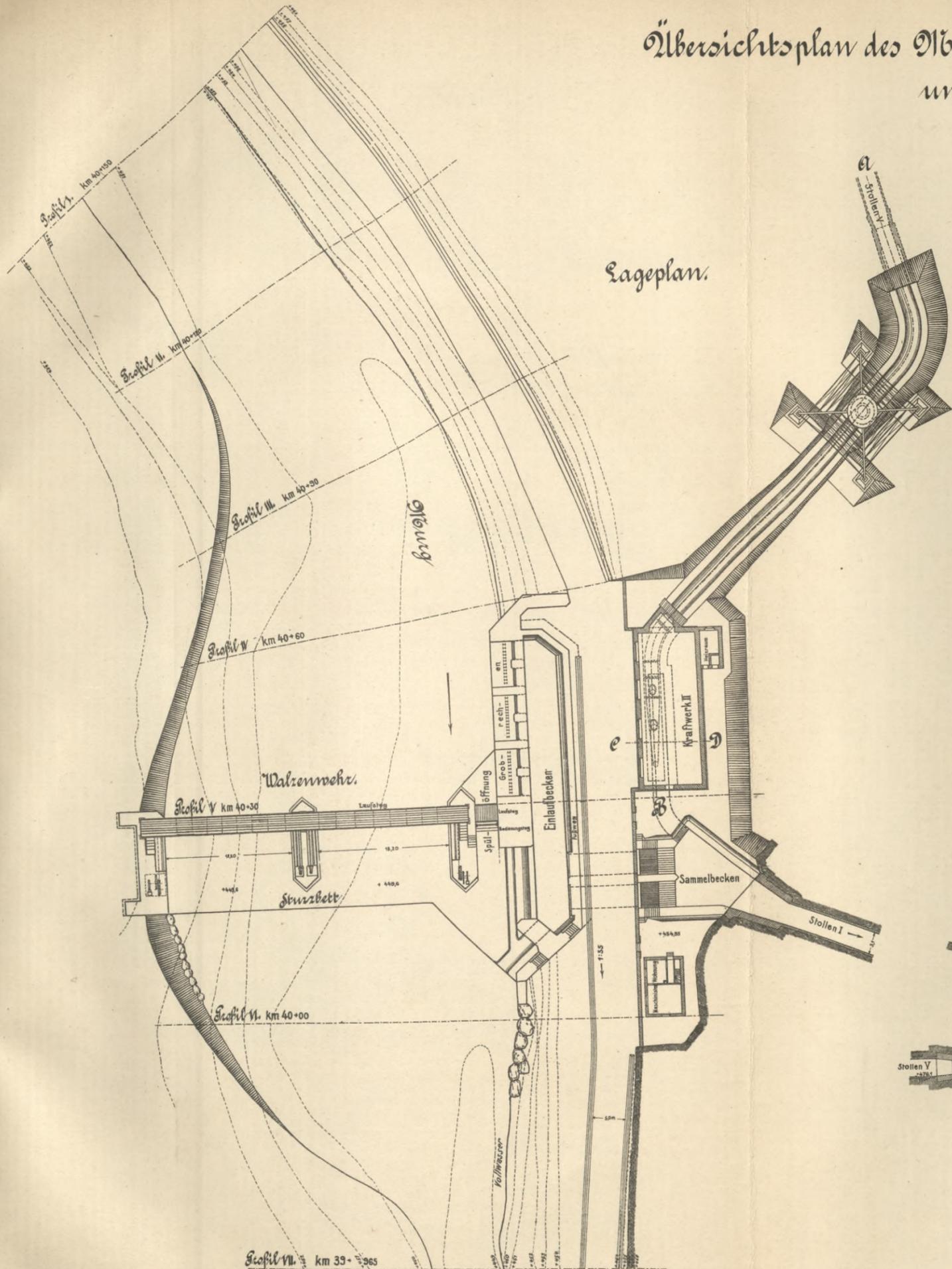
Längenschnitt durch die einzelnen Teile des badischen Murgwerkes und seine Erweiterungen.



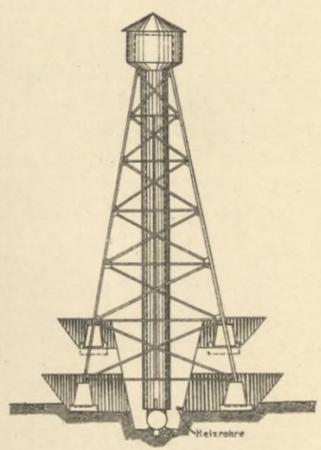
Karlsruhe, im Juli 1907.
Revid. Sept. 1908.
H. Rehbock

Übersichtsplan des Oburgwehres unterhalb Schönmünzrach und Kraftwerk II.

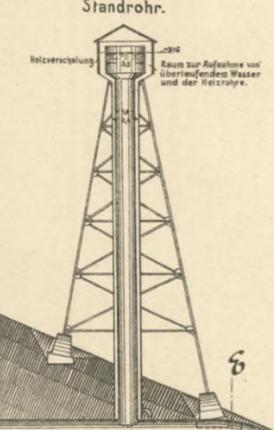
1:600.



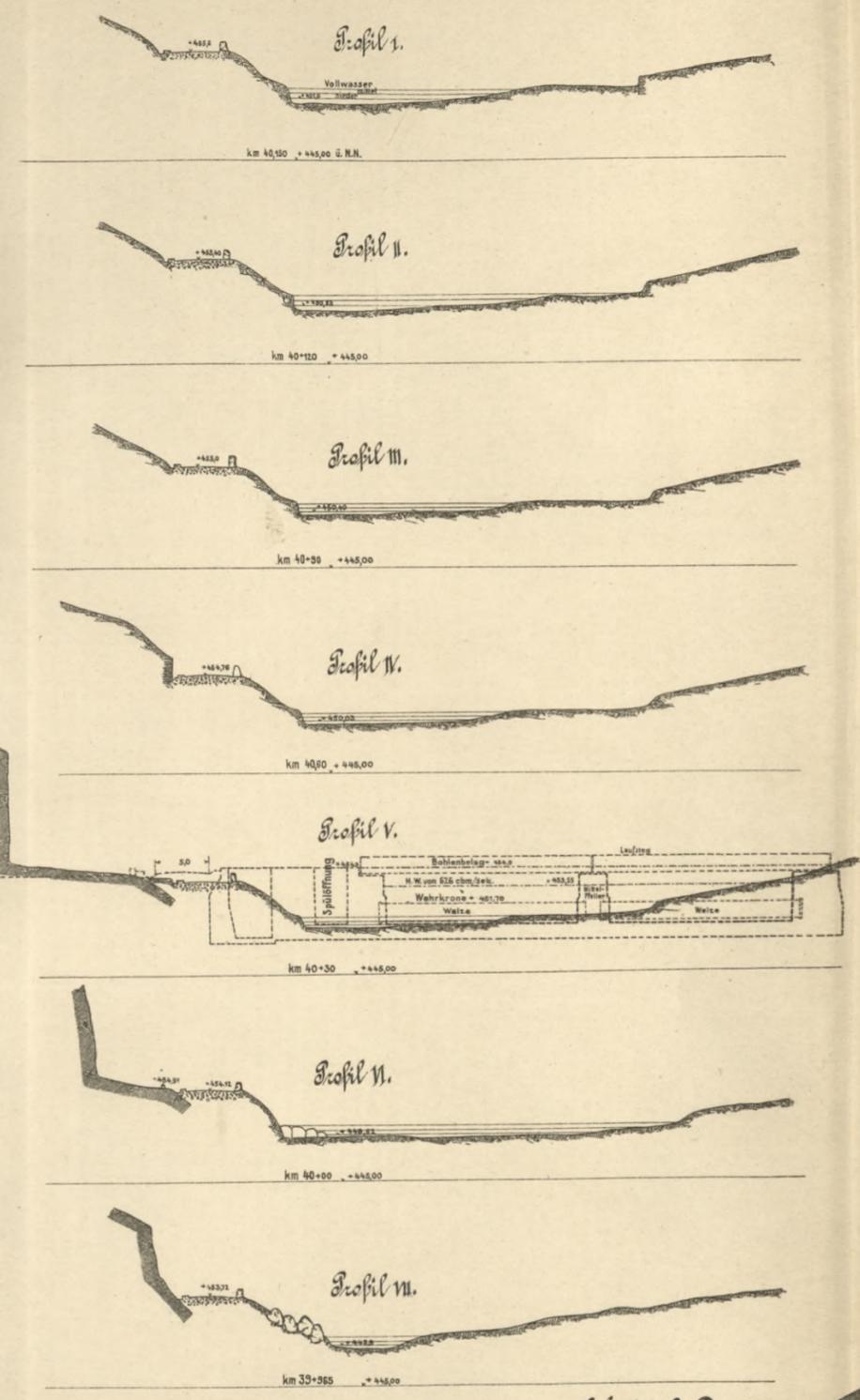
Schnitt E-F.



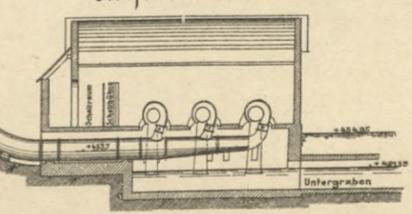
Schnitt A-B.



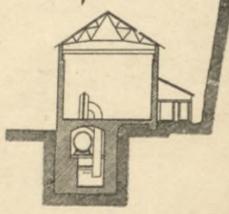
Querprofile:



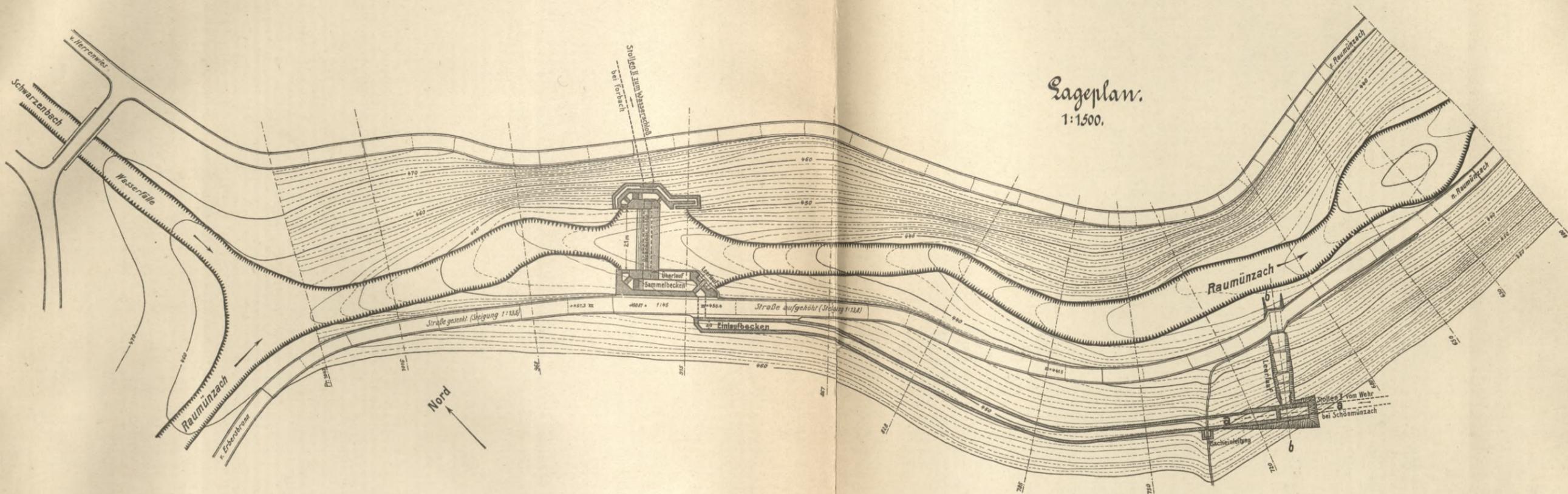
Kraftwerk II.



Schnitt C-D.



Karlsruhe, im Juli 1907.
F. Rehbock.



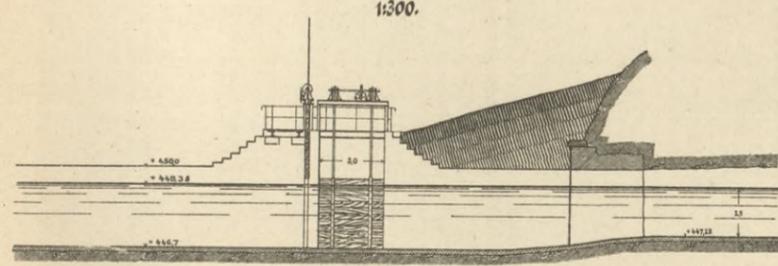
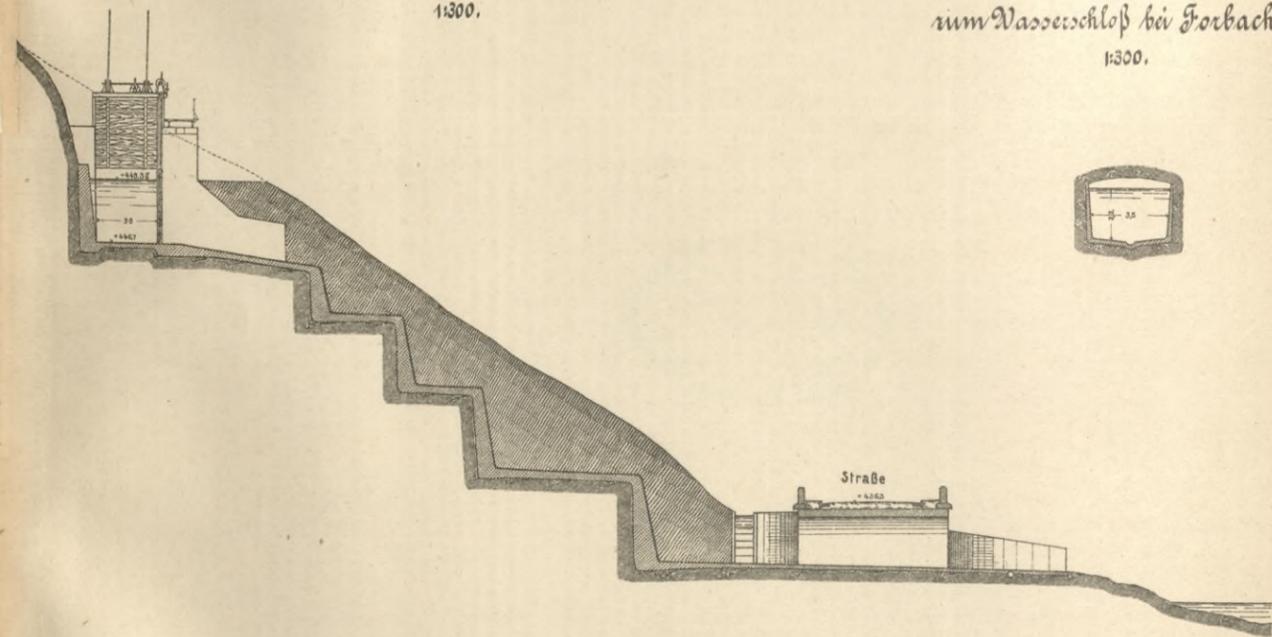
Lageplan.
1:1500.

Schnitt durch den Seeerlauf b-b.
1:300.

Querschnitt des Stollens II
um Wasserschloß bei Forbach.
1:300.

Schnitt durch den Stollenauslauf a-a.
1:300.

Querschnitt des Stollens I.
vom Wehr bei Schönmünzach.
1:300.



Maßstab 1:1500.

Maßstab 1:300.

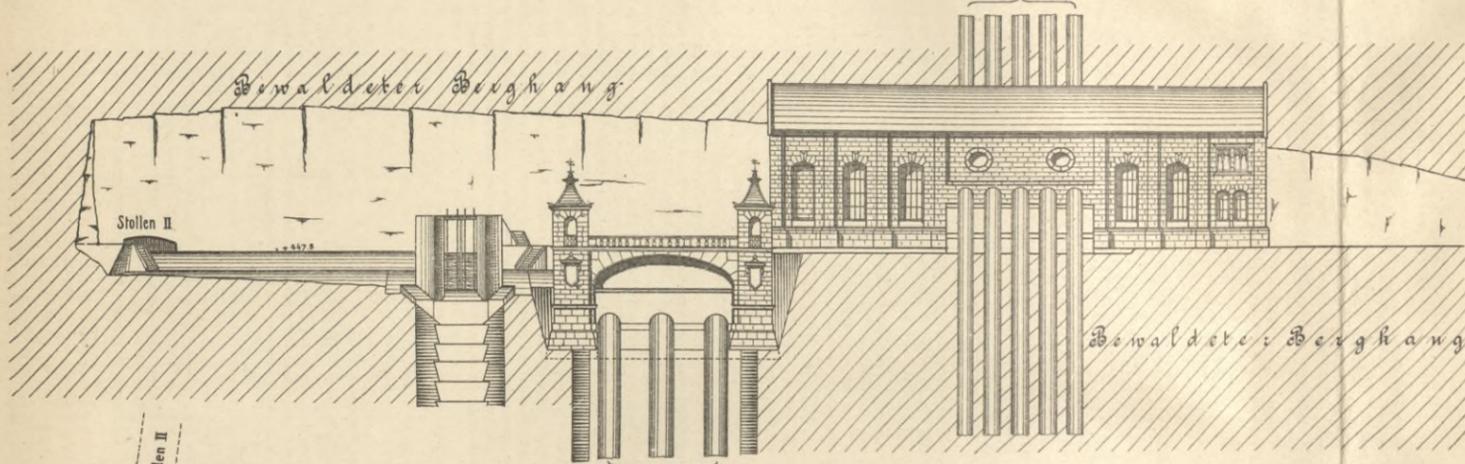
Karlruhe, im Juli 1902.
Th. Rehbock



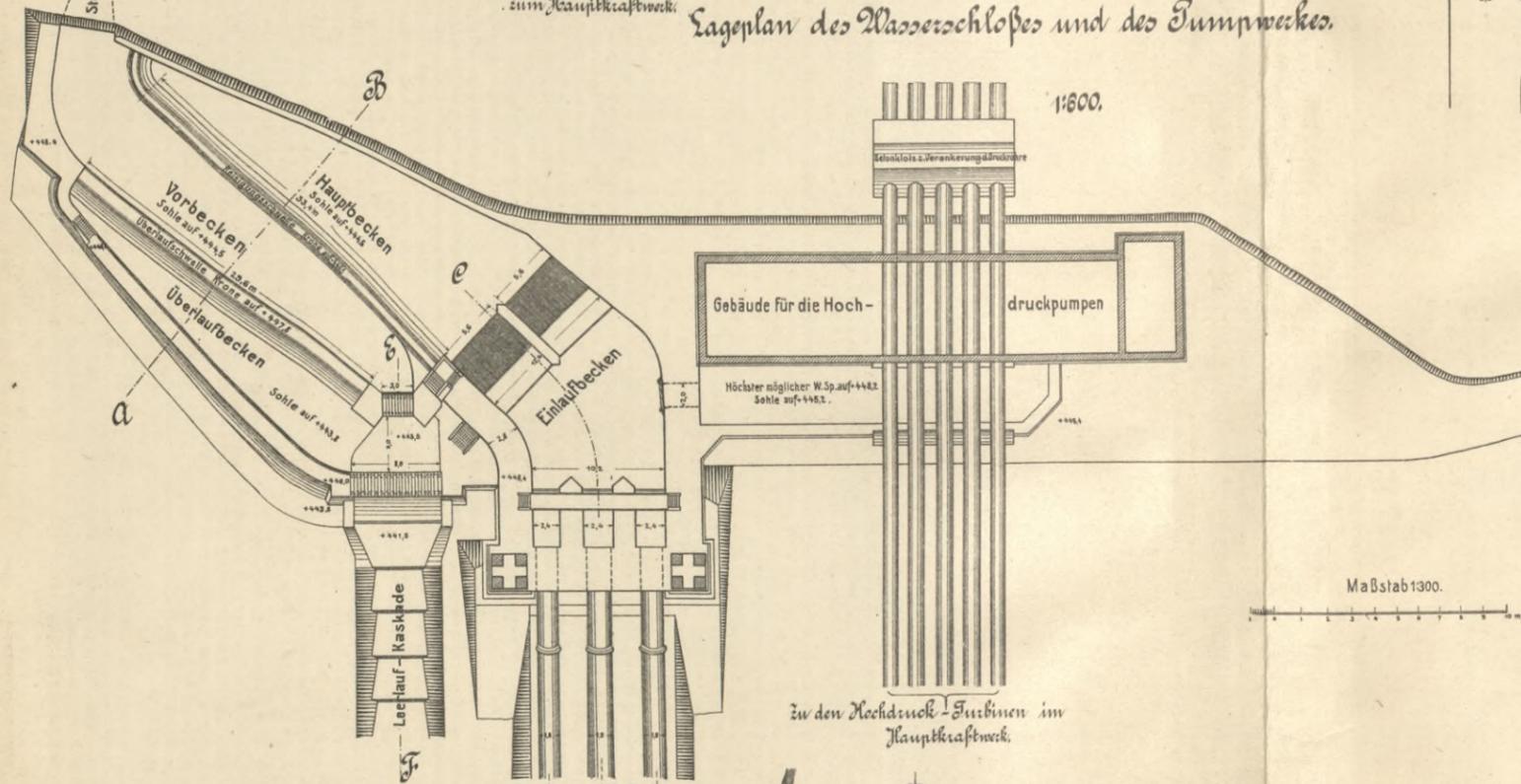


Wasserschloß und Tumpwerk am Bergabhang bei Forbach:

Ansicht des Wasserschlosses und des Tumpwerkes.
1:600.
Von der Schwarzschachopeue



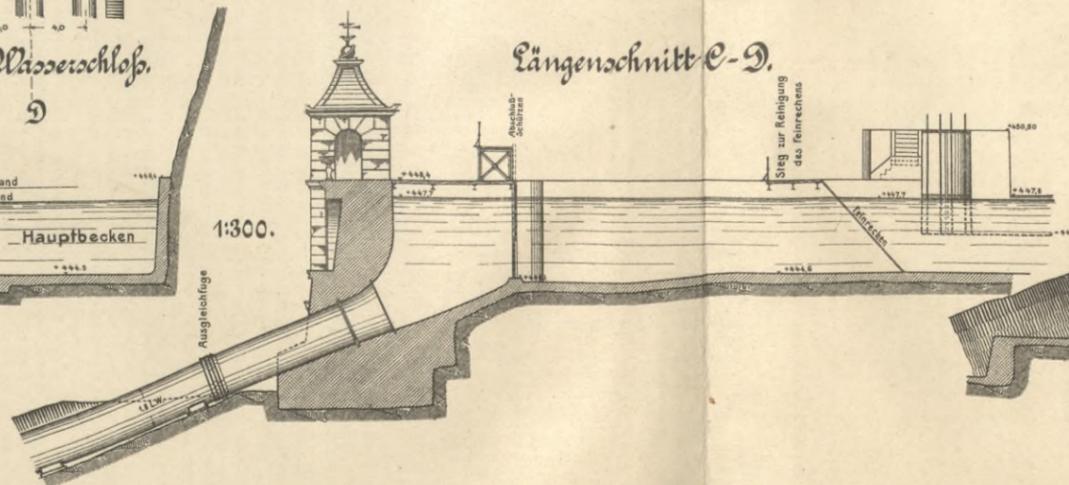
Lageplan des Wasserschlosses und des Tumpwerkes.
1:600.



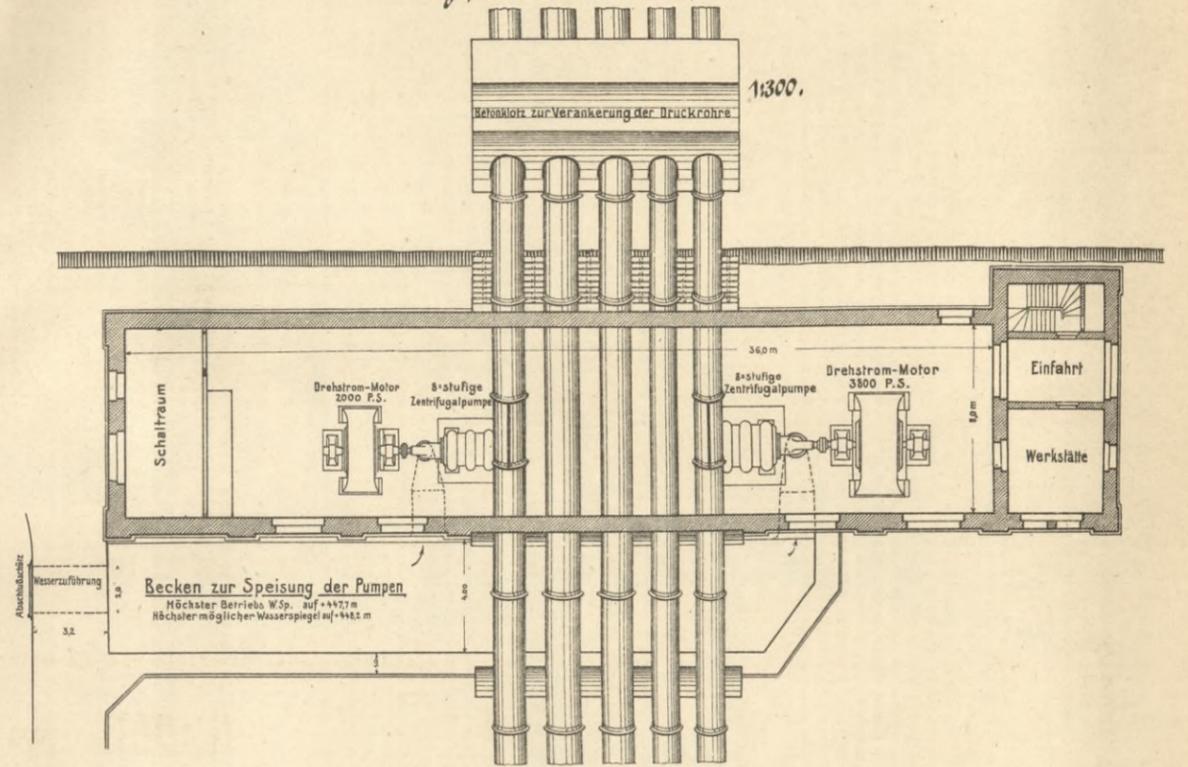
Querschnitt A-B durch das Wasserschloß.



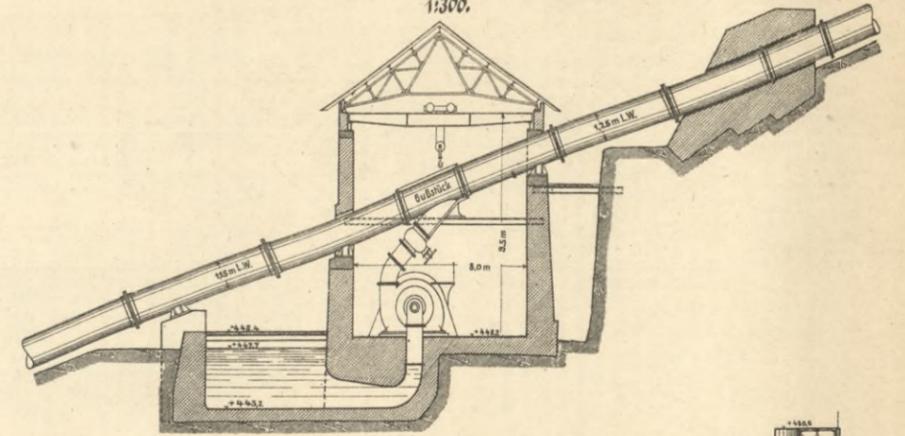
Längenschnitt C-D.



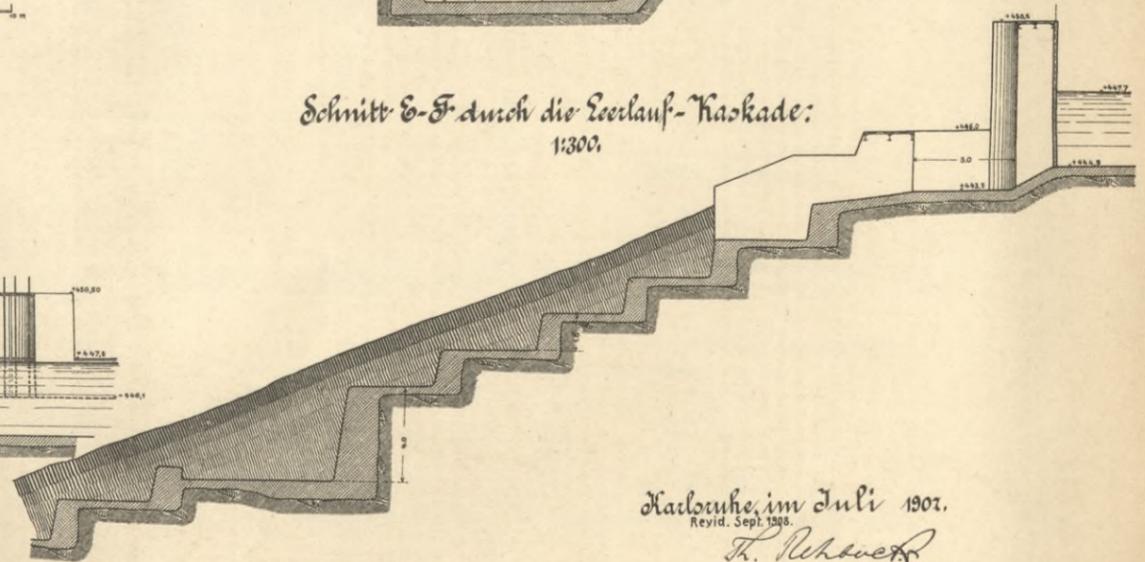
Lageplan des Tumpwerkes.



Querschnitt durch das Tumpwerk.
1:300.



Schnitt E-F durch die Leerlauf-Kaskade.
1:300.



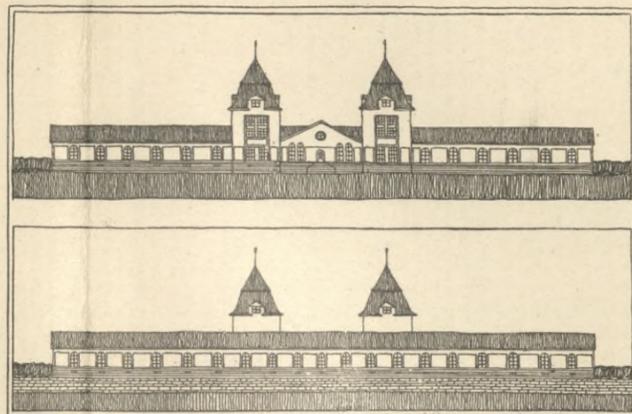
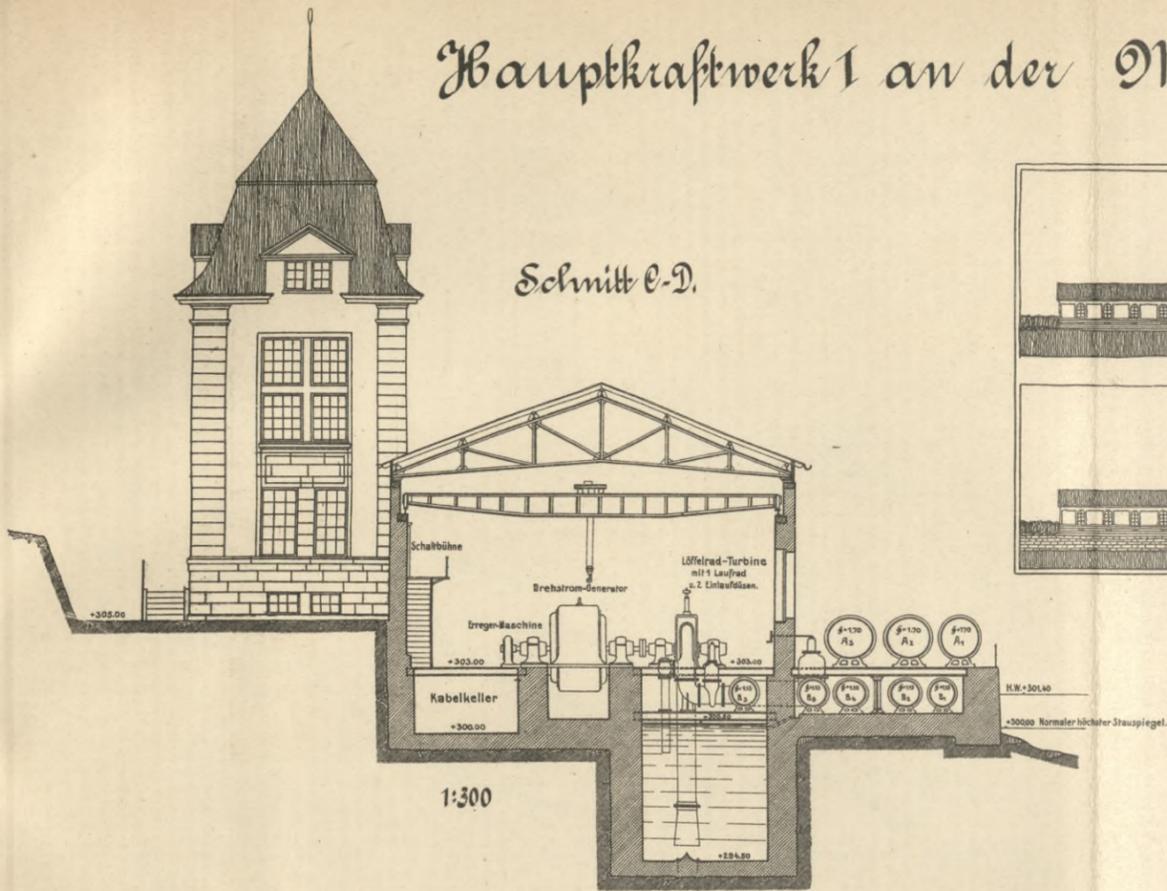
Karlruhe, im Juli 1907.
Revid. Sept. 1908.
F. Rehbock



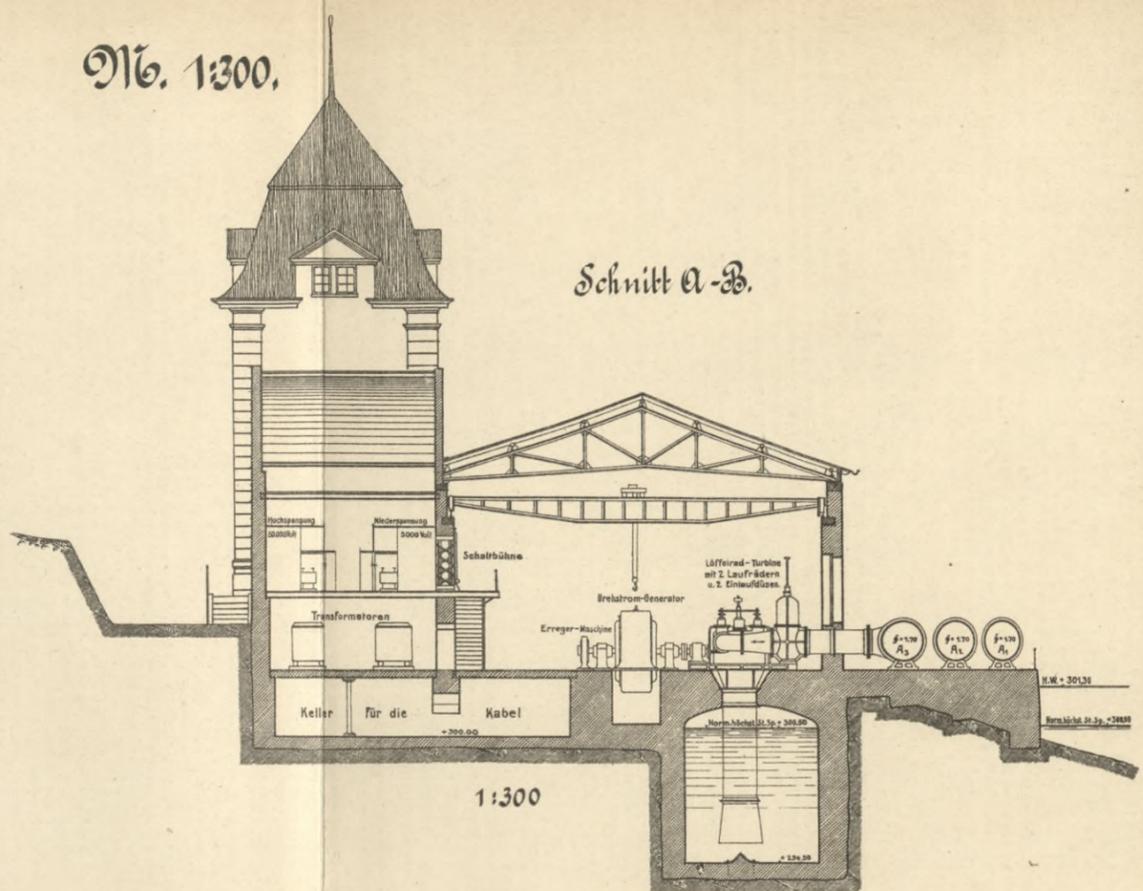
S. 61

Hauptkraftwerk I an der Murg bei Forbach: No. 1300.

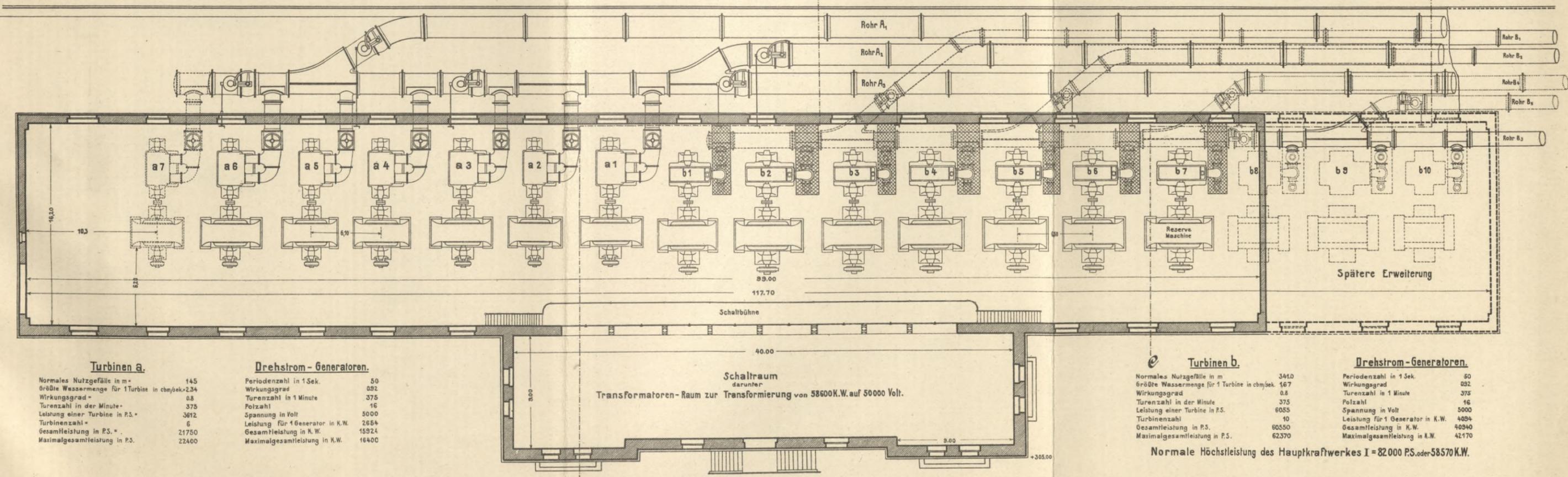
Schnitt C-D.



Schnitt A-B.



Grundriß des Hauptkraftwerkes.



Turbinen a.

Normales Nutzgefälle in m	145
Größe Wassermenge für 1 Turbine in cbm/sek	234
Wirkungsgrad	0,8
Turenzahl in der Minute	375
Leistung einer Turbine in P.S.	3612
Turbinenzahl	6
Gesamtleistung in P.S.	21750
Maximalgesamtleistung in P.S.	22400

Drehstrom-Generatoren.

Periodenzahl in 1 Sek.	50
Wirkungsgrad	0,92
Turenzahl in 1 Minute	375
Polzahl	16
Spannung in Volt	5000
Leistung für 1 Generator in K.W.	2654
Gesamtleistung in K.W.	15924
Maximalgesamtleistung in K.W.	16400

Turbinen b.

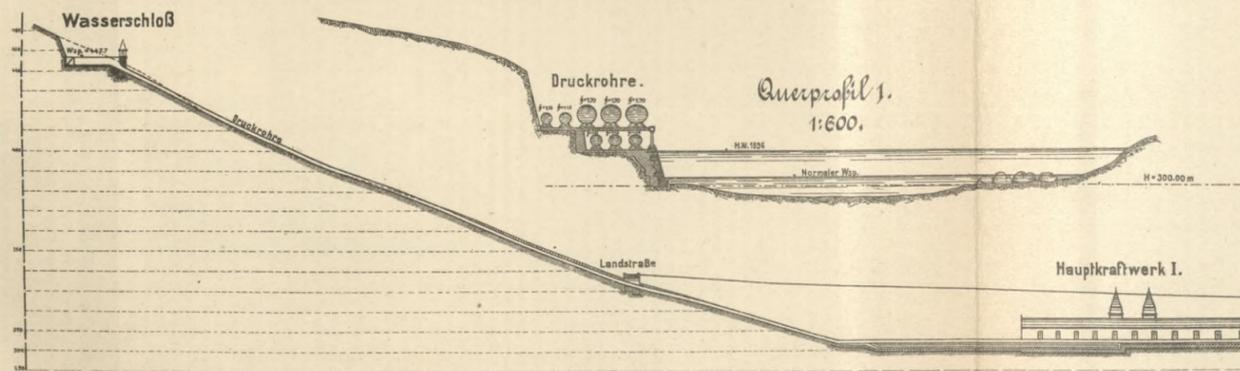
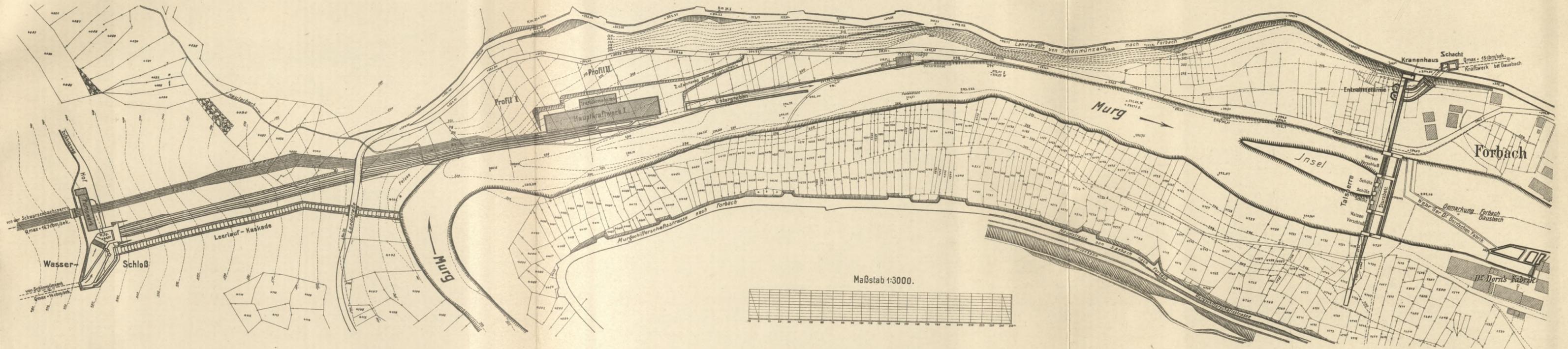
Normales Nutzgefälle in m	3410
Größe Wassermenge für 1 Turbine in cbm/sek	167
Wirkungsgrad	0,8
Turenzahl in der Minute	375
Leistung einer Turbine in P.S.	6055
Gesamtleistung in P.S.	60550
Maximalgesamtleistung in P.S.	62370

Drehstrom-Generatoren.

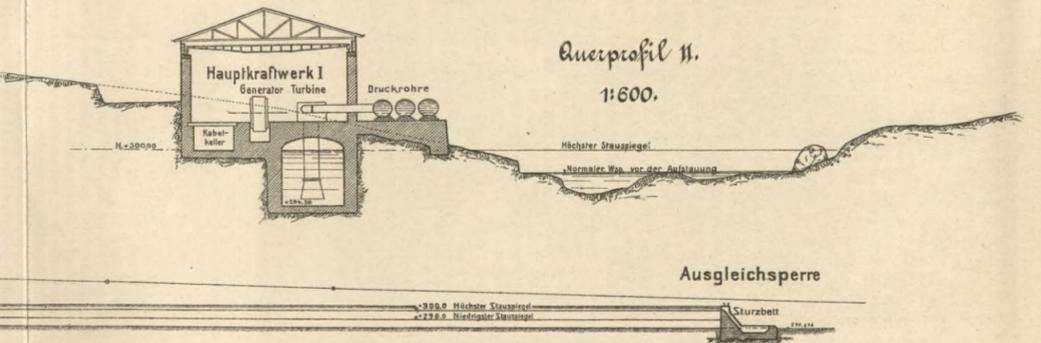
Periodenzahl in 1 Sek.	50
Wirkungsgrad	0,92
Turenzahl in 1 Minute	375
Polzahl	16
Spannung in Volt	5000
Leistung für 1 Generator in K.W.	4094
Gesamtleistung in K.W.	40940
Maximalgesamtleistung in K.W.	42170

Normale Höchstleistung des Hauptkraftwerkes I = 82000 P.S. oder 58570 K.W.

Karlsruhe, im Juli 1907.
Revid. Sept. 1908.
Th. Rehbock



Längenschnitt durch Druckrohr und das Ausgleichsbecken.
1:3000.

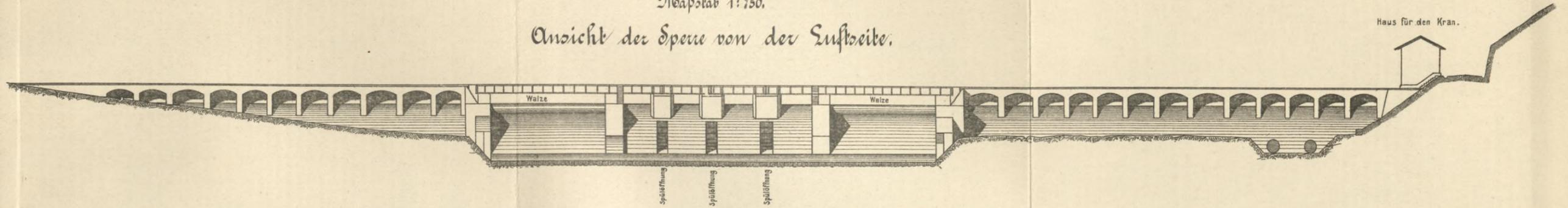


Harlesruhe, im Juli 1907.
F. Rehbock.

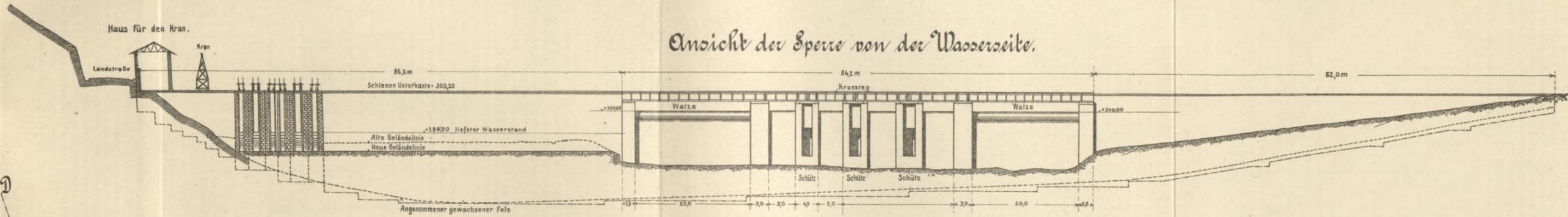
Entwurf der Ausgleichsperre bei Forbach I.

Maßstab 1:750.

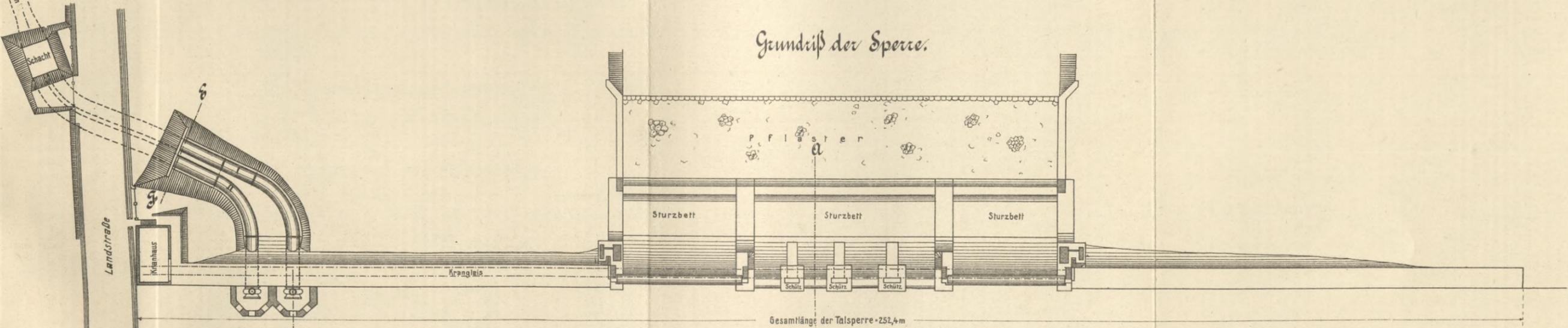
Ansicht der Sperre von der Luftseite.



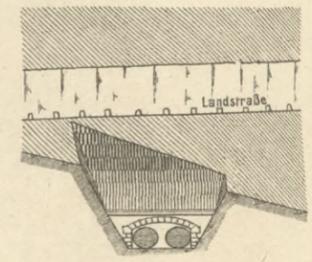
Ansicht der Sperre von der Wasserseite.



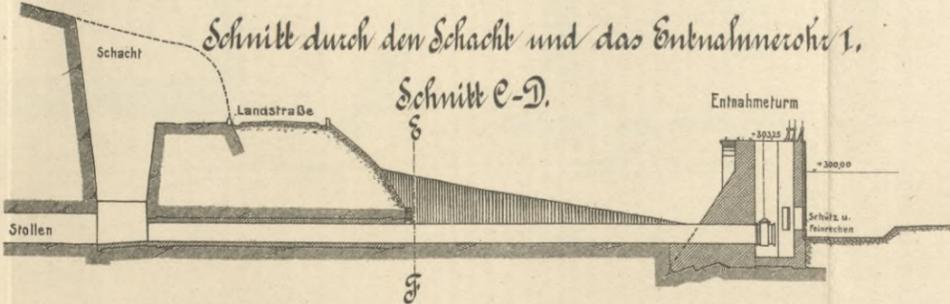
Grundriß der Sperre.



Schnitt E-F.

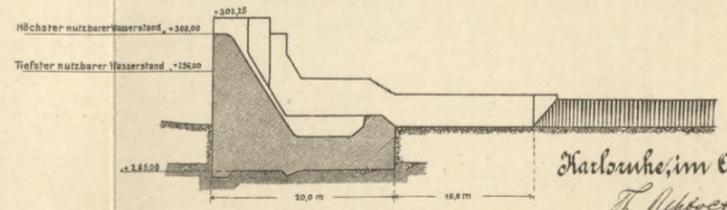


Schnitt durch den Schacht und das Entnahmetoch 1.



Schnitt C-D.

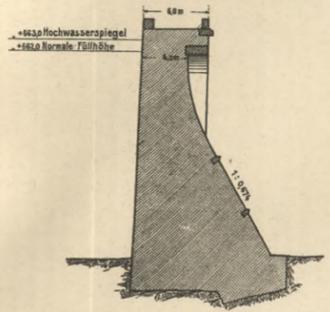
Schnitt A-B.



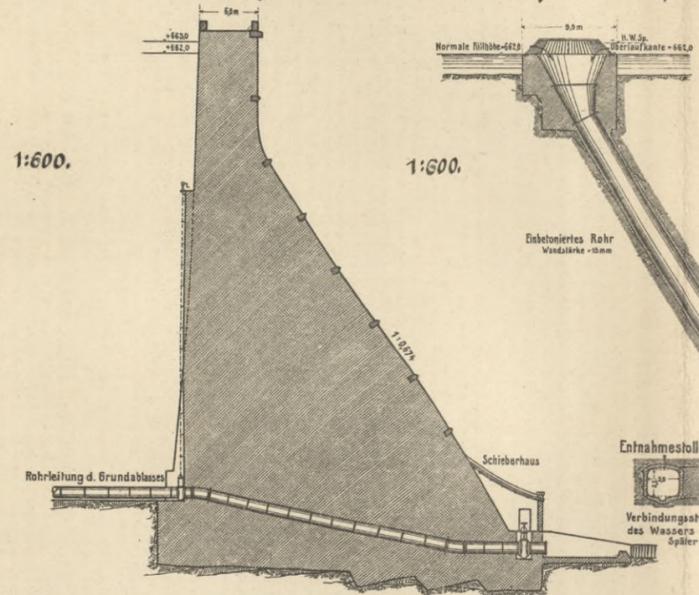
Harlesruhe, im April 1907.
Th. Rehbock

Talsperre im Schwarzenbachtale mit Ausgleichschacht am Berghang bei Forbach.

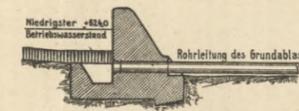
Querschnitt der Sperrmauer an den seitlichen Felhängen.



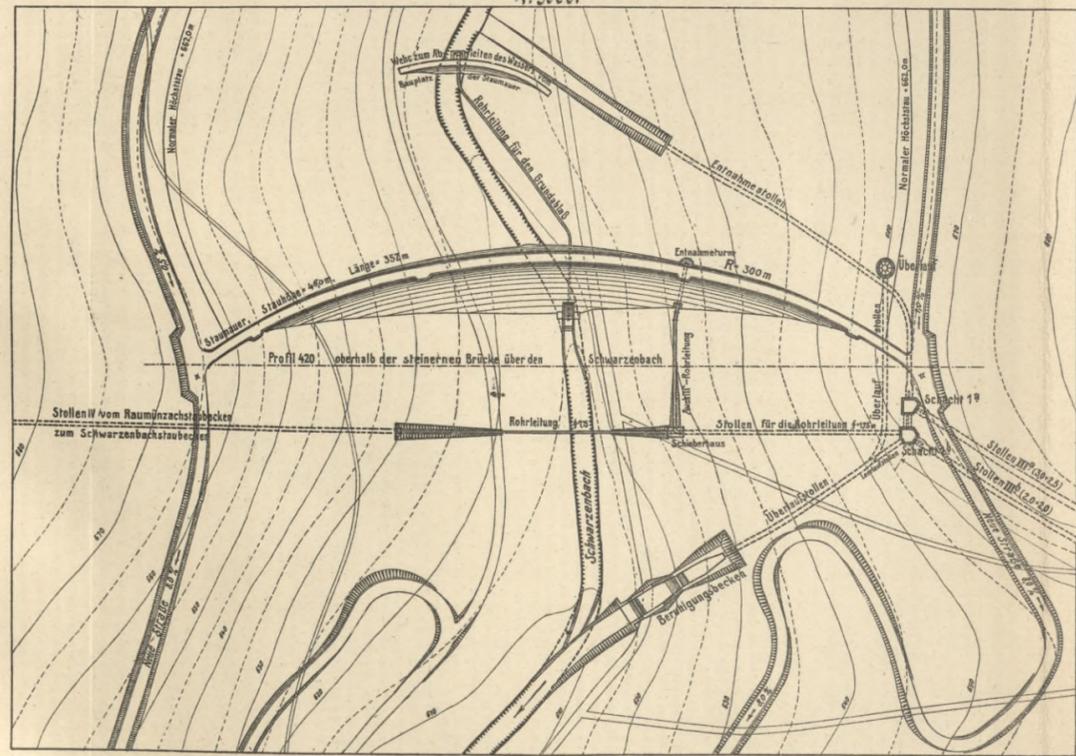
Querschnitt der Sperrmauer in der Achse des Grundablasses. Anordnung des Überlaufes.



Querschnitt durch das Wehr an dem Entnahmestollen.



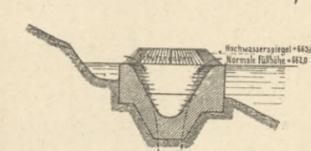
Lageplan der Schwarzenbachtalsperre.



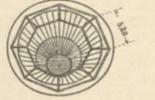
Ansicht der Staumauer.



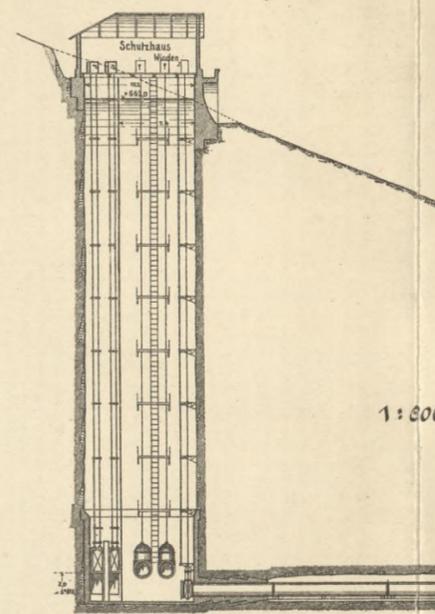
Schnitt durch den Einlauf.



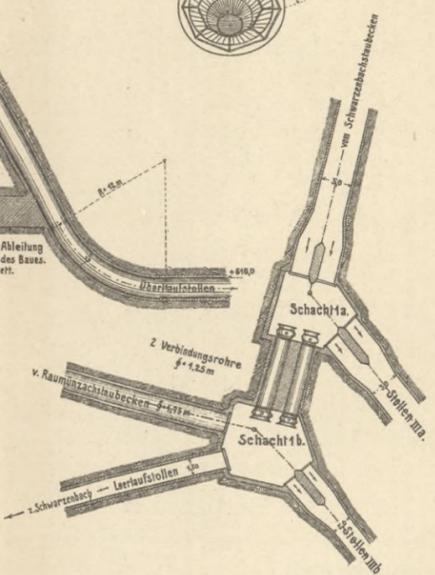
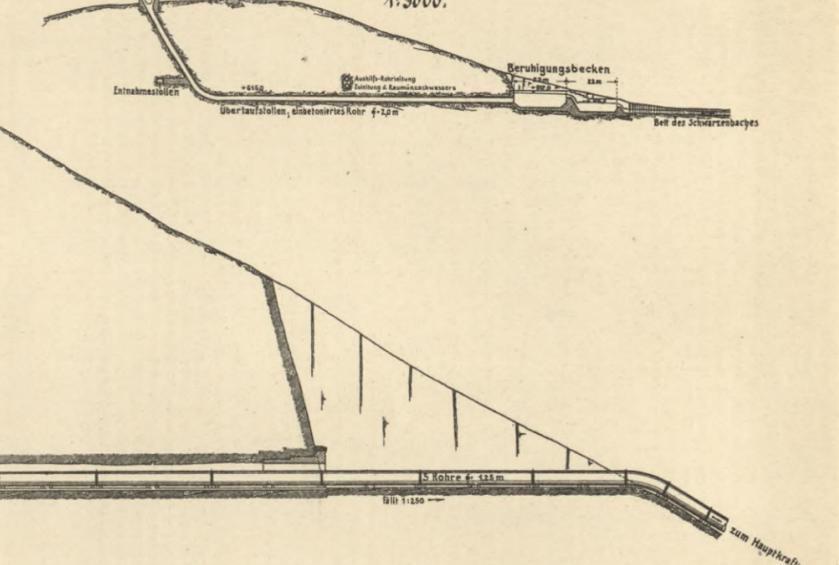
Aufsicht.



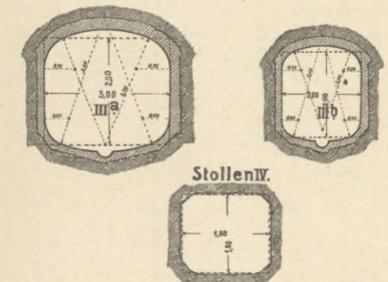
Schnitt durch den Ausgleichschacht 2 b mit Abzweigung der Druckrohr zum Hauptkraftwerk.



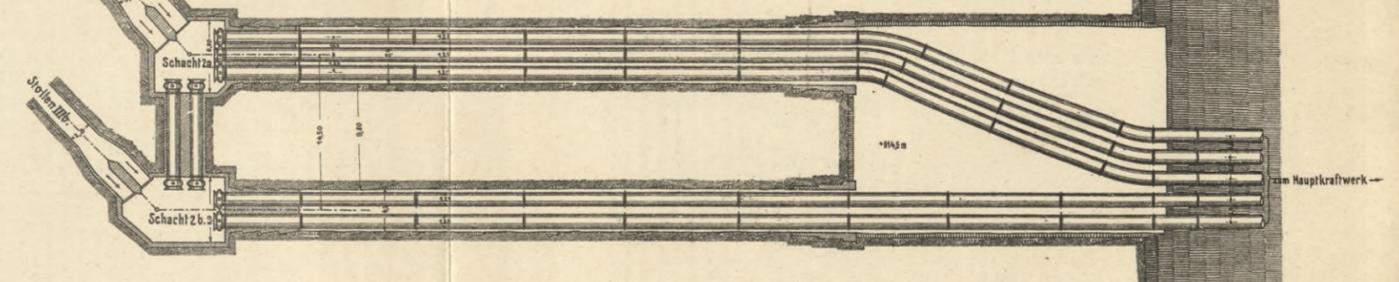
Längenschnitt durch den Überlauf.



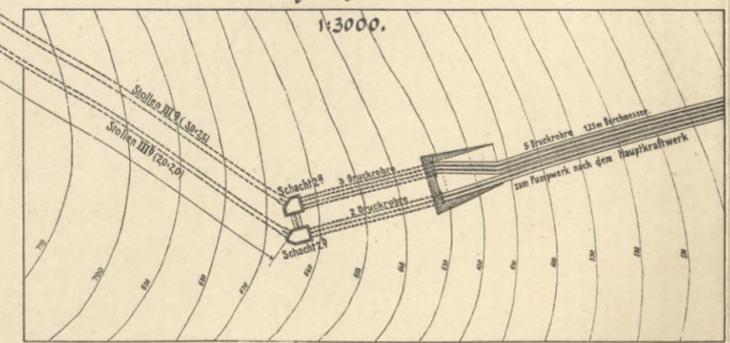
Stollenprofile 1:150.



Wagerechter Schnitt der Stollen III a & III b mit den Ausgleich- und Schieberochächten.



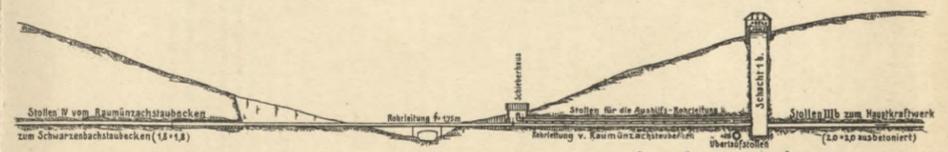
Lageplan der Ausgleich- und Schieberochächte am Berghang bei Forbach.



Längenschnitt durch den Entnahmestollen und den Schacht 1a.



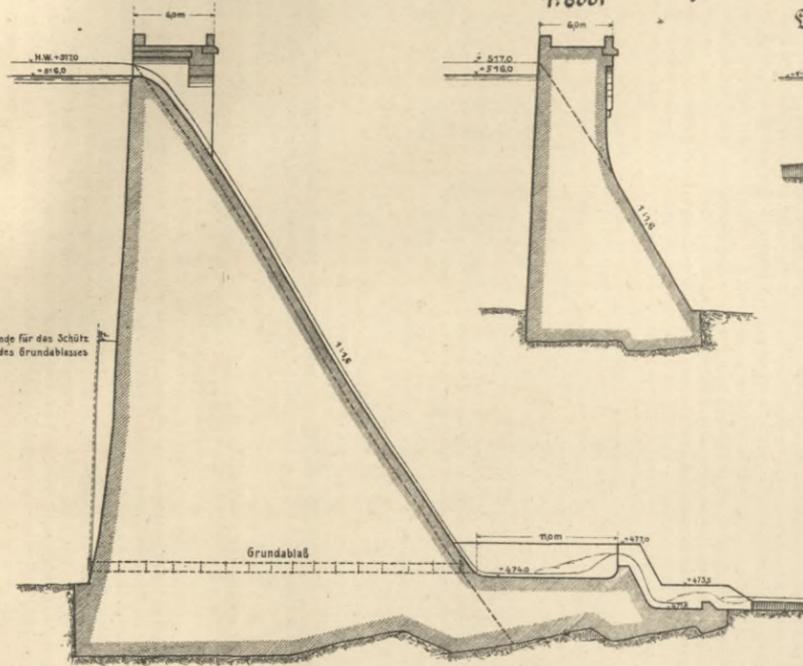
Längenschnitt durch die Zulieferung vom Raumnitzschtaubecken und den Schacht 1b.



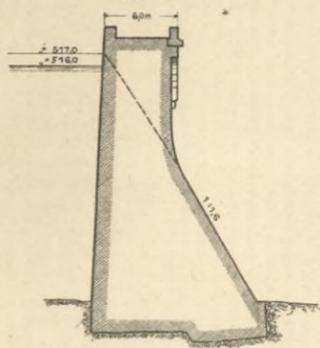
Karlruhe, im Juli 1907.
Revid. Sept. 1908.
F. Rehbock.

Faloperen im Schönmünzsch- und Raumünzschtales:

Querschnitt der Staumauer durch den Überlauf 1:600.

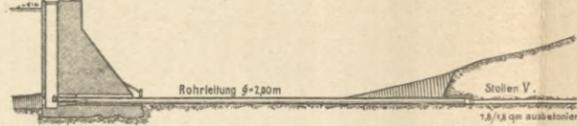


Querschnitt der Staumauer an den seitlichen Talhängen 1:600.

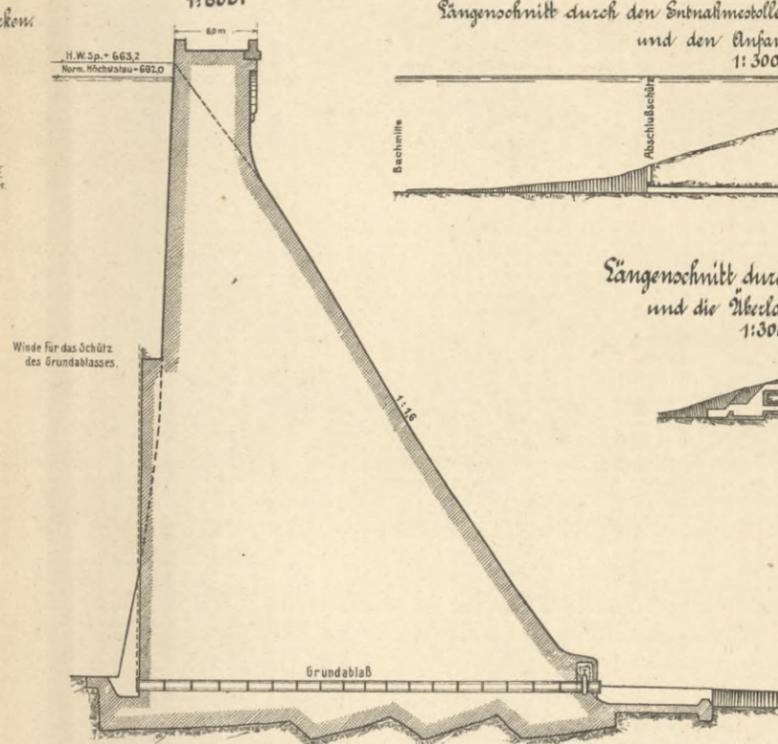


Unter-Schönmünzschoperze

Längenschnitt durch die Rohrleitung aus dem Schönmünzschbecken in den Anfang von Stollen V. M. 1:3000.

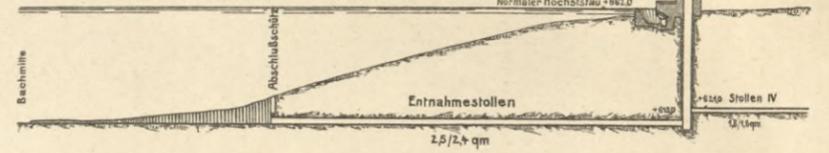


Querschnitt der Staumauer in Talmitte 1:600.



Raumünzschoperze

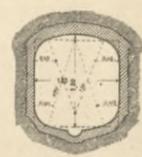
Längenschnitt durch den Entnahmestollen des Raumünzschtaubeckens und den Anfang von Stollen W. 1:3000.



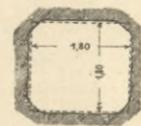
Längenschnitt durch den Leerlaufstollen und die Überlaufkaskade 1:3000.



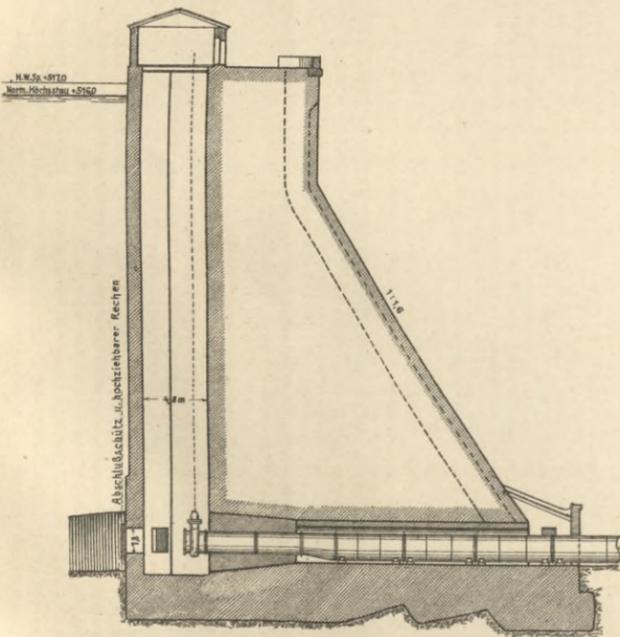
Querschnitt des Stollen V. 1:150.



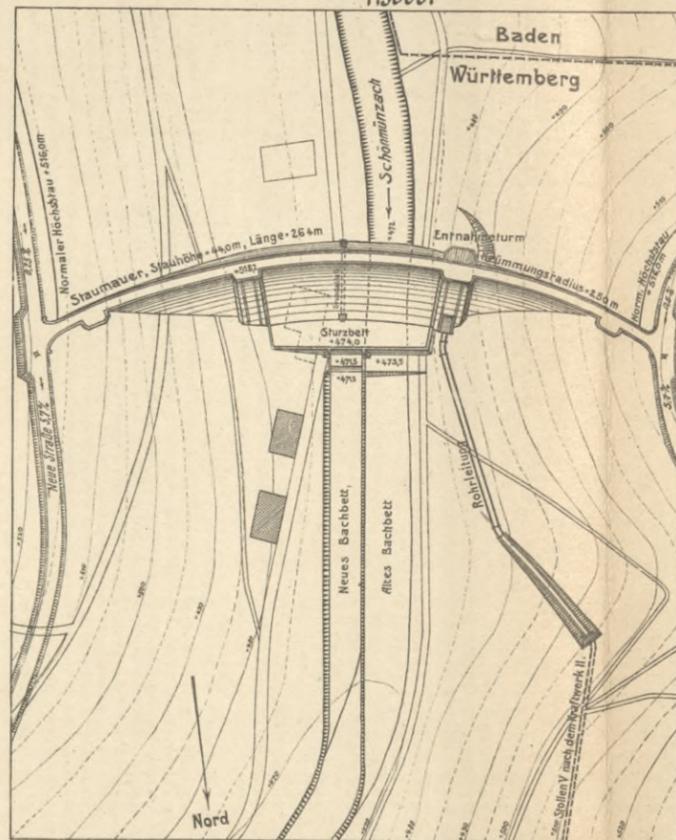
Querschnitt des Stollen W. 1:150.



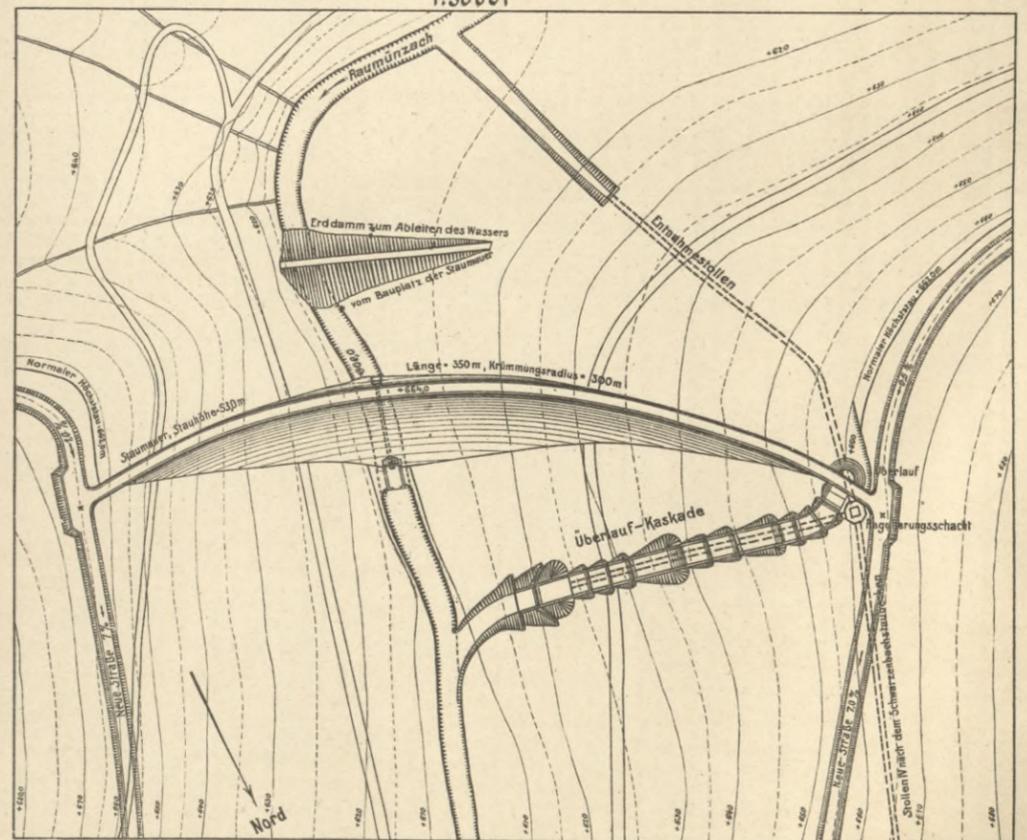
Querschnitt der Staumauer in der Axe des Entnahmestollens. 1:600.



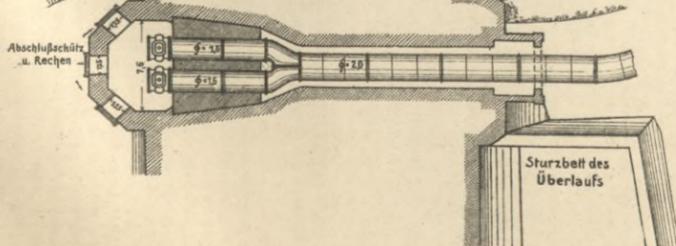
Lageplan der Unter-Schönmünzschoperze 1:3000.



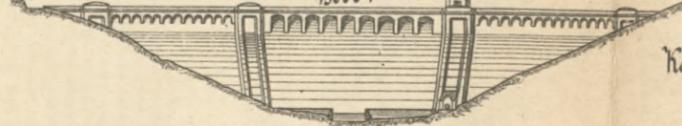
Lageplan der Raumünzschoperze 1:3000.



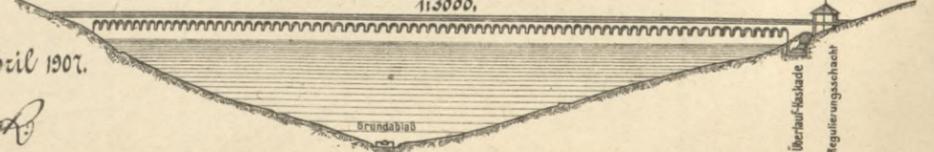
Horizontalschnitt durch den Entnahmestollen in der Staumauer. 1:600.



Ansicht der Staumauer. 1:3000.



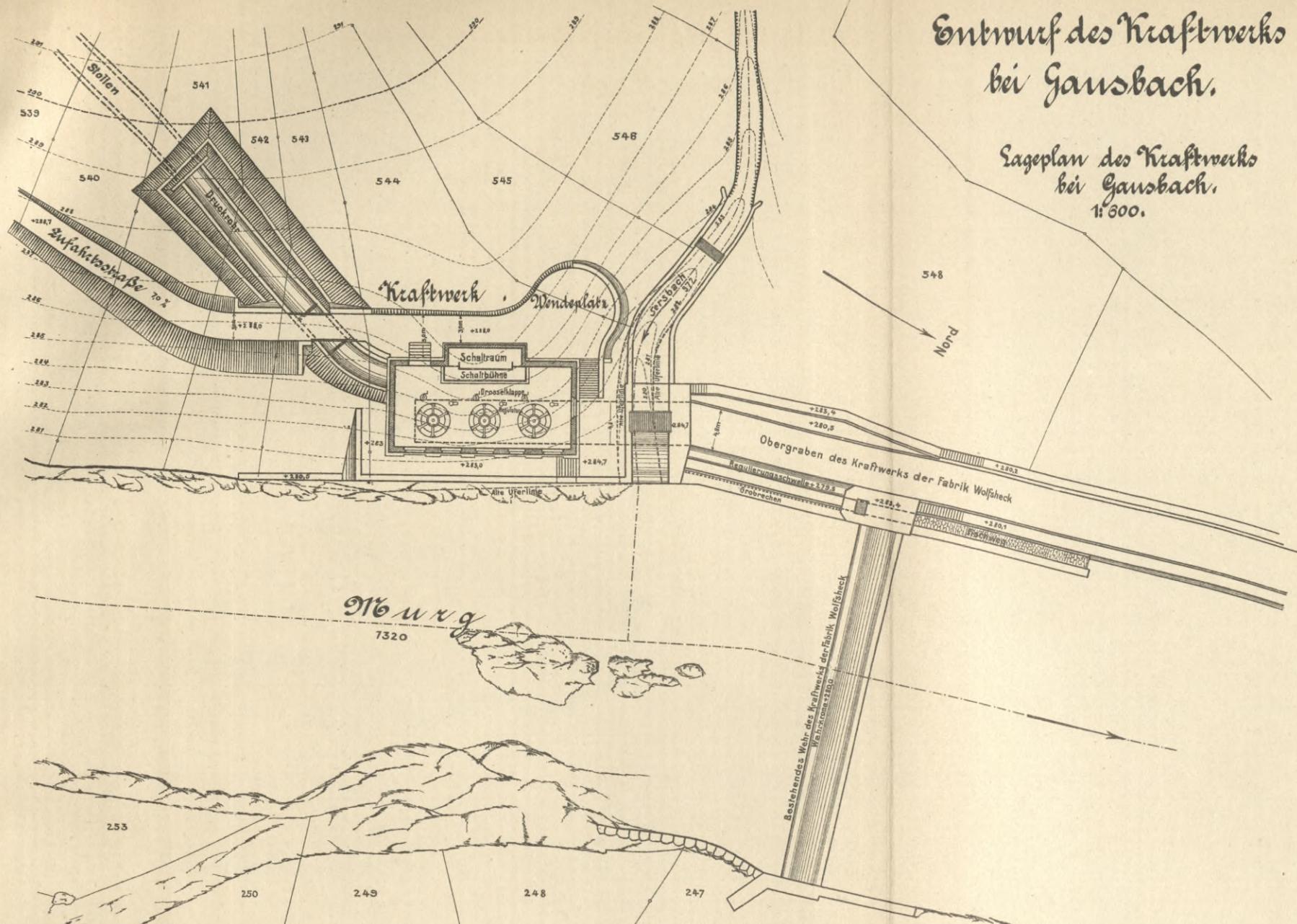
Ansicht der Staumauer. 1:3000.



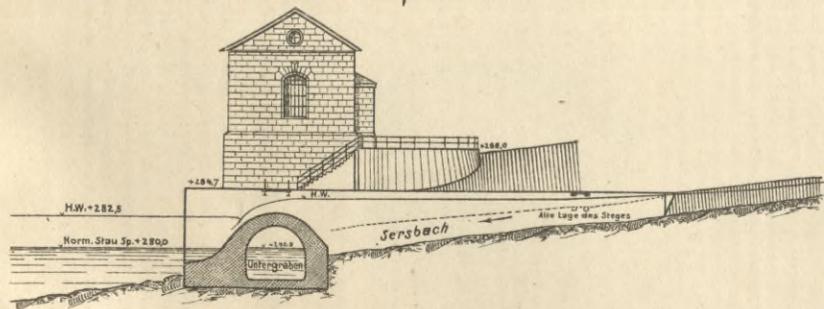
Karlsruhe, im April 1907.
Revid. Sept. 1908.
T. Rehbock

Entwurf des Kraftwerks bei Gausbach.

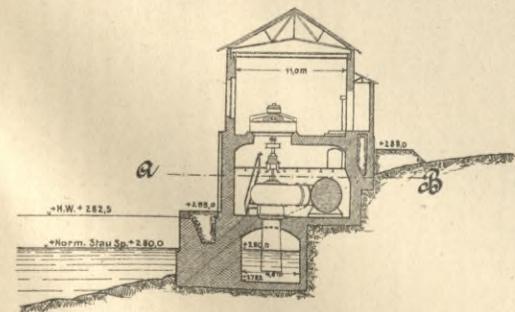
Lageplan des Kraftwerks bei Gausbach, 1:600.



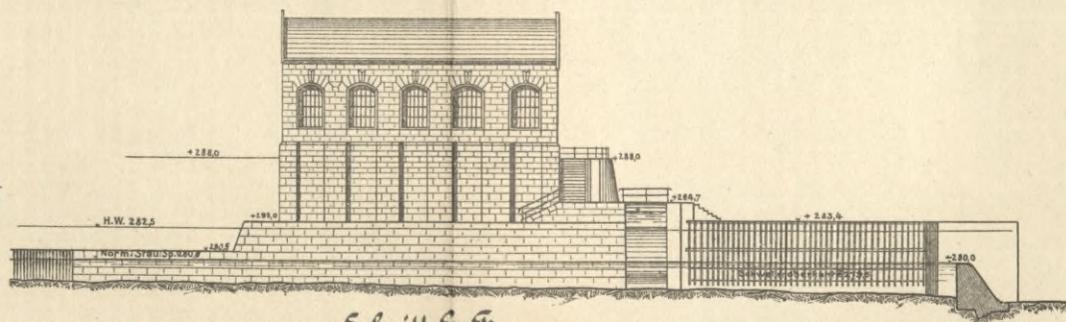
Längenschnitt G-N durch den Serobach und Seitenansicht des Kraftwerkes.



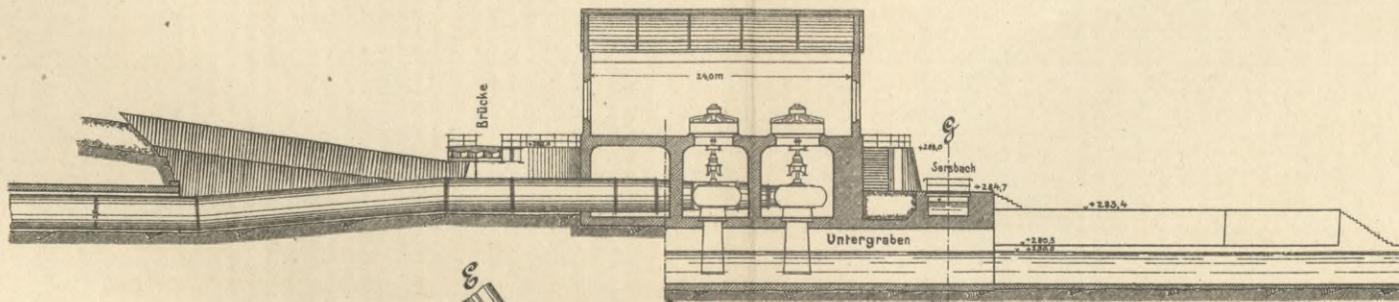
Querschnitt C-D durch das Kraftwerk.



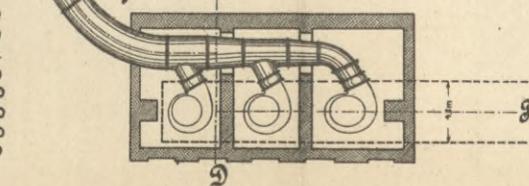
Ansicht des Kraftwerkes von der Murgseite.



Schnitt E-F. Längenschnitt durch das Druckrohr und das Kraftwerk.



Wagerechter Schnitt A-B durch den Turbinenraum.



Turbinen.		Drehstromgeneratoren.	
Normales Nutzgefälle in m	17	Periodenzahl in 1 sec.	50
Normale Wassermenge für eine Turbine in cbm/sec.	45	Polzahl	30
Wirkungsgrad	0,75	Wirkungsgrad	0,92
Umdrehungszahl in 1 Minute	200	Umdrehungszahl in 1 Minute	200
Leistung einer Turbine in P.S.	765	Leistung eines Generators in K.W.	520
Turbinenzahl	3	Gesamtleistung in K.W.	1560
Gesamtleistung in P.S.	2295	Maximalgesamtleistung in K.W.	1780
Maximalgesamtleistung in P.S.	2635		

Maßstab 1:600.

Karlsruhe, im April 1901.

H. Rehbock

Graphische Untersuchung des hohlen Raumünzachwehres zur Durchleitung des Murgwassers.

A. Untersuchung für das leere Wehr:

B. Untersuchung für das gefüllte Wehr:

1. Ohne aufgestautes Wasser.

3. Normale Stauhöhe:

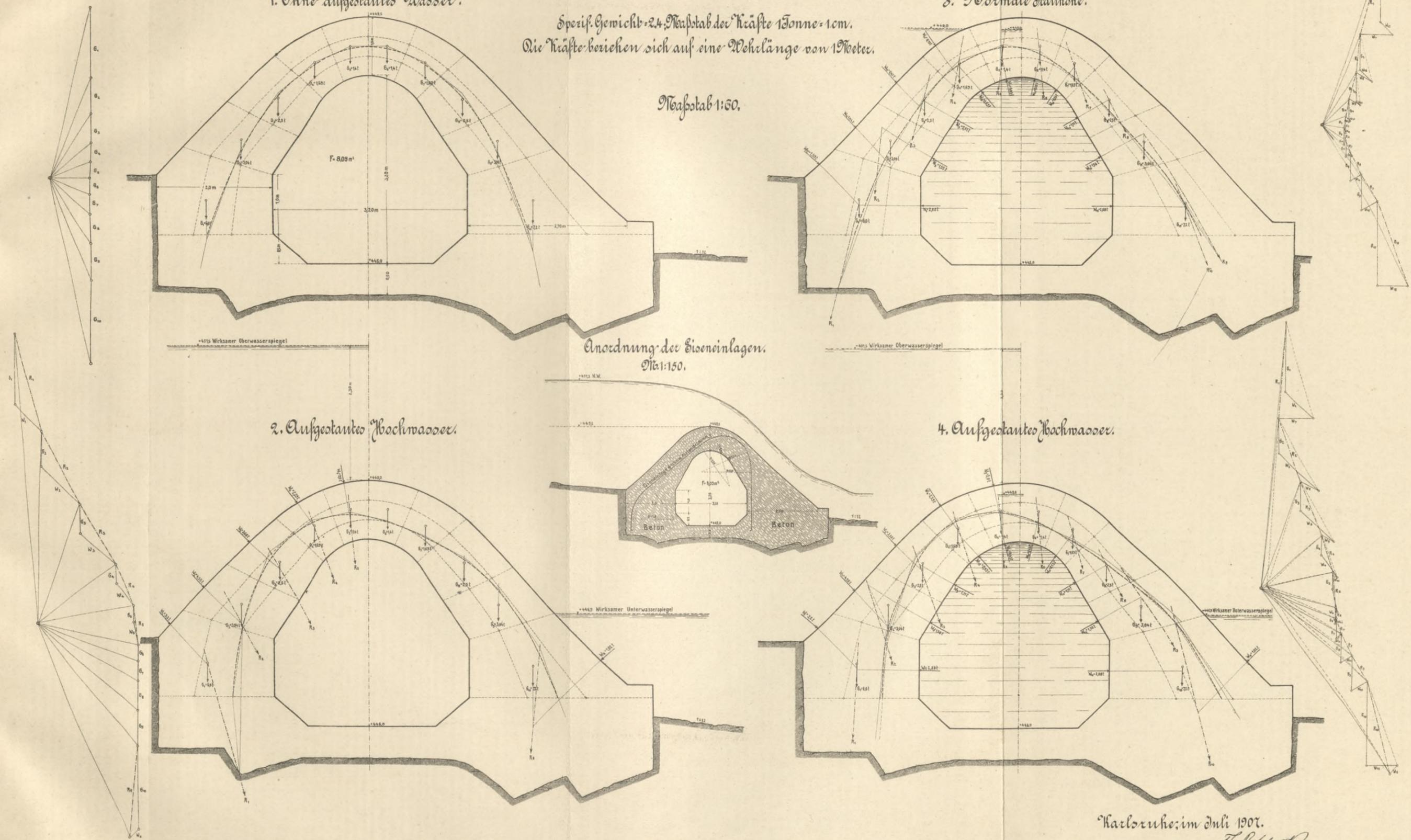
Spezif. Gewicht = 24. Maßstab der Kräfte 1 Tonne = 1 cm.
Die Kräfte beziehen sich auf eine Wehrlänge von 1 Meter.

Maßstab 1:50.

Anordnung der Eiseneinlagen.
Maß 1:150.

2. Aufgestautes Hochwasser.

4. Aufgestautes Hochwasser.



Karlsruhe, im Juli 1907.
H. Rehbock



Graphische Staumauer - Untersuchung.

Statische Untersuchung. Blatt 2.

Zusammenstellung der Werte für wagrechte Fugen.

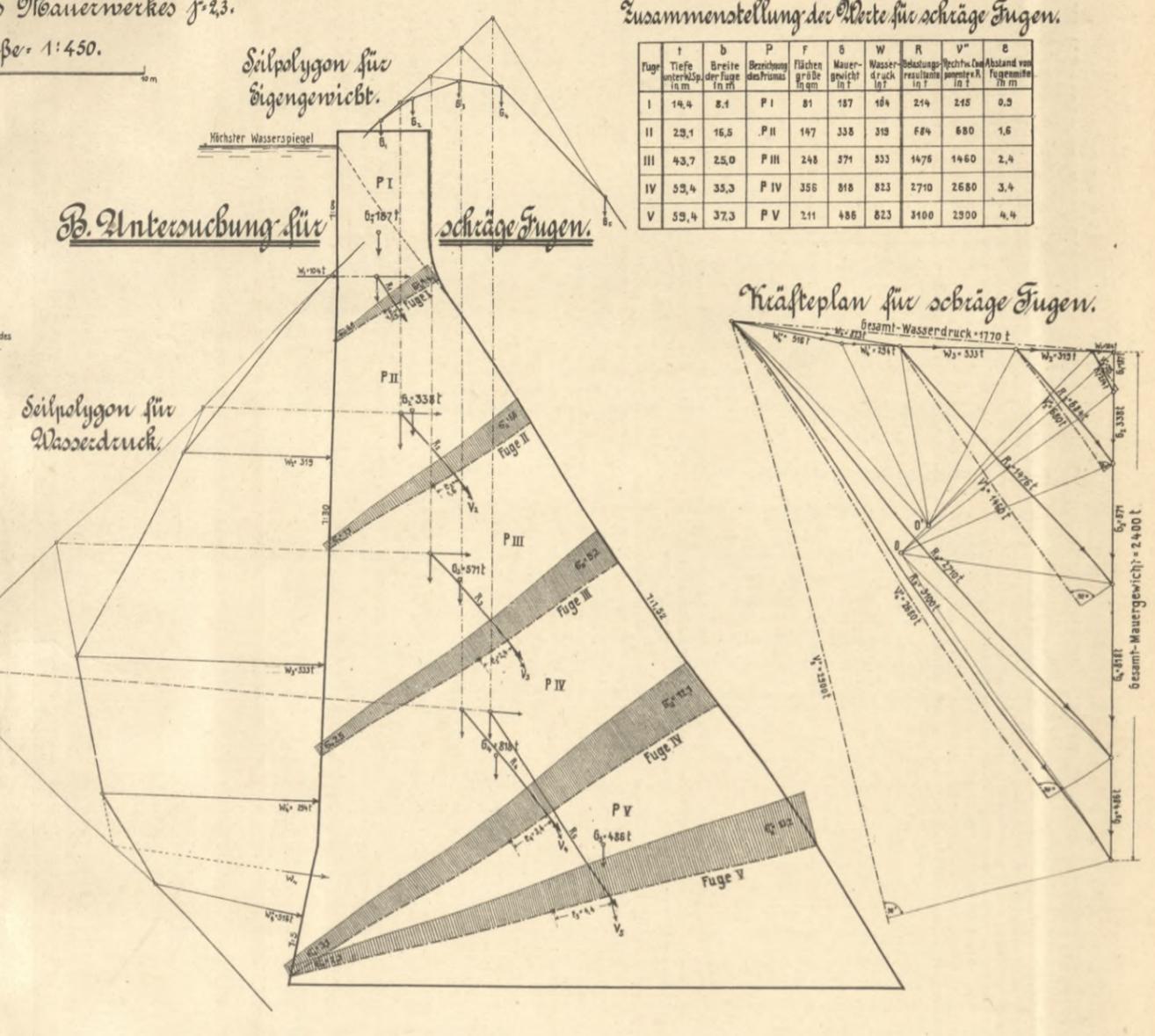
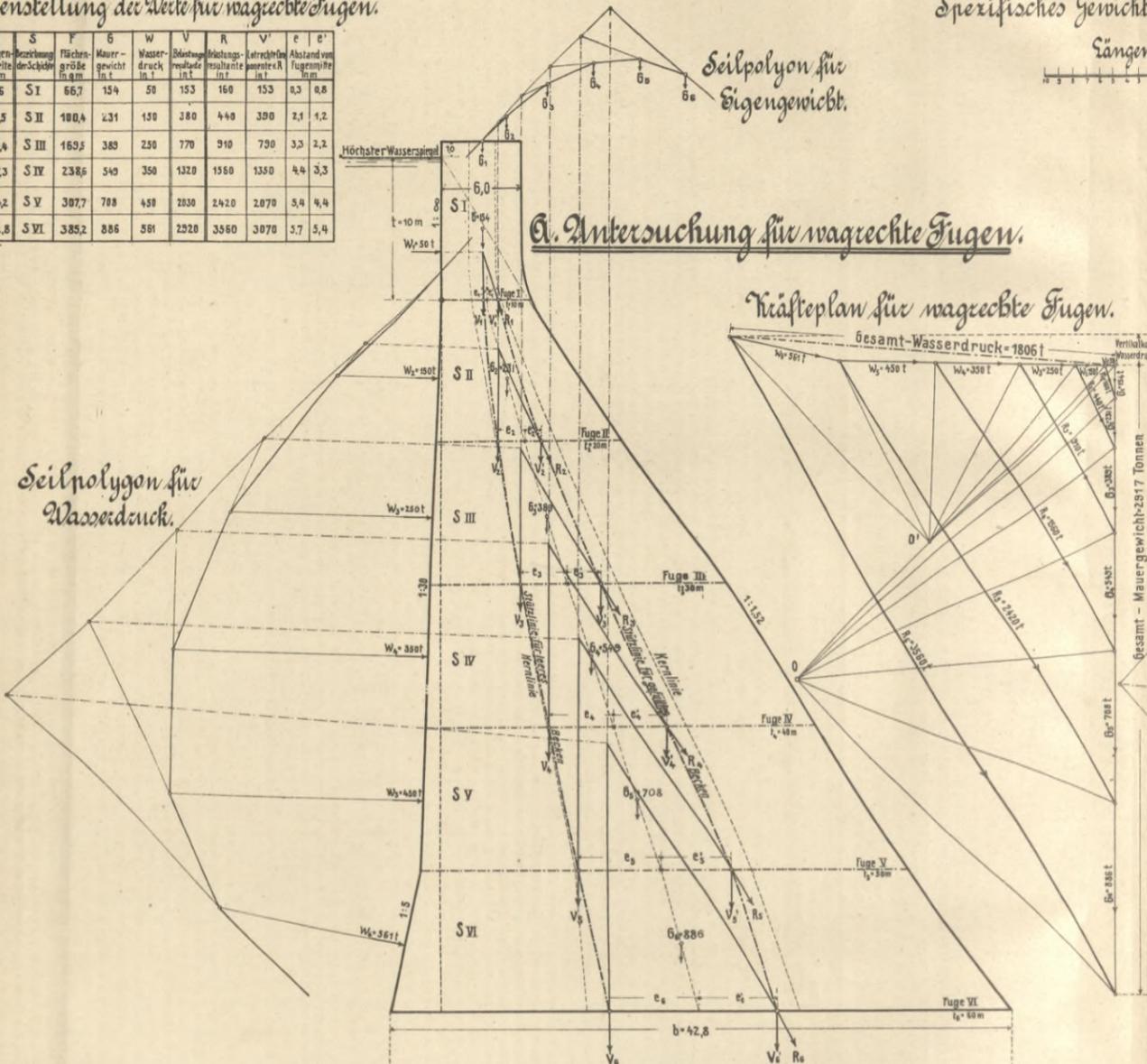
Fuge	t	b	S	F	G	W	V	R	V'	e'	
	Tiefe in m	Fugenbreite in m	Brechung des Schrägen	Flächengröße in qm	Mauergewicht in t	Wasserdruck in t	Abhanghöhe in t	Belastungsergebnisse in t	Lehrhöhe in t	Abstand von Fugenmitte in m	
I	10	6,6	S I	66,7	154	50	153	160	153	0,3	0,8
II	20	13,5	S II	180,4	231	100	280	440	300	2,1	1,2
III	30	20,4	S III	163,5	389	250	770	910	700	3,3	2,2
IV	40	27,3	S IV	238,5	549	350	1320	1560	1350	4,4	3,3
V	50	34,2	S V	307,7	789	450	2030	2420	2070	5,4	4,4
VI	60	42,8	S VI	385,2	885	500	2920	3560	3070	5,7	5,4

Spezifisches Gewicht des Mauerwerkes $\gamma = 2,3$.

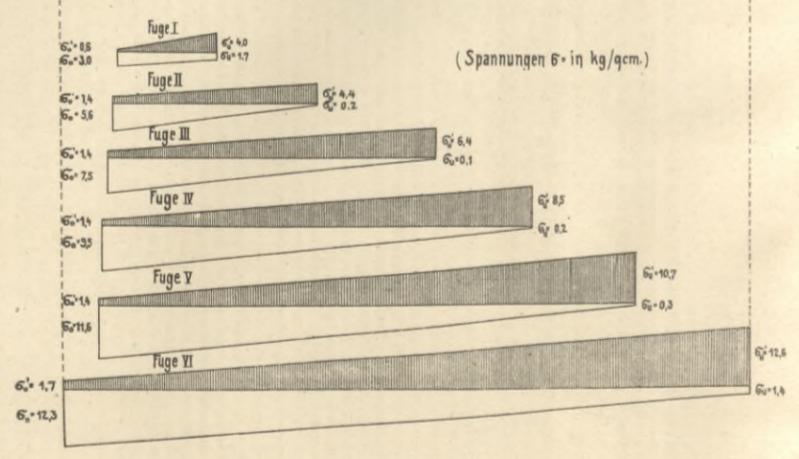
Längenmaße: 1:450.

Zusammenstellung der Werte für schräge Fugen.

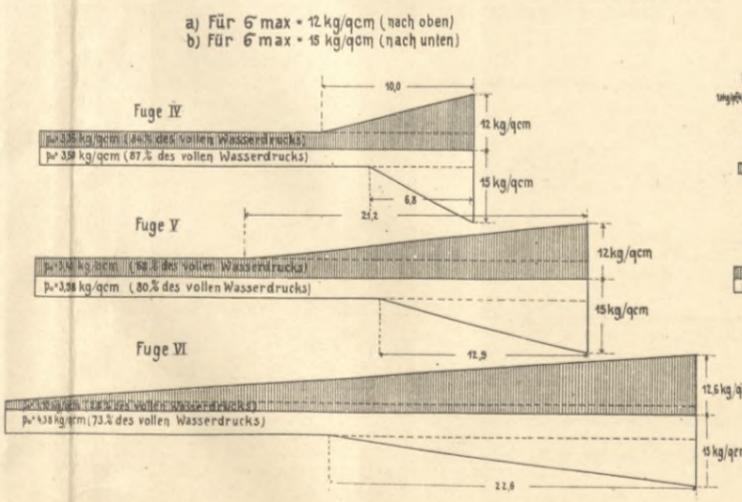
Fuge	t	b	P	F	G	W	R	V''	B
	Tiefe in m	Breite der Fuge in m	Brechung des Fuges	Flächengröße in qm	Mauergewicht in t	Wasserdruck in t	Belastungsergebnisse in t	Lehrhöhe in t	Abstand von Fugenmitte in m
I	14,4	8,1	P I	81	187	164	214	215	0,3
II	29,1	16,5	P II	147	338	319	484	480	1,6
III	43,7	25,0	P III	248	571	533	1476	1460	2,4
IV	58,4	35,3	P IV	356	818	823	2710	2680	3,4
V	59,4	37,3	P V	211	486	823	3100	2900	4,4



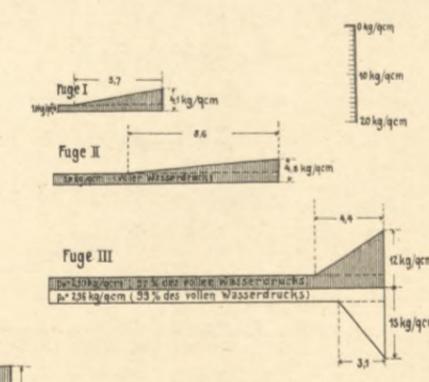
Graphische Auftragung der Spannungen: $\sigma = \frac{P}{F}$ ($1 = \frac{6 \cdot e}{b}$)
Die Spannungen bei leerem Becken sind nach unten, diejenigen bei gefülltem Becken nach oben aufgetragen.



Graphische Auftragung der Spannungen bei Wassereintritt in klaffende Fugen:



Maßstab für die Spannungen 5 kg/qcm = 2mm.



Berechnung der Druckspannungen hervorgerufen durch Wassereintritt in klaffende Fugen.

$$V = \frac{P \cdot X}{b} + p \cdot b$$

$$V = \frac{P \cdot X}{b} \left(\frac{1}{2} - \frac{X}{b} \right)$$

$$P = \frac{V}{b} \left(1 - \frac{2X}{b} \right)$$

$$P = \frac{V}{X} (V - P \cdot b)$$

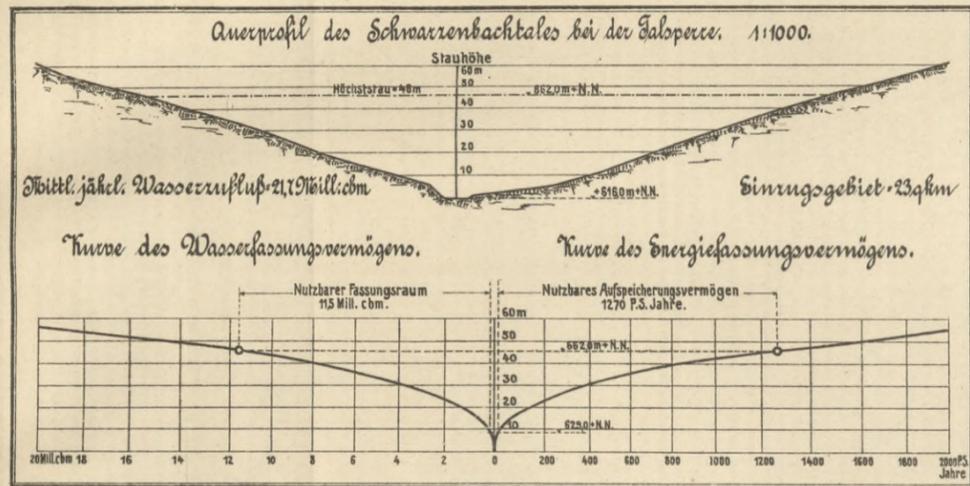
$$P = \frac{V}{X} + P$$

Maßstab für die Kräftepläne 1mm = 30 Tonnen.

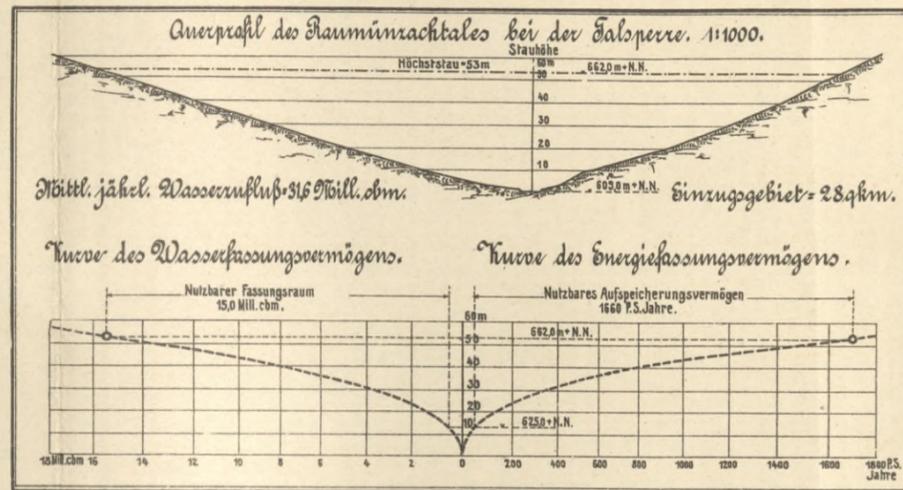
H. Rehbock

Graphische Zusammenstellung der Hauptwerte für die Fallsperren bei verschiedenen Stauhöhen.

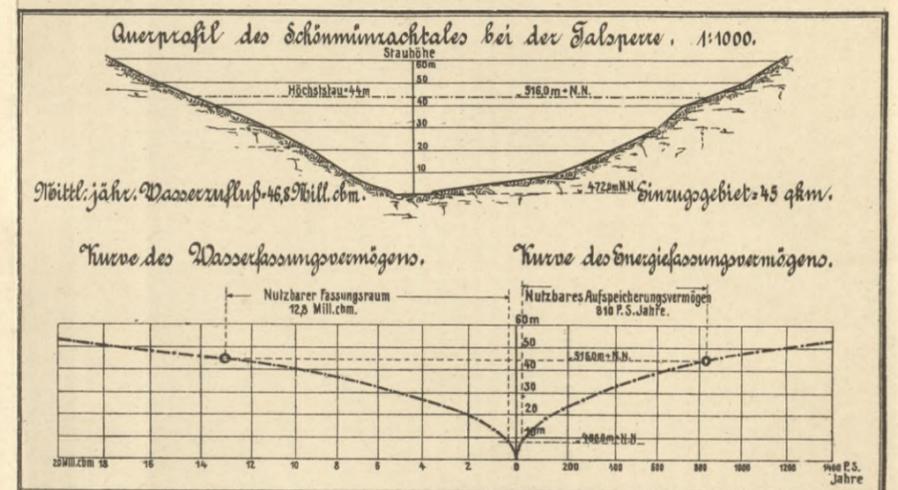
Schwarzenbachtalsperre:



Rauminzachtalsperre:



Unter-Schönmünzachtalsperre:

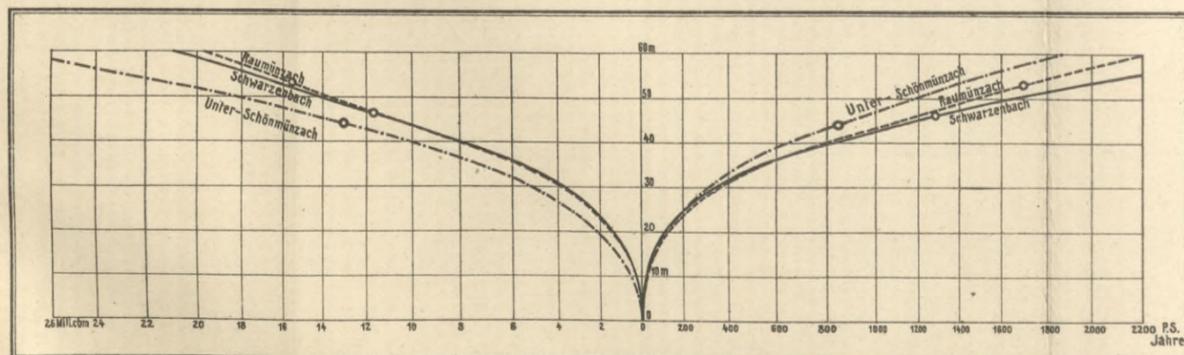


Ausgleichsperre bei Forbach.

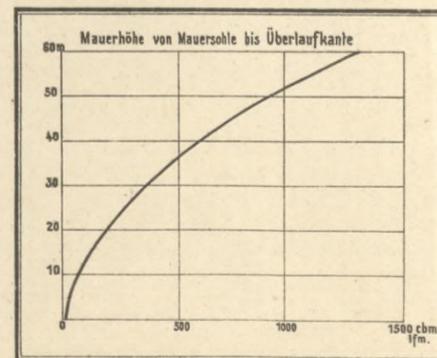


Kurven des Wasserauffassungsvermögens in Mill. cbm.

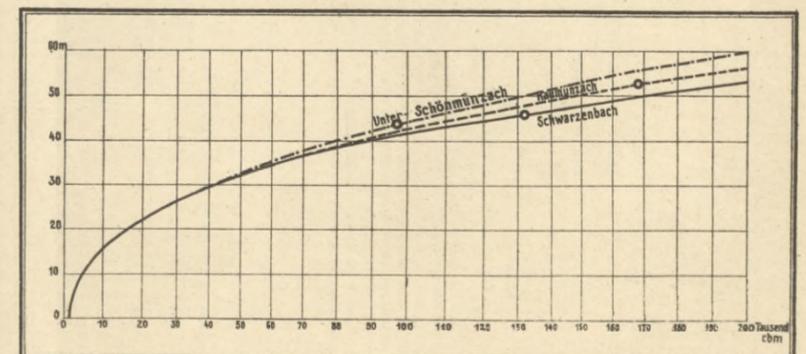
Kurve des Energieaufassungsvermögens in P.S. Jahren.



Profilmaßstab für die Staumauer in cbm für 1m Mauerlänge:



Kurven des für die Fallsperren erforderlichen Mauerwerks in Tausend cbm.



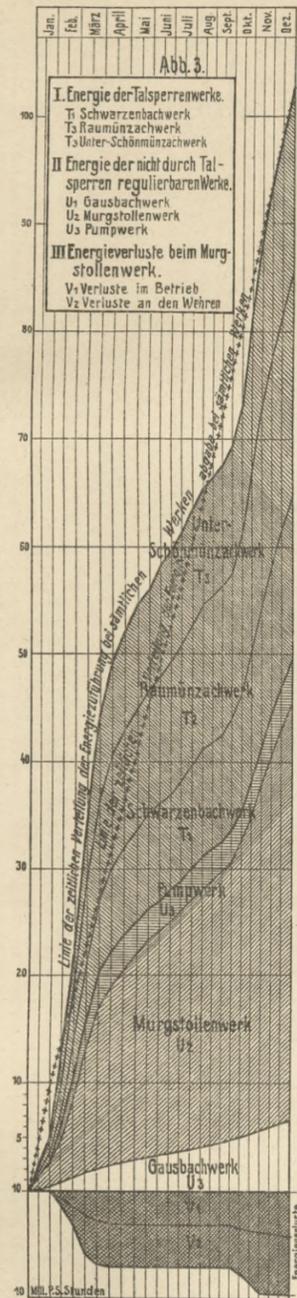
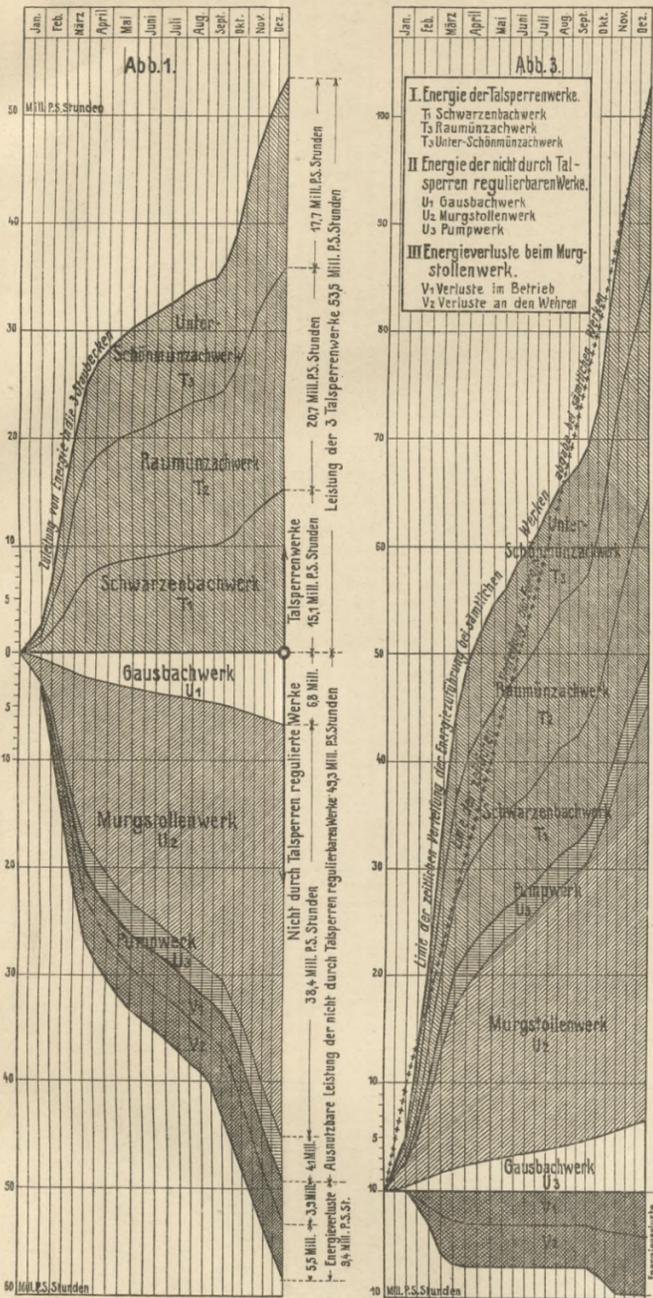
Karlsruhe, im April 1907.
Neu bearbeitet, Okt. 1908.
Th. Rehbock

Arbeitspläne, getrennt nach Talsperrenwerken, Murgstollenwerk und Gausbachwerk für die Halbmonate des Jahres 1893 summiert aufgetragen.

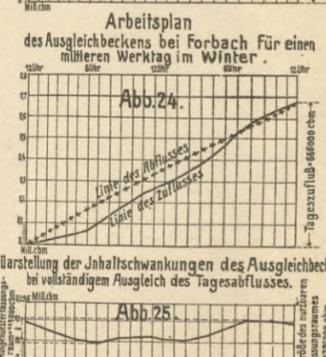
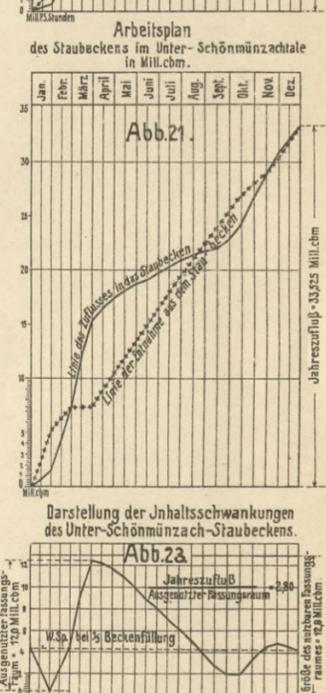
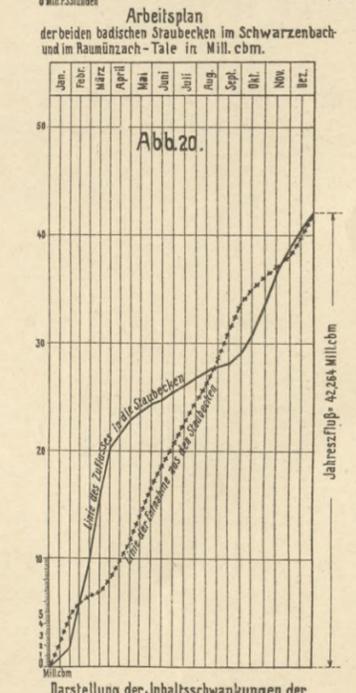
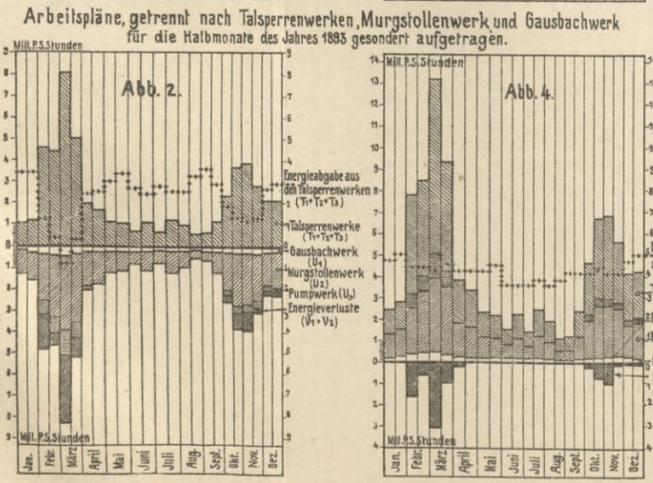
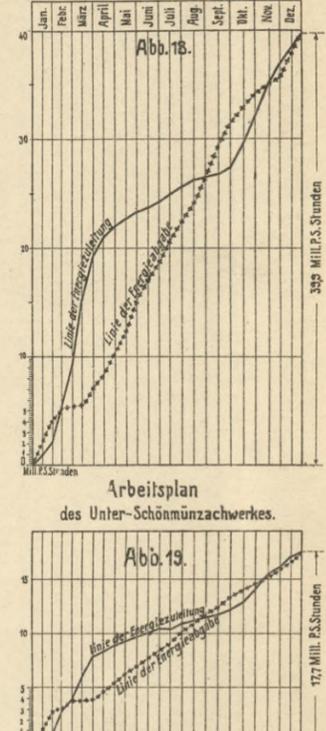
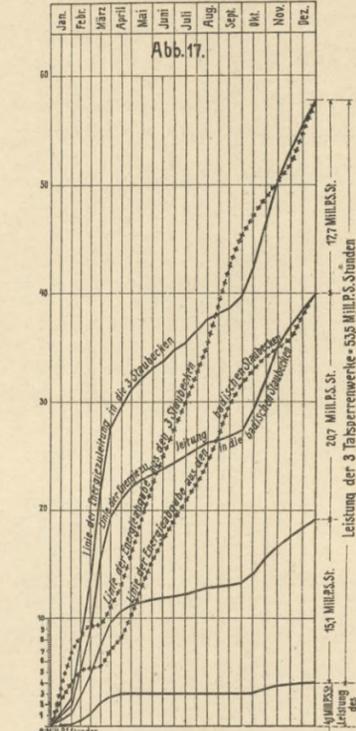
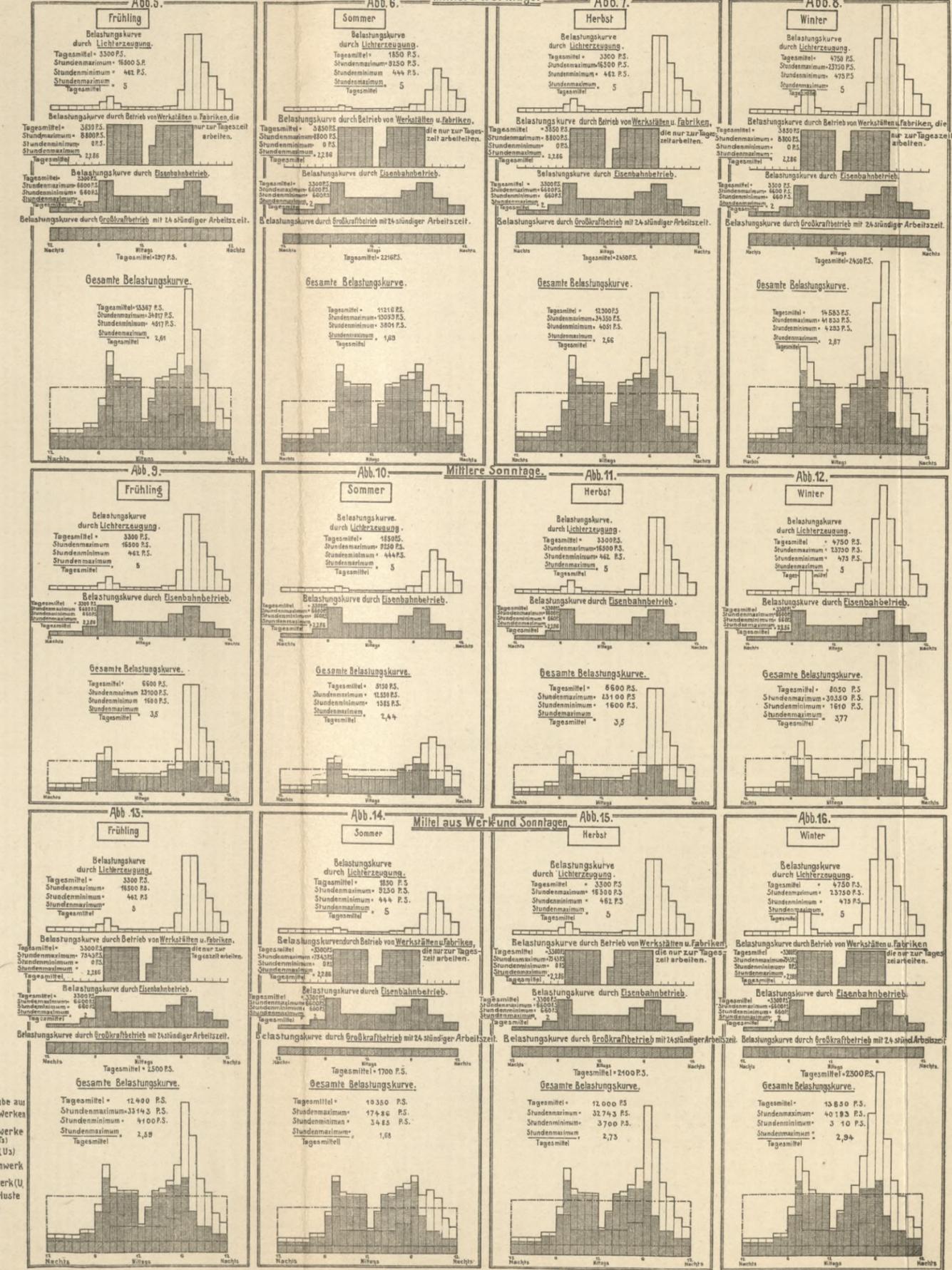
Belastungsannahme für die einzelnen Tagesstunden und Jahreszeiten.

Gemeinsame Arbeitspläne der 3 Talsperrenwerke und des Pumpwerkes in Mill. P.S. Stunden.

Getrennte Arbeitspläne in P.S. Stunden. Arbeitsplan der beiden badischen Talsperrenwerke mit dem Pumpwerk in P.S. Stunden.



Gesamte ausnutzbare Leistung = 402,5 Mill. P.S. Stunden



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



16637

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301625