DER

MARNE-SAÔNE-CANAL

MIT VIII BLATT ZEICHNUNGEN

MITGETHEILT

VON

H. KELLER
REGIERUNGS-BAUMEISTER

(BESONDERER ABDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN JAHRG. 1882.)

BERLIN
VERLAG VON ERNST & KORN
(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)
WILHELMSTRASSE 90.

DER

MARNE-SAÔNE-CANAL

MIT VIII BLATT ZEICHNUNGEN

MITGETHEILT

VON

H. KELLER
REGIERUNGS-BAUMEISTER

(BESONDERER ABDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN JAHRG. 1882.)

BERLIN
VERLAG VON ERNST & KORN
(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)
WILHELMSTRASSE 90.

Der zur Zeit in Frankreich im Bau befindliche Canal, welcher das obere Marnethal mit dem Thale der mittleren Saône verbindet, zeichnet sich vorzugsweise durch die grofse Sorgfalt aus, welche auf die Entwürfe der für die Canalanlage erforderlichen Bauwerke verwandt worden ist. Eine kurze Beschreibung der auf den beifolgenden Tafeln dargestellten Normalzeichnungen, sowie eine ausführliche Mittheilung über die Speisevorkehrungen des Marne-Saône-Canals dürfte wohl von allgemeinem Interesse sein. Diesen Angaben sind, neben einem Ueberblick über das Gesammtproject, zur besseren Orientirung über die Bedeutung der Canalanlage einige einleitende Bemerkungen vorangeschickt, welche den gegenwärtigen Zustand des ostfranzösischen Wasserstrafsennetzes und die für den Ausbau desselben aufgestellten Projecte in Kürze erläutern sollen. Sämmtliche Notizen und Zeichnungen verdankt der Unterzeichnete der Güte des Oberingenieurs Herrn Carlier und der unter diesem die Bauausführung leitenden Ingenieure. Zu ganz besonderem Danke fühlt sich derselbe Herrn P. Gilbin, jetzt Oberingenieur in Troyes, verpflichtet, der ihm während seines Besuchs in Chaumont und während der von dort aus unternommenen Reisen in liebenswürdigster Weise mit Rath und That behilflich war.

I. Die ostfranzösischen Wasserstrafsen.

Das Studium der französischen Wasserstrafsen lehrt, dafs Schifffahrtswege im Binnenlande überall dort den Wettstreit mit den Eisenbahnen auszuhalten vermögen, wo sie Massentransporte unter günstigen Verhältnissen aufnehmen und einen reich entwickelten Localverkehr in wirksamerer Weise, als dies den Eisenbahnen möglich ist, unterstützen können. In welch' aufserordentlichem Grade die Transportmengen (und damit die volkswirthschaftliche Rentabilität) der Wasserstrafsen davon abhängen, ob durch dieselben Industriebezirke oder Seehäfen mit den Gebieten der Massenproduction verbunden werden, oder ob das Verkehrsgebiet vorwiegend ackerbautreibend ist, hierfür liefert ein Vergleich der Schifffahrtswege des Garonnebeckens mit einigen Wasserstrafsen des östlichen und nördlichen Frankreichs augenfälligen Beweis. Die Canäle, canalisirten und regulirten Flüsse des Garonnebeckens, deren Gesammtlänge nahezu 2000 km beträgt, haben im Jahre 1878 eine Transportmenge von 150 Mill. Kilometertonnen aufgenommen, also pro Kilometer nur 75000 Tonnen, wiewohl die Schiffbarkeit der meisten Wasserstrafsen sehr günstig und das Verkehrsgebiet sehr reich an Erzeugnissen der Landwirthschaft und des Weinbaues ist. Dagegen sind auf den Canälen d'Aire à la Bassée und de Neuffossé, welche das Kohlengebiet des Nord-Departements mit der Küste des Pas de Calais verbinden, in demselben Jahre pro Kilometer 643000, bzw. 723400 Tonnen Güter befördert worden, ferner auf der Wasserstrafse, welche das belgische Kohlenbecken mit dem industriereichen mittleren Frankreich, besonders mit Paris verbindet, nämlich auf dem Canal de St. Quentin, dem Seitencenal der Oise und der canalisirten Oise sogar 1838800, bzw. 1961800 und 1438400 Tonnen pro Kilometer.

Während die Wasserstrafsen des westlichen und südlichen Frankreichs seit der Einführung der Eisenbahnen mehr und mehr an Verkehr verloren haben und theilweise fast ganz verödet sind, behaupten die ostfranzösischen Schifffahrtswege, welche das an mineralischen Producten reiche Grenzgebiet durchziehen und die Industriebezirke des Landesinnern mit der See und mit den Kohlenbecken Belgiens und der Saar verbinden, ihre Bedeutung siegreich gegen die mit allen Mitteln sie bekämpfenden Eisenbahnen. Die Verwirklichung des „Freycinet'schen Programmes", d. h. des durch ein Gesetz vom 5. August 1879 aufgestellten Gesammtplanes zum einheitlichen Ausbau der französischen Wasserstrafsen, hat daher mit Recht im Osten begonnen. Es galt zunächst, die Bezirke der Metallindustrie, welche ihren wichtigsten Sitz in Französisch-Lothringen, Hochburgund und der südlichen Champagne hat, in möglichst unmittelbaren Anschlufs mit dem flandrischen Kohlenrevier zu bringen. Der aus dem Maasthal durch das Thal der Mosel nach der oberen Saône führende Canal de l'Est war bereits im Bau begriffen, als jener einheitliche Plan zur Aufstellung kam, und ist seitdem nahezu vollendet worden. Inzwischen hat man den Neubau von drei anderen Canälen erster Ordnung begonnen, nämlich des Aisne-Oise-, des Saône-Doubs- und des Marne-Saône-Canals. Der letztgenannte ist der gröfste und wichtigste derselben. Aufserdem sind mehrere Canäle untergeordneter Bedeutung in Angriff genommen worden. Das „Freycinet'sche Programm" unterscheidet zwischen Wasserstrafsen erster Ordnung (Lignes principales), welche vom Staat verwaltet, bzw. neu hergestellt oder angekauft werden sollen, soweit sie nicht bereits Staatseigenthum sind, und Wasserstrafsen untergeordneter Bedeutung (Lignes secondaires), welche auch von Privaten oder Actiengesellschaften angelegt und betrieben werden dürfen. Die Wasserstrafsen erster Ordnung sollen allmälig zu einem einheitlichen Netze ausgebaut werden, das den Canalschiffen von 300 Tonnen Tragfähigkeit den durchgehenden Verkehr ermöglicht. Zu diesem Zwecke müssen die Schleusen mindestens $38,_{50}$ m Kammerlänge zwischen dem Abfallboden und der Thornische des Unterhauptes, $5,_{20}$ m nutzbare Breite in den Häuptern und $2,_{50}$ m Drempeltiefe besitzen, während für die freie Strecke eine Tiefe von $2,_{0}$ m als ausreichend erachtet wird. Etwa die Hälfte der gegenwärtig vorhandenen Schifffahrtswege, nämlich 2120 km schiffbare Flüsse und 3570 km Canäle, hierunter fast sämmtliche Wasserstrafsen im Osten

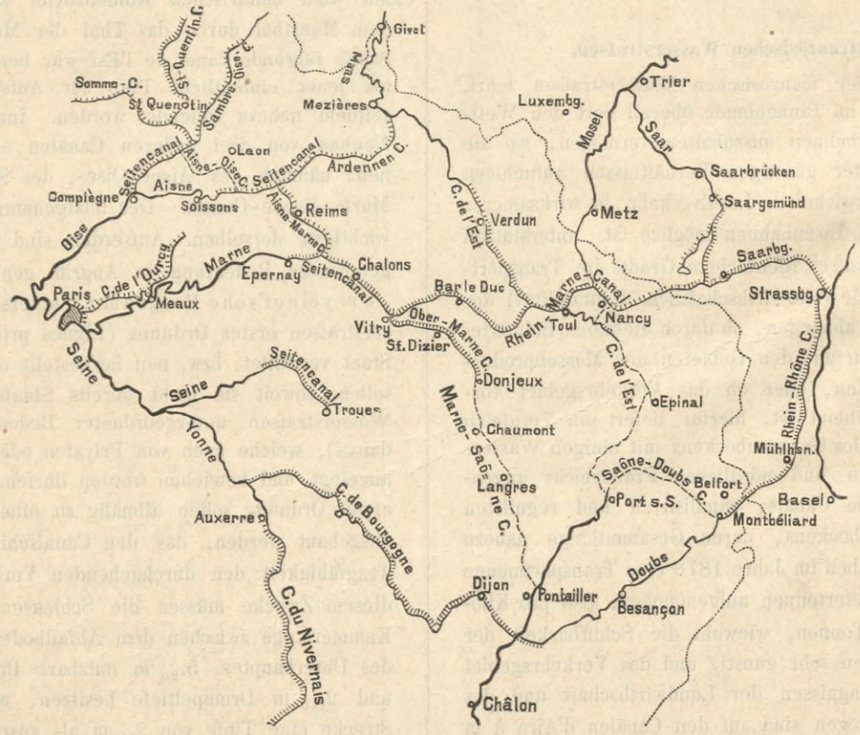
und Norden, sind in die Gruppe der Lignes principales gereiht. Die meisten derselben besafsen bei der Aufstellung des „Programmes“ weder die erforderlichen Tiefen, noch die nothwendigen Schleusendimensionen. Im Laufe der letzten Jahre ist mit dem Umbau einer grofsen Zahl von Wasserstrafsen in dem bezeichneten Sinne energisch begonnen worden, jedoch ausschliefslich im östlichen Frankreich. Vielfach werden bei den Umbauten auch die öfters unzureichenden Speisungsanlagen verbessert und vervollständigt. Der Ersatz einiger Schleusentreppen durch künstliche Hebungen ist ins Auge gefafst worden.

Für die Ergänzung des bereits bestehenden Netzes von Wasserstrafsen erster Ordnung ist der Neubau von 10 Canälen in Aussicht genommen. Die drei oben genannten, in den östlichen Grenzdepartements herzustellenden Verbindungen zwischen Doubs und Saône, zwischen Saône und Marne, sowie zwischen den Seitencanälen der Aisne und der Oise sind bereits im Bau. Für den im Mündungsbecken der Seine anzulegenden Canal von Le Havre nach Tancarville, und für die beiden im nordöstlichen Frankreich auszuführenden Wasserstrafsen von der Maas unterhalb Mezières nach der oberen Schelde, ferner aus dem französischen Kohlengebiet nach Paris (Grand canal du Nord) sind die Vorarbeiten vollständig oder doch nahezu abgeschlossen. Der in Centralfrankreich zu erbauende Canal von La Fouillouse bei St. Etienne nach Roanne, die für den Westen vorgesehenen beiden grofsen Schifffahrtslinien von Orléans nach Nantes und aus dem Loirethal nach der Garonne, endlich der für den Süden geplante Seitencanal des Etang de Thau sind einstweilen noch nicht in nähere Erwägung gezogen worden. Um Mifsverständnisse zu vermeiden, mufs angeführt werden, dafs ein früher aufgestellter Plan zum Ausbau des französischen Wasserstrafsennetzes, der z. B. auch im Jahrgange 1880 S. 161 der Zeitschrift für Bauwesen erwähnt worden ist, niemals gesetzliche Gültigkeit gehabt hat, sondern nur die im Jahre 1874 formulirten Anschauungen einer parlamentarischen Commission wiedergiebt. Ein Vergleich der an jener Stelle aufgeführten Projecte mit den obengenannten im „Freycinet'schen Programme“ vorgesehenen Linien beweist, dafs in der Zwischenzeit (von 1874 bis 1879) eine bedeutsame Wandlung der Ansichten vor sich gegangen ist. Eine praktischere Auffassung der Wasserstrafsenfrage hat Platz gegriffen, indem der industriereiche Osten eine entschiedene Begünstigung erfährt.

Nach der Fertigstellung sämmtlicher Wasserstrafsen, welche in dem beifolgenden Uebersichtskärtchen angegeben sind, werden im östlichen Frankreich drei Hauptlinien radial nach Paris führen: 1) die Oise, welche mit dem St. Quentin-Canal, sowie mit dem Sambre-Oise-Canal in das flandrische Kohlenbecken überleitet und durch die Aisne und den Ardennencanal mit der unteren Maas in Verbindung steht, 2) die Marne, welche durch ihren Seitencanal und den Rhein-Marne-Canal eine Verbindung mit dem Saar-Kohlenbecken bewirkt, einstweilen allerdings noch in sehr unvollständiger Weise wegen der mangelhaften Schiffbarkeit des canalisirten Flufslaufes, 3) die obere Seine, die Yonne und der Canal de Bourgogne, welche den Uebergang in das mittlere Saônethal bewirken.

Aufser diesen drei radial nach Paris führenden Linien ziehen sich zwei grofse Schifffahrtswege parallel der

Uebersichtskarte von den Wasserstrafsen im östlichen Frankreich.



Schiffbare Flüsse. Schiffbare Canäle. Im Bau befindliche Canäle.

Grenze aus dem Saônethal nach dem flandrischen Kohlengebiet.

Die am meisten nach Osten gelegene Linie, der Canal de l'Est, beginnt bei Givet an der belgischen Grenze in unmittelbarem Anschluſs an die belgische Maas-Canalisirung und benutzt zunächst das Maasbett, verfolgt alsdann das Thal dieses Flusses als Seitencanal und erreicht die Wasserscheide zwischen Maas und Mosel in der als Scheitelstrecke für den Canal de l'Est dienenden Haltung von Pagny des Rhein-Marne-Canals. Der in das Moselthal absteigende Ast dieses Canals wird von beiden Linien gemeinschaftlich benutzt. Von Toul dient auf kurze Strecke die canalisirte Mosel dem von Norden nach Süden gerichteten Verkehr. Alsdann folgt die Linie dem Moselthal als Seitencanal bis unterhalb Epinal, erklimmt hierauf die Wasserscheide zwischen Mosel und Maas und fällt endlich im Thale des Coney bis zur canalisirten Saône.

Die zweite parallel der Grenze führende Linie beginnt unweit der Ausmündung des St. Quentin- und des Sambre-Oise-Canals im Seitencanal der Oise und leitet zunächst in den Seitencanal der Aisne über. Durch den Aisne-Marne-Canal gewinnt sie das Thal der Marne, welchem sie als Seitencanal bis zum Quellgebiet dieses Flusses unweit Langres folgt. Nach Durchbrechung der Wasserscheide mit einem ziemlich langen Tunnel zieht sich die Linie im Thale der Vingeanne bis zur Saône, welche sie bei Pontailler erreicht. Der zwischen dem Endpunkte des Rhein-Marne-Canals und Vitry-le-François gelegene Theil des Marne-Seitencanals ist bereits seit 1845 im Betrieb. Kurz vor dem Feldzuge von 1870/71 entschloſs man sich zur Verlängerung des Seitencanals in das obere Marnethal. Nach mehrjähriger Unterbrechung ist der „Canal de la Haute-Marne" genannte Theil bis Donjeux fertiggestellt worden. Bei diesem Orte beginnt der zur Zeit im Bau befindliche Marne-Saône-Canal.

Die östliche Parallellinie, der Canal de l'Est, verbindet das belgische, längs der Maas sich hinziehende Kohlengebiet unmittelbar mit den industriereichen Departements Ardennes, Meurthe-et-Moselle, Vosges und Haute-Saône. Aus den Hüttenwerken des Departements Meurthe-et-Moselle kommt z. B. etwa ein Drittel der gesammten französischen Guſseisenproduction, 450000 Tonnen von 1390000 Tonnen, welche im ganzen Lande erzeugt werden. Auch die Production von Schmiede- und Walzeisen ist eine bedeutende, z. B. in Meurthe-et-Moselle 36000, in Ardennes 56000 Tonnen. Ferner wird auf den Transport der an verschiedenen Stellen des Verkehrsgebietes gewonnenen Bausteine und Dachschiefer, von Bauholz, Salz und anderen Massengütern gerechnet. Man hofft auf eine mittlere Frachtenmenge von etwa 1 Mill. Tonnen per Jahr. Am lebhaftesten wird voraussichtlich die Frequenz im oberen Maas- und im Moselthale sein, wohin eine bedeutende Transportmasse vom Rhein-Marne-Canal übergeleitet werden dürfte.

Die westliche Parallellinie, deren südliches Endglied der Marne-Saône-Canal ist, bildet die kürzeste Verbindung zwischen dem reichentwickelten flandrischen Wasserstraſsennetze und dem Rhônebecken. Sie wird deshalb auch als Schifffahrtsstraſse zwischen Marseille und Dunkerque bezeichnet. In der Begründung des Specialprojectes ist hierauf, jedoch wohl nicht mit Recht, ein besonderer Werth gelegt. Selbst wenn es gelingen sollte, Waaren ohne Umladung auf dem Binnenschifffahrtswege vom Mittelmeere zum Canal La Manche zu befördern, welche Möglichkeit, mit Rücksicht auf die ungünstigen Schifffahrtsverhältnisse des Rhônestroms zwischen seiner Mündung und Lyon, noch in weiter Ferne steht, so ist dennoch der Transport auf dem Seewege trotz dessen fast dreimal gröſserer Länge für die meisten Waaren billiger und auſserdem weniger zeitraubend. Wohl aber wird sich voraussichtlich einerseits von der Rhône und Saône her in das gewerbfleiſsige Marnethal, andererseits von den nördlichen Departements aus ebendorthin und über die Marne-Saône-Wasserscheide hinweg ein ziemlich lebhafter Verkehr entwickeln. Die Eisenwerke zwischen St. Dizier und Bologne, welche jährlich etwa 70000 Tonnen Guſs- und 60000 Tonnen Schmiedeeisen erzeugen, können in Zukunft die französischen Kohlen aus dem Loirebecken und dem Creusotbecken von Süden her, sowie aus dem Valenciennesbecken von Norden her billiger beziehen wie aus dem deutschen Saargebiet, auf das sie jetzt angewiesen sind. Auch die Zufuhr von Erzen wird erleichtert. Die übrigen Erzeugnisse der von der neuen Canallinie berührten Landschaft, welche für Wasserfracht sich eignen, finden auf den beiderseits anschlieſsenden Schifffahrtswegen günstigen Anschluſs. Ob die zu erwartenden Transportmengen jedoch groſs genug sind, um die sehr bedeutenden Anlagekosten wirthschaftlich zu rechtfertigen, entzieht sich der Beurtheilung.

Nach Fertigstellung des Marne-Saône-Canals steht das Rhônebecken durch drei Wasserstraſsen in directer Verbindung mit dem Norden: 1) durch den Canal de l'Est, 2) durch den Marne-Saône-Canal und die an denselben sich schlieſsenden Canäle, 3) durch den Canal de Bourgogne, die Yonne, die obere und untere Seine. Als ein Vorzug der mittleren Linie wird angeführt, daſs dieselbe durchweg aus Canälen besteht, während die beiden anderen Linien auf groſse Strecken canalisirte Fluſsläufe benutzen. Trotz der fast überall angewandten beweglichen Wehre leidet die Schiffbarkeit der meisten canalisirten Flüsse Frankreichs sehr stark durch die schroffen und plötzlich eintretenden Wasserstandsdifferenzen. Reiſsende Hochfluthen und langanhaltende Wasserarmuth unterbrechen die Schifffahrt zuweilen, selbst auf dem frequentesten Schifffahrtswege von Flandern nach Paris, in der Oise wochenlang, noch häufiger in der canalisirten Marne. Hierzu kommt, daſs oft nur geringer Werth auf die Regulirung der zwischen je 2 Wehren gelegenen Fluſsläufe gelegt ist, so daſs bei Hochwasser, wenn die Wehre geöffnet sind, der sich selbst überlassene Strom seine Ufer angreift und die ausgebaggerte Fahrrinne verschüttet. Man betrachtet daher die Benutzung des Fluſsbettes zum Ausbau einer Wasserstraſse vielfach als einen, nicht immer zu vermeidenden Uebelstand und gelangt schlieſslich zu der extremen These, daſs „die Flüsse den Zweck haben, Canäle zu speisen".

Bevor zur näheren Beschreibung des Marne-Saône-Canals übergegangen wird, mag noch auf einen charakteristischen Unterschied zwischen den deutschen und französischen Wasserstraſsen aufmerksam gemacht werden. In Frankreich überwiegt die Canalschifffahrt, in Deutschland die Schifffahrt auf freiem Strome. Die in Frankreich üblichen plumpen, kistenförmigen Canalboote transportiren zwar im Verhältniſs zu ihrer Länge und Breite sehr bedeutende

Frachtmengen, lassen sich jedoch nur mit grofsem Kraftaufwand bewegen und sind auf freien Strömen kaum zu gebrauchen. Die in Deutschland üblichen Flufsschiffe nöthigen bei der Anlage von Canälen zur Wahl weit gröfserer Schleusen- und Querprofil-Abmessungen, wodurch die Anlagekosten in hohem Grade wachsen, mit den engen französischen Canälen verglichen, deren Normalschleuse nur $5,_2$ m nutzbare Breite und $38,_5$ m nutzbare Länge hat, während bekanntlich für die neu anzulegenden deutschen Canäle die entsprechenden Maafse auf $8,_6$ m und 67 m festgesetzt sind. In Rücksicht auf die Befahrung mit Canalbooten begünstigt man in Frankreich die Canalisirung der Flüsse, selbst derjenigen, welche recht wohl zur Regulirung geeignet wären. Man nimmt damit natürlich auch alle Nachtheile in Kauf, welche die mit Sehleusungen verbundene Schifffahrt gegenüber der Schifffahrt auf freiem Strome besitzt. Die durchschnittliche Länge der einzelnen Haltungen ist sehr gering, auf den meisten Wasserstrafsen nur 2 bis 3 Kilometer. Die Dampfschifffahrt, welche in verschiedenen Formen auf den Flüssen und Canälen Deutschlands eine so hervorragende Rolle spielt, hat sich deshalb in Frankreich nur wenig einzubürgern vermocht.

Inwieweit die erwähnte Verschiedenheit in der Physis beider Länder begründet ist, oder ob sie zum Theil durch die allmälige Entwickelung bestimmter, beim Bau und Betrieb der Wasserstrafsen maafsgebenden Principien zu erklären sein wird, dies zu untersuchen liegt nicht in der Absicht. Es erschien jedoch nothwendig, den genannten charakteristischen Unterschied hervorzuheben, bevor mit der Beschreibung des im Neubau begriffenen Marne-Saône-Canals begonnen wird, um beim Vergleiche desselben mit deutschen Wasserstrafsen vor Fehlschlüssen zu bewahren.

II. Uebersicht des Gesammtprojectes.

1. Vorbemerkung.

Schon unter Louis Philipp's Regierung wurden durch den Ingenieur Brière de Mondétour Vorarbeiten ausgeführt zur Anlage eines Canals, welcher von Vitry-le-François aus das Marnethal verfolgen, bei Langres die Wasserscheide durchbrechen und im Thale der Vingeanne bis zur Saône bei Pontailler sich hinabziehen sollte. Der Ausbau des Eisenbahnnetzes drängte dieses Project, wie viele andere, in den Hintergrund. Inzwischen hat die Ostbahngesellschaft das für die Tracenentwickelung günstige linke Marneufer für die von Chaumont bis Langres im Thale dieses Flusses entlanggeführte Hauptlinie Paris-Basel und für die von Chaumont abwärts nach Blesmes zum Anschlufs an die Hauptlinie Paris-Strafsburg führende Zweigbahn in Anspruch genommen.

Nachdem das Bedürfnifs der oberhalb Saint-Dizier lebhaft entwickelten Eisenindustrie einen Schifffahrtsanschlufs an den Rhein-Marne-Canal dringend erwünscht gemacht hatte, wurde im Juni 1868 der Bau eines Canals von Vitry-le-François bis nach Joinville gesetzlich beschlossen und im Laufe der folgenden Jahre zur Ausführung gebracht. Derselbe führt den Namen Canal de la Haute-Marne, stellt sich jedoch durchaus als eine Fortsetzung dar des seit lange im Betrieb befindlichen Marne-Seitencanals, der bei Vitry in den Rhein-Marne-Canal übergeht. Nach längerer, durch den deutsch-französischen Krieg veranlafsten Unterbrechung wurde im Jahre 1878 der Ober-Marne-Canal bis nach Donjeux weiter geführt. Die ganze Länge von Vitry bis Donjeux beträgt 74 km, die Zahl der Schleusen 31, das durchschnittliche Gefälle derselben $3,_{10}$ m. Die Tiefe des Canals ist auf $2,_{10}$ m bemessen worden, die nutzbare Breite der Schleusen auf $5,_{20}$ m, ihre nutzbare Länge auf $35,_0$ m. Jedoch sind inzwischen die meisten Schleusen bereits auf die Länge von $38,_{50}$ m umgebaut worden.

Sowohl diese seit 4 Jahren fertiggestellte Strecke, als auch ihre Fortsetzung thalaufwärts hat auf die vom Ingenieur Brière geplante Trace verzichten müssen, weil die Eisenbahn den günstig gestalteten linken Thalhang einnimmt, und ist auf den engeren rechtsseitigen Thalhang angewiesen, an den sich die Marne in vielfach gewundenem Laufe dicht andrängt. Im Vingeannethal konnte dagegen die alte Trace in der Hauptsache beibehalten bleiben. Die Neubearbeitung des generellen Projectes rührt von M. Dureteste, jetzt Inspecteur général in Paris, her.

Die Scheitelhaltung ist um etwas über 6 m tiefer angenommen wie in dem Brière'schen Entwurfe vorgesehen war. Um die Länge des Canaltunnels, mit welchem der Gebirgsstock bei Langres durchbrochen wird, möglichst zu beschränken, erwies sich nachträglich eine Verlegung der Trace an jener Stelle als nothwendig. Nach dem neuen Entwurf wird der Marneast des Canals von Donjeux bis zur Scheitelstrecke auf $74,_5$ km Länge 40 Schleusen erhalten, deren durchschnittliches Gefälle $3,_{50}$ m beträgt. Die Scheitelstrecke selbst wird $10,_0$ km lang. Der Saôneast fällt auf 62 km Länge mit 52 Schleusen um 156 m, so dafs das mittlere Gefälle $3,_0$ m mifst. Die ganze Länge des Marne-Saône-Canals beträgt sonach $146,_5$ km, während die generelle Trace von Donjeux bis Pontailler 151 km lang war. Das ganze beim Auf- und Absteigen zu überwindende Gefälle beträgt 296 m. Der Wasserspiegel der Scheitelhaltung liegt $340,_{55}$ m, die letzte Haltung des Ober-Marne-Canals bei Donjeux $200,_5$ m, der mittlere Wasserstand der Saône an der Ausmündung des Canals $184,_6$ m über Meerespiegel. Das mittlere Schleusengefälle beträgt, da 92 Schleusen vorgesehen sind, $3,_{22}$ m, die mittlere Länge einer Haltung (nach Abrechnung der Scheitelstrecke) $1,_{52}$ km.

Auf Taf. 1 sind in dem Uebersichtsplane die Schleusen von der Scheitelstrecke aus numerirt. Nach neueren Bestimmungen soll ein Theil der Schleusen des Saôneastes durch eine Ascenseuranlage (senkrechte Hebung) ersetzt werden.

2. Trace von Donjeux bis Langres.

Die Linie beginnt mit Schleuse Nr. 40, unter deren Oberhaupt ein Mühlgraben hindurch geleitet wird. Sie bleibt zunächst auf dem rechten Ufer der Marne, deren Krümmungen sie sich möglichst anschmiegt. In der zweiten Haltung mufs die Eisenbahn zweimal mit Unterführungen gekreuzt werden. Bei Provencher, wo der Flufs durch eine schroff vorspringende Bergnase zu einem weiten Bogen genöthigt wird, verfolgt der Canal die Sehne desselben mit einem 340 m langen Tunnel. Bis Vouécourt hält sich die Linie zwischen der Marne und dem Fufse des Berghanges. Etwas weiter oberhalb wird abermals eine scharfe Krümmung des Flusses abgeschnitten, und zwar durch einen Einschnitt von beträchtlicher Tiefe. Von Viéville ab entwickelt sich

die Linie in dem breiter werdenden Thale ohne weitere Schwierigkeiten bis in die Nähe von Bologne, wo die Eisenbahn von Bologne nach Épinal durch eine Unterführung gekreuzt werden mufs.

Oberhalb dieser Kreuzung geht der Canal mit einem Aquaducte auf das linke Ufer des Flusses über, um nicht der scharfen Serpentine desselben folgen zu müssen. Hierdurch wird zwar eine Ueberbrückung des Wildbaches von Briancourt erspart, dagegen eine zweimalige Ueberschreitung der Marne mit je 25 m weiten Aquaducten, sowie eine Durchtunnelung des Bergvorsprunges bei Condes mit einem 275 m langen Canaltunnel erforderlich. In der Haltung zwischen den Schleusen Nr. 29 und 28 ist auf eine längere Strecke eine Umleitung des Flusses erforderlich, um die ohnehin schon sehr scharfe Curve der Canallinie nicht noch schärfer machen zu müssen. Bei Chamarandes wird abermals die Marne überschritten und die Bergnase auf dem linken Ufer mit einem kurzen Tunnel durchsetzt. Nachdem der Canal unterhalb der Mündung des Suizebaches wieder auf das rechte Marneufer zurückgegangen ist, verfolgt er dasselbe mit Ausnahme einer kurzen Strecke bei Foulain bis zur Scheitelhaltung.

Die Marne kann oberhalb St. Dizier bei gewöhnlichen Wasserständen kaum mehr auf den Namen eines Flusses Anspruch machen. Sie fliefst in einem engen, von ziemlich hohen, jedoch grofsentheils flach abfallenden Hügelketten besäumten Thale, in dessen lehmigem Grunde sie sich mit vielen Schlangenwindungen ihren Lauf ausgehöhlt hat. Auch das Canalbett liegt nur an wenigen Stellen in anderen Bodenarten, z. B. in der Nähe von Donjeux, wo dünnschiefriger Sandstein das Thal durchzieht. Die erste Anfüllung der dortigen Haltung führte zu einer weithin sich geltend machenden Inundirung der Aecker durch Drängewasser. Nach verschiedenartigen Versuchen entschlofs man sich, die Canalsohle und einen Theil der Böschungen mit einer etwa 50 cm hohen Schicht Formsand, der in den Eisengiefsereien der Umgegend viel verwandt wird, zu bedecken und die durch Zuleitung von Wasser breiartig gewordene Masse in die Sohle und Seitenböschungen einzupflügen.

An mehreren Stellen, wo die Berge sich höher aufbauen und von üppigem Waldstand bekrönt sind, bietet das Thal der Marne prächtige Landschaftsbilder, vor allem bei Joinville und bei Chaumont. Von epheuumrankten Basteien umgeben, blickt diese alte Stadt aus stolzer Höhe in das liebliche Thal. Weiter zurück leuchtet aus dunkelen Tannen hervor der zierliche Viaduct, mit dem die Ostbahn das tief eingeschnittene Thal der Suize in gewaltiger Höhe überschreitet. Oberhalb Chaumont flachen die Lehnen des Thales sich allmälig ab bis zu dem Quellengebiete bei Langres, wo aus engen Querthälern die Seitenbäche, deren Zusammenflufs die Marne bildet, sich vereinigen. Von dem Bahnhofe aus betrachtet, der in dem Thalgrunde liegt, scheint die Festung Langres auf einem isolirten Bergkegel zu liegen, kühn und trutzig, mit malerisch hübschen Mauern und Zinnen und thurmgeschmückten Thoren, die das frühe Mittelalter und die Römerzeit errichtet hat. Wenn man die Stadt in südlicher Richtung verläfst, so zeigt sich dem Auge in überraschender Weise ein anderes Bild — eine weite, weite Hochebene, hier und da ein kleines Gehöft, ein ärmliches Dorf, selten Wald. Die Thalsenken verrathen sich nur durch den Nebel, der über ihnen sich geschlossen hält. Wo zwei dieser Senken von Norden und Süden her am meisten sich nähern, durchbricht der Canal die Wasserscheide, welche das Gebiet des atlantischen Meeres von dem Zuflufsgebiete des mittelländischen Meeres trennt.

Auf der Strecke zwischen Chaumont und Langres wurde die Tracirung der Canallinie durch das Vorhandensein der Eisenbahn an mehreren Stellen bedeutend erschwert, besonders bei Boischaulle, wo die Marne dicht gegen den Höhenrand gedrängt ist, in dessen steile Lehne der Canal eingeschnitten werden mufs. Bei La Pommeraye durchsetzt die Eisenbahn einen Bergvorsprung mit einem kurzen Tunnel, dessen Herstellung jedoch sehr kostspielig war. Man hat deshalb vorgezogen, die Canallinie mit einer scharfen Curve um den Berg zu leiten, wiewohl diese Umleitung zu einer doppelten Bahnkreuzung nöthigt. Beide Kreuzungsstellen fallen mit Schleusen (Nr. 15 und 14) zusammen, über deren Unterhäupter die Geleise übergeführt sind, um besondere Bauwerke zu sparen.

Von Rolampont bis zum jenseitigen Ende der Scheitelhaltung ist auf Taf. 1 das specielle Project der Canaltrace eingetragen. Erhebliche Abweichungen zwischen dem generellen Entwurf und den Specialentwürfen, welche den Submissionen zu Grunde gelegt sind, finden fast ausschliefslich in der Scheitelhaltung selbst statt, ferner, wie bereits erwähnt, bei der Schleusentreppe, durch welche dieselbe mit dem Vingeannethal verbunden ist. Im generellen Entwurfe lag die Ausmündung des Canaltunnels auf der Saôneseite bedeutend weiter nach Westen, wodurch die Linie um $4,_5$ km länger war (151 km gegen $146,_5$ km), ohne dafs sonstige Vortheile erreicht wurden. Zwischen Rolampont und Langres unterscheidet sich der Specialentwurf von dem generellen Project hauptsächlich dadurch, dafs alle Curven mit weniger als 200 m Radius durch flachere Krümmungen ersetzt, die Schleusengefälle gleichmäfsig gemacht und mehrere Verlegungen der Marne vermieden sind. Der schwierige Uebergang bei Schleuse Nr. 1, wo der Canal in kurzer Aufeinanderfolge die Eisenbahn und eine Staatsstrafse (Route Nationale Nr. 19) kreuzen, sowie den Flufs aus seinem Bette drängen mufs, ist auf Taf. 1 Fig. 4 näher dargestellt.

Um an Bauwerken zu sparen, sind, wenn angängig, fast sämmtliche den Canal kreuzende Strafsen und Feldwege über die Unterhäupter der Schleusen geführt. Ebenso sind, wenn irgend thunlich, die vom rechten Berghang zufliefsenden Bäche und Wasserläufe unter den Oberhäuptern der Schleusen hindurchgeleitet. Zwischen den Schleusen Nr. 4 und 5 mufste die Linie neben die Eisenbahn in einen ziemlich tiefen Einschnitt gelegt werden, um eine doppelte Bahnkreuzung zu vermeiden. Die hier gewonnenen Erdmassen werden weiter unterhalb verwandt, wo der Canal grofsentheils auf Dammschüttung liegt. Oberhalb Moulin Rouge mündet der aus dem Reservoir de la Mouche kommende Zubringer in den Canal. Das grofse Reservoir de la Liez giebt dagegen sein Wasser in die Scheitelhaltung ab.

Häfen sind auf der Marneseite vorgesehen an 11 verschiedenen Stellen, also in durchschnittlich $\frac{74,_5}{11} = 6,_8$ km Entfernung. Zwei derselben dienen zum Anschlufs gröfserer

Eisenwerke. Bei Bologne und Langres findet eine Verbindung mit der Eisenbahn statt.

Die Bauausführung bietet keine besonderen Schwierigkeiten, da fast überall fetter Lehmboden auf bedeutende Tiefen vorhanden ist. Die Schleusen und sonstigen Bauwerke bedürfen keine künstlichen Fundirungen. Ebensowenig braucht in den Einschnitten auf kostspielige Dichtungsarbeiten Bedacht genommen zu werden. Für die Schüttung der Dämme ist gut geeigneter, undurchlässiger Boden in genügender Menge vorhanden.

3. Trace von Langres bis Pontailler.

Der gröfste Theil der Scheitelhaltung wird von dem Tunnel und seinen beiden Voreinschnitten eingenommen. Auf Taf. 1 ist das Längenprofil der Scheitelhaltung im Maafsstabe 1 : 40000 dargestellt, ferner auf Taf. 3 einige Querprofile der Voreinschnitte und der Tunnelanlage, sowie einige charakteristische Situationsbeispiele auf Taf. 2.

Die ganze Länge der Scheitelhaltung beträgt $10,_0$ km, wovon $4,_{82}$ km auf den Tunnel, $2,_{88}$ km auf den nördlichen und $1,_8$ km auf den südlichen Voreinschnitt entfallen. Der nördliche Berghang steigt sehr flach an. Um die ohnehin schon sehr bedeutende Erdmasse, welche aus dem Voreinschnitte gewonnen und nur zum Theil für die Thalsperre des Reservoirs der Liez verwendet wird, möglichst zu vermindern, hat man den Tunnel bereits bei einer Tiefe von nur $12,_5$ m (zwischen dem Haltungswasserspiegel und dem natürlichen Terrain) beginnen lassen. Da nach Fig. 17 (Taf. 3) die First des Vollausbruchs um $6,_8$ m über dem Wasserspiegel liegt, so bleibt am Tunnelmundloch nur eine $5,_7$ m starke Schicht über der First. Innerhalb der folgenden 2 km ist das über dem Tunnel anstehende Gebirge nirgends mächtiger als höchstens 30 m. Erst vom dritten Kilometer steigt das Terrain rascher. In $3,_3$ km Entfernung vom nördlichen Mundloch wird das Plateau erreicht, dessen Breite in der Canaltrace nur $0,_{72}$ km beträgt. Die Höhe der Erdoberfläche über der Tunnelfirst schwankt hier zwischen 113 bis 119 m (460 bis $465,_{79}$ m über Meeresspiegel). Nach der Saône zu fällt der Berghang steil ab, auf $0,_8$ km Länge um 106 m, so dafs am südlichen Tunnelmundloch die über der First gelegene Bergschicht eine Stärke von etwa 9 m hat. Die aus dem Voreinschnitte und dem Tunnel geförderten Massen müssen zum bei weitem gröfsten Theile seitlich abgelagert werden.

So unbequem für den Canalbetrieb ein längerer Tunnel ist, so liefs sich ein solcher beim Uebergang aus dem Wasserbecken der Marne in das der Saône keinenfalls vermeiden, da sich eine niedrigere Einsattelung der Wasserscheide nirgends findet. Durch Höherlegung der Scheitelhaltung um einige Meter hätte sich zwar eine bedeutende Abkürzung des Tunnels erreichen lassen, jedoch nur durch Vermehrung der überdies schon reichlich grofsen Schleusenzahl. Um die Mifsstände, welche die Tunneldurchfahrt bietet, (nämlich: die Vermehrung der Zugwiderstände in dem auf grofse Länge eingeschränkten Canalprofil, sowie die Schwierigkeiten der Treidelung) auf ein möglichst geringes Maafs zu begrenzen, wird beabsichtigt, nach dem Muster der Scheitelhaltungen des Canal de St. Quentin, des Rhein-Marne-Canals (Bief de Mauvages) u. s. w., eine Kette in die Scheitelhaltung zu legen. Da die Kettenschleppzüge nur in längeren Zwischenräumen gehen können, mufs Vorsorge getroffen werden, beiderseits des Tunnels durch Canalverbreiterung Liegeplätze für die auf den Abgang des Schleppzuges wartenden Schiffe zu schaffen. Ferner hat man die Wassertiefe des Canals auf $2,_5$ m gebracht, wodurch die Widerstände der Schiffsbewegung in hohem Grade herabgemindert werden. Weitere Angaben über den Canaltunnel folgen später.

Südlich des Dorfes Heuilley-Cotton sollte nach dem generellen Projecte der Canal mit einer sehr steilen Schleusentreppe von 14 Schleusen um 45 m auf $3,_1$ km Länge in das Vingeannethal fallen. Die einzelnen Haltungen, deren Breite aus Betriebsrücksichten sehr grofs angenommen war, würden im Durchschnitt nur etwa 250 m lang geworden sein. Um den hierdurch entstehenden Unzuträglichkeiten zu entgehen und an Speisewasser, dessen Beschaffung mit grofsen Kosten verbunden ist, zu sparen, hat man sich zu der bereits erwähnten Anlage von „Ascenseurs“ entschlossen. Es sollen zwei Hebewerke mit $20,_5$ m Hubhöhe angelegt werden, eines am unteren Ende, ein zweites in der Mitte der in Frage stehenden Strecke. Jedes derselben würde mit einer einfachen beweglichen Kammer zu versehen sein. Die beiden hydraulischen Cylinder sollen durch eine $1,_6$ km lange Druckleitung mit einander in Verbindung gesetzt werden, um die bei der Senkung eines Schiffes aus der Scheitelhaltung geleistete Arbeit zur Hebung eines Schiffes aus dem Vingeannethal in die mittlere Haltung zu benutzen. Die zur Erlangung eines speciellen Entwurfs zwischen 10 französischen und englischen Ingenieuren ausgeschriebene Concurrenz war zur Zeit der Abfassung dieses Aufsatzes noch nicht zur Entscheidung gelangt.

Bei Villegusien erreicht der Canal, nachdem er kurz zuvor die bei der Station Culmont-Chalindrey von der Hauptbahn Paris-Basel abzweigende Eisenbahnlinie nach Dijon gekreuzt hat, das Thal der Vingeanne. Bis in die Nähe von Piépape ist der Boden des linken Ufers, auf dem die Trace sich ohne Schwierigkeiten entwickelt, wenig durchlässig und vortrefflich zur Anlage eines Schifffahrtscanals geeignet. Unterhalb jenes Ortes wird der Boden auf dem linken Ufer sehr klüftig und zum Canalbau in keiner Weise brauchbar. Die Linie geht daher auf das nicht ganz so ungünstige rechte Ufer des Flüfschens über mittelst eines Aquaductes von 15 m Spannweite. Bei Dommarien-Choilly erweist sich eine Flufsverlegung als nothwendig, zwischen den Schleusen Nr. 27 und 28 die Durchstechung eines aus durchlässigem Boden bestehenden Bergvorsprungs. Erst bei Cusey wird wieder vollkommen zuverlässiger Baugrund erreicht. Die ganze 14 km lange Strecke von Piépape bis Cusey mufs voraussichtlich künstlich gedichtet werden.

Von Cusey an beginnt das Thal der Vingeanne gröfsere Breite anzunehmen, so dafs der Canal sich auf dem Thalgrunde frei bewegen und diejenige Linie aussuchen kann, welche die geringsten Ausgaben für Erdarbeiten und Mauerwerk nothwendig macht. Bei Maxilly wird die von Auxonne nach Gray führende Zweigbahn mit einer Unterführung gekreuzt, zu welchem Zwecke die Schienengeleise um etwa $1,_1$ m angehoben werden müssen. Die Canallinie endigt in einem Schleusencanal der Saônecanalisirung, etwa 2 km oberhalb der Stadt Pontailler.

4. Genereller Plan der Speisung des Canals.

Bereits bei den ältesten Entwürfen war man sich bewufst, dafs weder die Marne noch die Vingeanne die zur Speisung des Marne-Saône-Canals nothwendigen Wassermengen liefern könne. Man glaubte jedoch, das quellenreiche Gebiet des Bergstocks, in welchem jene beiden Flüsse ihren Ursprung nehmen, würde die Scheitelhaltung in ausreichendem Maafse mit Zuflufswasser versorgen, wenn der Tunnel und seine Voreinschnitte die unterirdischen Wasseradern aufschlössen. Als diese Ansicht bei näherer Prüfung sich nicht haltbar erwies, verfiel man in das entgegengesetzte Extrem: man dachte an die Anordnung von 12 Speisereservoiren, meistens freilich von geringem Umfang. Durch die Herstellung von Eisenbahnen in einigen für die Anlage der kleinen Reservoire ins Auge genommenen Seitenthälchen, sowie durch Abänderungen der Canaltrace würde man zur Umgestaltung des früheren Entwurfes genöthigt worden sein, auch wenn sich nicht die Concentrirung der aufzuspeichernden Wassermassen auf eine weit geringere Anzahl grofser Reservoire empfehlenswerth gezeigt hätte. In dem generellen Canalproject von 1873 war die Anlage von 5 Speisereservoiren mit einem Gesammtinhalte von 32 225000 cbm Wasser beabsichtigt worden. Das Specialproject von 1879 beschränkt die Zahl der Speisereservoire auf 3, deren Gesammtinhalt auf 34 900000 cbm gebracht werden soll.

Der generelle Entwurf hatte für die Speisung des Canals folgenden Plan aufgestellt: Die Marneseite sollte mit Ausnahme der beiden obersten Haltungen während der Hälfte des Jahres vollständig aus der Marne, während der 3 Monate des Hochsommers vollständig aus den Speisereservoiren und während des letzten Vierteljahres zur Hälfte aus der Marne und zur Hälfte aus den Reservoiren gespeist werden. In ähnlicher Weise würde das Wasser der Vingeanne für die Speisung der unterhalb Piépape gelegenen Haltungen der Saôneseite in Anspruch zu nehmen sein. Die Scheitelhaltung, die beiden obersten Haltungen der Marneseite und die in das Vingeannethal hinabfallende Schleusentreppe wären ausschliefslich auf die Speisereservoire angewiesen. In der Hauptsache kommt dieser Plan bei der definitiven Anlage zur Ausführung.

Man war von der Voraussetzung ausgegangen, für die Speisung des Canals genüge pro laufenden Meter per Tag durchschnittlich 1 cbm Wasser, also pro Kilometer per Secunde $11,_{57}$ Liter. Die folgende Tabelle zeigt, in welcher Weise die erforderliche Wassermenge durch 7 Speiseschleusen (prises d'eau) dem Canale zugeführt werden sollte. In der fünften Colonne ist angegeben, wie grofs die Wassermenge der Marne an der für die Ableitung des Wassers in Aussicht genommenen Stelle zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes auf Grund von Consumtionsmessungen in Rechnung gestellt werden darf. Aufserdem wollte man 3 Hilfszubringer anlegen, welche aus kleineren Seitenbächen per Secunde im ganzen 45 Liter Wasser dem Canale zuführen würden.

Man würde etwa 60 % des gesammten bei Niedrigwasser in der Marne überhaupt zum Abflufs gelangenden Wassers, im oberen Laufe des Flusses sogar über 80 %, in den Canal ableiten müssen, was nicht geschehen könnte, ohne die zur Ausnutzung der Wasserkraft dienenden 31 Mühlen und sonstigen industriellen Etablissements während längerer Zeit brach zu legen.

Benennung der Speiseschleusen	Bezeichnung d. gespeisten Haltungen Nr.	Länge derselben km	Bedarf an Speisewasser l	Wassermenge d. Marne z. Zeit d. niedrigsten Wasserstandes l
1. Bei Moulin Rouge . .	3 bis 8	8,792	102	123
2. Bei Rolampont . . .	9 „ 13	9,539	111	276
3. Bei La Pommeraye .	14 „ 18	8,316	96	400
4. Bei Lusy	19 „ 23	9,086	105	616
5. Bei Valdeschour . .	24 „ 29	13,339	154	620
6. Bei Bologne	30 „ 33	7,891	91	1322
7. Bei Vignory	34 „ 39	13,631	157	1400
		70,684	816	—

Wird jedoch während 3 Monate vollkommen und während weiterer 3 Monate theilweise auf die Zuleitung aus den genannten Speiseschleusen verzichtet, so ist für die andersartige Beschaffung von $70684 \times (3 + \frac{3}{2})30 = 9\,500000$ cbm Wasser Sorge zu tragen.

In ähnlicher Weise wurde ermittelt, dafs für die Speisung der 56 km langen Strecke zwischen Piépape und der Ausmündung des Canals in die Saône während der Sommermonate eine Reserve von 7 500000 cbm erforderlich wäre. Für die Speisung der Scheitelhaltung, sowie der anschliefsenden Canalstrecken, nach dem generellen Project 24 km, welche während des ganzen Jahres auf die Reservoire angewiesen sind, nahm man einen Bedarf von 9 000000 cbm an, so dafs die Aufspeicherung von $(9,_5 + 7,_5 + 9) = 26$ Mill. Cubikmeter Speisewasser nothwendig erschien.

Eine Controllrechnung, welche voraussetzte, dafs täglich 20 Schiffe die einzelnen Schleusen des Canales auf der Durchfahrt passirten, führte zu einem ähnlichen Ergebnifs.

Jede Schleusung entzieht der oberen Haltung bis zu 800 cbm Wasser. Wenn während 300 Tage je 20 Schiffe auf der Bergfahrt 800 cbm und auf der Thalfahrt ebenfalls 800 cbm der Scheitelhaltung entziehen, so stellt sich der gesammte durch den Verkehr hervorgerufene Wasserverbrauch auf 9 600000 cbm. Die Wasserverluste, welche durch Versickerung, Verdunstung, Undichtigkeiten der Schleusenthore u. s. w. verursacht werden, kann man schätzungsweise im Durchschnitt auf 600 cbm pro Kilometer per Tag annehmen, also für 151 km Canallänge per Jahr auf 33 069000 cbm. Da jedoch auf 126 km Länge während $(6 + \frac{3}{2})$ Monate die letztgenannten Wasserverluste durch unmittelbare Entnahme aus den Flüssen Marne und Vingeanne gedeckt werden können, würden $(6 + \frac{3}{2})30 \times 126 \times 600 = 17\,010000$ cbm weniger, also nur 16 059000 cbm aus den Speisereservoiren zu entnehmen sein, deren Gesammtinhalt sich demnach auf rund $(9,_6 + 16,_1) = 25,_7$ Mill. cbm bemessen würde.

Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Verluste bei der Aufspeicherung der zur Speisung dienenden Wassermassen hatte man bereits bei dem generellen Projecte das Fassungsvermögen der 5 geplanten Reservoire um etwa 20 % gröfser, nämlich auf $32,_2$ Mill. cbm angenommen. Das Specialproject geht über diese Zahl noch hinaus. Wenn auch durch die inzwischen beschlossene Anlage von Ascenseurs an Stelle der Schleusentreppe bei Heuilley-Cotton die Verhältnisse etwas modificirt sind, so dürfte doch der von Herrn P. Gilbin mit grofser Sorgfalt bearbeitete specielle Plan zur „Wasserversorgung des Canals aus Speisereservoiren" eine nähere Mittheilung verdienen. Der nächste Abschnitt mag derselben, sowie einer Beschreibung der Constructionen,

welche für die Speisungsanlagen erforderlich sind, gewidmet sein.

5. Herstellungskosten.

Dem generellen Kostenanschlag waren die Preise zu Grunde gelegt, welche bei dem Neubau des C. de la Haute-Marne bezahlt worden sind. Die Ermittelungen der zu bewegenden Erdmassen, des Grunderwerbs und der für die Anlage der Bauwerke erforderlichen Lieferungen und Arbeiten konnten zunächst nur überschläglich angestellt werden. Inzwischen haben sich durch die gleichzeitige Ausführung einer sehr bedeutenden Anzahl von öffentlichen Bauten in ganz Frankreich die Arbeitspreise in sehr hohem Maafse gesteigert. Hunderttausende von italienischen Erd- und Felsarbeitern sind in das Land geströmt, um den übermäfsigen Bedarf zu decken. Trotzdem beträgt die Steigerung der Tagelöhne seit 1878 etwa 25 %. Wenn sonach die Zahlen des generellen Kostenanschlages keine absolute Gültigkeit haben können, so wird ihre relative Gröfse durch die allgemeine Preissteigerung doch nur wenig beeinflufst, so dafs eine Mittheilung der Hauptsummen angemessen erscheint.

Kostenüberschlag für die Canalstrecke Donjeux-Langres (70,7 km).

Erdarbeiten . .	2 798000 cbm à 1,44 fr.	= 4 029000 fr.,	pro km 39580 cbm	=	56970 fr.
Bauwerke		5 808000 fr.,	pro km		82170 fr.
Grunderwerb . . .	325,45 ha à 7194 fr.	= 2 341000 fr.,	pro km 4,6 ha .	=	33120 fr.
Allgemeine Kosten, Dichtungsarbeiten u. s. w.		922000 fr.,	pro km		13060 fr.
Gesammtkosten der Marneseite:		13 100000 fr.,	pro km		185320 fr.

Kostenüberschlag für die Canalstrecke Langres-Pontailler (80,3 km).

Erdarbeiten . . .	4 316000 cbm à 1,60 fr.	= 6 920400 fr.,	pro km 53730 cbm	=	86130 fr.
Bauwerke		13 175500 fr.,	pro km		164000 fr.
Grunderwerb	360,0 ha à 5000 fr.	= 1 800000 fr.,	pro km 4,47 ha .	=	22400 fr.
Allgemeine Kosten, Dichtungsarbeiten u. s. w. . .		2 380100 fr.,	pro km		29600 fr.
Speisereservoire		5 724000 fr.			
Gesammtkosten der Scheitelhaltung u. Saôneseite:		30 000000 fr.,	pro km		302130 fr. (exclus. Speisereservoire).

Für die ganze Länge des Canals, die nach dem generellen Project 151 km beträgt, waren sonach 43 100000 fr., also pro km 285430 fr. vorgesehen. Für den C. de la Haute-Marne haben die kilometrischen Kosten 270900 fr., für den Rhein-Marne-Canal 243680 fr., für den Aisne-Marne-Canal 358330 fr. betragen. Die zum C. de l'Est gehörigen Canalstrecken haben annähernd 300000 fr. pro km erfordert. Es ist anzunehmen, dafs diese Durchschnittskosten beim Baue des Marne-Saône-Canals noch erheblich überschritten werden, da seit der Inangriffnahme des C. de l'Est die Arbeitspreise aufserordentlich gestiegen sind und die Bauausführung an und für sich gröfsere Kosten mit sich bringen mufs, hauptsächlich für die Scheitelhaltung, deren langer Canaltunnel und ausgedehnte Reservoiranlagen den Bau in hohem Grade vertheuern.

Ein Vergleich der einzelnen Anschlagstitel lehrt, dafs an den Gesammtkosten des Canales die künstliche Speisungsanlage mit 13,2 % betheiligt ist. Auf der Marneseite werden erforderlich für Erdarbeiten 30,6 %, für Bauwerke 44,3 %, für Grunderwerb 17,9 %, für sonstige Ausgaben 7,1 % der Anschlagssumme. In der Scheitelstrecke und der südlichen Strecke des Canals entfallen auf Erdarbeiten 28,5 %, auf Bauwerke 54,2 %, auf Grunderwerb 7,6 %, auf sonstige Ausgaben 9,6 %. Die Differenzen erklären sich dadurch, dafs die Tunnelanlagen als Bauwerke in Rechnung gestellt sind und dafs im Vingeannethal der Werth des Bodens verhältnifsmäfsig gering ist, während seine Durchlässigkeit die Kosten für Dichtung bedeutend erhöht. Die Vertheilung der Gesammtkosten des ganzen Canals ergiebt:

für Bauwerke . .	18 984000 fr.	oder	44,1 %
„ Erdarbeiten . .	10 949000 fr.	„	25,3 %
„ Grunderwerb. .	4 141000 fr.	„	9,6 %
„ sonstige Ausgaben	3 302000 fr.	„	7,7 %
„ Speisereservoire	5 724000 fr.	„	13,3 %
Summa	43 100000 fr.	=	100 %.

III. Die Speisungsanlagen.

1. Zahl und Gröfse der Speisereservoire.

Als Grundlage des für die Speisung des Canals aufgestellten Planes sind die Messungen der Niederschlagsmengen gewählt worden, welche seit 1858 in Langres und seit 1873 in verschiedenen, unweit der zukünftigen Reservoire gelegenen Dörfern, nämlich in Marac, Perogney, Bourg, Villegusien und Chalindrey stattgefunden haben. Die Beobachtungsperiode der Station in Langres ist lang genug, wie der Vergleich mit älteren meteorologischen Stationen zeigt, um ein Urtheil über die mittlere Niederschlagsmenge zu gewinnen. Die Vergleichung der an den übrigen Beobachtungsstellen gesammelten Daten liefert den Nachweis, dafs die Niederschläge über die ganze in Frage kommende Fläche nahezu gleichmäfsig vertheilt sind. Die Regenhöhe eines Jahres kann auf 0,95 m angenommen werden.

Schwieriger ist die Frage zu lösen, ein wie grofser Antheil der Niederschlagsmenge in den Reservoiren aufgespeichert zu werden vermag. Im Allgemeinen ist die zum Abflusse gelangende Wassermenge bei durchlässigem Boden gröfser als bei undurchlässigen Bodenarten, weil das rasch versickernde Wasser, vor der Verdunstung geschützt, in Quellenform wieder zu Tage tritt. Jedoch fällt die unterirdische Gestaltung der Wasserscheiden keineswegs immer mit der aus der Betrachtung der Erdoberfläche ermittelten Gestaltung zusammen, da die Lagerung der undurchlässigen Bodenarten oft von dem Relief der Oberfläche erheblich abweicht. Hierdurch erklärt sich grofsentheils die aufserordentliche Verschiedenheit der über die Versickerung der Niederschläge angestellten Beobachtungen.

Die Beobachtungen über den Procentsatz der auf undurchlässigem Boden zum Abflufs gelangenden Regenwassermenge zeigen etwas gröfsere Uebereinstimmung, wiewohl sie gleichfalls erhebliche Schwankungen je nach der

Ortslage, dem Klima, der Intensität des Regenfalles, der Bodencultur und geologischen Formation aufweisen, etwa von $^1/_3$ bis $^2/_3$ des gesammten Niederschlages. Nach eingehenden Erwägungen wurde angenommen, dafs etwa $0,_{50}$ m Regenhöhe in den Reservoiren aufgespeichert werden könne, $52,_6$ % der überhaupt zum Niederschlag gelangten Wassermassen. Die meteorologischen Beobachtungen in dem Zuflufsgebiet des für die Speisung des Canal de Bourgogne angelegten Reservoirs von Grosbois, dessen sonstige Verhältnisse weit ungünstiger als die der zukünftigen Speisereservoire des Marne-Saône-Canals sich erweisen, haben ergeben, dafs die jährliche Regenhöhe im Durchschnitt auf $0,_{761}$ m anzunehmen ist, während thatsächlich $0,_{38}$ m, also $49,_8$ % der Niederschlagsmenge zur Aufspeicherung gelangt sind. Dieser Vergleich dürfte darthun, dafs die obige Annahme keinenfalls zu hoch gegriffen ist. Das Zuflufsgebiet des Reservoirs von Grosbois besteht nur zum Theil aus durchlässigem Boden (Kalkfels), grofsentheils jedoch aus undurchlässigen Bodenarten (Thon und Mergel der Liasformation), während das Zuflufsgebiet der Speisereservoire des Marne-Saône-Canals zum gröfsten Theil aus durchlässigem Kalkstein der unteren oolithischen Formation und nur im Thale der Liez aus undurchlässigem Thone besteht. Es ist daher zu vermuthen, dafs die zur Aufspeicherung verfügbare Wassermenge den Procentsatz von $52,_6$ % noch erheblich übersteigen wird.

Im generellen Project hatte man 5 Reservoire vorgesehen, von denen jedoch 2, welche der definitive Plan vollkommen unterdrückt, nur relativ geringe Massen von Speisewasser aufzusammeln geeignet waren. In dem für die Ausführung bestimmten Plane sind 2 Reservoire, welche durch Anlage von Staudämmen in den Thälern der Liez (unterhalb des Dorfes Lecey) und der Mouche (beim Dorfe St. Ciergues) gebildet werden sollen, für die Marneseite, 1 Reservoir im Thale der Vingeanne bei Aprey für die Saôneseite in Aussicht genommen. Aus dem Reservoir der Mouche wird der Zubringer nach der zweiten Haltung der Marneseite geführt. Die beiden anderen Reservoire sollten die Scheitelhaltung an beiden Enden mit Speisewasser versorgen. Zu diesem Zwecke würde auf der Saôneseite ein äufserst langer Zubringer in durchlässigem Boden angelegt werden müssen. Beim Ersatz der Schleusentreppe durch eine Ascenseuranlage ist es jedoch thunlich, den Zubringer im Vingeannethal herabzuleiten und auf bedeutend kürzerem Wege bei Villegusien in den Canal ausmünden zu lassen.

Das Reservoir der Mouche wird in dem scharf eingeschnittenen, engen Thale des gleichnamigen Baches angelegt. Um den Wasserspiegel bis auf die Meereshöhe $361,_{15}$ m zu bringen, ist die Anlage eines Staudammes erforderlich, dessen gröfste Höhe $20,_{38}$ m beträgt. Das Zuflufsgebiet, nur zum kleineren Theile aus undurchlässigem Boden bestehend, besitzt 6500 ha Oberfläche, würde also im Durchschnitt per Jahr 32 500000 cbm Wasser liefern. Wie Fig. 5 auf Taf. 1 zeigt, beträgt die Oberfläche des Reservoirs selbst nur 102 ha und sein gröfster Cubikinhalt bei vollständiger Anfüllung 9 330000 cbm. Der tiefste Punkt der Sohle liegt auf der Meereshöhe $340,_{77}$ m, die zweite Haltung der Marneseite des Canals, in welche der Zubringer ausmünden soll, auf $333,_{21}$ m. Man würde also den ganzen Inhalt des Reservoirs zur Entleerung bringen können. Um jedoch die Fischzucht aufrecht zu erhalten, ist angenommen, dafs die Entleerung nur bis zur Meereshöhe $345,_0$ m stattfindet. Alsdann verbleibt noch eine Wassermenge von 335000 cbm zurück, deren Oberfläche 20 ha beträgt.

Die Anlage des Reservoirs zwingt zum Ankauf einiger, übrigens nicht bedeutenden Mühlen, welche in der für die Wasseraufspeicherung nothwendigen Thalfläche gelegen sind. Eine gröfsere Anzahl oberhalb und unterhalb liegender industriellen Etablissements wird nicht beeinträchtigt, da der gröfsere Theil des zufliefsenden Wassers ohnehin nicht aufgesammelt werden soll, sondern nach wie vor zur Kraftausnutzung verfügbar bleibt. Die unterhalb des Staudammes gelegenen Mühlen werden sogar wesentlichen Vortheil aus der Errichtung des Reservoires ziehen.

Das für den Zubringer zur Verfügung stehende Gefälle, $11,_{08}$ m, wird theilweise aufgebraucht, um das Bett der Mouche selbst auf gröfsere Längen benutzen zu können, zu welchem Zwecke ein plötzlicher Abfall von $5,_7$ m Höhe sich erforderlich zeigt, theilweise auch zur Ueberschreitung des Seitenthälchens der Bonnelle mit einem Siphon.

Das Reservoir der Liez wird das gesammte zufliefsende Wasser des Baches Liez aufspeichern mittelst eines bis zu $14,_{43}$ m hohen Staudammes, dessen Abstand vom Marne-Saône-Canal nur 360 m beträgt. Das aus vollständig undurchlässigem Boden bestehende Zuflufsgebiet ist auf 3400 ha, einer Wassermenge von 17 000000 cbm per Jahr entsprechend, ermittelt worden. Um die Fischzucht zu ermöglichen und aus gesundheitlichen Rücksichten mufs jedenfalls eine bedeutende Wassermasse in dem Bassin dauernd zurückbleiben. Es ist daher die Zuleitung des Speisewassers ausschliefslich für die Scheitelhaltung, deren Wasserspiegel auf $340,_{55}$ m Meereshöhe liegt, vorgesehen und eine Senkung des Wasserstandes nur bis zu diesem Niveau in Aussicht genommen. Alsdann bleiben noch 855000 cbm mit $47,_5$ ha Oberfläche im Reservoire zurück. Bei vollständiger Anfüllung (bis zur Ordinate $351,_0$ m) beträgt die Oberfläche des Reservoirs 292 ha und seine Wassermasse 17 395000 cbm, wovon jedoch nur 16 540000 cbm alljährlich erneuert zu werden brauchen. Der Zubringer erhält nur $1,_{22}$ km Länge.

Das Reservoir der Vingeanne soll in einem der tiefen Einschnitte angelegt werden, welche durch die Erosion der Tagewässer in die Schichten der unteren oolithischen Formation, aus denen die Hochebene von Langres gebildet ist, eingebrochen und bis weit in den Lias hinein ausgehöhlt sind. Im Allgemeinen eignen sich diese Thalrinnen wenig zur Anlage von Reservoiren, weil sie nach unten hin rascher an Breite als an Tiefe zunehmen. Dicht hinter dem Zusammenflufs der beiden Quellbäche der Vingeanne findet sich jedoch ausnahmsweise eine Thalenge, die sich zur Errichtung einer Thalsperre um so mehr empfiehlt, als dort gleichzeitig 2 Mulden (wie beim Reservoir der Mouche) zur Aufspeicherung des Speisewassers nutzbar gemacht werden.

Das Zuflufsgebiet, zum gröfsten Theile aus durchlässigen Formationen, vielfach wechselnden Schichten von Sandsteinen, sandigen Thonen, Mergeln und muschelreichen dichten Kalken bestehend, hat eine Oberfläche von 2400 ha

und kann etwa 12 000000 cbm Wasser per Jahr liefern. Wenn die Thalsperre eine Höhe von $26,_2$ m erhält, so wird ein Reservoir gebildet, dessen Fläche 78 ha beträgt, während sein Inhalt auf 8175000 cbm ermittelt worden ist. Es bleibt sonach noch genügend viel Wasser übrig zur Versorgung der Mühlen, welche unterhalb der, bei dieser beträchtlichen Höhe aus Mauerwerk herzustellenden Thalsperre gelegen sind.

Falls vom Reservoire der Vingeanne aus die Scheitelhaltung gespeist werden sollte, so würde der Zubringer die sehr bedeutende Länge von 26 km erhalten müssen, da er unterwegs eine Reihe von Seitenthälern antrifft, denen seine Trace zu folgen genöthigt ist. Man könnte zwar diese schluchtartigen Thälchen mit Siphons durchsetzen, würde jedoch hierdurch die Anlage erheblich vertheuern, und darauf verzichten müssen, die unterwegs aufzunehmenden Bäche zur Speisung mitzubenutzen. Der um 1 m tiefer als das Niveau der Scheitelhaltung, also mit der Ordinate $339,_{55}$ m ausmündende Zubringer mufs mindestens ein Gefälleverhältnifs von $^1/_{10000}$ erhalten, also $2,_{60}$ m Totalgefälle, so dafs sein Ausflufs im Reservoir auf $342,_{15}$ m liegen würde. Entleert man das Reservoir, dessen Oberfläche bei vollständiger Anfüllung auf $360,_0$ m liegt, bis zur Ordinate $342,_{65}$ m, so bleibt noch eine dauernde Füllung von 585000 cbm zurück, welche eine 15 ha grofse Fläche bedeckt.

Die Einführung des Speisewassers aus dem Reservoir der Vingeanne in die Scheitelhaltung hätte den Vortheil, dafs die Scheitelstrecke an beiden Enden mit Wasser versorgt würde, wodurch man eine continuirliche Strömung, welche bei einer einseitigen Wasserzuführung unvermeidlich und für den Schifffahrtsbetrieb im Canaltunnel sehr lästig sein wird, vollständig vermeiden könnte. Aufserdem würde es angängig sein, erforderlichenfalls die auf der Marneseite aufgespeicherten Wasservorräthe auf der Saôneseite zu verwenden und umgekehrt. Wie bereits bemerkt, wird die Errichtung der Ascenseuranlage, da bei deren Ausführung das Reservoir der Liez für die Wasserversorgung der Scheitelhaltung ausreichend ist, den kostspieligen Bau des übermäfsig langen, in durchlässigen Bodenarten herzustellenden Zubringers überflüssig machen. Es wird vielmehr für die Einleitung des im Reservoir der Vingeanne aufgespeicherten Wassers in den Marne-Saône-Canal bei Villegusien ein nur 8 km langer, im Vingeannethal anzulegender Zubringer nöthig.

Nachfolgende Tabelle fafst in übersichtlicher Weise die im Vorangehenden betreffs der drei Haupt-Reservoire gemachten Zahlenangaben zusammen.

Bezeichnung des Reservoirs	Flächeninhalt des Zuflufsgebiets	Verfügbare Wassermenge pro Jahr	Bei vollständiger Füllung			Desgl. nach Abzug d. dauernden Bestandes		
			Cubikinhalt	Oberfläche	Cubikinhalt pro ha	Cubikinhalt	Oberfläche	Cubikinhalt pro ha
	ha	cbm	cbm	ha	cbm	cbm	ha	cbm
Reservoir der Mouche . .	6500	32 500000	9 330000	102	91470	8 995000	82	109695
Reservoir der Liez . . .	3400	17 000000	17 395000	292	59570	16 540000	244,5	67650
Reservoir der Vingeanne .	2400	12 000000	8 175000	78	104810	7 600000	63	120635
Summen und Mittelwerthe	12300	61 500000	34 900000	472	73940	33 135000	389,5	85070

Sämmtliche Reservoire, deren Zuflufsgebiet gröfstentheils aus durchlässigen Bodenarten besteht, liegen vollständig in undurchlässigem Boden, nämlich im Liasthon und Liasmergel, sowie in den aus fettem Lehm bestehenden Alluviallande der Thalgründe.

Ein Vergleich des definitiven Projectes mit dem generellen Entwurf lehrt, dafs die Anlage einer geringen Anzahl grofser Reservoire weit vortheilhafter ist als die Anlage vieler kleinen Reservoire. Durch die Errichtung von Staudämmen bei Cohons und St. Maurice, welche Höhen bis zu $16,_{10}$ m und $15,_{52}$ m hätten erhalten müssen, würde man Wassermassen von 2 250000 und 935000 cbm aufgespeichert haben, während der Cubikinhalt des Reservoirs der Vingeanne im Vorproject auf 4 305000, der Cubikinhalt des Reservoirs der Mouche auf 7 340000 cbm angenommen war. Dadurch, dafs die gröfste Stauhöhe des Reservoirs der Vingeanne von $20,_{20}$ m auf $26,_{20}$ m vermehrt worden ist, ist das Fassungsvermögen des Bassins um 3 870000 cbm vergröfsert worden, in ähnlicher Weise durch Vermehrung der Stauhöhe um $2,_{08}$ m beim Reservoir der Mouche um 1 990000. Die infolge der gröfseren Stauhöhen erforderlichen Verstärkungsbauten sind natürlich weit billiger, als die Staudämme bei Cohons und St. Maurice geworden wären. Aufserdem erspart man erheblich an Unterhaltungs- und Bedienungskosten, und man vermindert die Gröfse der abwechselnd im Trockenen und unter Wasser befindlichen Flächen, ein Umstand, der aus gesundheitlichen Rücksichten nicht unterschätzt werden darf.

Ein Vergleich mit den Speisereservoiren anderer französischen Canäle, des Rhein-Marne-, des Centre-, des Nivernais-, des Bourgogne- und des Ostcanals, beweist, dafs das specifische Fassungsvermögen des Reservoirs der Liez zwar von einigen älteren Speisebassins, nämlich den Reservoiren von Grosbois, von Panthier, von Chazilly und des Settons übertroffen wird, während das specifische Fassungsvermögen der Reservoire der Mouche und der Vingeanne mit rund 110000 bis 120000 cbm auf jede Hektare der nutzbaren Oberfläche unerreicht dasteht.

2. Ausgiebigkeit der Reservoire.

Um nachzuweisen, dafs die Reservoire dem Bedarf an Speisewasser genügen können, ist angenommen worden, während 180 Tage müsse die ganze Canalstrecke zwischen Bologne und Pontailler aus den aufgespeicherten Wassermassen gespeist werden. In der anderen Hälfte des Jahres liefern die allenthalben, auch in der Scheitelhaltung vorgesehenen kleinen Speiseschleusen genügende Mengen von Speisewasser durch Entnahme aus den natürlichen Wasserläufen. In der Scheitelhaltung wird voraussichtlich während der wassereichen Jahreszeit eine nicht unerhebliche Wassermenge dem Canale durch Quellenbildung zufliefsen.

Auf jeden Tag entfallen nach obiger Annahme $\frac{33\,135000}{180}$ $= 184000$ cbm Speisewasser. Bei einem Schiffsverkehr, dessen Transportmasse im Jahre 1 Mill. Tonnen beträgt, würden per Tag etwa 32000 cbm für (40) Schleusungen verbraucht werden, weitere 8000 cbm für Verluste durch Undichtigkeiten der Schleusenthore, durch Unachtsamkeiten bei deren Bedienung, durch Verdunstung u. s. w. Es würden sonach 144000 cbm per Tag zum Ersatz der durch Versickerung entstehenden Verluste übrig bleiben.

Je gröfsere Sorgfalt man bei den auf künstliche Speisung angewiesenen Canälen auf die Dichtung des benetzten Canalbettes verwendet, um so geringer können die in Reservoiren aufgespeicherten Speisewassermengen sein. Wenn sich keine Gelegenheit zur Anlage ausgiebiger Speisebassins bietet, so mufs man entweder durch vorsichtige Schüttung der Canaldämme mit ausgesuchtem Materiale und durch Verstopfung der Sickeradern bei Einschnitten in durchlässigem Boden, oder durch häufige Anordnung von Speiseschleusen, welche das oberhalb verlorene Wasser dem Canale aus dem Flufs oder Bach, in welchem es als Tagewasser wieder zum Vorschein kommt, unterhalb wieder zurückführen, den Wasserbestand sichern. Wenn durch die Terrainbeschaffenheit jedoch die Möglichkeit geboten ist, gröfsere Speisereservoire anzulegen, so erweist es sich mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes und auf die Anlagekosten vortheilhaft, grofse Massen von Speisewasser in Vorrath zu halten, während die Dichtung des Canalbettes zwar in sorgfältiger Weise, jedoch ohne besonders kostspielige Arbeiten zu bewirken ist.

Die für den Marne-Saône-Canal in Aussicht genommenen Reserven sind weit beträchtlicher als die, welche beim Rhein-Marne-, beim Centre-, beim Nivernais- und beim Ost-Canal zur Verfügung stehen. Am nächsten kommt ihm der, übrigens auch unter ähnlichen Verhältnissen und in ähnlichen Bodenarten hergestellte Canal de Bourgogne. Derselbe besitzt 5 Reseroire, deren Cubikinhalt von 26 000000 cbm sich nicht als ausreichend erwiesen hat und durch Anlage eines sechsten, 5 300000 cbm fassenden Bassins unterstützt werden soll. Wiewohl beim Baue des Bourgogne-Canals nur wenig Rücksicht auf die Dichtung des Canalbettes genommen worden ist, hofft man auf Grund der seitherigen Erfahrungen mit den auf 31 300000 cbm verstärkten Speisewasser-Reserven die normale Schiffbarkeit einer 167 km langen Canallinie jederzeit sicherstellen zu können, während für den nur 125 km langen Marne-Saône-Canal sogar 33 135000 cbm vorgesehen sind.

Die Ausgiebigkeit der aufgespeicherten Speisewassermengen dürfte sonach zwar aufser Frage stehen. Um jedoch vollkommen sicher zu gehen, sind folgende Grundsätze für die Herstellung des Canales selbst aufgestellt:

1) Auf gute Ausführung der Dammschüttungen mittelst Stampfarbeit ist besonderer Werth zu legen. 2) Die Speiseschleusen, welche das Wasser aus der Marne, Vingeanne und ihren Zuflüssen entnehmen, müssen in kurzen Abständen errichtet werden (etwa alle 6 km), sowohl aus dem oben erwähnten Grunde als auch, um während der Canalfüllung die Bildung von Strömungen in dem Canale zu vermeiden. 3) Die Einschnitte dürfen, wenn irgend möglich, nicht diejenigen undurchlässigen Formationen verlassen, in welchen die Marne ohne nennenswerthe Wasserverluste fliefst, nämlich die Schichten des grofsen Ooliths und des Cornbrash.

Letztere Bedingung kann für das Vingeannethal, das grofsentheils in durchlässige Bodenarten eingeschnitten ist, keine Gültigkeit beanspruchen. Vielmehr mufs man dort zu künstlichen Dichtungsarbeiten seine Zuflucht nehmen.

Die Verwendung der 3 Speisereservoire zur Wasserversorgung des Canals ist so gedacht, dafs die Marneseite unterhalb der ersten Haltung bis Bologne hauptsächlich aus dem Reservoir der Mouche, die übrige Strecke jedoch aus den beiden anderen Reservoiren gespeist wird. Das für die Schleusungen sowie das für etwa die Hälfte des zur Deckung der sonstigen Verluste (exclusive Sickerverluste) erforderliche Wasser mufs aus den in die Scheitelhaltung mündenden Zubringern beschafft werden. Wenn angenommen wird, dafs die andere Hälfte der kleineren Verluste und die Versickerung gleichmäfsig über die ganze Länge des Canals sich vertheilen, so entfallen auf die $50,_5$ km lange Strecke, welche vom Reservoir der Mouche zu speisen ist, $(4000 + 144000) \times \frac{50,_5}{125} \times 180 = 10\,762560$ cbm Speisewasser per Jahr, auf den $74,_5$ km langen Rest $\{(4000 + 144000) \times \frac{74,_5}{125} \times 180\} + \{(4000 + 32000) \times 180\} = 22\,357440$ cbm. Das Reservoir der Mouche, das nur 8 995000 cbm abzugeben vermag, mufs daher von dem Reservoir der Liez unterstüzt werden.

Die Voraussetzung, dafs die Versickerungsverluste gleichmäfsig über die ganze Canallänge vertheilt sein werden, trifft natürlich nur bei Betrachtung der grofsen Abschnitte, innerhalb deren sich die je nach der speciellen Bodenbeschaffenheit sehr verschiedenen specifischen Versickerungsmengen ausgleichen, mit hinreichender Genauigkeit zu. Im mittleren Vingeannethal wird voraussichtlich der Durchschnittssatz erheblich überschritten, während er in der Scheitelhaltung jedenfalls nicht erreicht wird.

Die Zuführung des Speisewassers aus den Reservoiren kann in doppelter Weise erfolgen, entweder durch die Zubringer an ihren Ausmündungstellen, oder unter Zuhilfenahme der natürlichen Flufsläufe, deren Wasserführung auf diese Weise während der trockenen Jahreszeit künstlich vermehrt würde. Im ersten Falle entsteht in dem Canal eine schwache Strömung, welche durch geschickte Handhabung der Schleusenschützen auf ein völlig unschädliches Maafs gebracht werden kann. Im anderen Falle erreicht man gleichzeitig den Vortheil, die Mühlwerke unterstützen zu können. Diese Methode ist jedoch nur anwendbar, wenn das Flufsbett undurchlässig ist, also auf der Marneseite, dagegen nicht auf der Saôneseite, weil in dem klüftigen Bette der Vingeanne erhebliche Sickerverluste entstehen würden.

Die Zubringer sollen $1,_5$ fache Böschungen, $1,_{25}$ bis $1,_{40}$ m Wassertiefe und je nach ihrem Gefälle und der abzuführenden Wassermenge verschieden grofse Sohlenbreiten erhalten. Der Zubringer des Reservoirs der Mouche würde $1 : 3333$ $(0,_{0003})$ Längsgefälle und $1,_{25}$ m Wassertiefe bekommen. Bei einer Sohlenbreite von $1,_{25}$ m ergiebt sich eine mittlere Geschwindigkeit von $0,_{52}$ m und eine Wassermenge von $2,_{03}$ cbm per Secunde. Der Zubringer des Reservoirs der Liez erhält $1 : 5000$ $(0,_{0002})$ Gefälle, $1,_{40}$ m Wassertiefe und $2,_0$ m Sohlenbreite, woraus eine mittlere

Geschwindigkeit von $0,_{50}$ m und eine Wassermenge von $2,_{87}$ cbm per Secunde folgt. Der Zubringer des Reservoirs der Vingeanne würde, wie früher erwähnt, wegen seiner grofsen Länge das Minimalgefälle 1 : 10000 ($0,_{0001}$) erhalten müssen, demnach bei $1,_{30}$ m Wassertiefe und $1,_{75}$ m Sohlenbreite eine mittlere Geschwindigkeit von $0,_{31}$ m besitzen und eine Wassermenge von $1,_{49}$ cbm per Secunde liefern.

Die genannten Geschwindigkeiten, $0,_{31}$ bis $0,_{52}$ m per Secunde, dürften als Grenzwerthe nach unten und oben anzusehen sein, da bei einer Verminderung die Widerstände des Graswuchses und der Verschlammung zu beträchtlich werden, während bei einer Vermehrung die aus Lehmboden bestehenden Sohlen- und Böschungsflächen in Gefahr kommen würden.

Wenn nach einer Schifffahrtssperre zur Neufüllung einzelner Haltungen oder gröfserer Längen des Canals geschritten werden soll, so müssen in den unteren Strecken die Speiseschleusen, welche mit den natürlichen Wasserläufen in Verbindung stehen, zu Hilfe gezogen werden. Erforderlichenfalls würde dem Wassermangel derselben aus den Reservoiren nachzuhelfen sein. Um die zwischen der zweiten und siebenten Schleuse der Marneseite gelegene Strecke, deren Länge $7,_{7}$ km und deren Wassermenge 215000 cbm beträgt, durch den Zubringer des Reservoirs der Mouche anzufüllen, sind $\frac{215000}{2,_{03} \cdot 60 \cdot 60} = 29\,^1/_2$ Stunden erforderlich. Die Anfüllung der Scheitelstrecke, der ersten Haltung auf der Marneseite und der nach dem Vingeannethal abfallenden Schleusentreppe, im Ganzen $17,_{9}$ km mit 650000 cbm Wassermenge, würde aus den Reservoiren der Liez und der Vingeanne in $\frac{650000}{(2,_{87} + 1,_{49}) \cdot 60 \cdot 60} = 41\,^1/_2$ Stunden stattfinden können. Durch die Ascenseuranlage wird dies Verhältnifs nicht wesentlich abgeändert. Da für die kurzen Haltungen der Schleusentreppe aufser dem normalen Cubikinhalt von rund 110000 cbm in ihren aus Betriebsrücksichten nothwendigen Verbreiterungen noch eine Wassermenge von 154000 cbm vorgesehen war, bleibt für die Scheitelhaltung selbst und für die oberste Haltung der Marneseite eine, aus dem Reservoir der Liez zu ersetzende Füllmasse von 386000 cbm. Die Anfüllung würde demnach $\frac{386000}{2,_{87} \cdot 60 \cdot 60} = 37\,^1/_2$ Stunden erfordern.

3. Ausführung der Reservoiranlagen.

Die beiden auf der Marneseite gelegenen Reservoire werden durch die Anlage von Staudämmen aus Erdschüttung gebildet, das Reservoir der Vingeanne dagegen durch den Bau einer gemauerten Thalsperre. Sowohl für den Staudamm im Thale der Liez, als auch für den im Thal der Mouche lassen sich die nothwendigen, sehr bedeutenden Massen zur Stampfarbeit geeigneten Bodens in nächster Nähe verhältnifsmäfsig billig gewinnen, während im Thale der Vingeanne die Beschaffung der wegen der gröfseren Höhe der Stauanlage noch weit gröfseren Erdmasse auf Schwierigkeiten stofsen würde. Das Project der gemauerten Thalsperre war zur Zeit meines Besuches des Marne-Saône-Canals noch nicht festgestellt, wohl aber die Projecte der beiden Staudämme, mit deren Ausführung inzwischen begonnen worden ist. Da beide im wesentlichen übereinstimmen, genügt die nähere Beschreibung der für das Reservoir der Liez erforderlichen Bauanlagen, woran sich eine kurze Erwähnung der beim Reseroir der Mouche vorkommenden Abweichungen schliefsen soll.

Die allgemeinen Verhältnisse des Reservoirs der Liez sind auf S. 9 bereits beschrieben worden. Aus Fig. 4 auf Taf. 1 geht hervor, dafs die zur Errichtung des Staudammes günstigste Stelle kurz vor der Ausmündung des Seitenthälchens in das Hauptthal der Marne liegt. Zahlreiche Bohrungen haben ergeben, dafs der Boden in gröfserer Tiefe aus festem Mergelschiefer besteht, der von Thon und einem gleichfalls völlig wasserdichten Gemenge aus Thon und Kies überlagert wird. In der Thalsohle folgt auf eine $3,_{5}$ m starke fette Lehmschicht eine $0,_{75}$ m starke Schicht blauen Thones, sodann eine 1 m starke Schicht von Thon- und Kies-Gemenge, hierauf eine $0,_{75}$ m starke Schicht verwitterten thonigen Schiefers, endlich der nach unten zu immer fester werdende Mergel. Am oberen Rande der Thalhänge wird der Mergelschiefer von einer nur $0,_{5}$ bis 1 m starken Thonlage überdeckt, welche ihrerseits unter einer $0,_{3}$ bis $0,_{5}$ m starken Ackerkrume liegt. Nach Entfernung der letzteren ist die ganze für den Bau des Staudammes und die Anlage des Reservoirs in Betracht kommende Fläche als undurchlässig und unnachgiebig anzusehen.

Die gesammte zur Dammschüttung nothwendige Bodenmasse beträgt 167480 cbm. Hiervon würden aus den Baugruben der für die Reservoiranlage erforderlichen Kunstbauten und des Staudammes selbst, sowie aus den Einschnitten des Zubringers 32800 cbm zu entnehmen sein. Die Erdarbeiten der obersten Haltung der Marneseite liefern einen Ueberschufs von 28465 cbm, der gleichfalls zur Dammschüttung Verwendung findet. Die Hauptmasse mufs jedoch aus dem Voreinschnitte des grofsen Tunnels gewonnen werden. 106215 cbm Thon und Kies, welche anderenfalls seitlich abgelagert werden müfsten, gelangen durch einen Mehrtransport von 2100 m ohne weitere Schwierigkeit zur Baustelle des Staudammes. Bei diesen für die Beschaffung billigen Schüttungsmaterials überaus günstigen Verhältnissen konnte die Anlage einer gemauerten Thalsperre überhaupt nicht in Erwägung kommen.

In Fig. 6 auf Taf. 2 ist der Grundrifs, in Fig. 5 die Ansicht von der Reservoirseite und in Fig. 7 der Querschnitt (an der tiefsten Stelle) des Staudammes dargestellt. Für die Krone wurde als Breite $5,_{50}$ m angenommen, für die innere Böschung das Neigungsverhältnifs 1 : $1,_{5}$, für die äufsere Böschung ein nach dem Dammfufse zu mit Zwischenlage von Banketts von 1 : $1,_{5}$ auf 4 : 7 und sodann auf 1 : 2 übergehende Neigung. Die innere Böschung ist gleichfalls in eine noch gröfsere Anzahl terrassenförmig ansteigender Stufen von je $1,_{70}$ m Höhe und Breite zerlegt, welche durch $1,_{00}$ m breite, um je $0,_{10}$ m ansteigende Banketts von einander getrennt werden.

Die Bestimmung der Dimensionen läfst sich auf theoretischem Wege nicht mit Zuverlässigkeit bewirken. Da jedoch vielfache Erfahrungen über die gute oder schlechte Bewährung ähnlicher Anlagen vorliegen, konnte aus dem Vergleiche derselben die Profilform des Staudammes ermittelt werden. Eine gute Anordnung ist die allmälige Abflachung der äufseren Böschung. Die bei dem Staudamme

des Reservoirs von Cercey aufgetretenen Rutschungserscheinungen haben Veranlassung zu dieser Anordnung gegeben.

Um zu verhindern, dafs die bei starkem, übrigens sehr selten eintretenden Ostwinde sich bildenden Wellen über die Krone des Staudammes schlagen können, liegt die Dammkrone $2,_1$ m über dem höchsten Wasserstande. Die Kronenbreite beträgt $5,_{50}$ m. Sie ist durch eine massive Schutzmauer von $0,_{50}$ m Breite und $1,_{25}$ m Höhe in 2 Streifen getheilt, einen inneren, $3,_0$ m breiten, der mit Steinverkleidung versehen ist, und einen äufseren $2,_0$ m breiten, der eine Rasendecke erhalten soll. Da auf der östlichen Seite der allerdings in ihrer Längenrichtung weit ausgedehnten Wasserfläche das Plateau von Langres sich zu beträchtlicher Höhe erhebt, wird sich nur ausnahmsweise ein starker Wellenschlag gegen die Dammseite hin auszubilden vermögen. Jedenfalls kann selbst im ungünstigsten Falle die Schutzmauer, deren Krone $3,_{35}$ m über dem höchsten Wasserstande liegt, ein Ueberschlagen der Sturzwellen unmöglich machen.

Die Bankette der inneren Böschung, welche mit der Dammkrone parallel liegen, sind ebenso wie die Böschungen der einzelnen Terrassen mit $0,_4$ bis $0,_5$ m starken Steinverkleidungen aus Bruchsteinen versehen, welche in Mörtel verlegt sind und auf Beton aufruhen. Der Böschungsfufs wird durch eine $1,_{25}$ m starke, auf einer $0,_5$ m tiefen Betonlage stehende Herdmauer gebildet, deren gröfste Höhe in der Mitte $4,_{82}$ m beträgt. An den Thalhängen steigt die Herdmauer treppenförmig auf.

Der eigentliche Dammkörper besteht aus einem sorgfältig gestampften Gemenge von Thon und Kies. Bevor dasselbe zur Schüttung gelangt ist, hatte man den Rasen und die oberste Lehmschicht bis auf $0,_{30}$ m Tiefe weggenommen, sowie 4 Einschnitte von $1,_5$ m Breite und $1,_0$ bis $1,_{35}$ m Tiefe in der ganzen Breite des Thalgrundes ausgehoben, um der Dammschüttung eine sichere Basis zu geben. Die Mengung der Schüttmassen erfolgt in Regie, um sicher zu sein, dafs die Reservoirseite und der Kern des Dammes aus völlig undurchlässigem Boden hergestellt werden.

Dem gröfstentheils aus fettem Thon, Lehm und Thonschiefer bestehenden Materiale aus den Canaleinschnitten wird so viel Kies, der aus einigen Theilen der Einschnitte in ausreichender Menge gewonnen wird, zugesetzt, dafs das Gemenge die erforderliche Consistenz und Dichtigkeit gewinnt. Die Aufbringung der Schüttmassen erfolgt durch den Unternehmer der Bauausführung in horizontalen Lagen, deren Stampfung jedoch wiederum in Regie vorgenommen wird. Auf beiden Seiten der Arbeitsstelle sind (ähnlich wie bei einem Dampfpfluge) Locomobilen aufgestellt, welche zwischen sich eine Walze hin- und herrollen, deren Gewicht allmälig von 4 bis auf 6 t gebracht wird. Gleichzeitig wird aus einem vom Liezbach gespeisten Brunnen das für die Anfeuchtung der Schüttmassen nothwendige Wasser über die ganze Schüttungsfläche vertheilt.

Die Gesammtlänge des Staudammes beträgt $459,_{30}$ m, wozu noch $35,_0$ m für die Entlastungsanlage kommen, so dafs die Krone des Stauwerkes $494,_{30}$ m breit ist. Fig. 6 und Fig. 5 zeigen, in welcher Weise die Breite des Dammes nach den Thalhängen zu durch Todtlaufen der Bankette allmälig abnimmt. In Fig. 6 ist ferner angegeben, dafs in $2,_0$ m Abstand vom Fufse der äufseren Böschung ein Entwässerungsgraben angeordnet ist, welcher die Tagewässer vom Damme abhalten soll. Eine Drainirung des Untergrundes, die bei manchen ähnlichen Anlagen zur Vermeidung von Abrutschungen des vorderen Böschungsfufses sich als nothwendig erwies, erschien nicht erforderlich. Jener Entwässerungsgraben erhält nur $0,_8$ m Tiefe und $0,_5$ m Sohlenbreite.

Die Speiseschleusen (prises d'eau) des Zubringers, durch welche das Speisewasser nach dem Canal abgeleitet wird, sind in einem, am linken Thalhange erbauten Mauerkörper angelegt, wie in Fig. 15 bis 21 auf Taf. 2 dargestellt ist. In der Mitte des Dammes ist ein bis zur Krone hochgeführter Schacht aufgemauert, welcher auf der Reservoirseite mit einem, aus 2 Futtermauern gebildeten Schlitz durch 2 in verschiedener Höhenlage angeordnete Schützöffnungen verbunden ist. Nach der Thalseite zu führt ein gewölbter Durchlafs aus dem Schachte nach dem Zubringer. Der kreisförmige Schacht hat $1,_{20}$ m Durchmesser, der Durchlafs $1,_{20}$ m Breite und $1,_{60}$ m Höhe, jede der beiden Schützöffnungen $0,_{80}$ m Breite und $1,_0$ m Höhe. Die beiden, den Schlitz begrenzenden Futtermauern stehen um $1,_{20}$ m von einander ab und sind durch eine grofse Zahl kleiner Gewölbe gegen einander verspreizt. Sämmtliche Mauern sind auf ihren Rückflächen mit Contreforts versehen, um die Dammschüttung zum innigen Anschlufs zu bringen.

Die Sohle des Schachtes und der unteren Schützöffnung liegt auf Ordinate $339,_{915}$ m, also nur um $1,_{865}$ m höher als die Sohle der Scheitelhaltung. Die Sohle der oberen Schützöffnung liegt auf Ordinate $345,_{497}$ m, also um $5,_{503}$ m unter dem höchsten Wasserstande. Jede der Schützöffnungen gestattet für sich allein bei einem Ueberdrucke von nur $1,_{25}$ m der für den Zubringer in Aussicht genommenen Wassermenge, $2,_{87}$ cbm per Sec., den Durchflufs. Erst sobald der Wasserstand des Reservoirs unter die Ordinate $342,_{17}$ m sinkt, beginnt eine allmälige Abnahme des Abflufsquantums. In dem zunächst dem Schacht gelegenen Theile des Schlitzes sind 2 Falze für die im Falle von Reparaturen der Schützen anzubringenden Dammbalken vorgesehen. Die Aufzugswinden für die eisernen Schütztafeln werden auf der Reservoirseite der Dammkrone aufgestellt.

Der Durchlafs, welcher das in den Schacht eingetretene Speisewasser aus dem Staudamme leitet, mündet in einen aus Mauerwerk hergestellten Canal von $2,_{50}$ m Breite und $2,_{25}$ m Höhe (Fig. 18), der zunächst über den Entlastungsgraben geführt und unmittelbar darauf von einem 4 m breiten Wegebrückchen überkreuzt wird. Hinter diesem Bauwerk beginnt der eigentliche Zubringer, ein mit $1,_5$ fachen Böschungen ausgeschachteter Canal von $2,_0$ m Sohlenbreite. Auf Taf. 1 (Fig. 4) ist die Trace desselben dargestellt. Die Nähe des Canals und der Eisenbahn haben dazu genöthigt, den Zubringer in den Berghang einzuschneiden, so dafs auf dem gröfsten Theile seiner Länge ein Schutzgraben angebracht werden mufste, um das Bergwasser abzufangen und das abgeklärte Speisewasser gegen Verunreinigung zu schützen.

Die Kreuzung des nach dem Zubringer führenden Verbindungscanals mit dem Entlastungsgraben besteht aus einem gewölbten Aquaduct von $3,_0$ m Spannweite, dessen Seitenwände mit je 2 Schützöffnungen versehen sind, um das aus

den Speiseschleusen kommende Wasser erforderlichenfalls in den Entlastungsgraben leiten zu können. Jede Schützöffnung hat $1,_0$ m Breite und $1,_0$ m Höhe. Wenn der Verbingungscanal $2,_0$ m hoch angefüllt ist, so fliefsen aus jeder Oeffnung 3 cbm, im Ganzen also 12 cbm per Sec. Durch Oeffnung der beiden Speiseschleusenschützen und der 4 Schützen des Aquaducts kann man das Reservoir mit grofser Geschwindigkeit bis zum niedrigsten Wasserstande entleeren.

Der Grundablafs, an der tiefsten Stelle des Thales gelegen, besteht aus einem Doppeldurchlafs mit 2 Oeffnungen von je $0,_{80}$ m Breite und $1,_0$ m Höhe. Die Sohle des Doppeldurchlasses hat eine Neigung von 1 : 200. Nach dem Reservoire zu liegt sie auf Ordinate $336,_{372}$ m, während der höchste Punkt des oberen Hauptes, von welchem aus die Grundschützen gezogen werden, auf $342,_{10}$ m liegt. Sobald der Wasserstand bis zu diesem Niveau gefallen ist, kann durch Aufzug der Grundschützen in kurzer Zeit eine vollständige Entleerung des Reservoirs vorgenommen werden. Ohne Ueberdruck beträgt das Ausflufsquantum per Sec. 3 cbm, mit Ueberdruck natürlich entsprechend mehr. Während der Bauausführung wird das für die Anwässerung der Schüttung und die Mörtelbereitung nicht aufgebrauchte Wasser der Liez durch den Grundablafs abgeleitet. In Fig. 8 bis 13 auf Taf. 2 sind die beiden Häupter im Längenschnitt, Ansicht und Aufsicht dargestellt, ferner in Fig. 14 ein Querschnitt des Grundablasses in der Mitte seiner $50,_{712}$ m (zwischen den Häupterstirnen) betragenden Länge. Der Ablafscanal mündet, wie Fig. 6 zeigt, zusammen mit dem Entlastungsgraben in das alte Liezbett. Sein Längsgefälle beträgt 1 : 360, seine Sohlenbreite $3,_{50}$ m, seine Böschungsneigung 1 : $1,_5$.

In Bezug auf die Entlastungsanlagen zeigen die ausgeführten Staudämme sehr beträchtliche Verschiedenheiten. Jedenfalls müssen sie um so gröfser sein, je gröfser die Oberfläche des Zuflufsgebietes und je kleiner bei sonst gleichen Verhältnissen die Oberfläche des Reservoirs ist. Weiterhin ist von Einflufs: die Art, in welcher der Regen fällt, ob gleichmäfsig vertheilt oder ob in plötzlichen heftigen Güssen, der Durchlässigkeitsgrad und die Bestellung des Bodens u. s. w. Wenn die Schützen der Speiseschleusenanlage in guter Ordnung sich befinden, so ist bei sorgfältiger Aufsicht das Vorhandensein von Entlastungsanlagen kaum nothwendig. (Fig. 1—3, Taf. 3.)

Sie dienen jedoch gewissermaafsen als Sicherheitsventile im Falle der Unachtsamkeit des Aufsichtspersonals, oder wenn die Schützen der Speiseschleusen den Dienst versagen. Um diesem Zwecke entsprechen zu können, ist ein Ueberfall allein nicht ausreichend, falls man ihm nicht eine übermäfsige Länge geben würde. Aufser dem 25 m breiten Ueberfall wurde daher noch ein im Lichten 5 m weites Schützengerinne vorgesehen, dessen Schwelle $1,_{25}$ m unter dem höchsten Wasserstande liegt.

Wenn im ungünstigen Falle das Niveau des Reservoirs um $0,_{20}$ m über den Normalstand gestiegen ist, so fliefsen über die Krone des Ueberfalls $3,_8$ cbm per Sec., durch das Schützengerinne jedoch, falls sämmtliche Schützen geöffnet sind, sogar $12,_3$ cbm per Sec., im Ganzen also $16,_1$ cbm per Sec. oder 1391000 cbm per Tag. Die über dem Normalstand befindliche Wasserschicht von $0,_{20}$ m Höhe entspricht einer Wassermenge von 584000 cbm. Somit ist die Entlastungsanlage so lange ausreichend, als die per Tag im Zuflufsgebiet des Reservoirs gefallene Niederschlagsmenge weniger als 1975000 cbm beträgt, einer Regenhöhe von $8,_2$ cm entsprechend. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird ein stärkerer Regenfall niemals eintreten.

Um Wasserverluste durch die über den Ueberfall schlagenden Sturzwellen zu vermeiden, ist die Entlastungsanlage in eine geschützte Bucht am linken Thalrande gelegt worden, wie Fig. 6 auf Taf. 2 zeigt. In derselben Figur ist der Entlastungsgraben angegeben, der zunächst senkrecht, sodann nahezu parallel zum Staudamme geführt ist, jedoch in 35 m Abstand von demselben, um Abrutschungen zu vermeiden. Das Längsgefälle dieses Entlastungsgrabens nimmt von der steilen Neigung 1 : $9,_4$ allmälig bis auf 1 : 1000 ab. Die $2,_0$ m breite Sohle sowohl als die unter 45^0 geneigten Böschungen sind bis auf $2,_0$ m Höhe aus Steinpflaster, das in Mörtel verlegt ist, hergestellt. Nach dem Thale zu nimmt die Sohlenbreite allmälig zu und die Böschungsneigung wird flacher. Am äufseren Rande des Einschnittes, in dem der Entlastungsgrahen geführt wird, ist ein kleiner Entwässerungsgraben angelegt, um die Böschungen gegen die Zerstörung durch Regenwasser zu schützen.

Zwischen dem Staudamm, dem Entlastungsgraben und dem Zubringer verbleibt ein 22 Ar grofser, durch eine gewölbte Brücke von $4,_0$ m Breite zugänglich gemachter Raum, der für die Anlage eines Wärterhauses, sowie eines Gartens für den Reservoirwärter ausgenutzt wird. Derselbe ist durch die neben der Speiseschleusenanlage angebrachte Treppe unmittelbar mit der Dammkrone in Verbindung gebracht.

Rund um das Reservoir wird ein Sicherheitsstreifen käuflich erworben, dessen Breite mindenstens $5,_0$ m, an denjenigen Stellen, wo ein Parallelweg erforderlich ist, jedoch (einschliefslich der Wegbreite) $8,_0$ m beträgt. An denjenigen flachen Hängen, wo die Ordinate $351,_{20}$ m weiter als $5,_0$ m von der Linie des normalen höchsten Wasserstandes ($351,_0$ m) abliegt, ist die Breite des Sicherheitsstreifens so weit vergröfsert worden, dafs das normale Maximalniveau um $0,_{20}$ m überstiegen werden kann. Die Reservoirfläche unterbricht keinerlei wichtige Communicationslinien. Die gesammte Grundfläche, welche für das eigentliche Bassin, für den Staudamm, für den Zubringer und die übrigen Canäle, für die Sicherheitsstreifen und Parallelwege zu erwerben ist, beträgt 306 ha. Hierfür, sowie für den Ankauf der beiden kleinen Gehöfte Grange Marivet und Grange Pioche ist die Summe von 1600000 fr. vorgesehen.

Die aus dem Voreinschnitte des grofsen Canaltunnels, sowie aus den Einschnitten der obersten Haltung der Marneseite gewonnenen Erdmassen werden durch die Unternehmer der betreffenden Erdarbeiten nach den in der Nähe des Staudammes gelegenen Depotplätzen gebracht. Der Unternehmer des Voreinschnittes erhält für den Mehrtransport von 2100 m Länge eine Entschädigung von $1,_{235}$ fr. pro cbm, also für 106217 cbm 131000 fr., aufserdem 5000 fr. für die Anlage eines Niveauüberganges der Erdtransportgeleise über die Paris-Belforter Eisenbahn. Für den Mehrtransport der von der obersten Haltung der Marneseite kommenden Erdmassen, im Ganzen 28464 cbm, werden etwa 30000 fr. vergütet.

Die Durchmengung des thonigen Bodens mit Kies geschieht in Regie, ebenso die Stampfarbeit, bezw. die Anfeuchtung und Walzung des Schüttungsmaterials. Nach überschlägiger Ermittelung wird der Einheitspreis $0,_{50}$ fr. pro cbm ausreichend sein. Sonach erfordert die Regiearbeit für 167480 cbm den Gesammtbetrag von 84000 fr.

Die Ausschachtung der Fundamente für die Bauwerke und die Dammschüttung selbst, die Erdarbeiten für den Zubringer, den Entlastungsgraben u. s. w., sowie der Transport des durch Regiearbeit vorbereiteten Bodens nach der Verwendungsstelle, ferner die Herstellung der Herdmauer und der Steinverkleidung der inneren Böschung des Staudammes, die Sicherung der Dammkrone und die Ausführung aller Bauwerke, einschliefslich der Anlieferung der Materialien mit Ausnahme der Schützen und des sonstigen Eisenzeugs, diese sämmtlichen Arbeiten und Lieferungen sind an einen und denselben Unternehmer vergeben, und zwar die Erdarbeiten für 152167 fr., die Verkleidungsarbeiten für 243452 fr. und die Bauwerke für 133423 fr., wozu noch 55958 fr. für Nebenarbeiten kommen. Die Gesammtsumme der Entreprise beträgt also 585000 fr.

In den genannten Summen sind die Ausgaben für den Zubringer mit Ausnahme der Baukosten für seine Unterführung unter der Paris-Baseler Eisenbahn enthalten. Sonach kostet die ganze Reservoiranlage, nämlich das eigentliche Reservoir, der Staudamm mit seinem Zubehör und der Zubringer:

an Grunderwerb	1 600000 fr.,
an Regiearbeiten	84000 „
an Entreprisearbeiten	585000 „
an Vergütungen für Mehrtransport von Einschnittsboden, Anlieferung und Montirung des Eisenzeuges, Herstellung der Parallelwege und für unvorhergesehene Arbeiten	231000 „
somit im Ganzen .	2 500000 fr.

Da 16 540000 cbm Speisewasser (nach Abzug des dauernden Bestandes) in dem Reservoir aufgespeichert sind, beträgt der Einheitspreis pro Cubikmeter nutzbaren Fassungsraum $0,_{151}$ fr. Jedes Cubikmeter Speisewasser, welches dem Canale zugeführt wird, kostet mit Rücksicht auf die Verzinsung und Amortisation des Anlagecapitals, ferner auf die Unterhaltung und Bewachung des Staudammes und der Gräben, sowie des Reservoires selbst, nahezu $2,_5$ Centimes.

In Betreff der Ausführung mag noch bemerkt werden, dafs mit den vorbereitenden Arbeiten im Jahre 1880, mit der Dammschüttung und den Bauwerken im Jahre 1881 begonnen worden ist. Man hofft in längstens 3 Jahren die Schüttung zu beenden. Die Krönungsmauer soll jedoch erst aufgebracht werden, nachdem der Damm ein Jahr lang sich selbst überlassen geblieben ist, wiewohl bedeutende Sackungen bei der sorgfältigen Herstellungsweise keinenfalls eintreten werden. Die an den Böschungsflächen angebrachten Treppen sollen, soweit sie nicht direct auf Mauerwerk fundirt sind, gleichfalls erst ein Jahr nach Fertigstellung der Schüttung zum Baue kommen. Die Bankette, welche im übrigen mit 1 : 10 geneigt sind, liegen in den Treppen horizontal.

Sämmtliche Schützöffnungen sind mit Falzen für feste eiserne Rahmen und Schütztafeln aus Eisenblech versehen. Die Schützvorrichtungen, die Zugwinden für ihre Handhabung, sowie das übrige Eisenzeug werden erst kurz vor der Anfüllung des Reservoirs verdungen und zur Montage gebracht.

Die Reservoiranlage im Thale der Mouche, deren Situation in Fig. 5 auf Taf. 1 dargestellt ist, unterscheidet sich von der soeben beschriebenen Anlage dadurch, dafs nur der kleinere Theil des zur Verfügung stehenden Wassers für die Speisung des Canals benutzt wird, während der gröfsere Theil für die zahlreichen industriellen Anlagen im unteren Mouchethal abgeführt werden mufs, ferner durch die gröfsere Höhe des Staudammes und das geringere Fassungsvermögen des Bassins.

Das Querprofil des Staudammes (Fig. 4 auf Taf. 3) zeigt auf beiden Seiten eine nach dem Fufse hin allmälig abnehmende Böschungsneigung. Auf der äufseren Seite sind 4 Terrassen mit 4 : 6, 7, 8 und 9 Anlauf vorhanden. Auf der inneren Seite besteht die Böschung aus einer gröfseren Zahl terrassenartiger Abschnitte, deren Neigungswinkel von 45^0 allmälig bis auf 34^0 abnimmt. Zu dieser Anordnung gab die bedeutende Höhe des Dammes, in max. $21,_{93}$ m, Veranlassung. Die Dammkrone liegt $1,_{80}$ m über dem höchsten Wasserstande, die Oberkante der Krönungsmauer $3,_{05}$ m über demselben, also nicht ganz so hoch wie beim Staudamm der Liez, weil die Fläche des Reservoirs weit geringer, also die Wellenbildung schwächer ist. Die Dammkrone, welche gleichzeitig zur Ueberleitung eines Fahrweges dient, enthält $8,_0$ m Breite. Wiewohl die Länge des Staudammes nur $397,_{05}$ m beträgt, wozu noch $50,_{60}$ m für die Entlastungsanlage kommen, ist eine fast doppelt so grofse Schüttungsmasse erforderlich als bei dem $459,_{30}$ m langen Staudamme der Liez, nämlich 317305 cbm.

Das gesammte zum Baue erforderliche Material, Lehm, Thon und Kies für die Dammschüttung, sowie Bruchsteine für die Bauwerke, kann in dem für das Reservoir anzukaufenden Terrain oder doch in dessen nächster Nähe gewonnen werden. Die Frage, ob sich eine gemauerte Thalsperre billiger herstellen lassen würde, ist zur Erörterung gelangt. Jedoch erwiesen die vergleichenden Projecte, dafs im mittleren Theile der Stauanlage die Sperrmauer pro lfd. Meter 7500 fr. kosten würde, während der Staudamm nur 4900 fr. kostet. Dabei wird der Untergrund vom Staudamm nur mit höchstens $2,_2$ kg pro qcm belastet, während die Sperrmauer Pressungen bis zu $6,_0$ kg pro qcm verursachen müfste.

Die Speiseschleusen des Zubringers und der Grundablafs sind in einem einzigen Bauwerke vereinigt. Ueber dem Grundablafs, dessen Sohle auf Ordinate $338,_{645}$ m liegt, sind 3 Schützöffnungen angeordnet, deren Schwellen auf $344,_{290}$, $349,_{893}$ und $355,_{496}$ m liegen, während der höchste Wasserstand die Ordinate $361,_{15}$ m hält. Durch gleichzeitige Oeffnung sämmtlicher Schützen kann man in sehr kurzer Zeit das Reservoir entleeren, da jede Oeffnung der Speiseschleuse ohne Ueberdruck $2,_{03}$ cbm per Sec. abführt, während die 3 Oeffnungen des Grundablasses ohne Ueberdruck 9 cbm per Sec. ableiten. Auf diese Weise ist es möglich, die Hochfluthen der Mouche, welche nach starken Regenfällen bis zu 22 cbm betragen, abzuführen, ohne dafs das Reservoir übermäfsig belastet wird.

Um dies auch zu ermöglichen, wenn die Schützen der Speiseschleusen und des Grundablasses nicht rechtzeitig gezogen werden oder den Dienst versagen, hat die Entlastungs-

anlage eine bedeutende Ausdehnung erhalten, nämlich einen Ueberfall von 30 m Länge und Schützöffnungen mit $7,_{50}$ m Lichtweite, deren Schwelle $1,_{75}$ m unter dem höchsten Wasserstande liegt. Wird eine Ueberlastung des Bassins um $0,_{20}$ m Stauhöhe im ungünstigsten Falle für zulässig gehalten, so fliefsen über den Ueberfall $4,_{25}$ cbm per Sec., durch die Schützöffnungen der Entlastungsanlage jedoch $28,_{95}$ cbm per Sec. ab, im Ganzen sonach $33,_{20}$ cbm per Sec. oder 2 868480 cbm per Tag. Dies entspricht einer auf der Hälfte des Niederschlagsgebietes gefallenen Regenhöhe von $9,_{4}$ cm per Tag, die schwerlich jemals überschritten werden dürfte.

Der Entlastungsgraben ist in ähnlicher Weise wie beim Reservoir der Liez angeordnet. Die aus der Speiseschleusenanlage und dem Grundablafs kommenden Wassermassen finden durch das Bett der Mouche ihren Abflufs. Der künstliche Zubringer zweigt aus demselben erst weiter unterhalb ab.

Im Uebrigen sind die Anlagen vollständig denen des Reservoirs der Liez nachgebildet. Jedoch werden sich die Kosten sowohl absolut, als relativ bedeutend höher belaufen. Die zu erwerbende Grundfläche beträgt zwar nur 110 ha, umfafs aber fast ausschliefslich Wiesen und Ackerland erster Ordnung; aufserdem sind 4 Mühlen und 1 Gehöft anzukaufen. Auch die Erdarbeiten sind aus den bereits erwähnten Gründen sehr umfangreich und kostspielig.

In dem speciellen Kostenanschlag sind vorgesehen:

für Grunderwerb	1 300000 fr.,
für Regiearbeiten	158652 „
für Entreprisearbeiten, nämlich	
Ausschachtung und Transport der Erdmassen	743608 „
Herdmauer und Steinverkleidung der inneren Böschung	271643 „
Herstellung der Bauwerke	255689 „
Wärterwohnung, Pflasterungen u. s. w. .	36771 „
für sonstige und unvorhergesehene Arbeiten	133637 „
somit im Ganzen	2 900000 fr.

Da (nach Abzug des dauernden Bestandes) nur 8 995000 cbm Speisewasser aufgestaut werden, beträgt der Einheitspreis pro Cubikmeter nutzbaren Fassungsraum $0,_{322}$ fr., und zwar ausschliefslich der Anlage des Zubringers. Jedes Cubikmeter Speisewasser, welches aus dem Reservoir der Mouche dem Canale zugeführt wird, kostet unter Berücksichtigung aller Verhältnisse etwa $3,_{5}$ Centimes.

4. Ausführung der Canalspeiseschleusen.

Auf S. 11 ist bereits mitgetheilt worden, dafs die Canalspeiseschleusen in kleinen Abständen von etwa 6 km angelegt werden sollen, um die Speisung des Canals sicher zu stellen, ohne den Mühlanlagen das Betriebswasser zu entziehen. Wo es angängig ist, werden diejenigen Zuflüsse der Marne, welche einigermaafsen beträchtliche Wassermengen aufweisen, gleichfalls zur Speisung benutzt.

In der zwischen Rolampont und dem grofsen Tunnelvoreinschnitt gelegenen Strecke sind z. B. aufser den beiden Speiseschleusen, mit welchen die aus den Reservoiren kommenden Zubringer in den Canal münden, noch 4 Speiseschleusen angeordnet, welche das Wasser der Marne dem Canale zuleiten, nämlich: 1) die mit einer Siphonanlage verbundene Speiseschleuse bei der Mühle Pouvain in der Scheitelhaltung (welche auf Taf. 4 gezeichnet ist), 2) 10 m unterhalb des Unterhauptes der Schleuse Nr. 3 bei Moulin-Rouge, 3) 15 m unterhalb des Unterhauptes der Schleuse Nr. 7 bei Chanoy, 4) 2 km unterhalb von Rolampont. Die Entfernungen zwischen den vier genannten Speiseschleusen betragen $5,_{4}$ km, $6,_{0}$ km und $5,_{3}$ km, sind also nahezu gleich grofs. Der bequemen und sicheren Bedienung wegen liegen alle genannten Bauwerke in unmittelbarer Nähe von Schleusenwärterwohnungen.

Sämmtliche Canalspeiseschleusen haben je 2 Oeffnungen von 1 m Höhe. Die Staubassins, welche durch diese Schleusen in Verbindung mit dem Canale stehen, werden auf einem Normalwasserstande gehalten, welcher um $0,_{40}$ m den Wasserspiegel der angrenzenden Haltung übersteigt. Die Stauwerke, wodurch dies geschieht, bestehen entweder aus festen Wehren mit Freigerinne oder aus Einfügung von beweglichen Wehrtheilen in andere Constructionen, wie Flufsbrücken, z. B. bei Chanoy, oder Durchlässe, z. B. bei Boischaulle, worauf später zurückgekommen werden wird.

Wenn im Hochsommer der Wasserstand des Staubassins erheblich abnimmt, wird ein Dammbalkenverschlufs erforderlich, welcher das Canalwasser am Rückstau verhindert. Ebenso müssen Dammbalken eingelegt werden, wenn der Canal entleert werden soll zu einer Zeit, in welcher das Staubassin angefüllt ist. Im Uebrigen ist bei der in Fig. 10 bis 24 auf Taf. 3 dargestellten Construction nichts weiter zu bemerken. Die grofse Höhe der Stirnmauern wird durch das Hochwasser der Marne bedingt. Um Auskolkungen in der Canalsohle bei der Anfüllung des Canals zu vermeiden, ist dieselbe mit Steinwürfeln abgedeckt. Eine ähnliche Anlage des Canal de l'Est, eine Speiseschleuse, deren Staubassin durch ein kleines Nadelwehr auf dem Normalwasserstande gehalten wird, stellt Fig. 5 bis 9 auf Taf. 3 dar.

IV. Die Bauwerke.

Bevor die einzelnen Bauwerke des Marne-Saône-Canals zur Besprechung gelangen, erscheint eine Zusammenstellung der für ihre Projectirung und Ausführung wichtigsten Angaben über das Querprofil, sowie über die Bodenbeschaffenheit und die Vorfluthverhältnisse des Flufsthales erforderlich. Hierauf sollen die auf Taf. 4 bis Taf. 8 abgebildeten Normalentwürfe der Schiffsschleusen und ihrer Detailconstructionen, der Entlastungsschleusen, der Durchlässe, der Canalbrücken und der Aquaducte kurz erläutert werden. Einige Mittheilungen über den Bau des grofsen Canaltunnels und über die Ausführung der Erdarbeiten folgen am Schlusse.

1. Querprofil des Canals.

Die Sohlenbreite des Canals ist auf $9,_{70}$ m festgesetzt, die Wassertiefe auf $2,_{20}$ m, die Neigung der Böschungen auf $1 : 1,_{5}$. In der Höhe des $16,_{0}$ m breiten Wasserspiegels erhält der Canal beiderseits eine je $0,_{50}$ m breite Berme. Die Leinpfaddämme liegen $0,_{60}$ m über dem Wasserspiegel mit Ausnahme derjenigen Stellen, wo die Hochfluthen der Marne, über deren höchstem Stand die Aufsenkante des Leinpfaddammes um $0,_{50}$ m liegen soll, eine gröfsere Höhe nothwendig machen. Beide Treidelwege sind in gleicher Weise ausgebaut, so dafs die Treidelung von beiden Seiten des Canals aus bewirkt werden kann. Die Kronenbreite der

Leinpfaddämme beträgt im Allgemeinen $5,_0$ m, wird aber bei Brücken und schwierigen Passagen (tiefen Einschnitten, kostspieligem Grunderwerb) erheblich eingeschränkt, und zwar bis auf $2,_{50}$ m. Die Treidelwege sind nach der Aufsenseite mit 1 : 33 Querneigung versehen.

In der Scheitelhaltung wird die Tiefe des Canals auf $2,_5$ m vermehrt, um die Durchfahrung des Tunnels zu erleichtern, und um durch diese Vertiefung (in dem quellenreichen Gebiet, in welchem Sickerverluste nicht zu befürchten sind) eventuell auch ohne Zuhilfenahme der Reservoire dem vom Schiffsverkehr verursachten Wasserverbrauch genügen zu können. Eine Verbreiterung des Canals erfolgt in Curven und in den Ueberladestellen. Bei dem kleinsten, überhaupt vorkommenden Curvenradius von 200 m beträgt die Mehrbreite der Sohle $1,_{50}$ m. Für die Canalhäfen ist eine Mehrbreite von je $5,_{35}$ m vorgesehen. Aufserdem werden in gröfseren Entfernungen von etwa 10 bis 15 km Wendebassins angeordnet. Wie bereits auf S. 6 erwähnt wurde, soll die Scheitelhaltung mit Toueuren betrieben werden. Man beabsichtigt, ähnlich wie bei der Scheitelhaltung des St. Quentin-Canals, täglich etwa 2 Touagezüge mit je 10 bis 20 Schiffen in jeder Richtung abgehen zu lassen. An beiden Enden der Scheitelhaltung müssen daher Sammelplätze für die allmälig aufgeschleusten Fahrzeuge, welche gemeinschaftlich weiter befördert werden sollen, angelegt werden. Zu diesem Zweck wird auf je 600 m Länge, also für etwa 15 Schiffe, der Canal um $5,_{35}$ m verbreitert, aufserdem bei Heuilley-Cotton ein Wendebassin und im Anschlufs an das südliche Ende der südlichen Liegestelle ein Ueberladeplatz angelegt. In Fig. 2 und Fig. 3 auf Taf. 2 sind charakteristische Theile des Situationsplanes der Scheitelhaltung dargestellt, aus welchen die genannten Anordnungen ersehen werden können.

2. Bodenbeschaffenheit.

Im Marnethal ist der Boden sowohl für die Dichtung des Canals, als auch für die Fundirung der Bauwerke mit Ausnahme kurzer Strecken vorzüglich geeignet. Umfassende Dichtungsarbeiten, die zur Zeit meiner Anwesenheit noch nicht begonnen waren, sind dagegen für die im Thal der Vingeanne gelegene Canalstrecke vorgesehen worden.

Im Marnethal besteht der Boden bis auf 2 m Tiefe meist aus Schwemmland, das mit Pflanzenresten durchsetzt, aber in der Hauptsache lehmig ist. Bis zu 4 — 5 m Tiefe folgt zäher, fester Thon oder fetter Lehm, hierauf eine dünne Lage Sand und Kies, alsdann wiederum Thon oder Mergelschiefer. Die Einschnitte liegen fast ausschliefslich in dem wasserundurchlässigen Lehmboden. Nur an wenigen Stellen wird klüftiger Schieferfels durchschnitten. Dort soll durch sorgfältige Verstopfung der Fugen mit Beton oder durch vollständige Betonirung des Canalbettes dem Wasserverluste vorgebeugt werden. Schwierigkeiten der Fundirung sind voraussichtlich nirgends zu befürchten. Für die Dämme steht allenthalben völlig dichtes Schüttungsmaterial in ausreichender Menge zur Verfügung.

3. Vorfluthverhältnisse.

Diejenige Strecke des Canals, auf welcher die Trace desselben am meisten mit dem Flufslaufe, in dessen Thal sie geführt wird, collidirt, ist der auf der Marneseite liegende Abschnitt zwischen Rolampont und dem Canaltunnel. Am Mundloche desselben wird der Quellbach der Marne senkrecht zur Canaltrace nach dem westlichen Einschnittsrande geleitet und folgt demselben in einem gröfstentheils künstlichen Bett bis zum nördlichen Ende der Scheitelhaltung. Fig. 3 auf Taf. 2 giebt ein charakteristisches Beispiel für die Ueberleitung des neben dem Rande des Voreinschnitts ausgehobenen künstlichen Bettes in das natürliche Bett; gleichzeitig ist hier die Einmündung eines Seitenbaches, dessen Siphon zur Canalspeisung benutzt werden kann, dargestellt.

Auf der $13,_7$ km langen Strecke zwischen der Scheitelhaltung und Rolampont ist der Marnelauf, dessen Länge früher 18 km betrug, um etwa $2,_1$ km gekürzt worden durch eine gröfsere Zahl von kleinen Durchstichen, deren Gesammtlänge $2,_{95}$ km beträgt. In dem generellen Project waren weit umfassendere Verlegungen und Abkürzungen des Flufslaufes vorgesehen. Jedoch erschien es mit Rücksicht auf den wildbachartigen Charakter der oberen Marne bei der speciellen Tracirung des Canals angezeigt, so wenig als möglich an den bestehenden Vorfluthverhältnissen zu ändern.

Die Marne besitzt auf der in Rede stehenden Strecke bei gewöhnlichem Wasserstande ein nahezu gleichmäfsiges Gefälle von etwa 1 : 420, das nur an wenigen Stellen durch Mühlstaue unterbrochen wird. Ihr Bett ist so tief in den weichen Thalgrund eingeschnitten, dafs fast überall die gröfsten Hochwassermassen, welche die mittlere Wassermenge um das Zwanzigfache übertreffen, ohne bedeutende Ausuferungen abfliefsen können. Nur an den Stellen, wo die aus ganz oder grofsentheils undurchlässigem Terrain hinzufliefsenden Seitenbäche Liez, Mouche u. s. w. einmünden, sowie oberhalb von Rolampont finden sich bei Hochwasser Unterbrechungen des gleichmäfsigen Gefälles, wodurch Rückstauungen und Ueberschwemmungen thalaufwärts verursacht werden. Eine erhebliche Abkürzung des Flufslaufs würde dem unteren Flufsthal die bei starken Regenfällen plötzlich sich sammelnden Fluthmassen noch rascher, als ohnehin der Fall ist, zuführen und zu Ausweitungen des Flufsbettes durch Uferabbrüche Veranlassung geben. Die thatsächlich zur Ausführung gebrachte Längenverminderung erhöht das Gefälle nur um etwa 1 : 4000, wodurch die seitherigen Verhältnisse eine wesentliche Aenderung nicht erleiden. In dem neben dem Voreinschnitte gelegenen Marnelauf, dessen Länge durch die Begradigung erheblich verringert wird, hat man, um den schädlichen Wirkungen der Gefällevermehrung zu begegnen, eine grofse Zahl niedriger Strauchwehre eingebaut, so dafs von den zahlreichen Cascaden die lebendige Kraft des herabfliefsenden Wassers fortwährend gebrochen wird. Sehr günstig wirkt übrigens in der zwischen der Scheitelhaltung und Rolampont gelegenen Thalstrecke die Anlage der Reservoire auf die Vorfluthverhältnisse ein, da die aus dem Seitenthale der Liez kommenden Hochfluthen vollständig, die aus dem Seitenthale der Mouche kommenden wenigstens theilweise in den Bassins zurückgehalten werden.

Die Durchstiche, welche auf der genannten Strecke für die Marneverlegungen ausgeschachtet werden, erhalten durchweg einfache Böschungsanlage, da im Marnebett die Thonufer meist noch weit steiler anstehen. Zwischen dem Fufse

des Leinpfaddammes und dem Böschungsrande bleibt überall ein Schutzstreifen von 5 m Breite, der erforderlichenfalls zur Abflachung der Flufsböschung benutzt werden kann. Im Uebrigen erhalten die Seiten des Flufsbettes nur eine Befestigung aus Weidenpflanzung, während die Coupirungsdämme mit Steinschüttung befestigt werden. Als Sohlenbreite ist von der Schleuse Nr. 1 bis zur Mündung der Mouche $2,_{50}$ m für ausreichend erachtet worden. Diese Breite nimmt thalabwärts sprungweise auf 4 m, 5 m, 9 m und (bei Rolampont) 12 m zu, entsprechend den aufgemessenen Querprofilen des Marnebettes.

Die Brücken, welche infolge des Canalbaues an Stelle von beseitigten Verbindungen über den Flufs gebaut werden müssen, haben in der genannten Strecke meistens 3 bis 5 kleine Oeffnungen mit 14 bis 18 m Gesammtbreite. Hierdurch wird der Abflufs des Hochwassers, wie die Erfahrung an den vorhandenen Brücken mit ähnlicher Lichtweite lehrt, keinerlei Hemmnifs erfahren.

4. Schiffsschleusen.

Für die Anlage der Schiffsschleusen sind folgende Grundsätze maafsgebend:

1) Innerhalb gröfserer Abschnitte sollen sämmtliche Schleusen gleiche Gefällgröfsen erhalten. Dies ist nicht allein im Interesse des Schifffahrtsbetriebes und der Ersparnifs an Speisewasser wünschenswerth, sondern auch mit Rücksicht auf die Erleichterung der Herstellung und Unterhaltung. Die Thore, Schützen und Bewegungsmechanismen können alsdann fabrikmäfsig hergestellt und bei Reparaturen durch vorräthig gehaltene Reservestücke rasch ersetzt werden.

2) Die Unterhäupter sollen, wenn in der Nähe der Schleuse ein Weg gekreuzt wird, zur Ueberführung desselben mit einer Wegebrücke dienen. Man erspart auf diese Weise die Herstellung besonderer Auflagermauern für die Brückenträger, und man vermeidet allzu häufige, für den Schifffahrtsbetrieb lästige Einschränkungen des normalen Canalprofils, wozu öfters der Bau von Ueberführungen Veranlassung giebt.

3) Die Oberhäupter sollen, wenn in der Nähe der Schleuse ein Wasserlauf gekreuzt wird, zur Unterführung desselben mit einem Durchlasse dienen. Man erspart alsdann nicht nur ein besonderes Bauwerk, sondern erreicht aufserdem den Vortheil, in leichtester Weise Entlastungsanlagen, eventuell auch Stauwerke für Speiseanlagen in nächster Nähe der Schleusenwärterwohnung, also unter bester Aufsicht anordnen zu können.

Die Rücksichtnahme auf thunlichste Verminderung und Ausgleichung der Erdarbeiten, sowie auf eine für den Betrieb bequeme Canaltrace gewährt in den meisten Fällen so viel Freiheit bei der Auswahl der Schleusenbaustellen, dafs jene Bedingungen sich leicht erfüllen lassen. Um ein Beispiel anzuführen, so ist es gelungen, in dem zwischen der Scheitelhaltung und Rolampont gelegenen Abschnitte sämmtlichen Schleusen, 9 an der Zahl, eine gleiche Gefällgröfse von je $3,_{67}$ m zu geben, während die Erdarbeiten sich nahezu ausgleichen. Bei einer Gesammtmasse von 578400 cbm Einschnittsboden werden nur 16500 cbm seitlich abgelagert. Von 17 Durchlässen gehen 8, also fast die Hälfte, durch Schleusenoberhäupter. Von 14 Brücken gehen ebenfalls 8, also über die Hälfte, über Schleusenunterhäupter. Von 9 Schleusen dienen 7 gleichzeitig zur Ueberführung von Wegen und Unterführung von Bächen, 1 zur Anlage einer Brücke und 1 zur Anlage eines Durchlasses.

Die Länge der Schleusen beträgt $38,_{50}$ m, gemessen zwischen der Sehne des Abfallbodens und dem Anfange der unteren Thornischen, die lichte Weite der Häupter sowohl als der Schleusenkammer $5,_{20}$ m, die Wassertiefe über dem Drempel $2,_{0}$ m, welch' letzteres Maafs nachträglich auf $2,_{50}$ m erhöht worden ist. Das durchschnittliche Gefälle der Schleusen auf der Marneseite beträgt $3,_{50}$ m. Jedoch sind innerhalb der einzelnen Abschnitte gleiche Gefällgröfsen, welche von $3,_{10}$ m bis $3,_{67}$ m schwanken, angenommen worden.

Da viele Schleusenkammern mit ihrer Sohle in der Kiesschicht liegen, welche fast überall zwischen undurchlässigen Bodenarten eingelagert sich findet, so mufste die Befestigung der Kammerböden kräftig genug sein, um einem ziemlich bedeutenden Auftriebe widerstehen zu können. Das Sohlenmauerwerk ist daher gewölbartig mit einem Pfeilverhältnisse 1 : 20 und $0,_{80}$ m Scheitelstärke hergestellt.

Ursprünglich beabsichtigte man, die Umläufe in der beim Canal de la Haute-Marne ausgeführten Weise anzuordnen. Fig. 1 bis 6 auf Taf. 4 geben ein Bild der dort üblichen Anordnung. Um eine möglichst rasche Anfüllung der Schleusenkammer zu erreichen, stürzt das Wasser durch 4 horizontale Schützöffnungen von je $0,_{96}$ qm Flächeninhalt senkrecht in einen Schacht, welcher durch einen, unter dem Abfallboden angelegten Canal von $3,_{8}$ qm Flächeninhalt das Füllwasser horizontal in die Kammer leitet. Die Schützöffnungen sind mit gufseisernen Drehschützen verschlossen, deren Construction in Fig. 17 bis 22 auf Taf. 4 dargestellt ist.

Diese Anordnungsweise leidet an mehreren erheblichen Mifsständen, welche sich theilweise erst einige Zeit nach Eröffnung des Betriebes herausgestellt haben. Zunächst ergab sich, dafs die Contractionen der Wasserfäden in den 4 durch Werksteine getrennten Oeffnungen viel beträchtlicher waren, wie früher angenommen wurde. Die in Fig. 23 und 24 auf Taf. 4 angegebene Construction, Einlagerung von Drehschützpaaren in gufseisernen Rahmen, zeigt, wie diesem Umstande begegnet werden sollte. Sodann erwiesen sich die Fugen der Schützanschläge nicht als dicht genug. Endlich war der beim Beginne der Schleusenfüllung gegen das Schiff in seiner Axrichtung mit voller Kraft erfolgende Stofs so heftig, dafs die Unterthore mehrfach beschädigt wurden.

Nach eingehenden Erwägungen hat man sich dazu entschlossen, die Umläufe in der auf Taf. 4, Fig. 7 bis 11, angegebenen Weise auszuführen und mit Jalousieschützen zu versehen. Das Wasser fällt hierbei durch verticale Schächte bis zur Kammersohle hinab und strömt alsdann senkrecht zur Längenaxe der Schleuse in die geräumige, unter dem Drempelboden liegende Gewölböffnung. Der Kraftverlust beim Zusammenstofs der von beiden Seiten her auf einander prallenden Wassermassen, sowie die bedeutende Profilerweiterung vermindern die Geschwindigkeit des Füllwassers so erheblich, dafs eine Belästigung des in der Schleusenkammer liegenden Schiffes nicht erfolgt, wiewohl die Füllung nur wenig mehr Zeit erfordert als früher, etwa 2 Minuten gegenüber $1\frac{1}{2}$ Minuten, eine Differenz, welche verschwin-

dend erscheint mit Rücksicht auf den sonstigen Zeitbedarf einer Schleusung.

Die in Fig. 17 bis 22 auf Taf. 4 dargestellten Drehschützen, welche mit Schmiedeeisen gegen den gufseisernen Rahmen schlagen, haben sich als undicht erwiesen. Die geringste Unreinigkeit auf den Anschlagflächen oder die kleinste Ausbiegung des Drehungsgestänges gab Veranlassung zum Oeffnen der Lagerfugen und zu erheblichen Wasserverlusten. Man glaubte dem Uebelstande dadurch begegnen zu können, dafs die Schütztafelränder mit Lederstreifen armirt wurden. Um die Bildung von Falten zu vermeiden, versah man die Lederstreifen mit schmalen Flachschienen. Die vermuthlich durch die centrische Lage der Drehaxe verursachte Undichtigkeit wurde hierdurch nicht aufgehoben. Die Drehschützen geriethen daher in Verruf und wurden nicht weiter zur Anwendung gebracht, während sie sich in Deutschland wie in Amerika bei excentrischer Lage der Drehaxe vorzüglich bewähren.

Die Umläufe der Unterhäupter, deren Schützöffnungen in gewöhnlicher Weise vertical sind, hatte man bei einigen Schleusen des Canal de la Haute-Marne gleichfalls mit Drehschützen versehen. Jedoch verursachte der Mangel an Excentricität, sowie das Bestreben, die beiden über einander liegenden Schützen gegen einander schlagen zu lassen, so erhebliche Undichtigkeiten, dafs man die Construction wieder aufgab. Man ersetzte sie durch die in Fig. 1 bis 5 auf Taf. 6 dargestellten Jalousieschützen, die sich so gut bewähren, dafs sie bei sämmtlichen Umläufen der neuen Schleusen des Marne-Saône-Canals in Anwendung kommen sollen.

Die Schleusenthore werden aus einem Walzeisengerippe mit Blechhaut hergestellt. Die in Fig. 6 bis 15 auf Taf. 6 dargestellten Normalzeichnungen geben zu weiteren Bemerkungen keine Veranlassung. Jedoch sei erwähnt, dafs die Gründe, welche von vielen französischen Ingenieuren gegen die Verwendung eiserner Thore geltend gemacht sind, von den bauleitenden Ingenieuren des Marne-Saône-Canals nicht als überall zutreffend erachtet werden. Besonders ist der Vorwurf, dafs öfters der Anlauf von Schiffen langwierige Reparaturen und Störungen des Betriebes veranlafst, für Canäle in weit geringerem Grade maafsgebend als für canalisirte, mit Schleppzügen befahrene Flüsse.

Fig. 2 und 4 auf Taf. 4 zeigen die Anordnung einer Brücke über dem Unterhaupt, Fig. 7 und 9 auf Taf. 4 die Anordnung eines Durchlasses mit Entlastungsschleuse am Oberhaupte. Deutlicher wird die Entlastungsanlage dargestellt in Fig. 12 bis 16 auf Taf. 4. Diese letztere Anlage ist gleichzeitig ein Beispiel für die Combination einer Speisungsvorrichtung mit Schifffahrtsschleuse. Wie Fig. 12 bis 16 auf Taf. 4 zeigen, kann das thalaufwärts gelegene Haupt des Durchlasses mit Dammbalken abgesperrt werden. Das alsdann zum Aufstau gebrachte Wasser des Flüfschens Traire steht durch einen kleinen Zubringer mit der in der unteren Haltung befindlichen Speiseschleuse in Verbindung, während das mit der Entlastungsschleuse abgeleitete Wasser aus dem Durchlafs direct in die Marne fliefst. Die Situationszeichnung Fig. 1 auf Taf. 5 stellt diese Vereinigung von Schifffahrtsschleuse, Entlastungsanlage, Speiseanlage und Strafsenüberführung in übersichtlicher Weise dar.

5. Entlastungsschleusen.

Die Entlastungsschleusen sind entweder Grundablässe oder Ueberläufe, im ersteren Falle stets in der bereits beschriebenen Weise mit Schiffsschleusen, im letzteren Falle stets mit Durchlässen combinirt. Für jede Haltung, in welcher eine Speiseschleuse vorhanden ist, hat man auch einen Ueberlauf vorgesehen, um durch momentan heftigen Zuflufs keine Ueberlastung des Canals herbeizuführen. Grundablässe sind fast in jeder Haltung vorhanden, da die Oberhäupter der meisten Schifffahrtsschleusen gleichzeitig zur Unterführung von Bächen oder Mühlgräben dienen, in denen das abzuleitende Wasser Aufnahme findet.

Die Fig. 7 und 9 auf Taf. 4 sind Beispiele für die Anordnung von Grundablässen in Verbindung mit Schleusenoberhäuptern. Je nach der Wassermenge des unterführten Baches und der Höhenlage seiner Sohle variiren die Durchlässe in Gröfse und Höhe. Manchmal erhalten sie 2 Oeffnungen, meistens nur 1 Oeffnung, die manchmal breit, niedrig und mit flachem Segmentgewölbe, manchmal schmal, hoch und mit einem Halbkreisgewölbe überspannt ist. Die Absturzschächte der Grundablässe erhalten, wie in Fig. 15, eine kreisförmige Form, wenn sie in Segmentgewölbe einschneiden; sie sind dagegen viereckig, wenn ihre Ausmündung in einem Halbkreisgewölbe erfolgt — beides mit Rücksicht auf die Erleichterung des Steinschnittes.

Die Schützöffnungen der Grundablässe sind $1,_{20}$ m breit und $0,_{40}$ m hoch. Sie gestatten eine so kräftige Ausströmung, dafs kleine Canalhaltungen innerhalb von $4^1/_2$ Stunden entleert werden können, gröfsere Haltungen innerhalb von 10 bis 15 Stunden. Für die Entleerung der Scheitelhaltung sind allerdings nahezu 30 Stunden nothwendig, wiewohl im Oberhaupte der Schleuse Nr. 1 auf der Marneseite 2 Schützöffnungen angebracht sind. Durch die sehr bedeutende Zahl von Grundablässen wird jedoch nicht allein eine sehr rasche Entleerung des Canals ermöglicht, sondern auch die Möglichkeit gegeben, fast jede Haltung für sich allein entleeren zu können.

Die Ueberläufe verursachen keine Unterbrechung der nach dem normalen Querprofile ausgeführten Böschungen. In Fig. 1 bis 8 auf Taf. 7 ist die Construction eines Ueberlaufes dargestellt, der in einen Siphondurchlafs ausmündet. Jeder der 4 Absturzschächte hat, in der Canalaxe gemessen, 1 m Breite und senkrecht dazu $0,_{60}$ m Breite. Bei gewöhnlichen Durchlässen ist die Anordnung ganz analog.

Um ein Beispiel für die Anlage von Grundablässen, welche nicht mit Schifffahrtsschleusen combinirt sind, zu geben, möge in Fig. 9 bis 13 auf Taf. 7 ein mit Schützöffnung versehener Grundablafs des Canal de l'Est Darstellung finden. Wenn die Schütztafeln aufgezogen werden, entleert sich die Canalhaltung in den mittelst eines Durchlasses unter dem Canalbett hindurch geleiteten Bach.

6. Durchlässe.

Wenn die nöthige Höhe vorhanden ist, um die den Canal kreuzenden Wasserläufe mit constantem schwachem Gefälle unter der Canalsohle hindurchzuleiten, so werden einfache Durchlässe angeordnet, entweder massiv mit Gewölbe-, bzw. Plattenabdeckung, oder gufseiserne Röhren bis

zu $0,_{80}$ m Durchmesser. Die Häupter erhalten nur dann eine eigenartige Ausbildung, wenn aus den Seitengräben des Canals gröfsere Wassermengen abgeleitet werden müssen. An verschiedenen Stellen hat man es nämlich vorgezogen, kleinere Zuflüsse der Marne, anstatt für jeden derselben einen besonderen Durchlafs anzulegen, in dem bergseitigen Seitengraben, dessen Querprofil dementsprechend vergröfsert wird, aufzufangen und an einem geeigneten Orte gemeinsam durchzuführen. Alsdann tritt an die Stelle des oberen Durchlafshauptes ein Abfallschacht. Wenn die erforderliche Höhe nicht vorhanden ist, so werden die Wasserläufe mit einem heberförmigen Bauwerke, einem Siphondurchlafs unter der Canalsohle hindurch geführt. Dafs eine grofse Zahl der den Canal kreuzenden Bäche unter den Oberhäuptern der Schleusen durchgeleitet wird, ist bereits früher hervorgehoben worden.

Fig. 16 bis 19 auf Taf. 6 zeigen die Anordnung eines einfachen Plattendurchlasses. In Fig. 20 bis 25 auf Taf. 6 und Fig. 2 auf Bl. 5 ist eine gröfsere Anlage zur Ableitung des aus den Seitengräben kommenden Wassers unter dem Canal, einem Mühlgraben und einem Parallelweg hinweg in die Marne dargestellt, welche als Beispiel für die Ausführung der Abfallschächte, der gewölbten Durchlässe und der Röhrendurchlässe dienen mag. Ferner giebt der mit einem Entlastungsüberlauf combinirte, in Fig. 1 bis 8 auf Taf. 7 dargestellte Dücker (Siphon) ein Bild dieser an vielen Stellen angewandten Anordnung.

Die Siphondurchlässe des Marne-Saône-Canals unterscheiden sich wesentlich von den sonst üblichen Dückern dadurch, dafs die Schlammfänge nicht in verticalen Einfallschächten angebracht sind, sondern dafs man es vorgezogen hat, vor dem oberen Haupte ein besonderes Abklärungsbecken herzustellen. Die Tiefe desselben beträgt etwa 1 m unter der Sohle des Oberhauptes. Der Bach durchfliefst das Bassin in seiner Längenrichtung und läfst, infolge der durch die Vergröfserung des Querschnittes verursachten Geschwindigkeitsabnahme, alle Geschiebe und viele Sinkstoffe in demselben zurück. Die Mauerwerksmasse kann auf diese Weise erheblich eingeschränkt werden. Der mittlere Theil des Durchlasses, soweit er unter der Canalsohle liegt, ist ganz oder nahezu horizontal. Die nach beiden Seiten schlauchartig aufsteigenden Heberarme erhalten nach den Häuptern zu eine Querschnittserweiterung, um den Ein- und Ausflufs des Wassers zu erleichtern.

Für die Bestimmung der lichten Weiten und Höhen der Durchlässe hat man sich bei den kleineren Anlagen damit begnügt, aus der Gröfse des Zuflufsgebiets annähernd zu ermitteln, welche Wassermenge bei besonders heftigen Regenfällen allenfalls in kurzer Zeit zum Abflufs gebracht werden mufs. Die gröfseren Wasserläufe sind in Bezug auf ihre Wasserführung genauer untersucht worden. Zu diesem Zwecke hat man Längenprofile und Querprofile aufgenommen, sowie Hochwassermarken aufgesucht, um aus dem durch Nivellements festgestellten Gefälle die mittlere Geschwindigkeit der Hochfluthen, und ferner um aus Geschwindigkeit und Querprofil des Hochwassers die Wassermenge desselben berechnen zu können. Dies Verfahren ist für alle Durchlässe von mehr als 2 qm Querschnitt eingeschlagen worden.

7. Canalbrücken.

Wenn irgend möglich, sind die Canalbrücken auf die Unterhäupter der Schifffahrtsschleusen gelegt worden. Wo sich dies nicht erreichen liefs, hat man fast überall vermieden, das Querprofil des Canals einzuschränken. Die unabhängig von Schleusenanlagen den Canal überschreitenden Communalstrafsen werden auf 4 m Breite eingeschränkt, um die Baukosten zu verringern. Als Brückensystem sind meistens eiserne Bogenträger gewählt, deren je 2 durch eine grofse Anzahl von Querträgern mit einander verbunden sind. Die zwischen den Querträgern eingespannten Kappengewölbe tragen die Fahrbahn — eine in Frankreich sehr beliebte Constructionsart.

Die lichte Weite der typischen Canalbrücken beträgt $21,_{60}$ m, nämlich $9,_{70}$ m für die Sohlenbreite, je $3,_{45}$ m für die Böschungen und je $2,_{50}$ m für die Leinpfade. In den geraden Canalstrecken erhalten die Seitenböschungen keine Steinverkleidung. In Curven dagegen werden die Böschungen, wie Fig. 14 auf Taf. 7 zeigt, mit Steinpflaster versehen, das in Cementmörtel versetzt ist. Nur ausnahmsweise treten Quaimauern an Stelle der Böschungen, wodurch die Lichtweite bis auf 16 m gebracht werden kann. Eine derartige Anordnung (vom Canal de l'Est) ist in Fig. 21 bis 24 auf Taf. 7 mitgetheilt. Die in Fig. 19 und 20 auf Taf. 7 dargestellte Massivconstruction, eine Canalbrücke des Obermarnecanals, zeichnet sich durch die geringe Pfeilhöhe (nur $^1/_8$) aus. Es mufs bemerkt werden, dafs in nächster Nähe dieser Brücke die vortrefflichen Steinbrüche von Savonnières gelegen sind.

Eine hübsche und billige Anordnung bieten die leichten eisernen Fufsgängerbrücken (Fig. 25 und 27 auf Taf. 7). Die Anlage von beweglichen Brücken ist möglichst vermieden worden. Am Obermarnecanal kommen einige Portalzugbrücken mit sehr zierlichen Masten vor, am Marne-Saône-Canal einige Drehbrücken. Auf die Construction dieser selten vorkommenden Bauwerke kann nicht näher eingegangen werden.

8. Aquaducte.

Ein besonderes Interesse verdienen die unterhalb Chaumont wiederholt ausgeführten oder für die Ausführung vorgesehenen Aquaducte über die Marne und ihre Seitenarme, sämmtlich aus Schmiede- und Walzeisen, da es an Höhe für die Anlage gewölbter Aquaducte gebricht. Die mit der Aufsicht des bereits im Betriebe befindlichen Obermarnecanals betrauten Beamten versicherten, dafs die in ihrer Dienststrecke gelegenen eisernen Aquaducte zu geringeren Unterhaltungsausgaben Veranlassung gäben als die auf anderen Wasserstrafsen ausgeführten massiven Brückcanäle. Während es sehr schwierig wäre, die Seitenmauern der letzteren trotz aller Dichtungsanlagen vor der Durchfeuchtung und dem Auffrieren zu schützen, so dafs fortwährend kostspielige Reparaturen vorgenommen werden müfsten, sei es sehr leicht, die Nietfugen der Eisenconstruction vollständig dicht zu erhalten und ihren Anschlufs an den Dammkörper oder den gewachsenen Boden zu sichern.

In Fig. 1 bis 4 auf Taf. 8 ist die allgemeine Anordnung eines zwischen den Auflagermauern 12 m weiten Aquaductes dargestellt, welcher einen Seitenarm der Marne mit 2 Oeffnungen von je $3,_{50}$ m Lichtweite und mit einer drit-

ten Oeffnung den Unterwassergraben eines Mühlwerkes überschreitet. Der eigentliche Aquaduct ist $6,_{70}$ m breit. Zu seinen beiden Seiten liegen jedoch $2,_{70}$ m breite Leinpfade, welche von Halbkreisgewölben getragen werden. An das rechtsseitige Ende des Aquaductes schliefst sich unmittelbar das Oberhaupt einer Schleuse, am linksseitigen Ende ist ein Dammbalkenverschlufs vorgesehen. Im Falle von Reparaturen werden die Dammbalken eingelegt und das Wasser in die untere Haltung abgelassen.

Fig. 5 bis 7 verdeutlichen die Eisenconstruction. Der Boden wird durch je 5, jede Seitenwand durch je 2 Längsträger von I-Form getragen. An den beiden Endauflagern und über den Mittelpfeilern sind diese Längsträger an je 2 gekuppelte Hauptquerträger festgenietetet, welche in spantenförmiger Form den Umrifs des Aquaductes festlegen. Aufserdem sind in jeder Oeffnung noch 2 Querträger vorhanden, um die Längsträger gegen einander zu versteifen. Dies Gerippe ist im Innern mit Blechtafeln bekleidet, nach aufsen dagegen sichtbar.

Ein gröfserer Marne-Aquaduct, 3 Oeffnungen mit 62 m Weite, ist bei St. Dizier zur Ausführung gelangt (Fig. 8 bis 25 auf Taf. 8). Man hat davon Abstand genommen, die Leinpfade unabhängig überzuleiten. Vielmehr werden dieselben von Consolen getragen, welche an 2 hohen, continuirlich über die ganze Brückenweite gespannten Blechträgern befestigt sind. Diese Blechträger, an den Auflagern durch eine zweite Blechwand verstärkt, sind in je $1,_{206}$ bis $1,_{233}$ m Abstand mit einander verbunden durch kräftige Querträger, welche unter der Canalsohle liegen und auf ihren oberen Flanschen die Blechhaut tragen. Das System der Hauptlängs- und Querträger wird vervollständigt durch je 5 zur Versteifung der Sohle dienende secundäre Längsträger und durch je 2 T-Eisen, welche die Blechwände der Hauptlängsträger gegen den seitlichen Wasserdruck versteifen.

Der Wasserabschlufs am Auflager, für den bei den älteren Aquaducten eine ziemlich complicirte Anordnung gewählt worden ist, hat bei den neueren Ausführungen eine höchst einfache und dabei allen Wünschen entsprechende Ausbildung erfahren. Die Dichtung wird sowohl an der Sohle als an den Seitenwänden durch eine Wergschicht bewirkt, welche gegen eine hölzerne Bohle geprefst ist, auf deren Oberfläche die Blechhaut der Brücke bei den Wärmedilatationen sich hin und her verschiebt. Aus Fig. 15 und 16 auf Taf. 8 ergeben sich die Details der Construction.

Wenn der Aquaduct in der freien Strecke liegt, so mufs für die Möglichkeit, denselben nach Einsetzung von Dammbalken an beiden Enden wasserfrei machen zu können, Sorge getragen werden. Dies geschieht durch die in Fig. 9 angedeutete und in Fig. 23 bis 25 näher dargestellte Entlastungsanlage. Das beim Aufzug der Schütztafel ausströmende Wasser fällt in einer seitlich des Bauwerks angebrachten Rinne in die Marne.

Da den Aquaducten aus Walz- und Schmiedeeisen in der technischen Litteratur bis jetzt nur sehr geringe Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, so sind auf Taf. 8 sämmtliche für das Verständnifs der Construction wichtigen Specialzeichnungen der soeben beschriebenen, zum Stichcanal nach Wassy gehörigen Anlage mitgetheilt.

9. Canaltunnel und Erdarbeiten.

Die bedeutendsten Erdarbeiten des Marne-Saône-Canals werden durch die beiden Voreinschnitte des Canaltunnels in der Scheitelhaltung verursacht. Da der gröfste Theil der ausgeschachteten Bodenmassen seitlich abgelagert wird, so ist es möglich gewesen, den Baubetrieb gleichzeitig an verschiedenen Stellen zu beginnen. Im nördlichen Voreinschnitt ward ein Schlitz vom neutralen Punkte aus in den Berg getrieben, der allmälig erweitert wurde. Die hier gewonnenen Erdmassen gelangen auf einer, die Eisenbahnlinie Paris-Basel im Niveau kreuzenden Transportbahn zur Baustelle des Staudammes der Liez. Aufserdem ist am Tunnelmundloch ein Schlitz mit schräge ansteigender Sohle ausgeschachtet, um den Tunnelbau in Angriff nehmen zu können. Die im Tunnel geförderten Ausbruchsmassen werden mit einem Bremsberg (geneigte Ebene mit Drahtseilbetrieb) aufwärts geschleppt und seitlich abgelagert. Die Wasserhaltung ist bei regnerischem Wetter um so schwieriger, als die Marne dicht über dem Mundloche die Tunnelaxe kreuzt.

Wie Fig. 3 auf Taf. 1 zeigt, schien die Anlage von Schächten zur Forcirung des Tunnelbaues an mehreren Stellen des Marnehanges ohne grofse Kosten ausführbar zu sein. Man hat 4 an der Zahl vorgesehen, von denen jedoch nur der erste, 23 m tief, bis Herbst 1881 fertig gestellt und in Betrieb genommen war. Bei den übrigen Schächten mufste man dagegen die Abteufungsarbeiten wegen des starken Wasserandranges aufgeben. Wenn der Firststollen weit genug vorgetrieben ist, soll die Abteufung wieder aufgenommen werden, um später die Schächte beim Vollausbruch und der Ausmauerung zur Materialförderung, Ventilation u. s. w. benutzen zu können. Ueberhaupt führt der Mergelschiefer, in dem der Tunnel liegt, an verschiedenen Stellen, besonders auf der Südseite, viel Quellwasser, dessen Haltung mit grofsen Kosten verbunden ist.

Als Bausystem hat man, wie fast immer in Frankreich, das belgische gewählt. Da bei Luftzutritt der feuchte Schiefer binnen kurzer Zeit in zähe Thonmasse übergeht, so folgt man dem Firststollen sofort mit dem Ausbruch der Calotte und mit deren Ausmauerung. Am Ende October 1881 waren vollendet:

auf der Marneseite
765 m Firststollen, 665 m Calotte, 640 m Kappengewölbe,
auf der Saôneseite
971 m Firststollen, 900 m Calotte, 835 m Kappengewölbe.
Dagegen waren Sohlschlitz und Vollausbruch noch weit zurück.

In Fig. 17 auf Taf. 3 ist das Querprofil des Tunnels dargestellt, wobei nur zu bemerken ist, dafs die auf eisernen Säulen projectirte kleine Laufbrücke nicht als Treidelpfad, sondern lediglich zur Benutzung der Aufsichtsbeamten dienen soll.

Fig. 15 und 16 geben an, in welcher Weise durch die Anlage von Stützmauern die ohnehin schon sehr bedeutende Abtragsmasse der Voreinschnitte verringert wird. Da die für die Herstellung des Mauerwerks nothwendigen Materialien sämmtlich in nächster Nähe gewonnen werden und billig zu beschaffen sind, erweist sich diese Anordnung als durchaus ökonomisch. Die kleineren Einschnitte erhalten meist $1,_{5}$ fache, die Seitengräben 1 fache Böschungen.

Besondere Sorgfalt wird auf die Herstellung der Dämme verwandt. Man unterscheidet einfache Schüttungen, gestampfte Schüttungen, und Schüttungen mit ausgewählten Bodenarten.

Die einfache Dammschüttung erfolgt in horizontalen Lagen von etwa 25 cm Stärke. Durch häufige Verlegung der Karrbahnen oder Geleise mufs dafür gesorgt werden, dafs die Schüttmasse möglichst gleichmäfsig comprimirt wird. Es wird strenge darauf gehalten, dafs keine Rasen- und Wurzelreste in die Schüttung eingebracht, sowie dafs gröfsere Erdschollen mit der Hacke zerkleinert werden

Gestampfte Schüttungen müssen in 20 cm starken Lagen zur Ausführung kommen. Jede lose aufgebrachte Schicht wird leicht angefeuchtet und hierauf so lange mit Handrammen gestampft, bis ihre Höhe auf etwa 13 cm vermindert ist. Solche gestampften Schüttungen aus undurchlässigen Bodenarten gelangen beispielsweise bei allen Treideldämmen als Kern derselben zur Ausführung. Ihre Krone, mindestens 1 m breit, liegt 20 cm über dem Wasserspiegel des Canals, ihre Böschungen sind 1 fach geneigt. Die Herstellung dieser Kernschüttungen, welche je nach den örtlichen Verhältnissen in der Mitte oder an einer der Seiten des Treideldammes liegen, erfolgt gleichzeitig mit der einfachen Schüttung des übrigen Dammkörpers.

Zu Schüttungen mit ausgewählten Bodenarten verwendet man Thon und Sand, die vor ihrer Ausbreitung in 10 cm starke Lagen zu einem gleichmäfsigen Gemenge verarbeitet werden. Durch kräftige Stampfung oder Walzung bewirkt man eine innige Verbindung der einzelnen Schüttungslagen unter einander. Die so hergestellten Dämme nehmen eine fast steinartige Härte an. In dieser Weise werden die Staudämme der Reservoire, ferner diejenigen Leinpfaddämme, welche besonders starken Angriffen ausgesetzt sind, endlich die Sohlen und Böschungen der auf Dammschüttung gelegenen Canalstrecken hergestellt.

Zum Schlusse dieser Mittheilungen über den Marne-Saône-Canal, seine Speisungsanlagen und seine Bauwerke möge es gestattet sein, nochmals hervorzuheben, dafs die hierin enthaltenen Angaben gröfstentheils den Notizen entnommen sind, welche der Verfasser gelegentlich einer Studienreise gesammelt hat. Dieselben wurden späterhin durch briefliche Nachrichten ergänzt und vervollständigt. Sämmtliche auf den beigegebenen Tafeln mitgetheilten Zeichnungen sind nach Autographieen, welche mir durch die bauleitenden Ingenieure freundlichst übergeben wurden, oder nach Pausen von Originalzeichnungen angefertigt. Eine auf diese Art entstandene Arbeit kann weder auf Vollständigkeit, noch auf vollkommene Correctheit Anspruch machen. Wenn es dem Verfasser gelungen sein sollte, die interessanten Anlagen dieses jüngsten Canals unseres an Canälen so reichen Nachbarlandes in der Hauptsache richtig zur Darstellung zu bringen, so verdankt er dies hauptsächlich dem gütigen Entgegenkommen der mit der Bauausführung betrauten Ingenieure, vor allem den Oberingenieuren Herrn Carlier in Chaumont und Herrn Gilbin in Troyes.

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.

Der Marne-Saône-Canal.

Fig. 1.

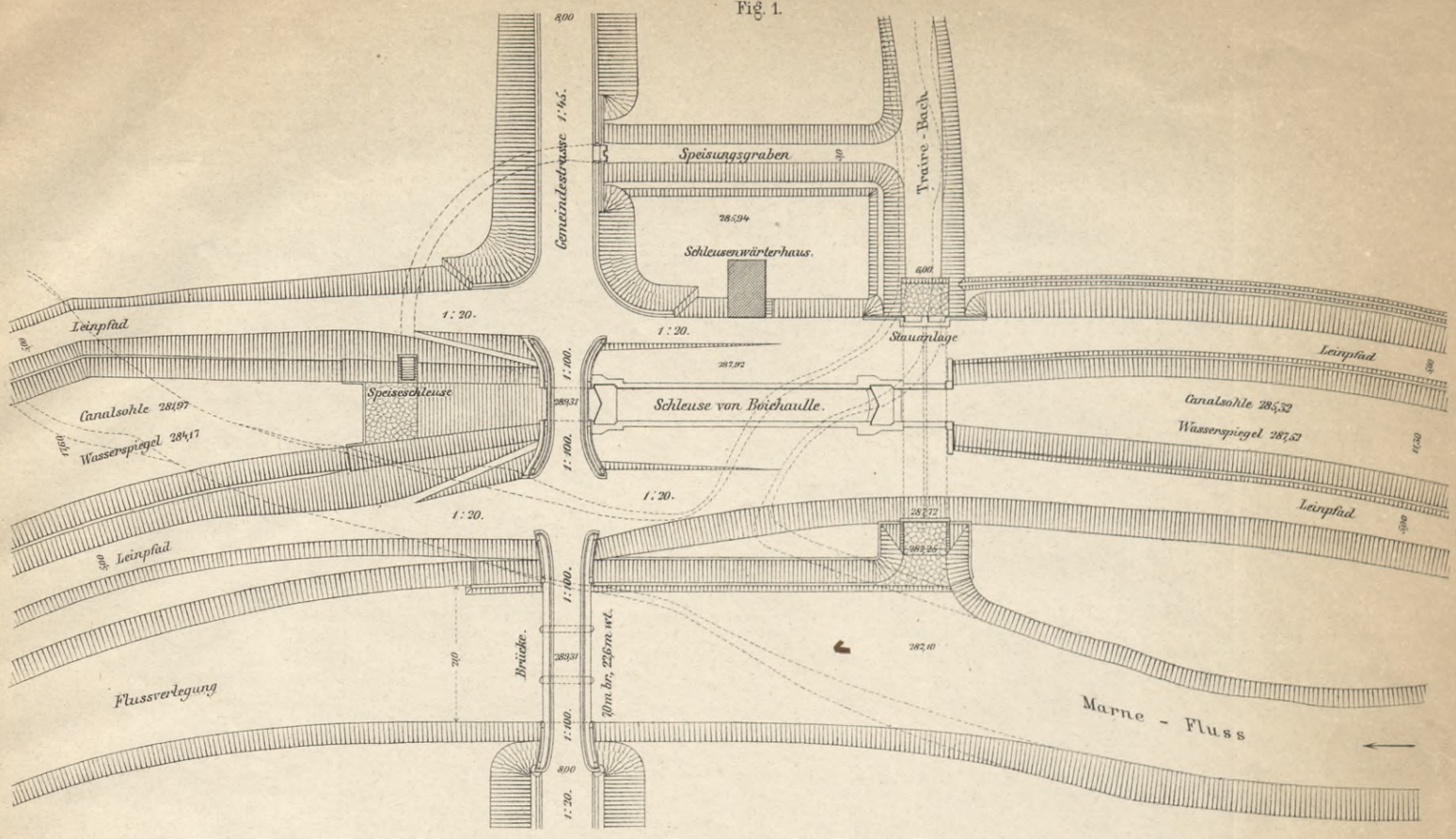


Fig. 2.

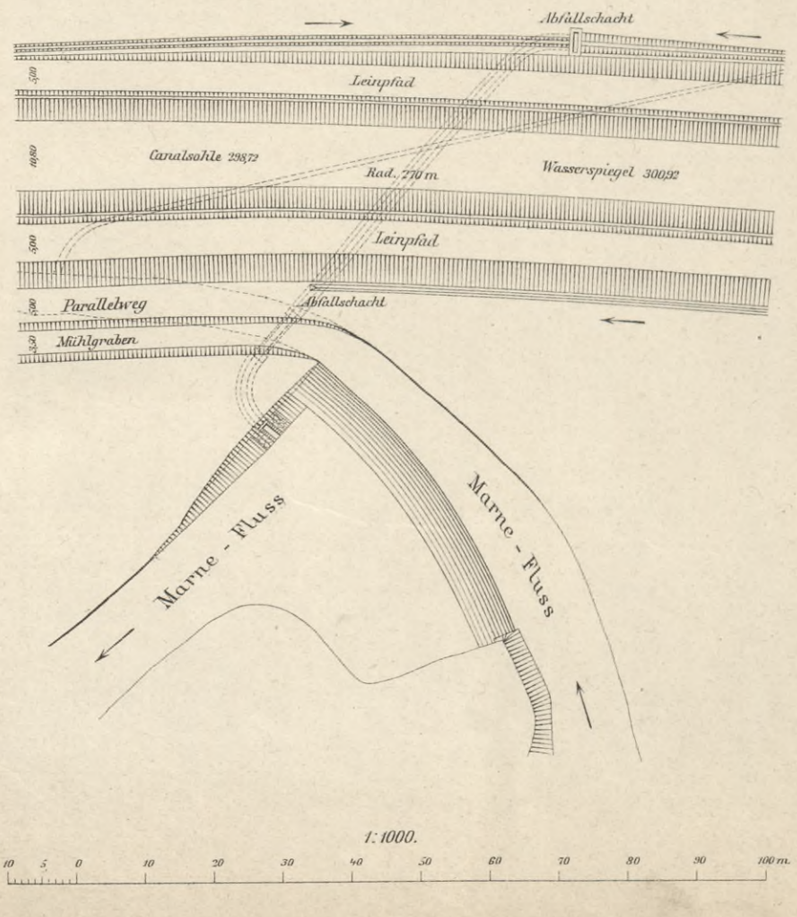


Fig. 1.

Situation der Schiffahrtsschleuse von Boichaulle, combinirt mit Speisungsanlage, Entlastungsanlage und Wegeüberführung.

(Vgl. Fig. 12-16 auf Tafel 48.)

Fig. 2.

Situation einer grösseren Durchlass-Anlage zur Ableitung des aus den Seitengräben kommenden Wassers unter Canal, Mühlgraben und Parallelweg.

(Vgl. Fig. 20-25 auf Tafel 49.)

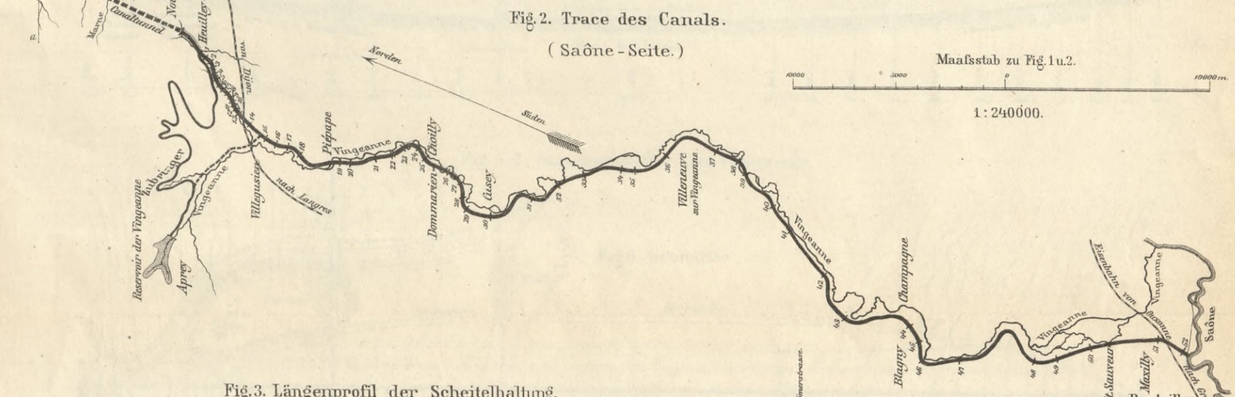
Ernst & Korn, Berlin.

Lith. Inst. v. Bogdan Gisevius, Berlin O.

Der Marne-Saône-Canal.

Fig. 1. Trace des Canals.
(Marne-Seite.)

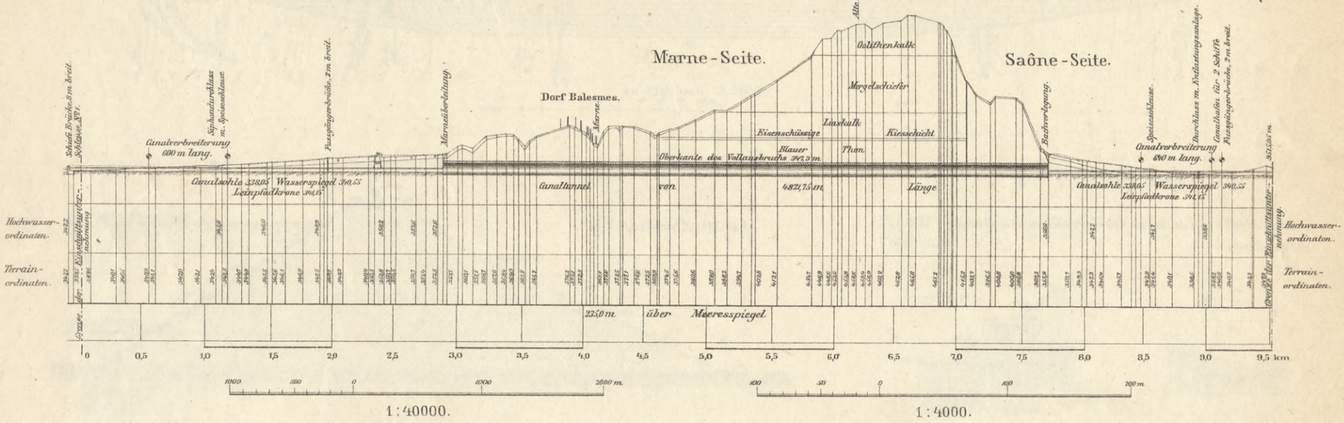
Fig. 2. Trace des Canals.
(Saône-Seite.)



Maafsstab zu Fig. 1 u. 2.

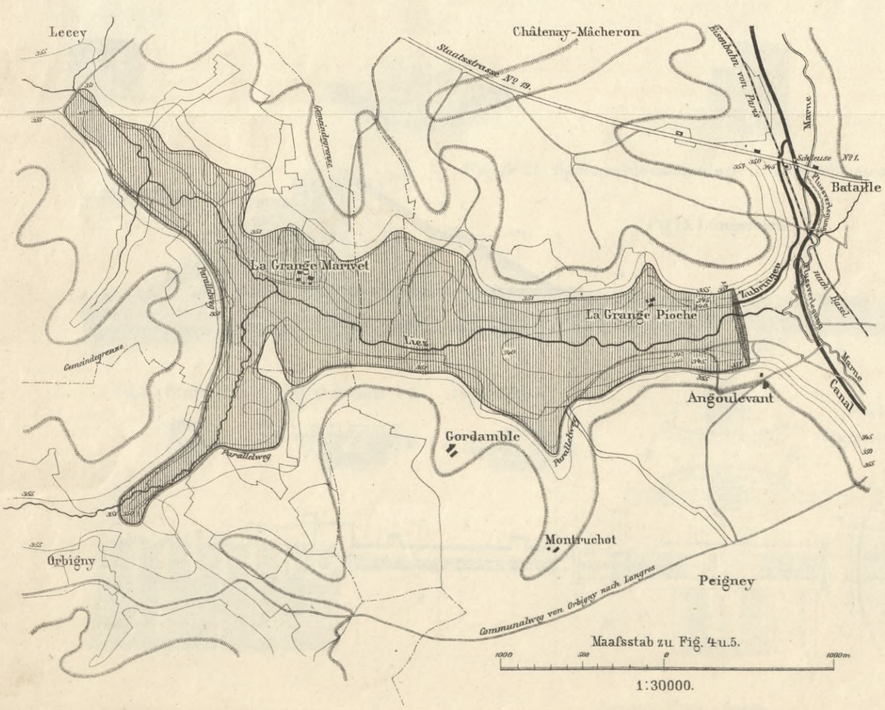
1:240000.

Fig. 3. Längenprofil der Scheitelhaltung.



1:40000. 1:4000.

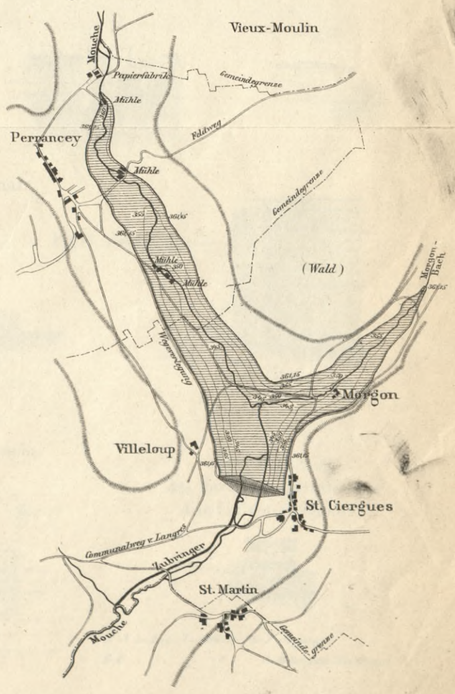
Fig. 4. Reservoir der Liez.



Maafsstab zu Fig. 4 u. 5.

1:30000.

Fig. 5. Reservoir der Mouche.



Ernst & Korn. Berlin.

Lith. Inst. v. Bogdan Gisevius. Berlin O.

Der Marne-Saône-Canal.

Fig. 1.
Nördliches Ende der Scheitelhaltung
(Einmündung des Zubringers, Unterleitung eines Seitenzuflufses)

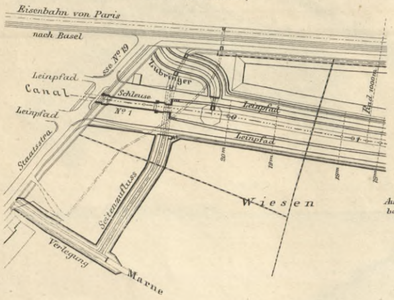


Fig. 2.
Wendeplatz bei Heuilley-Cotton
(Ende der südlichen Canalverbreiterung, Fufsgängerüberführung)

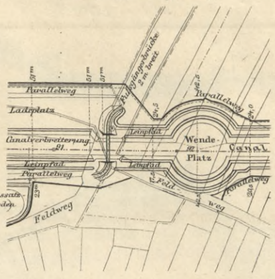


Fig. 3.
Siphondurchlafs des Bachs St Maurice
(Speiseschleuse, Marneverlegung mit Stauwerk, Ende der nördlichen Canalverbreiterung)

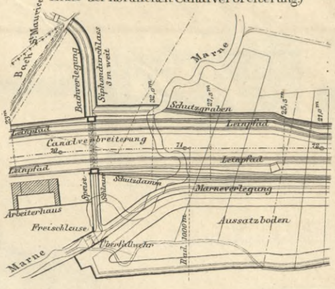
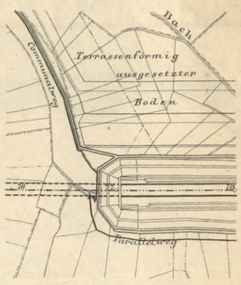


Fig. 4.
Südliches Tunnelende.



zu Fig. 1-4. 1:2000.

Fig. 5. Ansicht.

Fig. 5-7. Staudamm des Liez-Reservoirs.

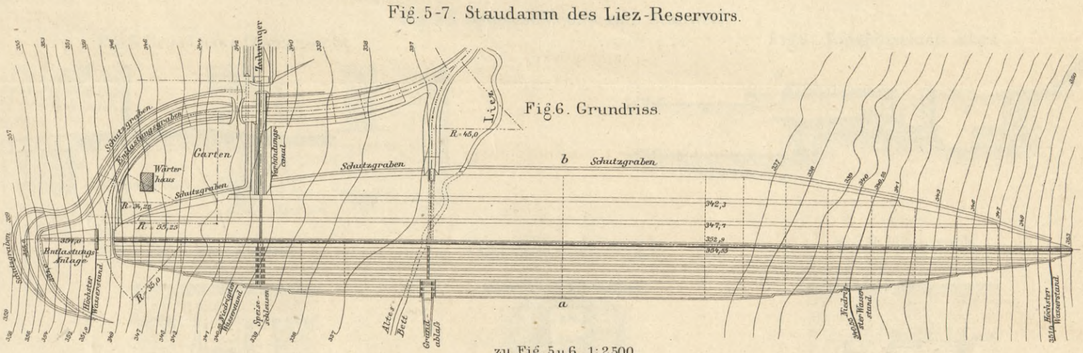


Fig. 6. Grundriss.

zu Fig. 5 u. 6. 1:2500.

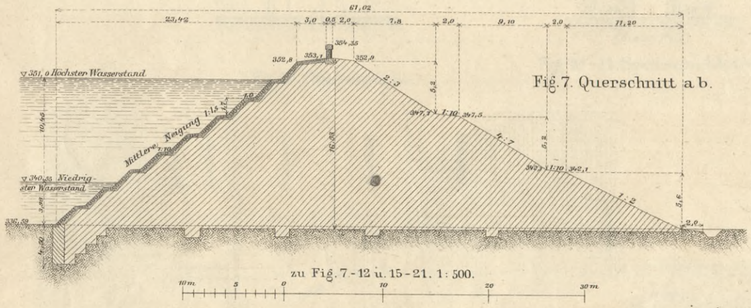


Fig. 7. Querschnitt a b.

zu Fig. 7-12 u. 15-21. 1:500.

Fig. 8-14. Grundablafs.

Fig. 8, 10, 12 Längenschn., Ober- u. Vorderansicht des Oberhauptes
Fig. 9, 11, 13 " " " " Unterhauptes

Fig. 8.

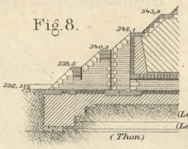


Fig. 9.

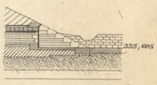


Fig. 14. Querschnitt 1:250.

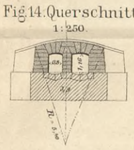


Fig. 13. 1:250.

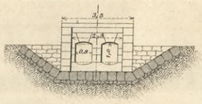


Fig. 12.

Fig. 10.

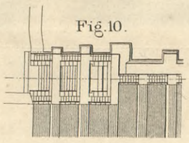


Fig. 11.

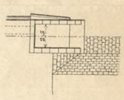


Fig. 15-21. Speiseschleusenanlage u. Verbindungscanal.

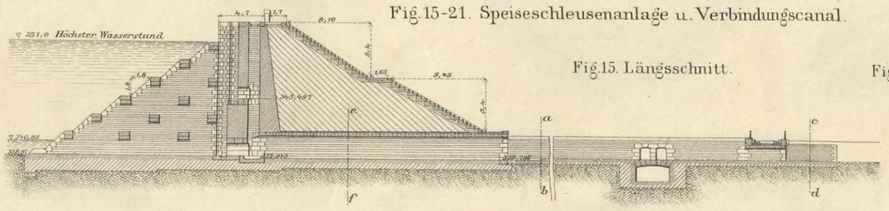


Fig. 15. Längsschnitt.

Fig. 16. Vorderansicht.

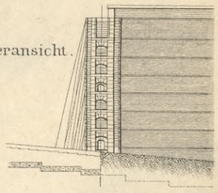


Fig. 20. Schnitt e f.

Fig. 19. Schnitt c d.

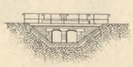


Fig. 18. Schnitt a b.

Fig. 17.
Obere Ansicht.

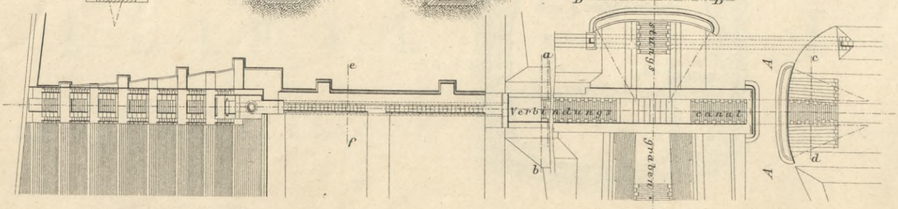
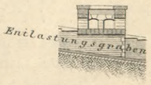


Fig. 21. Kreuzung des Verbindungscanals mit dem Entlastungsgraben.



A A in Fig. 17: Brücke für Fufsgänger
B B " " " " d. Wärterstablissement

Ernst & Korn, Berlin.

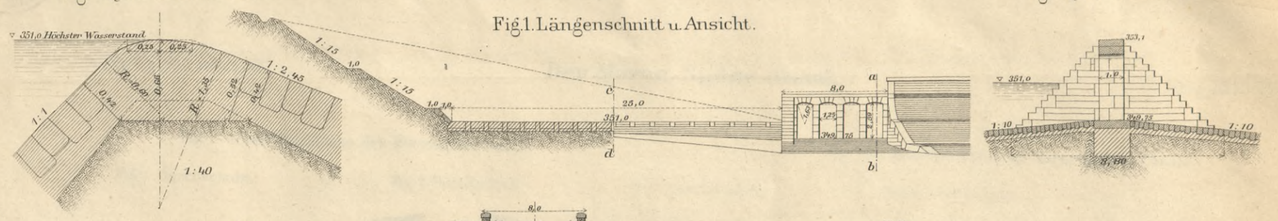
Lith. Anst. v. C. Müller, Berlin, Neanderstr. 7.

Fig. 1-3. Entlastungsanlage des Liez-Reservoirs.

Fig. 3. Querschnitt c d.

Fig. 1. Längenschnitt u. Ansicht.

Fig. 2. Querschnitt a b.



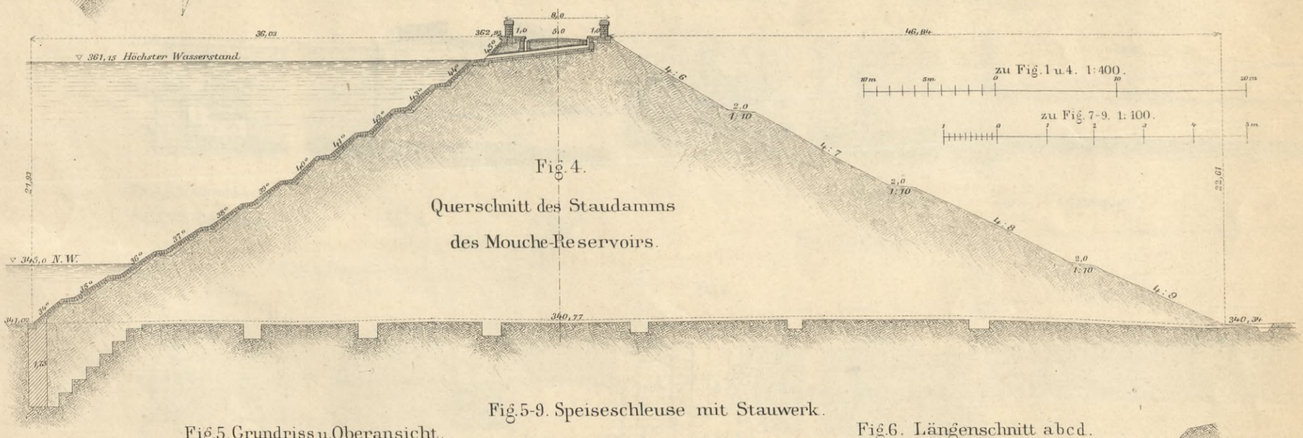


Fig. 4.
Querschnitt des Staudamms
des Mouche-Reservoirs.

Fig. 5-9. Speiseschleuse mit Stauwerk.

Fig. 5. Grundriss u. Oberansicht.

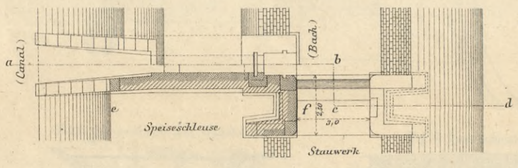


Fig. 6. Längenschnitt a b c d.

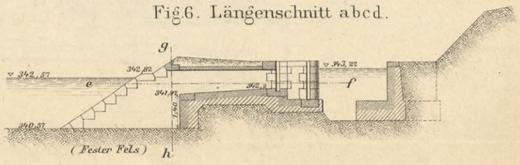


Fig. 7. Unterhaupt.

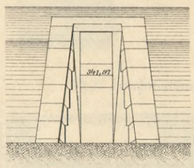


Fig. 8. Querschnitt g h.

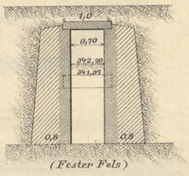


Fig. 9. Stauwerk.

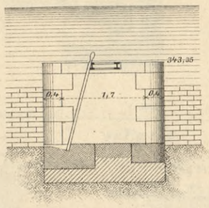


Fig. 10-14. Speiseschleuse.

Fig. 10. Oberansicht.

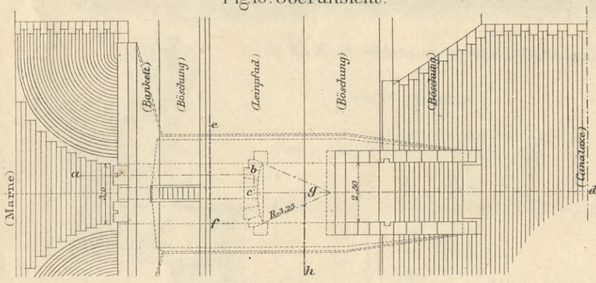


Fig. 11. Längenschnitt a b c d.

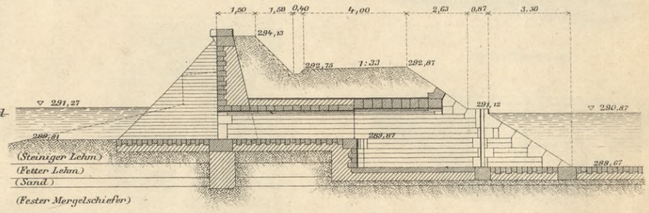


Fig. 12. Querschnitt.
e f. g h.

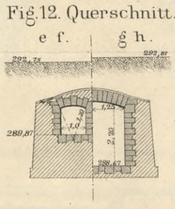


Fig. 13. Oberhaupt.

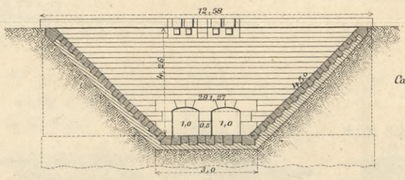


Fig. 14. Unterhaupt.

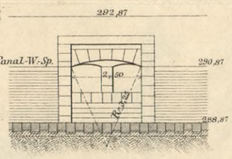


Fig. 15. Fig. 15 u. 16. Querprofile des Tunnelvoreinschnittes. Fig. 16.

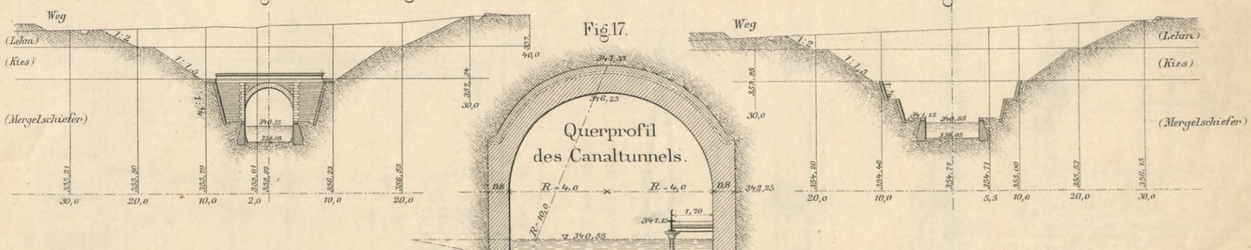
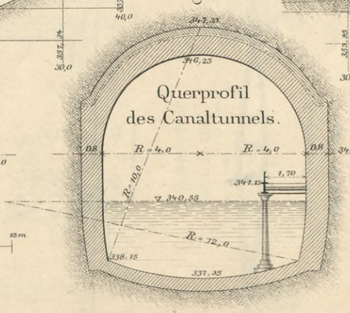


Fig. 17.



Lith. Anst. v. C. Müller, Berlin, Neander Str. 7.

Ernst & Korn, Berlin.

Der Marne-Saône Canal

Fig. 1-3. Entlastungsanlage des Liez-Reservoirs

Fig. 1. Längenschnitt a-b Ansicht

Fig. 2. Querschnitt a-b

Fig. 3. Querschnitt c-d

Fig. 4.
Querschnitt des Standrohrs
des Mouche-Reservoirs

Fig. 5-9. Speiseschleuse mit Stauwerk

Fig. 5. Grundriss u. Obersicht

Fig. 6. Längenschnitt a-b-c-d

Fig. 7. Unterhaupt

Fig. 8. Querschnitt g-h

Fig. 9. Stauwerk

Fig. 10-14. Speiseschleuse

Fig. 10. Obersicht

Fig. 11. Längenschnitt a-b-c-d

Fig. 12. Querschnitt

Fig. 13. Oberhaupt

Fig. 14. Unterhaupt

Fig. 15.

Fig. 15 u. 16. Querprofile des Tunnelversuchsstückes.

Fig. 16.

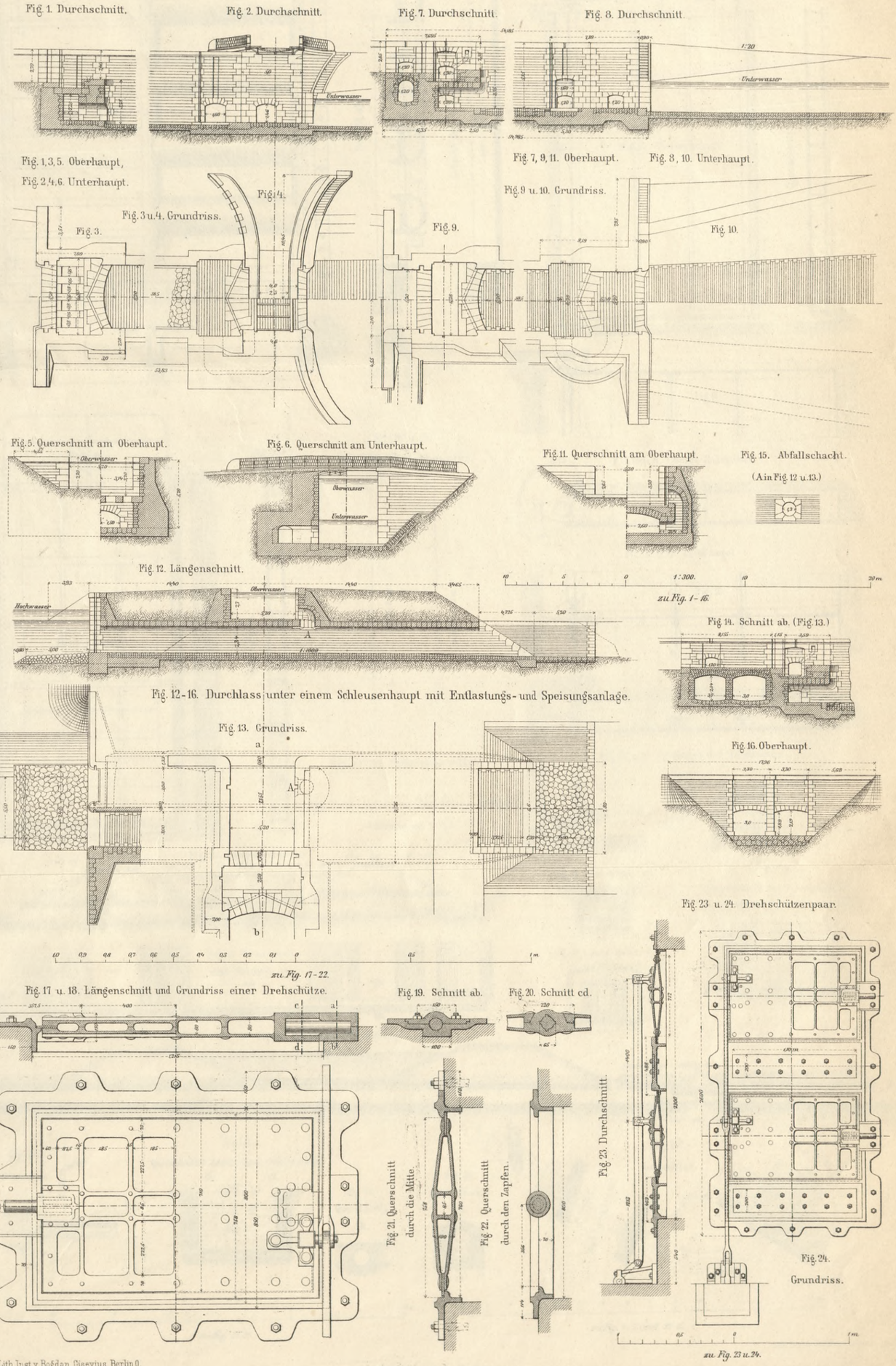
Fig. 17.

Querprofil
des Canalbaugls.

Der Marne-Saône-Canal.

Fig. 1-6. Schiffsschleuse des Obermarne-Canals.

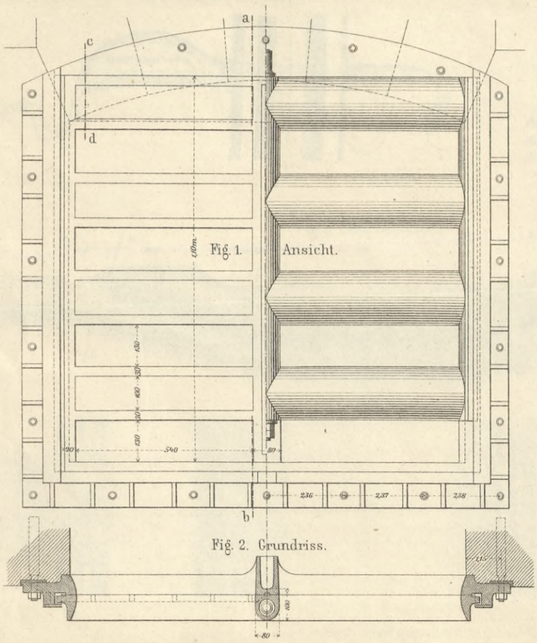
Fig. 7-11. Schiffsschleuse des Marne-Saône-Canals.



Lith. Inst. v. Bogdan Giesevius, Berlin O.

Ernst & Korn, Berlin.

Fig. 1-5. Jalousieschütze.



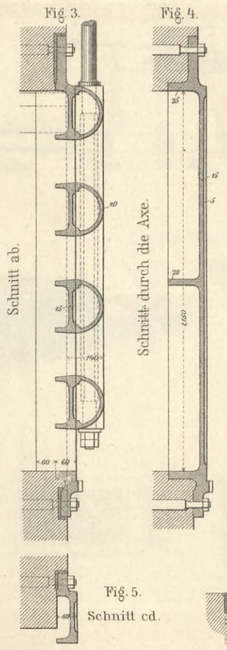
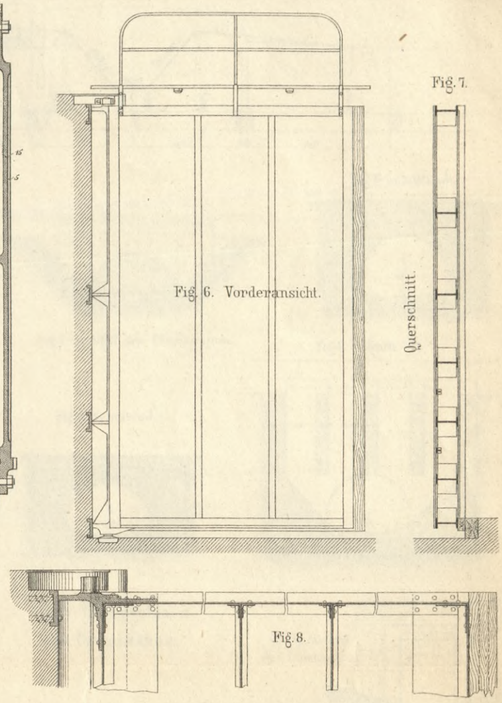


Fig. 6-13. Thor des Oberhauptes.



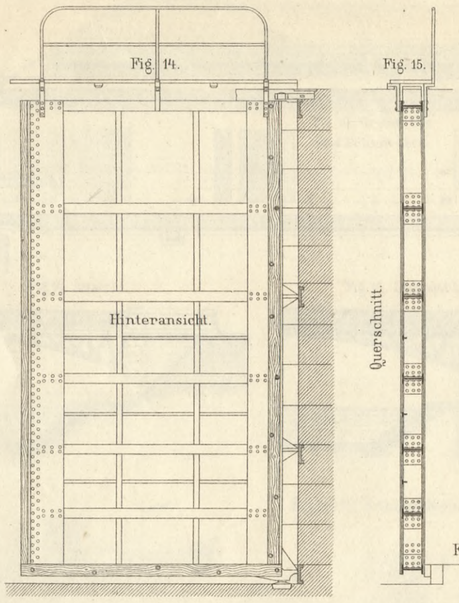


Fig. 14 u. 15.
Thor des Unterhauptes.

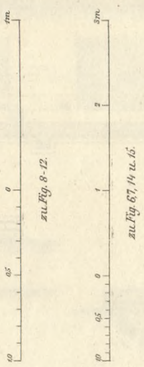


Fig. 8 u. 9. Oberes Rahmstück.

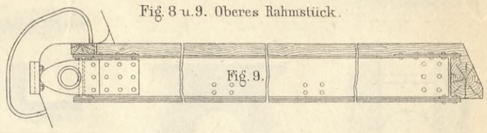


Fig. 10 u. 11. Mittelriegel.

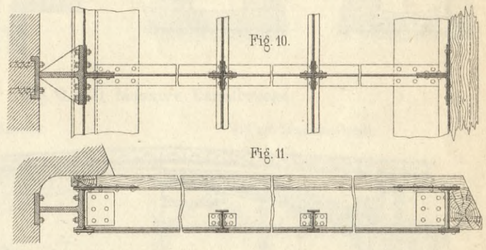


Fig. 16-19. Plattendurchlass.

Fig. 20-25. Grössere Durchlass-Anlage.

(Situation auf Bl. K.)

Fig. 12 u. 13. Auflager der Wendesäule.

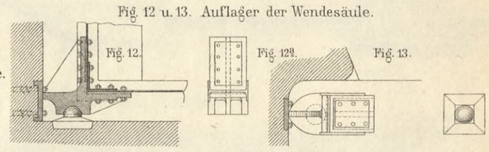


Fig. 16. Längenschnitt.

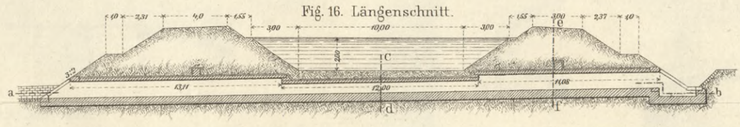


Fig. 17. Grundriss und Schnitt ab.

Fig. 18. Querschnitt cd.

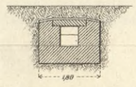


Fig. 19. Querschnitt ef.

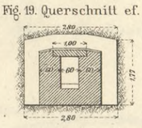


Fig. 25.
Vorderansicht des Unterhauptes.

Fig. 20. Längenschnitt abtc.

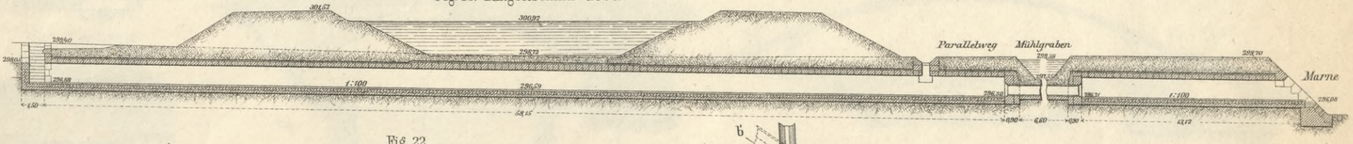


Fig. 21a.
Grundriss.

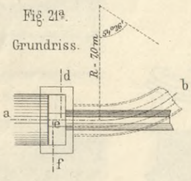


Fig. 22.
Querschnitte durch den Abfallschacht.
de. ef.

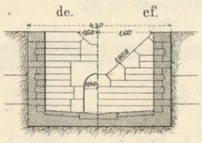
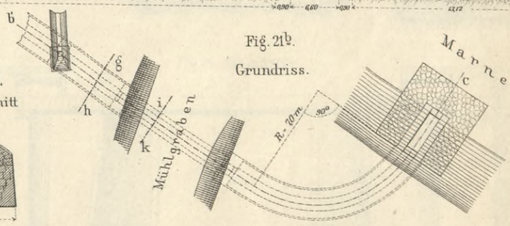


Fig. 24.
Querschnitt
ik.

Fig. 23.
Querschnitt
gh.

Fig. 21b.
Grundriss.



zu Fig. 16-21

zu Fig. 1-5 und 22-25.

Lith. Inst. v. Bogdan Gisevius, Berlin O.

Ernst & Korn, Berlin.

Der Marne-Saône-Canal.

Fig. 1-8. Dücker mit Entlastungsanlage.

Fig. 1. Situation. (1:1500.)

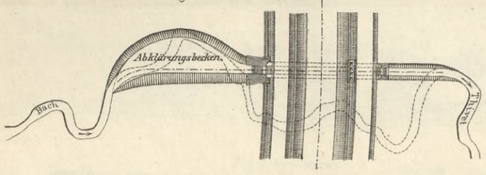


Fig. 2. Längenprofil. (1:500/1:300.)

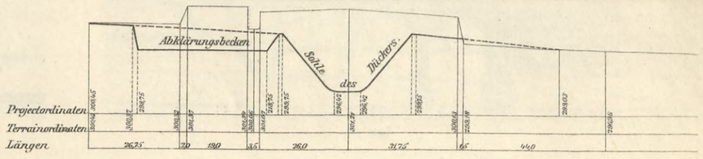


Fig. 3. Längenschnitt.

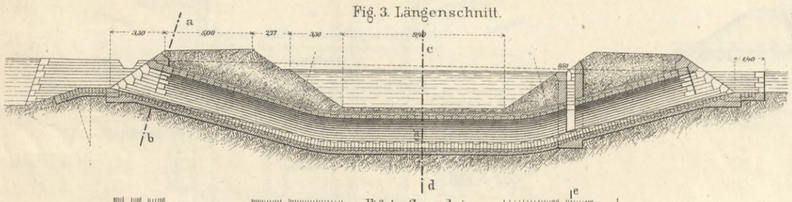


Fig. 4. Grundriss.

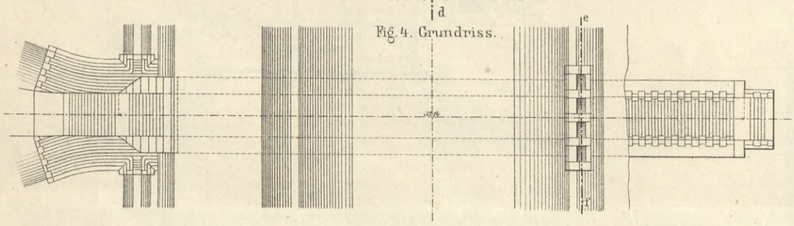


Fig. 5. Ansicht des Oberhauptes.

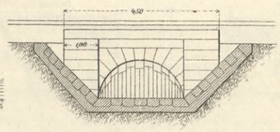


Fig. 6. Schnitt ab.

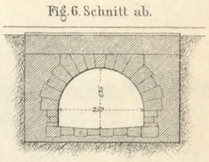


Fig. 7. Schnitt cd.

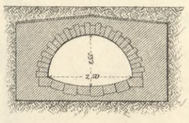


Fig. 8. Schnitt ef.

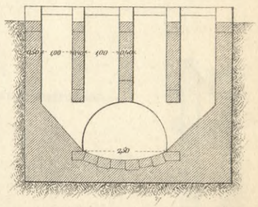


Fig. 9-13. Durchlass mit Grundablass.

Fig. 9. Längenschnitt.

Fig. 10. Grundriss und Schnitt abcd.

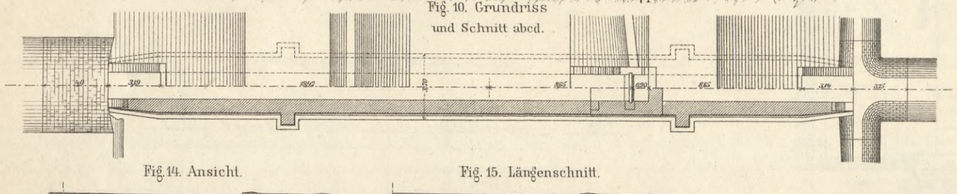


Fig. 11. Ansicht des Oberhauptes.

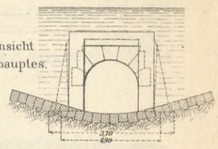


Fig. 12. Querschnitt.

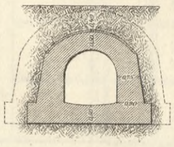


Fig. 13. Schnitt ef.

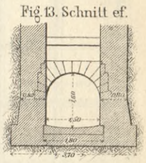


Fig. 14-18. Schmiedeeiserne Canalbrücke.

Fig. 14. Ansicht.

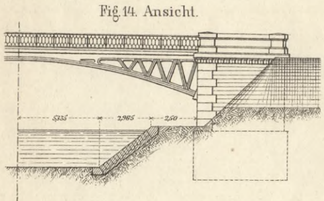


Fig. 15. Längenschnitt.

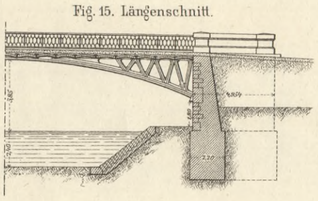


Fig. 16. Grundriss.

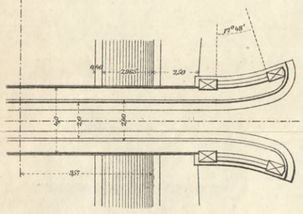


Fig. 17. Widerlager.

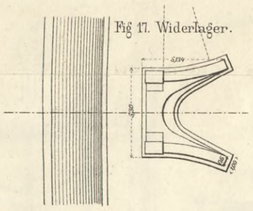


Fig. 18. Querschnitt.

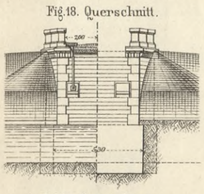


Fig. 19 u. 20. Massive Canalbrücke.

Fig. 19a. Ansicht. Fig. 19b. Längenschnitt.

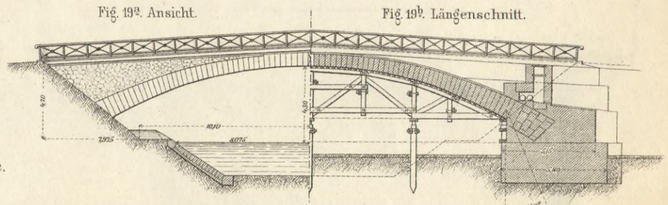


Fig. 20. Grundriss.

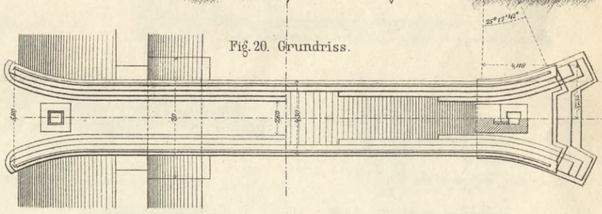


Fig. 21-24. Massive Canalbrücke.

Fig. 21a. Ansicht. Fig. 21b. Längenschnitt.

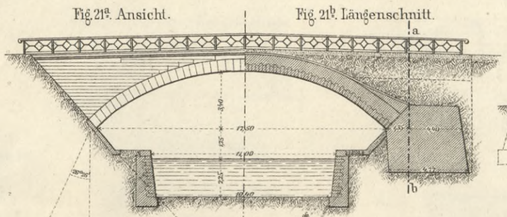


Fig. 22. Grundriss.

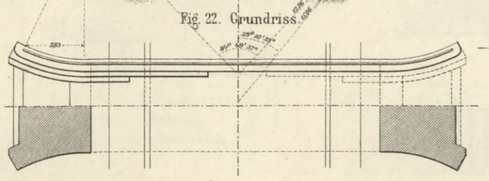


Fig. 23. Querschnitt.

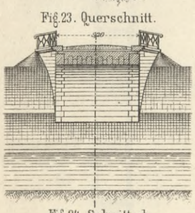


Fig. 24. Schnitt ab.

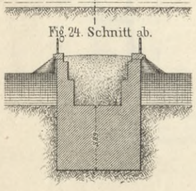


Fig. 25-27. Fussgängersteg.

Fig. 25a. Ansicht. Fig. 25b. Längenschnitt.

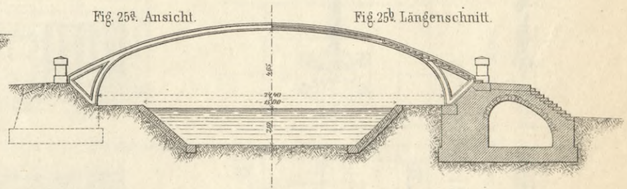


Fig. 26. Grundriss.

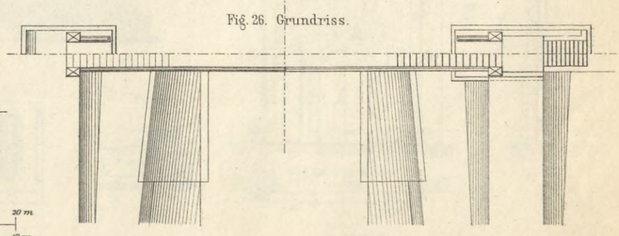
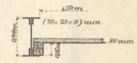


Fig. 27. Querschnitt. (1:50.)



zu Fig. 3,4,9,10,14-26. 10 20 m.

zu Fig. 5-8, 11-13. 5 10 m.

Lith. Inst. v. Bogdan Gaevius, Berlin O.

Ernst & Korn, Berlin

Fig. 1-7. Anordnung eines eisernen Aquaductes.

Fig. 1. Längenschnitt.

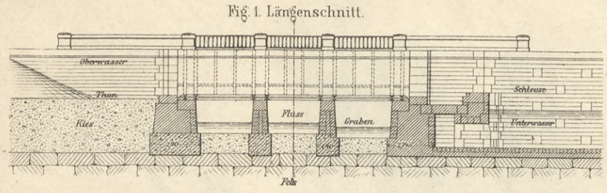


Fig. 3. Ansicht und Schnitt durch die Leinpfadbrücke.

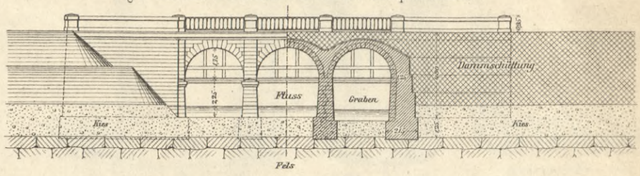


Fig. 2. Grundriss.

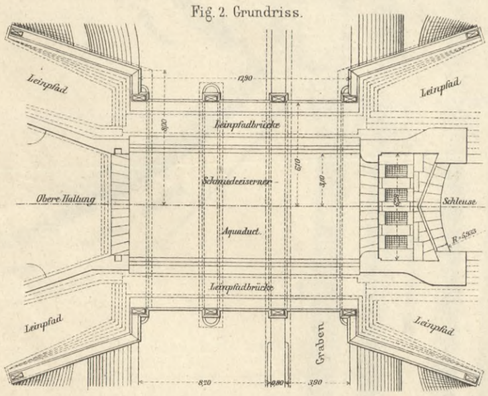
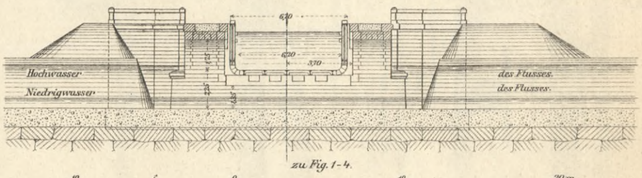


Fig. 4. Querschnitt.



zu Fig. 1-4.

zu Fig. 1-4.

Fig. 7.
Querschnitt der Eisenconstruction.

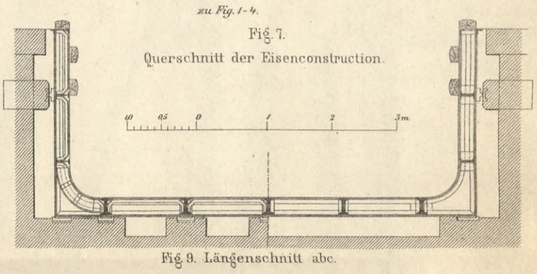
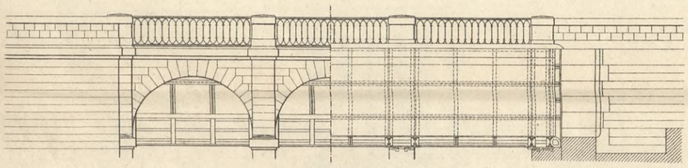


Fig. 5. Ansicht und Längenschnitt der Eisenconstruction.



zu Fig. 5 u. 6.

Fig. 6. Grundriss der Eisenconstruction.

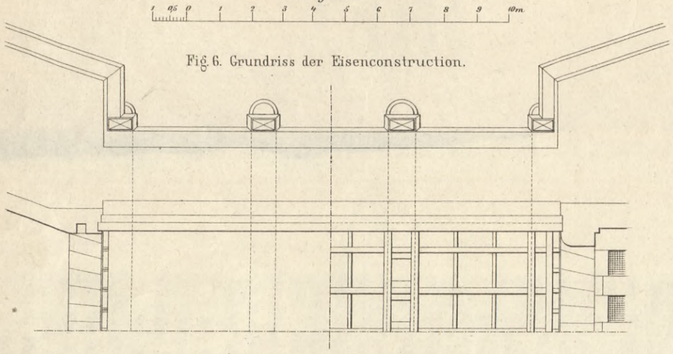
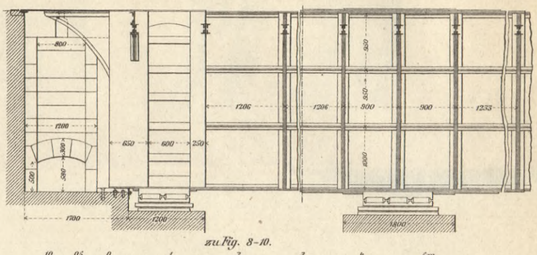


Fig. 9. Längenschnitt abc.



zu Fig. 8-10.

Fig. 10. Querschnitt.

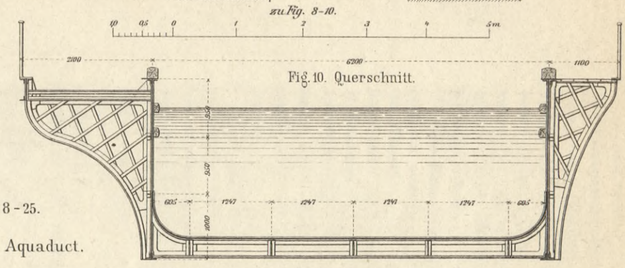


Fig. 8. Grundriss.

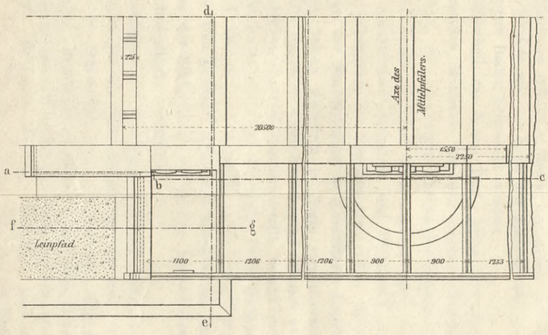


Fig. 8-25.
Eiserner Aquaduct.

Fig. 14.
Leinpfadbrücke.

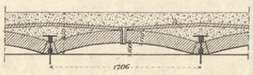


Fig. 13.
Schnitt fg.

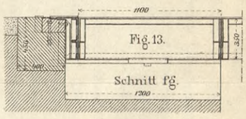


Fig. 17-19. Rolllager auf den Endpfeilern.

Fig. 17.

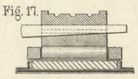


Fig. 18.

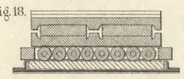


Fig. 23-25. Ablassvorrichtung.

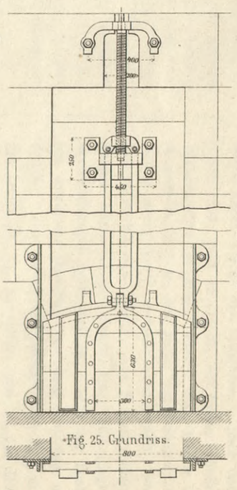


Fig. 23. Vorderansicht.

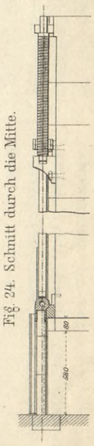


Fig. 24. Schnitt durch die Mitte.

Fig. 15. Dichtung der Horizontalfuge.

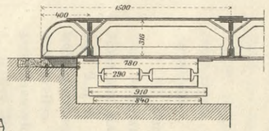


Fig. 11. Schnitt de.

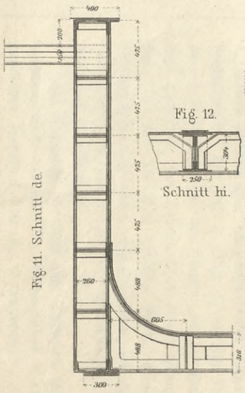


Fig. 12.

Schnitt hi.

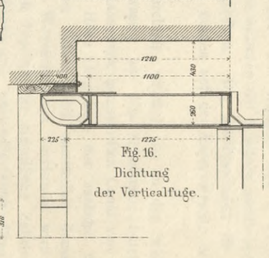


Fig. 16.
Dichtung
der Verticalfuge.

Fig. 20.

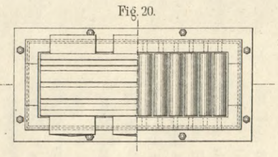


Fig. 20-22. Rolllager auf den Mittelpfeilern.

Fig. 21.

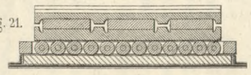


Fig. 19.

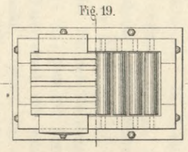


Fig. 22.

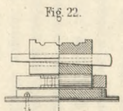


Fig. 25. Grundriss.

zu Fig. 11-16.

zu Fig. 17-22.

zu Fig. 23-25.

Ernst & Korn Berlin.

lith. Inst. v. Bogdan Gisevius. Berlin O.