

DER
BAU DES PANAMAKANALS

VORTRAG
GEHALTEN
IM MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN IN BERLIN

VON
EUGEN TINCAUZER
GEHEIMER BAURAT

MIT 44 ABBILDUNGEN



BERLIN 1911

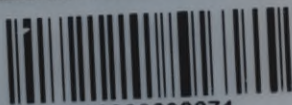
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

544

50

2439

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298271

DER
BAU DES PANAMAKANALS

VON DR.
BOGEN TINCANZER

IN VERBANDUNG MIT DER VEREINigten ANSTALT FÜR
TECHNISCHE HOCHSCHULEN IN BERLIN

BOGEN TINCANZER



x
2439

DER
BAU DES PANAMAKANALS

VORTRAG
GEHALTEN
IM MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN IN BERLIN

VON
EUGEN TINCAUZER
GEHEIMER BAURAT

MIT 44 ABBILDUNGEN

2777

F. Nr. 29 383



BERLIN 1911
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

548

50

x
2439

Alle Rechte vorbehalten.

Sonderdruck aus der „Zeitschrift für Bauwesen“
Jahrgang 1911.



131566

Akc. Nr. 2388/50

Die Nachrichten, welche über den Bau des Panamakanals zu uns gelangt sind, lassen erkennen, daß dieses gewaltige Unternehmen von den Amerikanern nicht allein mit großer Umsicht und Tatkraft begonnen, sondern auch dauernd rüstig gefördert ist. Im besondern wird dies durch einen kürzlich eingegangenen Bericht des Regierungsbau-meisters Quedefeld bestätigt, der dem deutschen Generalkonsulat in Neuyork beigegeben ist und jüngst die Bauten am Kanal besichtigt hat. — Es darf deshalb wohl erwartet werden, daß die Eröffnung des Kanals, wie der Chefsingenieur Oberst Goethals in Aussicht gestellt hat, im Jahre 1915 stattfinden kann, selbstverständlich wenn nicht größere Naturereignisse oder Epidemien hindernd eintreten.

Damit wird ein Gedanke verwirklicht, der sehr bald nach der Entdeckung der neuen Welt rege wurde und mehrfach im Laufe der darauf verflossenen vier Jahrhunderte aufgenommen und verfolgt worden ist. Spanier, Engländer, Portugiesen und Franzosen haben sich mit dieser großen Aufgabe befaßt, aber das erhoffte Ziel nicht erreicht. Die Schwierigkeiten, die sich ihnen entgegenstellten, waren zu groß, als daß sie mit den damals bekannten Mitteln der technischen und hygienischen Wissenschaften hätten überwunden werden können. Erst die großen Fortschritte der Neuzeit auf diesen Gebieten haben es ermöglicht, daß dieses mächtigste und bedeutendste Wasserbauwerk der Welt zu einem glücklichen Ende geführt werden wird.

Bei der geographischen Lage der mittelamerikanischen Landenge war es nur zu natürlich, daß sich auf ihr bald ein reger Verkehr von Ozean zu Ozean einstellen mußte, der entsprechend der Besiedlung der neuen Welt und der Verwertung der dort aufgefundenen reichen Bodenschätze im Laufe der Zeit immer größeren Umfang annahm. Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte man sich mit gepflasterten Land-

straßen beholfen, die von verschiedenen Küstenpunkten des Atlantischen Ozeans ausgingen und fast alle bei Panama, das bereits im Jahre 1517 gegründet worden war, endigten. An ihre Stelle trat im Jahre 1855 die Panama-Eisenbahn; aber auch sie war nach verhältnismäßig kurzer Zeit nicht mehr imstande, bei dem sich ständig weiter entwickelnden Verkehr den Ansprüchen der Neuzeit zu genügen. In der Erkenntnis dieses Umstandes ließ sich die Panama-Eisenbahngesellschaft im Jahre 1867 ihre Konzession für den Bahnbau von den Vereinigten Kolumbischen Republiken dahin erweitern, daß sie für einen Zeitraum von 99 Jahren allein das Recht hatte, weitere Bahnverbindungen oder einen Seekanal auf dem Isthmus von Panama herzustellen und zu betreiben.

Unter der Führung von Ferdinand de Lesseps gelang es jedoch einer französischen Gesellschaft, diese Konzession an sich zu bringen. Wie bekannt, beabsichtigte Lesseps, durch die Erfolge beim Bau und Betriebe des Suezkanals ermutigt, einen Meeresspiegelkanal zu bauen, dessen Kosten damals auf rund eine Milliarde Mark veranschlagt wurden und für den eine Bauzeit von zwölf Jahren angenommen war. Mit dem Bau wurde im Jahre 1881 begonnen; aber schon acht Jahre später waren ungeheure Summen verwendet, ohne daß in absehbarer Zeit mit der Fertigstellung gerechnet werden konnte. Die Gesellschaft geriet bekanntlich in Verfall; sie hatte eine Summe von etwa 1100 Mill. Mark verausgabt und rund 50 Mill. cbm Boden gefördert. Auch eine zweite französische Gesellschaft, die sich im Jahre 1894 bildete und einen Schleusenkanal ausführen wollte, war nicht imstande, die Bauarbeiten am Kanal wesentlich zu fördern; es muß ihr aber nachgerühmt werden, daß sie während ihrer Tätigkeit auf dem Isthmus ausgezeichnete Vorarbeiten geleistet hat, die auch später beim amerikanischen Kanalbau sich als sehr wertvoll erwiesen haben.

Der Präsident Grant der Vereinigten Staaten hatte schon während seiner Amtszeit auf die Bedeutung eines die beiden Ozeane verbindenden Kanals unter amerikanischer Oberhoheit hingewiesen; aber erst der spanisch-amerikanische Krieg des Jahres 1898 gab den Amerikanern Veranlassung, diesem Kanalunternehmen tatkräftig näherzutreten, nachdem sich das Fehlen einer Kanalverbindung zwischen beiden Meeren als

ein großer Nachteil für ihre Kriegführung herausgestellt hatte. Nach eingehender Untersuchung des Isthmus durch amerikanische Ingenieure beschloß der Kongreß der Vereinigten Staaten im Jahre 1902 das gesamte Panamakanalunternehmen von der neuen französischen Gesellschaft anzukaufen und, falls dies nicht gelingen sollte, mit den Republiken Costa Rica und Nikaragua in Verhandlungen einzutreten, um die Einwilligung zur Erbauung eines Kanals zu erhalten, der unter dem Namen „Nikaragua-Kanal“ bekannt ist. Es gelang jedoch den Amerikanern, im Jahre 1904 mit der französischen Gesellschaft einen Vertrag abzuschließen, wonach ihre sämtlichen Rechte und ihr ganzer Besitz auf dem Isthmus einschließlich der Panama-Eisenbahn sowie alle Geräte und Entwurfsstücke usw. auf die Vereinigten Staaten gegen eine Entschädigung von 168 Mill. Mark übergingen. Zur Erweiterung ihrer dadurch auf dem Isthmus erlangten Rechte hatten inzwischen die Amerikaner Verhandlungen mit der Regierung der Vereinigten Republiken von Kolumbien angeknüpft, die aber an dem Widerstande des Kolumbischen Kongresses scheiterten. Infolgedessen erklärte sich die Provinz Panama von Kolumbien unabhängig, und mit der neuen Republik Panama kam ein Vertrag zustande, wodurch die Vereinigten Staaten Amerikas auf dem Isthmus die Herrschaft über eine Landzone von rund 16 km Breite und rund 83 km Länge erhielten, die sich gleichmäßig zu beiden Seiten des Kanals hinzieht und sich noch auf eine Länge von je 5,5 km auf die beiderseitigen Meeresflächen erstreckt. Die Städte Kolon und Panama mit einer kleineren vor ihnen belegenen Wasserfläche sind zwar aus dem amerikanischen Oberhoheitsgebiet ausgeschlossen, den Vereinigten Staaten ist jedoch vertraglich das Recht zugesichert, daß sie dort die Gesundheitsverhältnisse regeln und erforderlichenfalls zur Aufrechterhaltung der Ordnung mit Waffengewalt in ihnen vorgehen können. Als Entschädigung erhielt Panama die Summe von 42 Mill. Mark und eine jährlich zahlbare Summe von rund 1 Mill. Mark; außerdem wurde der Republik Panama ihre Unabhängigkeit gewährleistet. Nunmehr war die Grundlage für einen Kanal geschaffen, wie er bereits dem Präsidenten Grant vorgeschwebt hatte und wie er den wirtschaftlichen und politischen Interessen der Vereinigten Staaten entsprach.

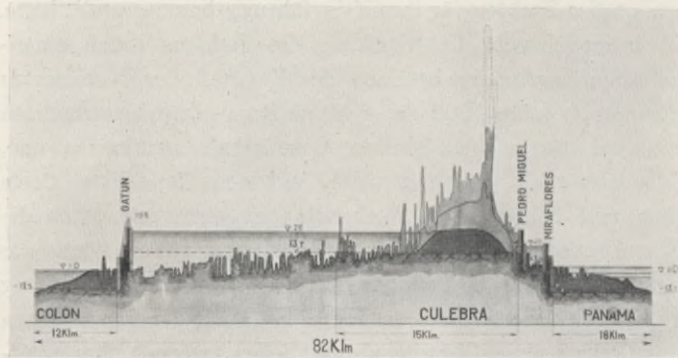


Abb. 1. Längenschnitt des Panamakanals.

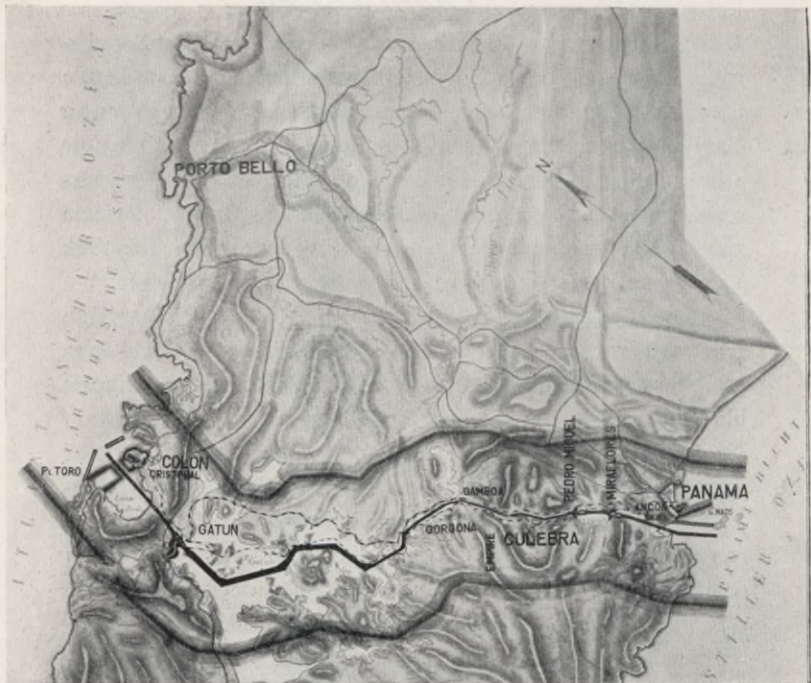


Abb. 2. Lageplan des Panamakanals.

Der Entwurf, welcher dem amerikanischen Kongreß im Jahre 1902 bei seinen Beratungen und Beschlußfassungen als Anhalt diente, bestand in einem Schleusenkanal, der sich im allgemeinen an den Entwurf der zweiten französischen

Gesellschaft anlehnte. Bei der Wichtigkeit und der internationalen Bedeutung des Panamakanals berief jedoch der Präsident Roosevelt im Jahre 1905 nach Washington einen aus acht amerikanischen und fünf europäischen Ingenieuren bestehenden technischen Beirat, dem anzugehören auch ich die Ehre hatte und der sich gutachtlich über die dem Kanal zu gebende Gestalt äußern sollte. Die Mehrzahl des Beirats, zu der drei Amerikaner und alle fünf Europäer gehörten, entschied sich bekanntlich für einen Meeresspiegelkanal. Die Gründe, die sie hierzu bestimmten, waren in kurzem folgende. Ein Meeresspiegelkanal bietet eine größere Sicherheit im Falle eines Krieges; die Schleusen und Dämme eines Schleusenkanals gewähren die Möglichkeit, den Kanal leichter unbenutzbar zu machen. — Hinsichtlich der Sicherheit des Betriebes ist auch ein Meeresspiegelkanal in Friedenszeiten einem Schleusenkanal überlegen. Bei dem großen Gefälle, das die Schleusen erhalten müssen, wenn ihre Anzahl nicht übermäßig vergrößert werden soll, wird sich das Durchschleusen der großen Schiffe recht schwierig und in gewissem Sinne gefahrvoll gestalten. Beschädigungen und Zerstörungen an den Schleusen und Toren werden daher nur zu leicht vorkommen und gegebenenfalls den ganzen Betrieb des Kanals auf längere Zeit in Frage stellen können. — Der Durchgangsverkehr in einem Schleusenkanal ist, wegen der Zeit, die die Schleusungen in Anspruch nehmen, beschränkt, während er in einem Meeresspiegelkanal mit ausreichenden Abmessungen als unbeschränkt anzusehen ist. — Bei einem Schleusenkanal werden durch den hohen Wasserspiegel umfangreiche Ländereien unter Wasser gesetzt und dadurch der weiteren wirtschaftlichen Verwendung entzogen. Auch wurde darauf hingewiesen, daß bei der Erdbebengefahr, die in Mittelamerika besteht, ein Schleusenkanal wegen der vielen Kunstbauten, als Schleusen und Dämme, größeren Zerstörungen ausgesetzt sein kann als ein offener Durchstich mit nur sehr wenigen Bauwerken. Aber auch in rein technischer Beziehung sprach sich die Mehrzahl namentlich deshalb gegen den Schleusenkanal aus, weil sie große Bedenken hinsichtlich der Sicherheit des mächtigen Erddammes bei Gatun hegte. Von den Anhängern des Schleusenkanals wurde jedoch betont, daß ein solcher in kürzerer Zeit und mit erheblich

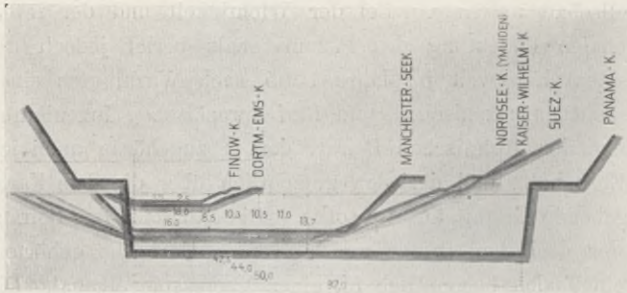


Abb. 3. Vergleich verschiedener Kanalquerschnitte.

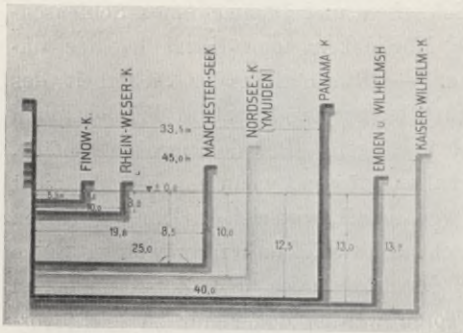


Abb. 4. Querschnitte verschiedener Schleusen.

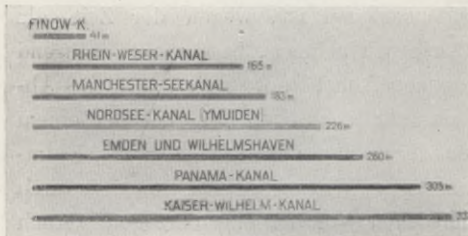


Abb. 5. Längen verschiedener Schleusen.

geringeren Kosten herzustellen sei und daß die Schifffahrt auf dem großen Stausee, der etwa zwei Drittel der ganzen Kanallänge ausmacht, schneller und leichter vonstatten gehen könne als auf dem verhältnismäßig schmalen Fahrwasser eines Meeresspiegelkanals.

Bekanntlich ist im Jahre 1906 von den gesetzgebenden Körperschaften der Vereinigten Staaten

ein Schleusenkanal nach dem Entwurf der Minderzahl des technischen Beirats zur Ausführung bestimmt worden, der indessen noch manche Erweiterung und Abänderung erfahren hat. Die endgültig für die Bauausführung festgesetzte Gestalt ist durch einen Lageplan und einen Längenschnitt (Abb. 1 und 2) veranschaulicht: Auf der Atlantischen Seite führt vom Tiefwasser der Karibischen See durch die Limonbucht hindurch ein Meeresspiegelkanal von 153 m Sohlenbreite und 12¹/₂ m

Tiefe bis zum Fuße der Gatunschleusen; ihm entspricht auf der Seite des Stillen Ozeans eine rund 18 km lange Kanalstrecke, die aber wegen des dort bestehenden Flutwechsels eine Fahrtiefe von 13,7 m unter mittlerem Seewasserspiegel erhalten hat. — Durch einen mächtigen Damm bei Gatun und eine kleinere Dammanlage bei Pedro Miguel wird sodann ein Binnensee von der halben Größe des Frischen Haffs oder von der doppelten Größe des Lago Maggiore, nämlich mit einer Oberfläche von rund 426 qkm aufgestaut, dessen Wasserspiegel 26 m hoch über dem mittleren Meeresspiegel gehalten werden soll; in diesem Stau befindet sich auch der bekannte Durchstich des Gebirgsrückens der Kulebra, der bei seiner Längenausdehnung von 15 km und seiner Einschnitttiefe von 97 m in der Kanalachse wohl die Hauptarbeit beim ganzen Kanalbau darstellt. Der Durchstich erhält nach den neueren Festsetzungen eine Sohlenbreite von 92 m und eine Wassertiefe von 13,7 m, während das übrige im Stau des Gatunsees geschaffene Fahrwasser Breiten bis zu 300 m und mehr und Tiefen bis zu 23 m aufweist.

Der Aufstieg zum sogenannten „Gatunsee“ wird auf der Atlantischen Seite durch drei hintereinander gekuppelte Doppelschleusen am Ostende des Gatundamms vermittelt, während für den Abstieg zum Stillen Ozean die Beschaffenheit des Geländes zwei getrennte Schleusenanlagen, nämlich bei Pedro Miguel und Miraflores als zweckmäßig ergeben hat; die zwischen diesen beiden Staustufen entstehende Haltung liegt noch rund 17 m über dem Meeresspiegel und hat eine Oberfläche von etwa 5 qkm.

Die Tiefen und Breiten, die der Kanal auf seinen freien Strecken erhalten soll, entsprechen zweifellos seiner Bedeutung; keiner der größeren Seekanäle der alten Welt hat derartige Abmessungen auf seinen freien Strecken aufzuweisen. Die Darstellung der verschiedenen Kanalquerschnitte (Abb. 3) läßt deutlich die Überlegenheit des Panamakanals über die hier zum Vergleich herangezogenen Kanäle, nämlich den Kaiser-Wilhelm-Kanal, den Suezkanal, den Nordseekanal und den Manchester-Seekanal, erkennen. Die geringste Sohlenbreite des Panamakanals übertrifft die der genannten Kanäle fast um das Doppelte, und seine geringste Tiefe ist 1,5 bis 4 m größer als die der anderen Kanäle.

*RW 12 Zinse
der Panamakanal
13,77*

Dagegen fällt es auf, daß namentlich die für die Schleusen gewählten Breitenabmessungen hinter denen der neueren Anlagen beim Kaiser-Wilhelm-Kanal sowie in Emden und Wilhelmshaven erheblich zurückbleiben (Abb. 4 und 5). Die Panamaschleusen erhalten nämlich nur eine nutzbare Breite von 33,50 m, während das entsprechende Maß beim Kaiser-Wilhelm-Kanal auf 45 m und bei Emden auf 40 m festgesetzt ist; auch die nutzbare Länge der Panamaschleusen von 305 m bleibt hinter der der Kaiser-Wilhelm-Kanalschleusen um 25 m zurück. Dagegen erreichen die Abmessungen der Schleusen der beiden anderen Kanäle, des Manchester-See- und des Nordseekanals, nicht die der Panamakanalschleusen. — Zum Vergleich sind auch die Schleusen- und Kanalquerschnitte der jetzt in der Ausführung begriffenen preußischen Binnenkanäle und des Finowkanals angegeben (Abb. 3 und 4).

Zur Speisung der ausgedehnten Scheitelhaltung dient außer mehreren kleineren Flußläufen hauptsächlich der Chagresfluß, der in den fast regenlosen Monaten Januar bis April zwar ein friedliches Gewässer ist, aber in der Regenzeit bei seinem ausgedehnten Niederschlagsgebiet und seinem starken Gefälle zu einem reißenden Strome wird, der dann hundertmal so große Wassermengen führt als in der trockenen Jahreszeit; es sind Fälle vorgekommen, in denen er bei Gamboa innerhalb 24 Stunden um 12 m gestiegen ist. Die sich hieraus für die Bauausführung ergebenden Schwierigkeiten haben zum Teil den Mißerfolg der Franzosen verursacht. Der Chagresfluß wird aber im Verein mit den anderen Flüssen imstande sein, den Jahresbedarf an Schleusungswasser, sowie den Verlust durch Verdunstung und Versickerung nach den angestellten Beobachtungen für das ganze Jahr zu decken; vorausgesetzt ist dabei, daß die Verluste durch Versickerung sich in mäßigen Grenzen halten. Um für die trockene Jahreszeit genügenden Wasservorrat zu haben, will man den Wasserspiegel in der nassen Jahreszeit bis zu 60 cm über seine normale Lage ansteigen lassen; für den ungehinderten Schiffsfahrtsbetrieb ist es außerdem als zulässig erachtet, daß in der trockenen Jahreszeit der Wasserstand sogar bis zu 90 cm unter Normalspiegel abfallen kann. Für die Speisung der verhältnismäßig nur kleinen Haltung zwischen Pedro Miguel und Miraflores stehen das aus der Scheitelhaltung abfließende

Schleusungswasser und reichliche Wassermengen aus den beiden Flüssen Rio Grande und Cocoli zur Verfügung.

Die Tätigkeit der Amerikaner, die auf dem Isthmus sogleich nach Übernahme des Kanals im Jahre 1904 einsetzte, beschränkte sich bis zur Festsetzung des endgültigen Entwurfs auf solche Vorbereitungsarbeiten, welche die spätere unbehinderte Inangriffnahme und Fortsetzung des Baues gewährleisten sollten. Abgesehen von der Beschaffung und Ausprobung geeigneter Geräte und Betriebseinrichtungen, war das Hauptaugenmerk darauf gerichtet, die erste und unerläßliche Vorbedingung für die glückliche Durchführung der Bauarbeiten zu erfüllen, nämlich die äußerst ungünstigen Gesundheitsverhältnisse auf dem Isthmus zu bessern. Wohl hatten die Franzosen nach dieser Richtung hin auch schon Tüchtiges geleistet, aber ein größerer Erfolg blieb ihnen versagt, weil ihnen damals die Ursachen der auf dem Isthmus vorherrschenden Krankheiten, der Malaria und des gelben Fiebers, noch nicht bekannt waren. Die Ergebnisse der neuzeitlichen Forschungen auf dem Gebiete der medizinischen Wissenschaften ermöglichten es aber den Amerikanern, die Seuchen erfolgreicher zu bekämpfen. Die Sterblichkeitsziffer ist auf die Hälfte herabgemindert, und sogar das gelbe Fieber, die am meisten gefürchtete Krankheit, ist in der Kanalzone einschließlich Kolon und Panama zum Verschwinden gebracht. Die Tatkraft der Amerikaner und ihre Leistungen hierbei müssen uns mit der größten Bewunderung erfüllen. Allein 4000 Mann, die sogenannte yellow fever brigade, sind nur mit der Vernichtung der Mücken ständig beschäftigt, durch deren Stich Malaria und Gelbfieber übertragen werden; Sümpfe werden soweit als möglich trocken gelegt oder überschüttet und damit die Brutstätten dieser gefährlichen Insekten zerstört. Außerdem werden mit der größten Strenge die polizeilichen Gesundheitsvorschriften in allen Häusern der Kanalzone und der beiden Städte Kolon und Panama gehandhabt. Als die Mitglieder des technischen Beirats vor etwa fünf Jahren den Isthmus besuchten, machte besonders Kolon einen recht ungünstigen Eindruck auf uns. Der Tropenregen hatte die Straßen, die sämtlich ungepflastert waren, in Sümpfe verwandelt, die kaum zu passieren waren; dazu fehlte es des Abends an jeglicher Beleuchtung. Jetzt dagegen ist Kolon

eine Stadt geworden, die den heutigen gesundheitlichen Anforderungen entspricht; sämtliche Straßen sind gepflastert und für ausreichende Entwässerungs- und Trinkwasser- und Beleuchtungsanlagen ist gesorgt. Ebenso ist auch in Panama vieles nach dieser Richtung hin vervollkommen worden. Hervorgehoben zu werden verdienen die ausgedehnten, von den Franzosen bereits errichteten Krankenhausanlagen, die die Amerikaner weiter ausgebaut und dem heutigen Stande der Gesundheitspflege angepaßt haben. Abb. 6 zeigt die Krankenanstalten in Kolon. Die Hauptkrankenhausanlagen (Abb. 7) befinden sich in Ancon am Abhange eines Gebirgshügels, der dicht bei Panama liegt. Das ganze Sanitätswesen untersteht dem Arzt Oberst Gorgas von der amerikanischen Armee, dessen Wirken in erster Linie die erreichten Erfolge zu danken sind. Daß die Amerikaner keine Opfer zur Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse scheuen, erhellt die Tatsache, daß allein für diese Zwecke bis zum 1. Januar d. J. rund 52 Mill. Mark verausgabt waren.

Die Erfahrungen, welche die Amerikaner bei den Vorbereitungsarbeiten sammeln konnten, haben sie auch in den Stand gesetzt, die Gesamtkosten des Kanalbaues mit annähernder Sicherheit zu veranschlagen. Nach Angabe des Chefingenieurs, Oberst Goethals, werden sie sich auf etwa 1500 Mill. Mark belaufen, von denen bis zum Anfang dieses Jahres etwa 890 Mill. Mark verwendet sind.

Für die Ausführung des ganzen Kanalunternehmens ist von den Vereinigten Staaten eine aus sieben Mitgliedern bestehende Kommission — die Isthmian Canal Commission — eingesetzt, die seit dem Jahre 1907 ihren Sitz in Ancon bei Panama hat; sie besteht aus vier Staatsingenieuren und einem Sanitätsoffizier der amerikanischen Armee, einem Zivilingenieur und einem Beamten für die Zivilverwaltung der Kanalzone. Den Vorsitz führt der Chefingenieur Oberst Goethals.

Nachdem der Versuch, die Arbeiten in einzelnen Losen an Unternehmer zu verdingen, zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt hatte, hat man sich entschlossen, sie im eigenen Betriebe auszuführen. Zu diesem Zwecke sind auf der Kanalstrecke drei Hauptabteilungen gebildet, die folgendermaßen abgegrenzt sind. Die Atlantische Abteilung (Abb. 1 u. 2) erstreckt sich vom tiefen Wasser der Karaischen



Abb. 6. Krankenanstalten in Kolon.

See bis zum Anfang des Gatunsees. Die Zentralabteilung, von Gatun bis zum Oberhaupt der Pedro Miguel-Schleusen reichend, leitet die Arbeiten in der Scheitelhaltung, und der Pazifischen Abteilung untersteht die Kanalstrecke von Pedro Miguel bis zum tiefen Wasser des Stillen Ozeans.

Mit den Arbeiten im großen Umfange haben die Amerikaner im Januar 1907 begonnen; bis zu der für An-



Abb. 7. Hauptkrankenhausanlagen in Ancon bei Panama.

fang 1915 in Aussicht genommenen Eröffnung des Kanals stehen also acht Baujahre zur Verfügung — eine verhältnismäßig kurze Zeit zur Bewältigung der bedeutenden Massen an Erdaushub und Mauerwerk bei den Schwierigkeiten der Bauausführung auf dem Isthmus infolge seiner geringen Bevölkerung, des tropischen Klimas und seiner Abgelegenheit!

Die Ausschachtungsarbeiten stellen den größten Teil der zu bewältigenden Kanalarbeiten dar; sie betragen etwa 61 v. H. des ganzen Kanalwerks; sie erfolgen sowohl im Nassen als auch im Trocknen; ihre Gesamtmasse ist zu 162 Mill. cbm berechnet, von denen etwa 55 Mill. cbm auf die Förderung unter Wasser entfallen. Beim alten Kaiser-Wilhelm-Kanal waren im ganzen 80 Mill. cbm Boden trotz seiner größeren Länge zu fördern; die jetzt in der Ausführung begriffene Erweiterung erfordert noch eine Bodenbewegung von rund 100 Mill. cbm.

Von der Gesamtmasse von 162 Mill. cbm sind unter Hinzurechnung der von den Franzosen in dem jetzigen Kanalprisma bereits ausgehobenen 28 Mill. cbm bis

Anfang dieses Jahres etwa 120 Mill. cbm gefördert, so daß für die bevorstehenden vier Jahre noch 42 Mill. cbm zu bewegen bleiben (Abb. 8). — Die Naßbaggerungsarbeiten vollziehen sich hauptsächlich in den beiden Endstrecken des Kanals und gestalten sich an den Stellen, wo harter Fels untergelagert ist, besonders schwierig und zeitraubend. Zur Felsbeseitigung unter Wasser sind Steinrammen nach der Lobnitz-Bauart tätig, die so schwere Ramm-Meißel haben, daß sie bei jedem Stoß den Fels bis auf 1 m Tiefe zu zertrümmern imstande sind. Die gebrochenen Steinmassen werden sodann durch besondere Greifbagger gehoben und in die Fördergefäße verladen. Die sonst für die Ausbaggerung des weicheren Bodens verwendeten Baggergeräte unterscheiden sich in nichts Besonderem von den bei uns gebräuchlichen.

Die Hauptmassen der Trockenausschachtung befinden sich natürlich in dem Durchstich des Kulebragebirges, dessen Kamm an der Stelle, wo der Kanal den Gebirgsrücken durch-



Abb. 8.

bricht, eine Einsattlung aufwies, die in der Kanalachse selbst 83 m und bei dem Auslauf der Kanalböschungen 151 bzw. 113 m über der zukünftigen Kanalsohle liegt. Diese Einsattlung ist die tiefste in der Andenkette auf dem Isthmus und kehrt bei allen Entwürfen als Durchbruchsstelle für den Kanal wieder. Die Franzosen hatten hier bereits 18,5 Mill. cbm beseitigt; den Amerikanern verblieben noch rund 60 Mill. cbm, von denen sie aber mehr als zwei Drittel ausgeschachtet haben. Der Kulebradurchstich dürfte wohl der gewaltigste Einschnitt sein, der je ausgeführt ist. Seine Abmessungen sind so groß, daß der Kölner Dom, auf der Sohle errichtet,

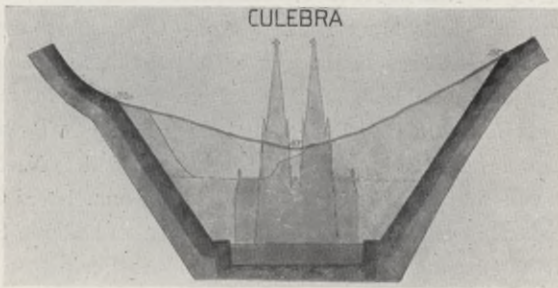


Abb. 9. Kulebra-Durchstich im Vergleich mit dem Kölner Dom.

bequem in ihm Platz findet, ohne mit den Kreuzblumen die Kanalböschungen merklich zu überragen (Abb. 9). Die Franzosen hatten ebenso wie später die Amerikaner hier ihre Haupttätigkeit entwickelt; sie hatten einen 42 m tiefen, aber verhältnismäßig engen Einschnitt hergestellt, während die erste Arbeit der Amerikaner darin bestand, den Durchstich auf seine volle entwurfsgemäße Breite zu bringen, bevor sie tiefer gingen. Sie sind jetzt in der Mitte beinahe bis zum zukünftigen Kanalwasserspiegel vorgedrungen, so daß ihnen daselbst nur noch rund 14 m an der endgültigen Tiefe fehlen; an den beiden Enden haben sie dagegen schon die Kanalsohle erreicht. — Die Bodenarten, die hier zu beseitigen sind, bestehen hauptsächlich aus hartem Felsen, der zu seiner Lösung mit Dynamit gesprengt werden muß, und aus Lehm; letzterer hat an verschiedenen Stellen des Durchstichs, durch den reichlichen Regenfall aufgeweicht, zu erheblichen



Abb. 10. Rutschung im Einschnitt bei Kulebra.

Rutschungen Anlaß gegeben. Die größte ist die sogenannte „Cucaracha“-Rutschung südlich vom Gold Hill, die sich schon zur französischen Kanalbauzeit bemerkbar gemacht hat; sie hat jetzt eine Längenausdehnung von etwa 850 m, und mehr als 500 000 cbm Boden sind noch in ihr in Bewegung, trotzdem schon etwa ebensoviel beseitigt sind. Nach dem eingangs erwähnten Bericht des Regierungsbaumeisters Quedfeld haben in letzter Zeit die Rutschungen an anderen Stellen bedeutend zugenommen und sich im Abstände von etwa 100 m von der Kanalböschung neue Risse gezeigt. Abb. 10 zeigt eine Rutschung, die bereits die oberhalb stehenden Häuser gefährdet, so daß mit dem Abbruch derselben begonnen ist. Es besteht deshalb die Absicht, die Böschungen des Einschnitts abzufachen.

Bei dem starken Wasserzufluß, dem die Kulebrabaustelle naturgemäß ausgesetzt ist, mußten von den Amerikanern umfassende Entwässerungseinrichtungen getroffen werden. Der Durchstich durchschneidet die Täler des Obisopflusses, des Rio Grande und anderer kleinerer Flußläufe. Das Wasser dieser Flüsse ist durch lange und breite Kanäle abgeleitet, die teilweise mit starken Erddeichen eingefafßt werden mußten; auch zur Abhaltung der gefürchteten Fluten des Chagresflusses, den der Durchstich an seinem nördlichen Ende berührt, mußten starke Deichanlagen zur Ausführung gelangen. Mächtige Pumpen sind außerdem aufgestellt, die das reichliche Quell- und Regenwasser zu beseitigen haben.

Die bei der Trockenausschachtung verwendeten Geräte und Maschinen dürften besonderes Interesse in Anspruch



Abb. 11. Durchstich der Kulebra.



Abb. 12. Durchstich der Kulebra.

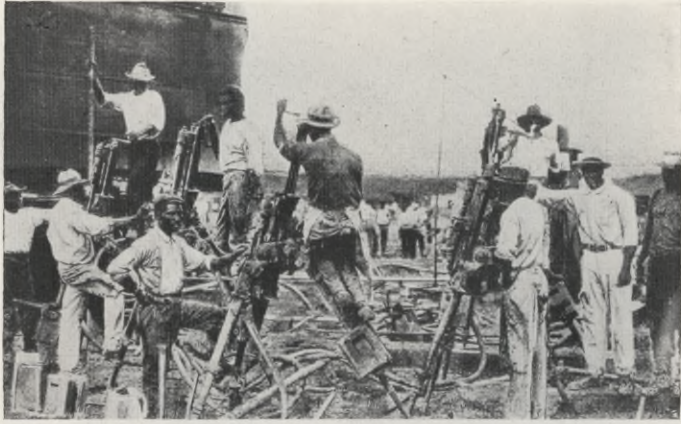


Abb. 13. Arbeiten mit Preßluftbohrern.

nehmen. Man hat bei den Vorbereitungsarbeiten (1904 bis 1907) genügend Gelegenheit gehabt, sie gehörig auszuprobieren, so daß ihre zweckmäßige Auswahl mit großer Sicherheit getroffen werden konnte. Die Franzosen haben nur den auch bei uns üblichen Trockenbagger benutzt, während das Hauptgerät der Amerikaner die Dampfschaufel ist, die in einer Anzahl von etwa 100 Stück auf der ganzen Kanalstrecke vertreten ist; allein 63 Stück hiervon arbeiten im Kulebradurchstich; sie werden in verschiedenen Größen von 2 bis

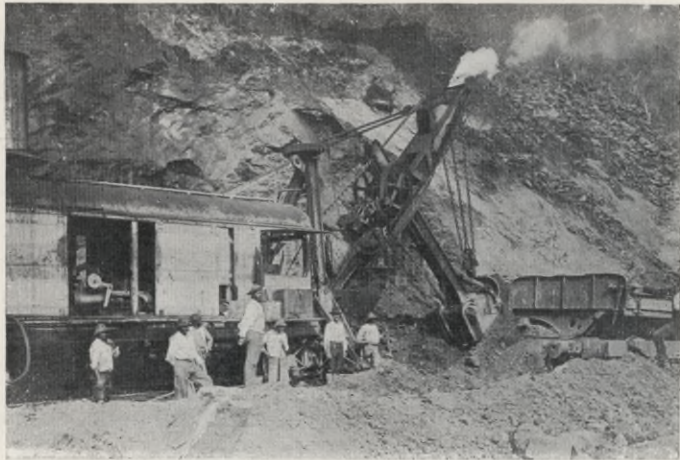


Abb. 14. Dampfschaufel in Tätigkeit.



Abb. 15. Umgestürzte Dampfschaufel.

4 cbm Kübelinhalt verwendet. Die Dampfschaufel besteht aus einem großen Kübel an einem starken Schaft, der vermittels eines Flaschenzuges gehoben und gesenkt werden kann. Abb. 14 zeigt die Dampfschaufel in dem Augenblick, in dem sie die Boden- und Felsenmassen greift. Abb. 16 zeigt den eben entleerten Kübel über dem Förderwagen. Abb. 15 zeigt eine umgestürzte Dampfschaufel, an der die Größe des Kübels ersichtlich ist. — Für jede Schaufel sind 4 bis 12 Preßluftbohrer tätig, die die zur



Abb. 16. Dampfschaufel nach Entleerung des Kübels über dem Förderwagen.

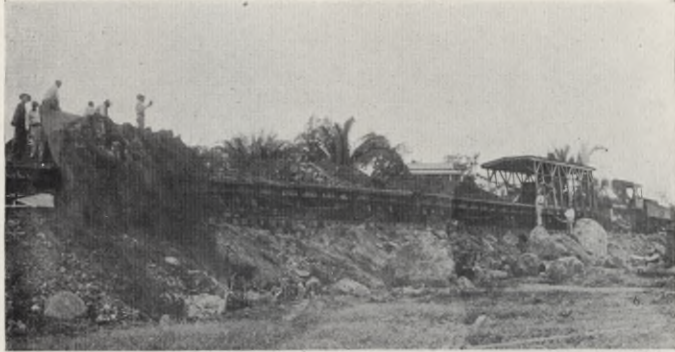


Abb. 17. Entladen der Förderwagen durch Räumler.

Felssprengung erforderlichen Löcher herzustellen haben. Abb. 13 zeigt eine Arbeitsstätte, auf der mit Preßluftbohrern gearbeitet wird. Der Preßluftbohrer ist im wesentlichen ein Bohrgestänge, in dem ein Bohrer durch Preßluft auf und ab bewegt wird. Die Preßluft wird durch Schläuche zugeführt; sie wird von einer Anlage geliefert, welche in ihrer Art wohl die mächtigste der Welt ist. In der vollen Länge des Einschnitts und noch weiter in südlicher Richtung über diesen hinaus etwa bis Miraflores ist ein Hauptrohr von 30 cm Durchmesser verlegt, aus dem die durch gewaltige Kompressoren erzeugte Preßluft für jede Verwendungsstelle entnommen werden kann. — Abb. 11 und 12 sind Ansichten von dem Durchstich der Kulebra.



Abb. 18. Werkstätte für Lokomotiven und Förderwagen in Gorgona.

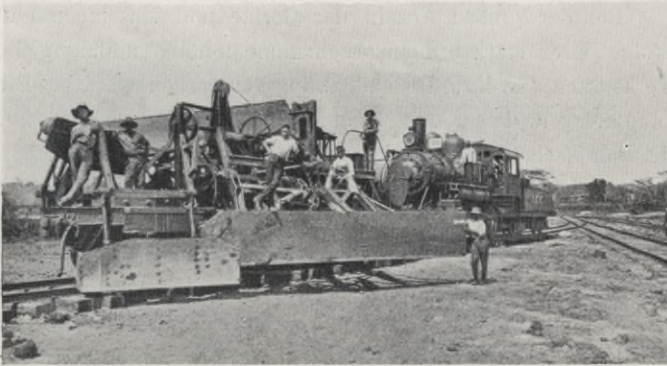


Abb. 19. Gerät zur Freimachung der Fördergleise vom Fördergut.

Die Leistungen der Dampfschaufeln im Verein mit den Bohr- und Sprenganlagen sind über die Erwartung große; es sind Tagesleistungen einer Schaufel bis zu 3000 cbm bei achtstündiger Arbeitszeit zu verzeichnen gewesen. Zur Beförderung der von den Dampfschaufeln ausgehobenen Boden- und Felsmassen nach den Ablagerungsstellen sind nahezu 4000 Wagen und etwa 300 Lokomotiven in Verwendung. Weite Wege — bis zu 40 km — haben die Erdförderzüge zurückzulegen, um die Ausschachtungsmassen unterzubringen; deshalb sind Wagen im Gebrauch, die hinsichtlich ihres Inhalts die unsrigen bei weitem übertreffen und die infolgedessen so schwer sind, daß sie nicht mehr, wie bei uns, mit der Hand, sondern durch Maschinen entladen werden müssen. Eine solche Entladevorrichtung zeigt Abb. 17. Wenn der Förderzug auf der Entladestelle angelangt ist, wird ihm eine besondere Maschine vorgesetzt; sie befindet sich unter dem großen Dach. Vor das andere Ende des Zuges wird ein Räumer nach Art unseres Schneepfluges vorgeschoben. Beide, Maschine und Räumer, werden mit einem Drahtseil verbunden. Die Maschine rollt das Drahtseil auf und bewegt somit den Räumer über die Plattformen der Wagen, die untereinander durch Platten verbunden sind. Man sieht, wie hierdurch das Fördergut von den Wagen entfernt wird, die zu diesem Zwecke keine Seitenwände haben. Hierbei läßt es sich nicht vermeiden, daß die Fördergleise überschüttet werden. Zur Freimachung der Gleise dient ein anderes, ebenfalls nach Art eines Schneepfluges ausgebildetes Gerät, wie Abb. 19 zeigt.

Bei der großen Anzahl der Geräte und Maschinen und infolge ihrer starken Inanspruchnahme mußten umfangreiche Werkstätten für ihre Instandhaltung vorgesehen werden. Die Hauptanlagen dieser Art befinden sich in Empire, wo nur die Dampfschaukeln ausgebessert, und in Gorgona (Abb. 18), wo besonders die Lokomotiven und Förderwagen instandgesetzt werden; allein in diesen beiden Werkstätten werden etwa 2000 Mann beschäftigt. Zur betriebsfähigen Erhaltung des Baggerparks sind die von den Franzosen in Cristobal und Balboa herrührenden Werkstatts- und Dockanlagen erheblich erweitert und mit neuen Einrichtungen versehen worden; auch hier sind mehrere Hundert Arbeiter ständig tätig.

Es dürfte wohl zu weit führen, hier noch auf die anderen Bauanlagen und Einrichtungen einzugehen, welche für die ungehinderte Förderung des Erd- und Felsaushubes für erforderlich gehalten sind; es sind ihrer noch viele und verschiedene, die nur die Tatsache bekräftigen, daß nach jeder Richtung hin Vorsorge getroffen ist, um den Schwierigkeiten, die sich naturgemäß bei dem Vordringen in die größeren Tiefen häufen, erfolgreich zu begegnen.

Nicht minder großzügig und zweckentsprechend sind die Maßnahmen und Vorbereitungen, welche die Bauleitung zur Ausführung der großen Bauwerke, wie der Dämme, Wellenbrecher und Schleusen, getroffen hat.

Die Bauarbeiten sind auf allen Baustellen in vollem Betriebe und werden überall mit großem Nachdruck gefördert.

Von allen Bauwerken hat wohl keins so allgemeines Interesse erregt, wie der mächtige Damm bei Gatun (Abb. 20 u. 21), von dessen Sicherheit ja in erster Linie der Bestand des ganzen Kanals abhängig ist; er verbindet mehrere Hügel bei Gatun untereinander und füllt somit die zwischen ihnen liegenden Täler aus, darunter auch das, durch welches der Chagresfluß bisher seinen Lauf genommen hat. Seine ganze Länge in der Krone beträgt 2,4 km; je nach der Höhenlage des Untergrundes ist seine untere Breite sehr verschieden; an der tiefsten Stelle, d. h. etwa in Meeresspiegellhöhe, wird sie eine Ausdehnung von etwa 710 m erreichen. Mit seiner Krone überragt er den normalen gestauten Wasserspiegel des Gatunsees um 9 m, hat also eine Höhe von 35 m, ein für unsere Verhältnisse außergewöhnliches Höhenmaß für

einen Erddamm von solcher Bedeutung. Seine Kronenbreite ist zu 30 m angenommen, und er hat so flach abfallende Böschungen erhalten, daß er in Stauspiegelhöhe bereits eine Dicke von 120 m aufweist. — Die Vorarbeiten für die Dammbauweise sind sehr eingehende gewesen; man hat sich nicht nur damit begnügt, zahlreiche Bohrungen und Versuchsbrunnen auszuführen, sondern es sind auch vorher zwei größere Modelle des Dammquerschnitts gefertigt, bei welchem

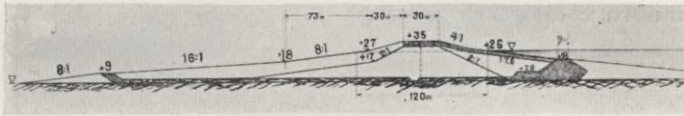


Abb. 20. Querschnitt.

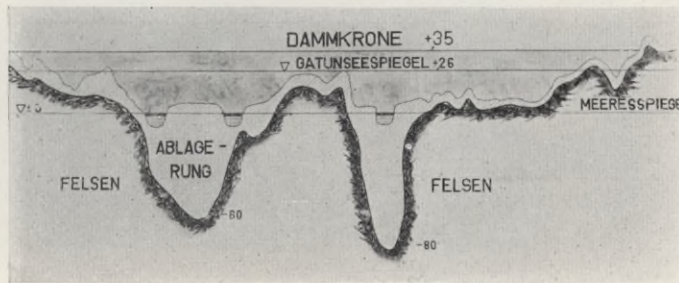


Abb. 21. Längenschnitt.

Abb. 20 u. 21. Gatundamm.

Versuche hinsichtlich seiner Standfähigkeit und Dichtigkeit angestellt sind und bei welchem auch die zur Dammschüttung zu verwendenden Baustoffe eingehend ausgeprobt worden sind; die Einbringung der Bodenmassen in den Modellquerschnitt ist in derselben Weise erfolgt, wie sie für die wirkliche Ausführung in Aussicht genommen ist; zwischen den Steinschüttungen, die den Damm auf beiden Seiten begrenzen, wird die Hauptmenge des Füllstoffes auf hydraulischem Wege, d. h. mittels Spülvorrichtungen eingebracht, weil man damit in Übereinstimmung mit dem Modellversuche eine besonders große Dichtigkeit des Dammes zu erzielen hofft. Wie aus dem Längenschnitt des Dammes hervorgeht, erreicht die Dammschüttung nicht überall den aus einem tonhaltigen Sandstein bestehenden festen Untergrund; besonders zwei starke Einsattlungen machen sich hier bemerkbar, bei

denen der Fels sich erst in einer Tiefe von 60 bzw. 80 m unter dem Meeresspiegel vorfindet. Die Bohrungen und Versuchsbrunnen haben ergeben, daß die diese Einsenkungen ausfüllenden Bodenarten alte und feste Ablagerungen sind, die den Amerikanern zu Bedenken in bezug

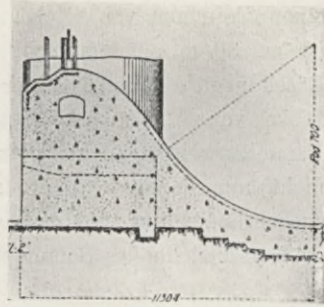


Abb. 22. Querschnitt.

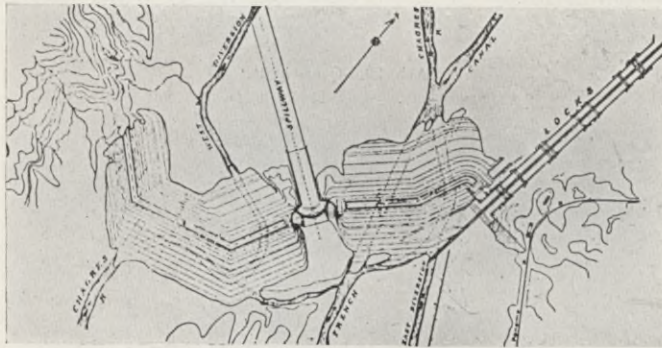


Abb. 23. Lageplan.

Abb. 22 u. 23. Entlastungsvorrichtung im Gatundamm.

auf die Dichtigkeit und Standsicherheit keinen Anlaß gegeben haben. Die genauen Untersuchungen des Sandsteinfelsens haben erwiesen, daß er an sich wohl imstande ist, mit Sicherheit die Last des Dammes zu tragen, aber auch daß zwischen den einzelnen Schichtungen des Gesteins, besonders in seinen oberen Lagen, wasserführende Spalten vorhanden sind. Man hofft sie jedoch durch Ausführung von Spundwänden usw. unschädlich zu machen. Zur Schüttung des Dammes sind 18,5 Mill. cbm Masse erforderlich; seine Gesamtkosten einschl. der für die in ihm befindliche Entlastungsvorrichtung sind zu 57 Mill. Mark veranschlagt.

Im November 1908 trat bei Ausführung der Stein-schüttung an dem südlichen Böschungsfuße eine starke Sackung ein (Abb. 24); auf eine Länge von etwa 60 m senkten sich die Steinmassen um rund 6 m. Dieses Ereignis hat seinerzeit besonders in den Vereinigten Staaten zu

allerlei beunruhigenden Gerüchten Veranlassung gegeben; man wollte daraus folgern, daß die Standsicherheit des Dammes, namentlich wenn er erst dem hohen Wasserdruck des Gatunsees ausgesetzt wird, nicht gewährleistet sei. Von der Bauverwaltung wurde indessen dieser Erscheinung darum keine Bedeutung beigelegt, weil die Senkung gerade an der Stelle eingetreten ist, wo der alte, in den achtziger Jahren bereits



Abb. 24. Sackung am südlichen Böschungsfuße des Gatundammes.

hergestellte französische Kanal die Dammbaustelle kreuzt, und weil augenscheinlich das Gewicht der Steine die in diesem Kanalstück befindlichen weichen Ablagerungen und Schlickmassen herausgedrängt hatte.

Die übrigen kleineren Dämme, welche für den Stau des Gatunsees bei Pedro Miguel und für die Mirafloresseehaltung erforderlich werden, sind erheblich kleinere Anlagen, die ein erhöhtes Interesse nicht beanspruchen dürften.

Bei jeder Staudammanlage mußte eine Entlastungsvorrichtung angeordnet werden, durch die das überschüssige Wasser der beiden Haltungen frei zum Abfluß gelangen kann und die daher verhüten soll, daß der Wasserstand die planmäßige Höhe überschreitet. Diese in ihrer Art gewaltigen Anlagen werden in massiver Bauart aus Beton hergestellt und sind auf ihrer Krone mit Schützen versehen, durch die der Wasserstand je nach Bedarf innerhalb der zulässigen Grenzen

gehoben und gesenkt werden kann. Die größte befindet sich im Gatundamm; sie ist nach Art der Talsperrenmauern ausgebildet und hat in der Krone eine Länge von 230 m und eine Höhe von 26 m (Abb. 22 u. 23).

Die Wellenbrecher, mächtige Steindämme vor der Limonbucht, und der Schutzdamm an der Ausmündung des Kanals am Stillen Ozean sind Bauwerke von solch gewaltigen Abmessungen, daß ich sie nicht übergehen darf. In der Karibischen See kommen in den Monaten November bis März bisweilen äußerst starke und anhaltende Stürme vor, die unter dem Namen „Norther“ bekannt und von der Schifffahrt sehr gefürchtet sind; sie treten in der Regel ganz plötzlich mit sehr schwerem Seegang auf und gefährden die in der Limonbucht ankernden und die an den völlig ungeschützten Piers bei Kolon ladenden oder löschenden Schiffe aufs äußerste. In dieser kritischen Zeit müssen jetzt die Schiffe stets unter vollem Dampf liegen, damit sie bei dem ersten Anzeichen eines solchen Orkans sogleich die freie See gewinnen und dort das Unwetter abwarten können. Um auch unter solchen Umständen die sichere Einfahrt in den Kanal zu gewährleisten und um zugleich die ganze Limonbucht mit dem Hafen von Kolon zu schützen, werden zwei mächtige Steindämme, deren Krone 5 m breit ist und 3 m über dem mittleren Meeresspiegel liegt, ausgeführt. Der westliche hat eine Länge von 3,2 km und der östliche eine solche von etwa 1,7 km; beide Dämme erfordern etwa 4 Mill. cbm Steine und ihre Kosten sind zu rund 48 Mill. Mark veranschlagt. — Die Panamabucht wird nie von so heftigen Stürmen heimgesucht, als daß man ihretwegen auf eine Sicherung der Kanaleinfahrt Bedacht nehmen müßte. Dagegen hat man hier mit einem kräftigen, sandführenden Küstenstrome zu rechnen, der den Kanal rechtwinklig schneidet und seine baldige Versandung herbeiführen würde. Durch einen Steinwall, der bei einer Länge von 4 km das Festland bei Balboa mit der kleinen Insel Naos verbindet, soll dieser Küstenstrom unschädlich gemacht werden. Etwa zwei Drittel des Dammes sind bereits fertig, und zu seiner Herstellung werden besonders die bei der Ausschachtung des Kulebradurchstichs gewonnenen Felsmassen verwendet, während für die Wellenbrecher der Limonbucht die Gesteinsmassen

Abb. 25. Querschnitte.

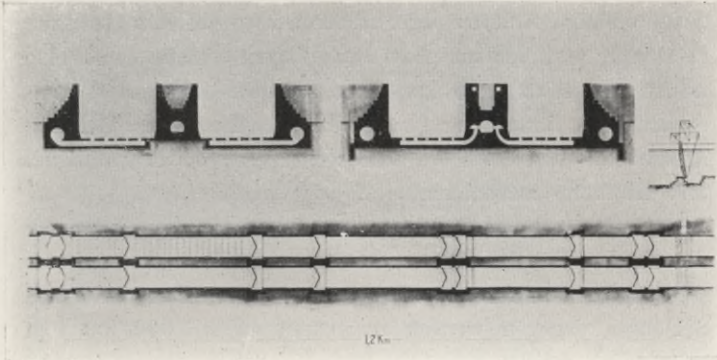


Abb. 26. Grundriß.

Abb. 25 u. 26. Schleusen bei Gatun.

aus Steinbrüchen, die zu diesem Zwecke bei Toro point angelegt sind, herbeigeschafft werden.

Wie schon vorher erwähnt, soll der Aufstieg zum Gatunseespiegel und der Abstieg von ihm zum Meeresspiegel durch je drei Schleusenstufen erfolgen, auf die der Unterschied jener beiden Spiegel von 26 m gleichmäßig verteilt ist; in jeder Schleuse müssen daher die Schiffe um $\frac{1}{3}$ von 26, d. h. 8,7 m gehoben oder gesenkt werden. Für den Durchgangsverkehr von Seeschiffen sind derartige Schleusengefälle noch nicht vorhanden, wohingegen bei unseren Binnenschiffahrtsstraßen bedeutend größere Gefälle vorkommen. So haben die Schachtschleuse von Henrichenburg am Dortmund-Ems-Kanal und die Sparschleuse am Ems-Weser-Kanal bei Minden je ein Gefälle von 14 m erhalten. Bei den Schleusen des Masurischen Kanals gelangen sogar Schleusengefälle bis zu 18 m zur Ausführung. Bei dem Gefälle von 8,7 m ergibt sich für die Schleusenmauern eine Höhe von 25 m über dem Kammerboden. Dadurch, daß nun bei Gatun drei Schleusenbauwerke mit diesen großen Abmessungen sich paarweise aneinander reihen, dürfte zusammen mit den Mauern, die die Ein- und Ausfahrt unten und oben sichern sollen, ein Wasserbauwerk geschaffen werden, wie es wohl bis jetzt als einzig in der Welt dastehen wird. Die Gesamtlänge dieser Anlage beträgt nämlich 1,2 km, und 1 600 000 cbm Mauerwerk sind in ihr enthalten. Von der Gesamtmasse dieses Mauerwerks, das aus einzelnen Baustoffen hergestellt

werden muß, kann man sich ein Bild machen, wenn man sich vorstellt, daß zu ihrer Beförderung ein Eisenbahnzug notwendig ist, der aus 320 000 Wagen bestehen und eine Länge von etwa 3000 km haben würde; dieser Länge entspricht eine Entfernung von Berlin nach Lissabon. Dieselbe Menge enthalten auch die Schleusenanlagen bei Pedro Miguel und Miraflores zusammen.

Gering nehmen sich dagegen die für die alten Schleusen des Kaiser-Wilhelm-Kanals erforderlichen Betonmassen aus; sie betragen zusammen etwa 300 000 cbm. Für die neuen Schleusen dagegen werden zusammen auch 1 000 000 cbm erforderlich werden.

Die dargestellten Querschnitte (Abb. 25 u. 26) dürften die Bauweise der Schleusenmauern und -böden erläutern. In den Mauern fallen besonders die großen Wasserzuführungskanäle, die sogenannten „Umläufe“ auf. Während nämlich bei den neuen Schleusen des Kaiser-Wilhelm-Kanals ein Umlaufquerschnitt von 12,5 qm vorgesehen ist, haben die des Panamakanals einen solchen von 25 qm erhalten; vermutlich zum Zwecke der möglichst schnellen Füllung und Leerung der Kammern während des Schleusenbetriebes. Ob diese ungewöhnliche Umlaufgröße indessen immer wird ausgenutzt werden können, erscheint zweifelhaft. Jedenfalls muß das Heben und Senken der größeren Schiffe mit äußerster Vorsicht und deshalb sehr langsam erfolgen, wenn nachteilige Bewegungen derselben in der Kammer verhindert werden sollen. Allerdings glaubt man dadurch, daß die Wasserzuführung zur Kammer von den Hauptkanälen aus durch über die ganze Kammer verteilte Stichkanäle erfolgt, die mit mehreren Öffnungen in der Sohle selbst münden, die beim Füllen und Leeren entstehende Wasserbewegung auf ein geringes Maß beschränken zu können. In der Mittelmauer ist nur ein Umlaufkanal vorgesehen, der mit solchen Abschlußvorrichtungen ausgestattet ist, daß er für beide Schleusen zum Füllen und Leeren benutzt werden kann; hierdurch wird es auch ermöglicht, daß Wasser aus der einen Schleuse in die danebenliegende geleitet werden kann.

Der Verschuß der großen Schleusenammern erfolgt durch eiserne zweiflügelige Stemmtore, die nach Art der bei den alten Kaiser-Wilhelm-Kanalschleusen verwendeten

Tore ausgeführt werden, diese aber in ihren Abmessungen und Gewichten erheblich übertreffen; die einzelnen Flügel haben eine Länge von rund 20 m; ihre Höhe wechselt zwischen 14,5 und 25 m. Im ganzen werden 92 Torflügel erforderlich mit einem Gesamtgewicht von 880 000 Zentner; der schwerste wiegt 11 000 Zentner, während der schwerste Torflügel bei den alten Kaiser-Wilhelm-Kanalschleusen nur etwa 3000 Zentner wiegt; die neuen Schiebetore dieses Kanals weisen jedoch für das Stück ein Gewicht von etwa 20 000 Zentner auf. Die Lieferung und Aufstellung der Panamakanalschleusentore ist an eine nordamerikanische Firma in Pittsburg zum Gesamtpreise von etwas mehr als 22,5 Mill. Mark, d. h. also zu einem Einzelpreise von etwa 0,5 Mark/kg verdungen. — Die große Anzahl der Torflügel ergibt sich dadurch, daß abgesehen von den Sicherheitstoren für jede Kammer ein Zwischentorpaar angeordnet ist, welches die Kammer in zwei Teile teilt, wodurch beim Durchschleusen kleinerer Schiffe an Schleusungswasser gespart werden kann.

Bekanntlich sind beim Manchester-Seekanal und auch an anderen Kanälen mehrfach Zerstörungen durch Handelsdampfer und dadurch längere Unterbrechungen des Schiffahrtverkehrs vorgekommen. Da derartige Ereignisse natürlich beim Panamakanal ganz unberechenbare Folgen haben könnten, so haben die Amerikaner sehr weitgehende Vorsichtsmaßregeln getroffen, um zunächst das Anrennen der Tore durch Schiffe nach Möglichkeit zu verhüten, und dann, falls einmal eine derartige Zerstörung eingetreten ist, die weiteren Folgen möglichst abzuwenden. Zunächst liegt in der Anordnung von Doppelschleusen eine gewisse Gewähr für die stetige Aufrechterhaltung des Betriebes, wenn auch nicht in dem sonstigen Umfange. Dann sind an den Hauptgefahrstellen, d. h. bei den Einfahrten zu den unteren und oberen Schleusen, Doppeltore in einer Entfernung von etwa 28 m voneinander vorgesehen. Da alle Tore sehr stark ausgeführt sind, so nimmt man an, daß nach Zerstörung des ersten Torpaares dem Schiffe bereits ein so großer Widerstand entgegengesetzt war, daß die weitere Bewegung desselben aufhört und das zweite Torpaar nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, daß bei der Zertrümmerung eines Torpaares der oberen Schleusen der Gatunsee zum freien

Abfluß gelangt und damit die Trockenlegung des Kulebra-durchstichs herbeigeführt wird. Man kann wohl behaupten, daß unter solchen ungünstigen Umständen die Schifffahrt auf dem Panamakanal auf Monate, ja auf Jahre unmöglich gemacht werden kann. Außerdem können an mehreren Stellen der Schleusenanlagen quer über die Kammern in Wasser-spiegelhöhe starke Ketten gespannt werden, die auf den

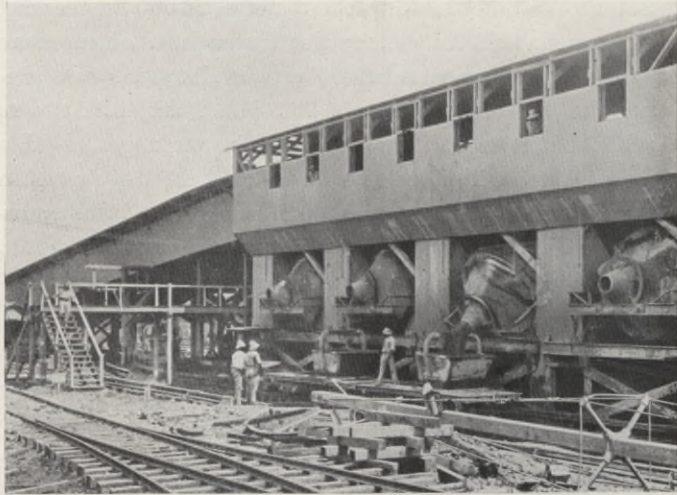


Abb. 27. Betonmischtrommeln.

Mauern so befestigt sind, daß sie allmählich nachgeben und dadurch das gegen sie anrennende Schiff schließlich zum Stillstand bringen. Vor den oberen Schleusen bei Gatun, bei Pedro Miguel und bei Miraflores sind dann noch besondere bewegliche Abschlußvorrichtungen in Aussicht genommen, die bei einer größeren Beschädigung der Schleusen, durch welche gegebenenfalls der Gatunsee oder der Mirafloressee zum Abfluß gelangen kann, in Tätigkeit treten. Sie bestehen aus einer Drehbrücke (Abb. 28 u. 29), die über die Schleuseneinfahrt ausgeschwenkt werden kann, mit einzelnen Ständern, die sich oben gegen die Brücke selbst und unten gegen eine in der Sohle angeordnete Schwelle stützen. Die zwischen den Ständern befindlichen Öffnungen werden nach und nach mit Schützentafeln zugesetzt, wodurch der Wasserstrom allmählich abgeschnitten wird. In ihrem Zweck entspricht diese Vor-

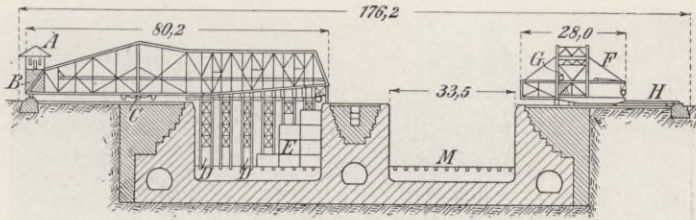


Abb. 28. Querschnitt.

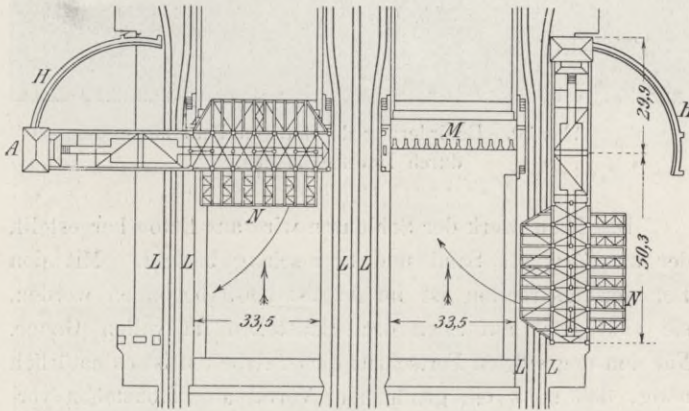
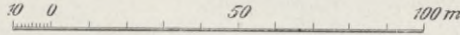


Abb. 29. Grundriß.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| <i>A</i> Maschinenhaus | <i>F</i> Bewegungsvorrichtung f. d. Ständer |
| <i>B</i> Gegengewicht | <i>G</i> desgl. f. d. Schützen |
| <i>C</i> Drehkranz | <i>H</i> Quadrant |
| <i>D</i> Ständer | <i>L</i> Gleis f. d. elektrischen Lokomotiven |
| <i>E</i> Schützentafeln | <i>M</i> Schwelle in der Sohle |
| <i>N</i> Ständer in wagerechter Lage. | |

Abb. 28 u. 29. Bewegliche Abschlußvorrichtung der oberen Schleusen bei Gatun.

richtung den in den Schleusen des Kaiser-Wilhelm-Kanals vorhandenen Sperrtoren, die ja auch dazu angeordnet sind, eine sich in den Schleusen entwickelnde übergroße Strömung zum Stillstand zu bringen. Schließlich sollen zur weiteren Betriebssicherheit die Schiffe nicht mit eigenem Dampf durch die Schleusen fahren, sondern durch Lokomotiven geschleppt werden, die zu beiden Seiten der Kammern auf den Schleusenmauern laufen. Die Bewegung sämtlicher Tore und Schützen erfolgt durch Elektrizität, die durch Wasserkraftanlagen bei Gatun und bei Miraflores gewonnen wird.

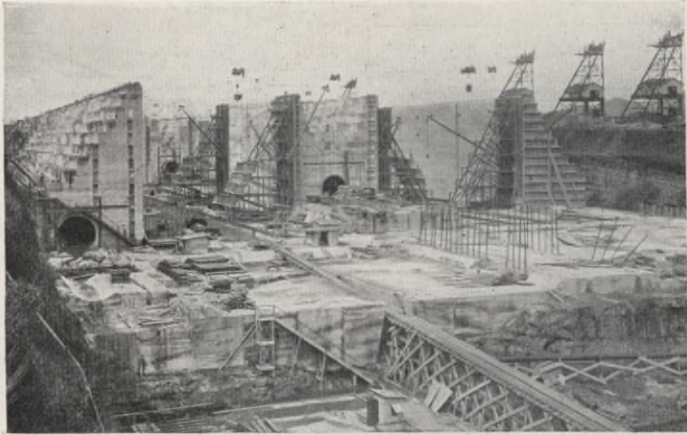


Abb. 30. Beförderung der fertigen Betonmasse durch Drahtseilbahnen.

Das Mauerwerk der Schleusen wird aus Beton hergestellt, der aus Zement, Sand und Steinschlag besteht. Mit den Betonierungsarbeiten ist im August 1909 begonnen worden, sie sind jetzt auf allen drei Baustellen im vollen Gange. Für den ungestörten Fortschritt dieser Arbeiten ist es natürlich nötig, daß stets ein genügender Vorrat an Betonstoffen vorhanden ist, die unter erschwerenden Umständen in der Hauptsache von auswärts herbeigeschafft werden müssen. So kommt der Zement aus den Vereinigten Staaten; zu seiner Beförderung sind ständig drei große Seedampfer in der Fahrt zwischen Neuyork und Kolon tätig. Die Hauptmenge der Steine wird aus Brüchen entnommen, die in der Nähe des Hafens von Porto bello und bei Ancon angelegt sind; auch der erforderliche Sand kann in genügender Menge auf dem Isthmus nicht gewonnen werden; er wird von verschiedenen Stellen der Atlantischen und der Pazifischen Küste herbeigeht. Zur Lagerung dieser Stoffe bis zu ihrer Verwendung sind ausgedehnte Plätze und Schuppen angelegt, von denen sie auf Wagen mittels elektrischen Lokomotivbetriebes zu den großen Mischtrommeln (Abb. 27) in der Nähe des Bauwerks befördert werden. Die Zubereitung und Einbringung des Betons in die Mauern erfolgt in der Hauptsache durch Maschinen. Die hierzu getroffenen Anlagen sind ganz gewaltige; sie sind nicht auf allen drei Baustellen gleich. In Gatun werden

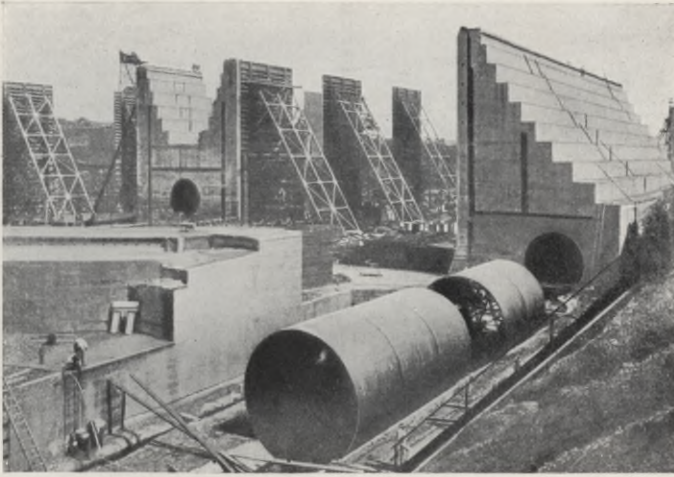


Abb. 31. Fahrbar eiserne Lehren zur Herstellung der Betonmauern der Schleusen bei Gatun.

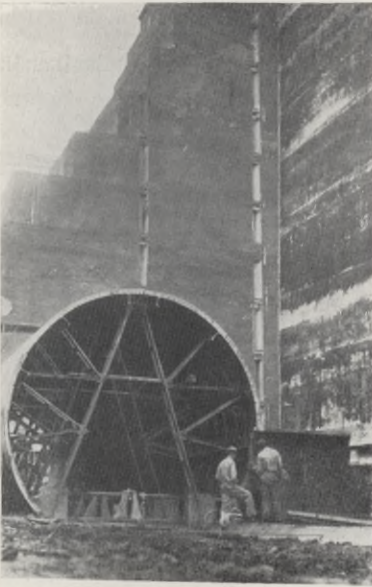


Abb. 32. Aussparung der Umlaufkanäle durch eiserne Rohre.

mächtige eiserne Lehren verwendet (Abb. 31), die auf Gleisen fahrbar sind und mittels deren die Mauern zunächst in einzelnen voneinander getrennten Pfeilern aufgeführt werden; letztere bilden dann für die Ausfüllung der zwischen ihnen liegenden Räume gleichzeitig die seitlichen Begrenzungen. Die Beförderung der fertigen Betonmasse von den Mischmaschinen und die Einbringung in den durch die Lehre hergestellten Mauerquerschnitt erfolgt mittels Drahtseilbahnen (Abb. 30). Zu diesem

Zwecke sind auf jeder Seite der Schleusenbaustelle zwei mächtige, auf Gleisen bewegliche eiserne Türme aufgestellt, zwischen denen die Drahtseilkabel quer über die Baustelle

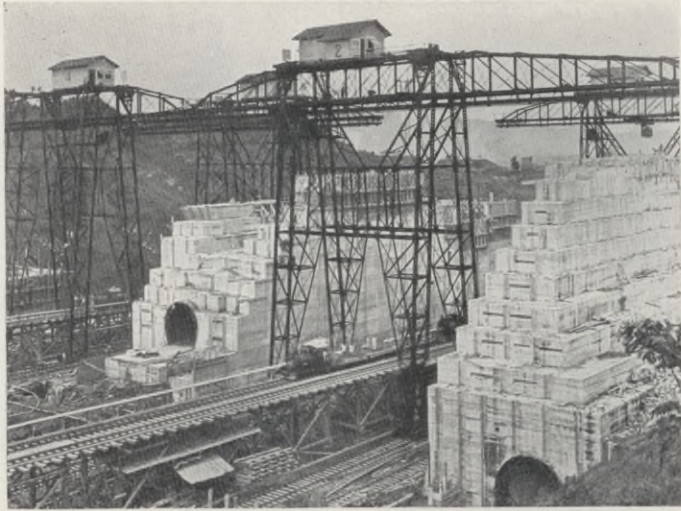


Abb. 33. Fahrbare Krane in den Schleusenammern bei Pedro Miguel zur Einbringung des Betons.

ausgespannt sind. Um die Öffnungen für die Umlaufkanäle bei der Betonierung auszusparen, werden riesige eiserne Rohre in der entwurfsgemäßen Umlaufgestalt verlegt, die nach Fertigstellung eines Mauerteils beseitigt und an anderer Stelle wieder verwendet werden (Abb. 32).

Bei Pedro Miguel und Miraflores sind weder die vorher erwähnten Seilbahnen, noch die großen eisernen Lehren in



Abb. 34. Außenansicht der Schleusenmauer mit Pfeilern für die Auflagerung der Drainagekanäle.

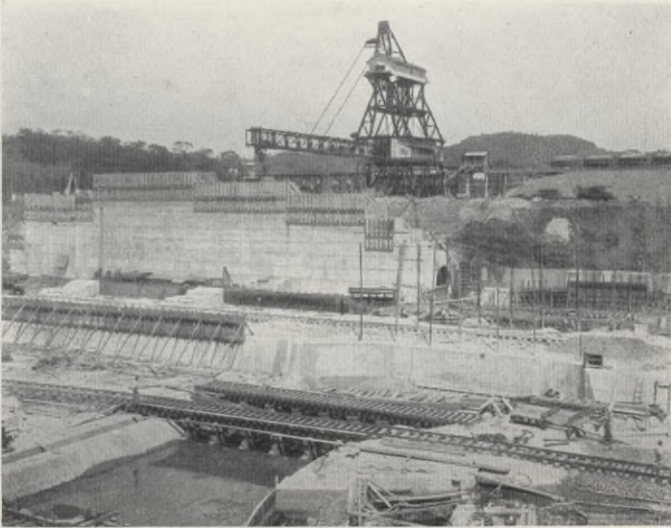


Abb. 35. Holzverschaltungen für die Ausführung der Betonmauern der Schleusen bei Miraflores.

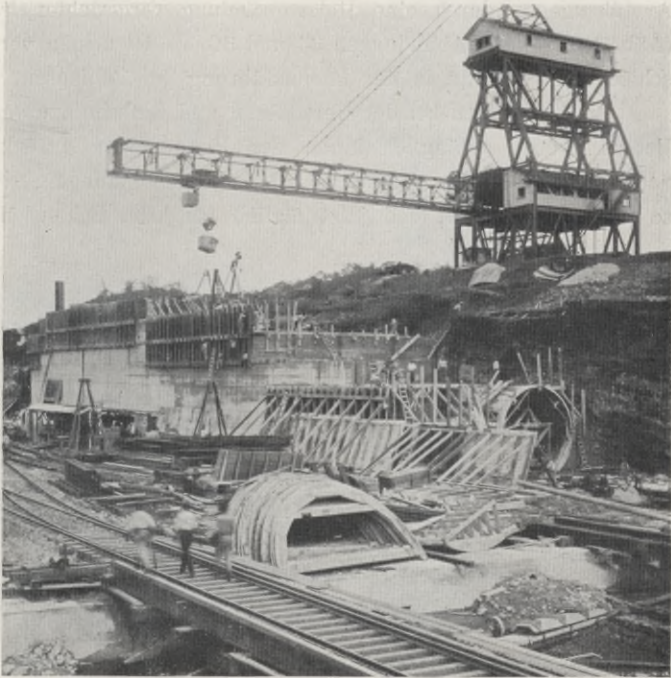


Abb. 36. Östliche Schleusenmauer bei Miraflores in der Ausführung.

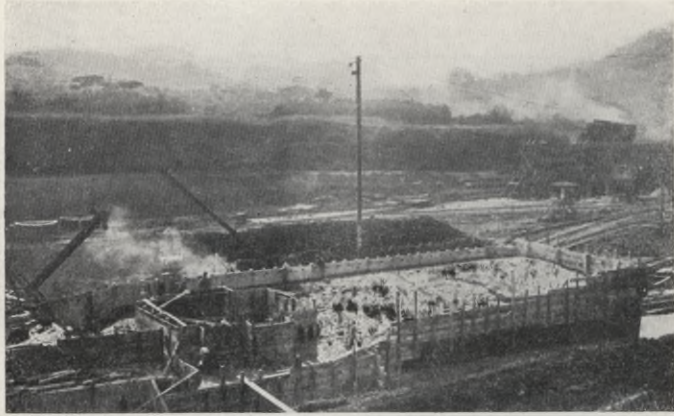


Abb. 37. Einbringung des Betons.

Verwendung; hier sind mächtige fahrbare eiserne Krane (Abb. 33) in den zukünftigen Schleusenammern aufgestellt, mit denen die Einbringung des Betons in den Mauerquerschnitt erfolgt, der aber hier, ähnlich wie bei unseren derartigen Ausführungen, durch eine Holzverschalung vorgerichtet ist (Abb. 35). — Die Abbildungen 34 und 36 bis 40 zeigen verschiedene Abschnitte in der Bauausführung der Schleusen.

Die Leistungen bei der Herstellung und Einbringung des Betons blieben anfänglich hinter den Erwartungen zurück; nach mehrfachen Verbesserungen ist es jedoch gelungen, sie so weit zu steigern, daß jetzt täglich bei jeder Schleusen-

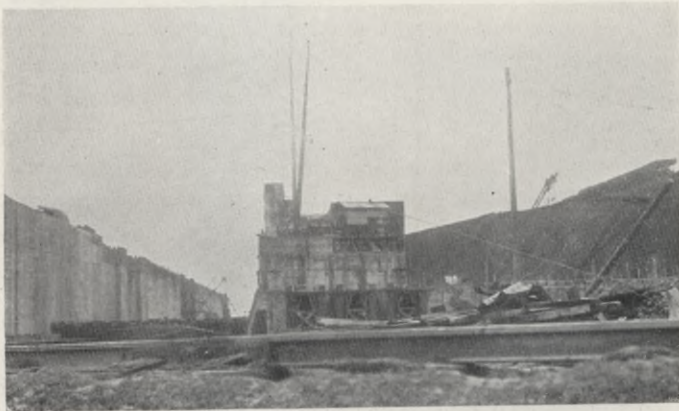


Abb. 38. Schleusenmauer.

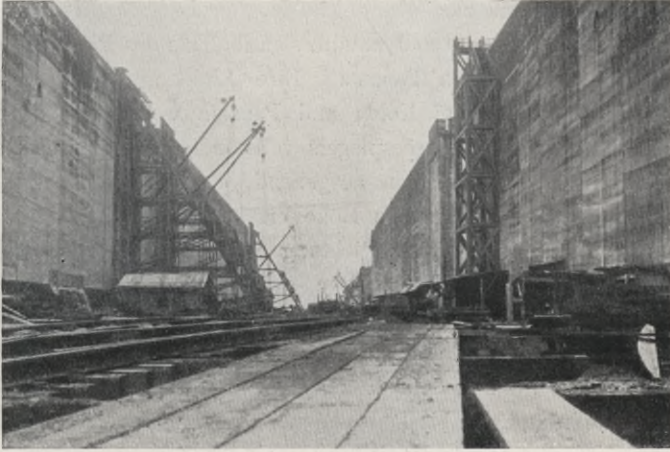


Abb. 39. Schleusenammer.

anlage etwa 2000 bis 2500 cbm Betonmauerwerk fertig hergestellt werden. Sämtliche Bewegungsvorrichtungen werden mit elektrischer Kraft betätigt.

Neben diesen gewaltigen Bauten auf dem Gebiete des Wasserbaues hatten die Amerikaner noch eine schwierige und große Aufgabe auf dem Gebiete des Eisenbahnbaues zu lösen, nämlich die Verlegung der Panama-Eisenbahn (siehe Lageplan Abb. 2). Die alte von Kolon nach Panama führende Eisenbahn benutzte bis nach Gamboa hinauf im allgemeinen das Tal des Chagresflusses, das jetzt durch den Gatunsee vollkommen überstaut wird; von hier stieg sie im Tal des

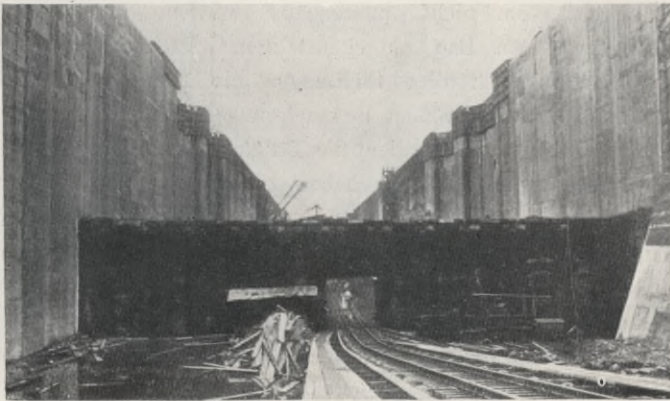


Abb. 40. Schleusenammer.

Obisopflusses bis zur Wasserscheide, durchquerte diese vermittels eines Tunnels und wandte sich im Tale des Rio Grande wieder abwärts nach Panama. Ihre Linie mußte bis auf kleinere Strecken bei Kolon und Panama wegen der Höhe des zukünftigen Gatunseespiegels vollständig verlegt werden. Nachdem sie, von Kolon ausgehend, etwa bei den Gatunschleusen die erforderliche Höhe erreicht hat, wird sie ein kurzes Stück in östlicher Richtung am Rande des Sees entlang geführt und kreuzt ihn dann vermittels mehrerer gewaltiger Brücken an verschiedenen Stellen. Bei Gamboa nähert sie sich wieder dem Kanal und wird darauf an seiner östlichen Seite auf dem Kanalbankett durch den Kulebra-durchstich hindurch bis Pedro Miguel geführt. Nach Kreuzung des Mirafloressees mündet sie kurz hinter den dortigen Schleusen wieder in die alte Linie nach Panama ein. Die Arbeiten für die Verlegung der Eisenbahn müssen sich selbstverständlich dem Baufortschritt des Kanals anpassen; sie sind deshalb mit großen Schwierigkeiten verknüpft, da der Bahnbetrieb zwischen Kolon und Panama nicht unterbrochen werden kann. Bei den eigentlichen Verlegungsarbeiten sind etwa 2000 bis 2500 Mann ständig beschäftigt, während außerdem zur Aufrechterhaltung des Betriebes, zeitweiser Verlegung einzelner Strecken, noch weitere 4 bis $4\frac{1}{2}$ tausend Mann in Tätigkeit sind. Die Gesamtkosten für die Verlegung der Bahn sind zu $33\frac{1}{2}$ Mill. Mark veranschlagt.

Wenngleich beim Bau des Panamakanals neue technische Aufgaben nicht zu lösen waren, so dürfen doch die großen Schwierigkeiten nicht unterschätzt werden, welche sich dem gewaltigen Bau entgegenstellten. Daß sie von den Amerikanern nach allen Richtungen hin überwunden sind, muß uns mit der größten Bewunderung für ihre Leistungen erfüllen. Besonders verdient die Tätigkeit des Chefingenieurs, Obersten Goethals, hervorgehoben zu werden, der es nicht allein verstanden hat, die Organisation und die technischen Einzelheiten der Bauausführung äußerst geschickt vorzubereiten und sie ihrem Zwecke anzupassen, sondern dem es auch gelungen ist, durch sein Beispiel die ihm unterstellten Beamten für die große Arbeit zu begeistern und sie zu freudigem Schaffen anzuregen. Besonders hat er dies dadurch erreicht, daß er bis zu den untersten Klassen herab den Beamten

unter ihrer eigenen Verantwortung große Selbständigkeit gewährte; es ist ihnen überlassen, wie sie die ihnen beigegebenen Menschenkräfte und Maschinen am zweckmäßigsten ausnützen; dadurch sind sie zum Wetteifer untereinander angespornt, der der Förderung des Baues nach jeder Richtung hin zugute gekommen ist. — Auch die Arbeiterfrage, die beim Mißlingen des französischen Kanalunternehmens eine so große Rolle gespielt hat, dürfte von den Amerikanern in glänzender Weise gelöst sein. Von einem Arbeitermangel auf dem Isthmus kann jetzt nicht mehr die Rede sein; es ist stets ein reichlicher Zuzug vorhanden, so daß die Zahl der Eingewanderten die der Ausgewanderten ständig übersteigt. Im ganzen werden jetzt etwa 35 000 Mann bei der Kanalbehörde beschäftigt; davon sind 29 000 farbige Arbeiter, die meist von den Westindischen Inseln stammen. Unter den weißen Arbeitern sind außer Amerikanern namentlich Spanier und Italiener vertreten. Deutsche haben sich als Arbeiter auf dem Isthmus nur selten eingestellt, jedenfalls, weil ihnen auf die Dauer das tropische Klima nicht zusagt.

An Lohn erhalten die gewöhnlichen weißen Arbeiter für die Stunde 68 und 85 Pfennig, die farbigen dagegen nur 42 und 54 Pfennig. Die Arbeit der Farbigen ist aber auch im allgemeinen viel minderwertiger als die der Weißen; solange der Neger noch einen Dollar in der Tasche hat, arbeitet er nicht; eine etwaige Erhöhung seines Lohnes würde dazu führen, daß er an noch weniger Tagen zur Arbeit erscheint; die Löhne der gelernten Handwerker, die sämtlich Weiße sind, sind natürlich höher als die der gewöhnlichen weißen Arbeiter. Um die besseren Arbeiter — etwa 4300 an der Zahl — vor den anderen hervorzuheben, erfolgt ihre Lohnzahlung in Goldwährung, für die anderen dagegen in Silber; alle Farbigen gehören daher zu den Silberleuten. — Der in den Vereinigten Staaten gesetzmäßig eingeführte achtstündige Arbeitstag wird auf dem Isthmus nur für die Handwerker beibehalten, während für sämtliche fremden Arbeiter eine neunstündige Arbeitszeit festgesetzt ist.

Viel ist von der Kanalbehörde für die Wohlfahrt ihrer Angestellten geschehen. Die von den Franzosen bereits hergestellten Baracken und Wohnhäuser sind instand gesetzt, und



Abb. 41. Alte Wohnstätten für Arbeiter.

außerdem ist eine sehr große Anzahl von neuen geräumigen Häusern hinzugefügt, die in gesundheitlicher Beziehung nichts zu wünschen übrig lassen; im ganzen sind jetzt für Kanalzwecke etwa 3100 Gebäude vorhanden, die natürlich an den Orten besonders zahlreich errichtet worden sind, wo die in der Nähe befindlichen Arbeitsstellen eine größere Anzahl von Beamten und Arbeitern erforderten. Abb. 42 veranschaulicht die Bauart der neueren Wohnhäuser; sie sind alle der Bodenfeuchtigkeit wegen auf Pfeilern erbaut, damit die Luft frei unter ihnen herstreichen kann. Zum Vergleich zeigt Abb. 41 die alten Wohnstätten auf dem Isthmus.



Abb. 42. Neuere Wohnhäuser für Beamte und Arbeiter in La Boca.

Für die Verpflegung der gesamten Beamten und Arbeiter wird ebenfalls von der Kanalkommission hervorragend gesorgt. Umfangreiche Vorrathshäuser sind angelegt, in denen der Verkauf von Lebensmitteln und sonstiger zum Haushalt notwendiger Gegenstände von der Behörde selbst übernommen ist. Außerdem ist eine große Anzahl von Gasthäusern gebaut, in denen Beamte und Arbeiter gegen mäßiges Entgelt eine gute Kost erhalten können. Selbstverständlich hat man nicht verabsäumt, für das Wohl der Angestellten in kirchlicher Beziehung aus-



Abb. 43. Marineabteilung beim Empfange des Präsidenten Roosevelt.

reichend zu sorgen; eine größere Anzahl von Geistlichen befindet sich auf der Kanalstrecke, die in eigens dazu hergerichteten Räumen regelmäßig Gottesdienst abhalten und sonst auch in den Krankenhäusern seelsorgerisch tätig sind. Des weiteren sind zahlreiche Schulen sowohl für die Kinder der Weißen als auch für die der Farbigen eingerichtet. Damit die Angestellten neben ihrer reichen Arbeit die nötige Erholung haben, ist man auch auf ihr Vergnügen bedacht gewesen; besonders werden die sportlichen Veranstaltungen sehr gefördert. Den Dienst zur Aufrechterhaltung der Ordnung versieht eine Polizeimannschaft von 250 Köpfen; außerdem ist eine Marineabteilung auf dem Isthmus stationiert (Abb. 43). — Von der Kanalkommission wird auf dem Isthmus eine Zeitschrift, der Canal Record, herausgegeben, die wöchentlich erscheint und in der alle Vorgänge in der Kanalzone besprochen und die Anordnungen der Behörde bekannt gegeben

werden. Außerdem wird alljährlich ein umfangreicher Bericht von der Kommission veröffentlicht, der mit vielen Zeichnungen und Lichtbildern ausgestattet ist und den Fortschritt der Arbeiten und die von der Bauleitung getroffenen Maßnahmen eingehend behandelt.

Je mehr sich die Kanalarbeiten ihrem Ende nähern und um so sicherer mit ihrer Fertigstellung gerechnet werden muß, desto lebhafter sind in der Presse Erörterungen über die zukünftige Bedeutung der neuen Weltwasserstraße in politischer und wirtschaftlicher Beziehung angestellt. Daß die Vereinigten Staaten für sich die größten Vorteile nach beiden Richtungen hin erwarten können, liegt auf der Hand. Der amerikanischen Flotte wird der Kanal es ermöglichen, daß sie sich je nach Bedarf rasch auf der Ost- oder Westseite der neuen Welt vereinigen kann; welcher Nutzen hieraus sowohl in Friedens- als auch in Kriegszeiten erwächst, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Der Einfluß, den der Kanal auf die Entwicklung des Handels, der Industrie und der Schifffahrt der Vereinigten Staaten ausüben wird, kann ein ganz gewaltiger sein.

Für den Binnenhandel der Union bedeutet der Kanal eine große wirtschaftliche Annäherung der Ostküste an die Westküste, die bis jetzt nur durch den teuren 4000 bis 5000 km langen Eisenbahnweg der Pazifikbahn oder durch den langen Seeweg ums Kap Horn verbunden waren. Für den Ausfuhrhandel aber verändert der Panamakanal in günstigster Weise die Lage der gewerbereichen Ostküste der Union zu Ostasien, da alle Punkte der ostasiatischen Küste nördlich von Hongkong von Neuyork aus durch den Panamakanal schneller zu erreichen sind als durch den Suezkanal. So wird die Eröffnung des Panamakanals der nordamerikanischen Industrie, die fast nur im Osten der Union seßhaft ist, die Möglichkeit geben, ihre ungeheuer gesteigerte Produktion, die in der verhältnismäßig kleinen Bevölkerung der Vereinigten Staaten keine Aufnahme mehr findet, in Japan, China und Australien abzusetzen. — In Mittelamerika, dem Westen und Norden von Südamerika wird sich vorläufig den Vereinigten Staaten nur ein verhältnismäßig kleineres Absatzgebiet eröffnen, da die in Betracht kommenden Länder zu dünn bevölkert sind; es ist aber nicht ausgeschlossen, daß infolge der durch

den Kanal geschaffenen besseren Verkehrsmöglichkeit die Besiedlung dieser Länder allmählich zunimmt und damit ihre Ein- und Ausfuhr bedeutend vergrößert wird.

Daß aber auch der Kanal auf die Gesamtlage des Welt-handels einen Einfluß ausüben wird, ist wohl anzunehmen. Auch hierbei spielen die Verkürzungen der Seewege, die zwischen dem Haupthandelsplatze Amerikas, Neuyork, und den Handelszentren des Stillen Ozeans bestehen, eine große Rolle.

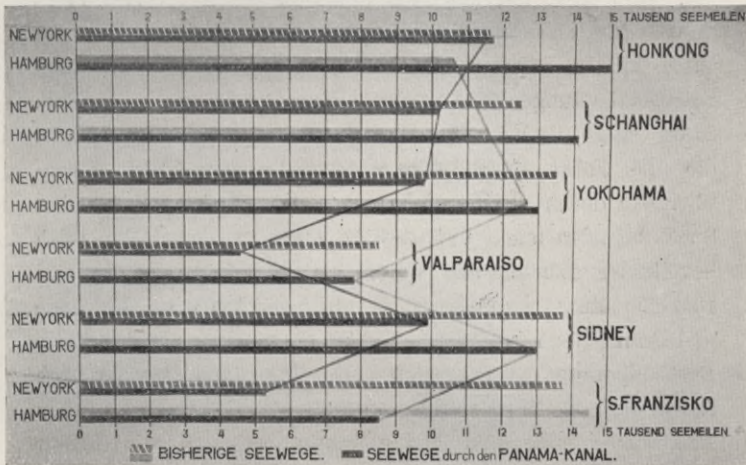


Abb. 44. Seewege von Hamburg und Neuyork nach den Häfen des Stillen Ozeans.

In der Zusammenstellung (Abb. 44) sind die jetzigen kürzesten Seewege von Neuyork nach Hongkong, Shanghai, Yokohama, Valparaiso, Sidney und St. Franzisko schraffiert angegeben und unmittelbar darunter in schwarzem Ton, wie sich die Seewege von Neuyork unter Benutzung des Panamakanals gestalten. Dann sind in hellerem Ton die jetzigen kürzesten Seewege von Hamburg nach den vorhergenannten Handelsplätzen angegeben, darunter wieder in schwarzem Ton die Seewege von Hamburg durch den Panamakanal nach den genannten Orten. Hieraus ergibt sich, wie der Unterschied zwischen schwarzem Ton und Schraffierung zeigt, daß die Seewege von Neuyork nach allen Plätzen des Stillen Meeres, mit Ausnahme von Honkong, bedeutend abgekürzt werden. Dann läßt die Zusammenstellung erkennen, daß die Seewege von Hamburg nur nach St. Franzisko und Valparaiso durch den Panama-

kanal abgekürzt werden; die dunkeln Linien sind bei den anderen Plätzen länger als die mit hellerem Ton. Schließlich ersieht man aus der Zusammenstellung, daß die Seewege von Neuyork nach den rechts verzeichneten Handelsplätzen — Hongkong ausgenommen — durch den Panamakanal kürzer werden als von Hamburg. Dieser Umstand wird wahrscheinlich eine Änderung des europäischen Handelsverkehrs, so auch des deutschen zugunsten von Neuyork zur Folge haben. — Wie groß diese ist, läßt sich mit Bestimmtheit vorher nicht sagen. Dabei werden die Gebühren, welche auf dem Panamakanal erhoben und welche später gegebenenfalls für den Suezkanal festgesetzt werden, eine große Rolle spielen. Auch sind hierbei die Vorteile in Betracht zu ziehen, die die Fahrt durch den Suezkanal nach Asien gegenüber der durch den Panamakanal bietet. Auf der Fahrt über Suez befinden sich die Schiffe stets in der Nähe reich bevölkerter Länder mit vielen verkehrsreichen Häfen und Handelsplätzen, wo ihnen Gelegenheit geboten wird, Reisende und Frachten zu befördern, Kohlen einzunehmen und etwaige Beschädigungen auszubessern. Der Weg von Panama nach Asien dagegen führt durch den weiten Stillen Ozean, in dem sich nur wenige und kleine Inseln befinden, die keiner größeren Verkehrsentwicklung fähig sind.

Trotz des Bestehens des Suezkanals wird aber der Panamakanal für die Zukunft von weittragender Bedeutung sein. Der größte Nutzen wird natürlich seinen kühnen Erbauern, den Vereinigten Staaten von Amerika, aus ihm erwachsen.



S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 31566
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298271