

Das Kaiserhaus in Goslar.

(Mit Abbildungen auf Blatt 20 bis 23 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Die Bedeutung des Goslarer Kaiserhauses und seine Geschichte.

Von den alten deutschen Kaiserpfalzen, deren Reste von größerem oder geringerem Kunstwerthe heute noch sichtbar sind, ist die bedeutendste diejenige zu Goslar, welche unter dem Namen „Das Kaiserhaus“ bekannt ist. Nicht nur der Umfang und die Grofsartigkeit der Anlage, sondern vor allem der Grad der Erhaltung, in welchem das Haus noch auf unsere Tage gekommen ist, begründen diesen Werth. Die sog. Barbarossaburg zu Gelnhausen bildet eine allerdings in künstlerischer und kunstgeschichtlicher Hinsicht außerordentlich werthvolle, aber dem gänzlichen Verfalle unrettbar entgegen-sehende Ruine von verhältnismäfsig sehr geringen Raumabmessungen. Die hochragende Basaltmauer bei der Stiftskirche Sanct Suitberti zu Kaiserswerth, hart am Rheinufer gelegen, auch von Barbarossa erbaut, birgt landseitig ebenfalls eine Anzahl trümmerhafter Mauern, aus denen sich der Theil einer grofsen, stark befestigten Burganlage mit mehreren grofsen

Zimmern, Wehrgängen, Wendelstiege und massigem Thurm mit hochgeführtem Brunnenrohre in der Mitte deutlich erkennen läfst. Kunstformen sind hier jedoch gar nicht mehr vorhanden. Von dem Prachtpalaste Karls des Grofsen zu Ingelheim ist nur die Apsis des grofsen Saales erhalten; die Syenitsäulen desselben zieren das Brunnenhäuschen im Heidelberger Schlosse. An den Aachener Palast desselben Kaisers erinnert nur noch das erhaltene Münster, während die etwa noch vorhandenen Reste des Palastes selbst in dem Rathhause versteckt sind.

Das Goslarer Kaiserhaus ist das einzige, welches bis heute unter Dach und Fach geblieben ist und welches nicht nur in der auf dem Stadtplane (vgl. Bl. 23) unschwer herauszuerkennenden Ausdehnung des zu ihm gehörenden Gebietes, sondern auch in den räumlichen Abmessungen des Saales alle anderen Pfalzen übertrifft. Es liegt auf dem höchsten Punkte

der Stadt am Fusse des erzeichen Rammelsberges und an dem rechten Ufer der Gose, eines kleinen, zu Mühlzwecken vielfach benutzten Baches, nach welchem die Stadt benannt ist. Diese dehnt sich ostwärts von dem Gebiete der Pfalz aus, ist von letzterer durch die „Abzucht“, einen Wasserlauf, der aus dem Herzberger Thale kommt und nach Aufnahme der Abwässer aus dem Bergwerke in die Gose mündet, getrennt und bildet gewissermaßen die geräumige Vorburg zu der kaiserlichen Hofburg. Man überschaut vom grofsen Saale des Kaiserhauses das ganze in der Ebene belegene Stadt-

gebiet, sodafs ehedem der ganze Ring der Landwehr, durch Thürme bezeichnet, von dort aus gesehen werden konnte. Jetzt erblickt man nur noch den einzigen derartigen Wirthurm auf dem Sudmerberge, der die Zwischenstation für den Signalverkehr mit der Harzburg gebildet haben mag, da diese nicht unmittelbar vom Saale des Kaiserhauses gesehen wird.

Aufser den baulichen Resten der alten Pfalz erinnern

auch die Namen der Königsbrücke, des Hohen Weges und der Königstrafse, welche die Verbindung mit der Stadt herstellen, an die ehemalige Bedeutung dieses Platzes. Von Baulichkeiten, welche aus der Zeit der kaiserlichen Hofhaltung herrühren, sind nur noch zwei Gruppen vorhanden, die Domcapelle, als ehemalige nördliche Eingangshalle des alten Domes St. Simonis und Judae, welche bei dem Abbruche des letzteren im Jahre 1820 erhalten blieb, und das Kaiserhaus mit der St. Ulrichs-Capelle (Bl. 23). Das Kaiserhaus ist das Hauptgebäude der alten Pfalz gewesen, da es den grofsen Saalbau oder vielmehr die zwei über einander liegenden Säle enthielt. Von den Wohngebäuden der kaiserlichen Familie sind nur einige aufgedeckte Grundmauern zwischen dem Kaiserhause und der alten Burgmauer noch übrig geblieben und möglicherweise noch einzelne Bautheile, die bei den Ausgrabungen in der Umgebung des Saalbaues aufgefunden

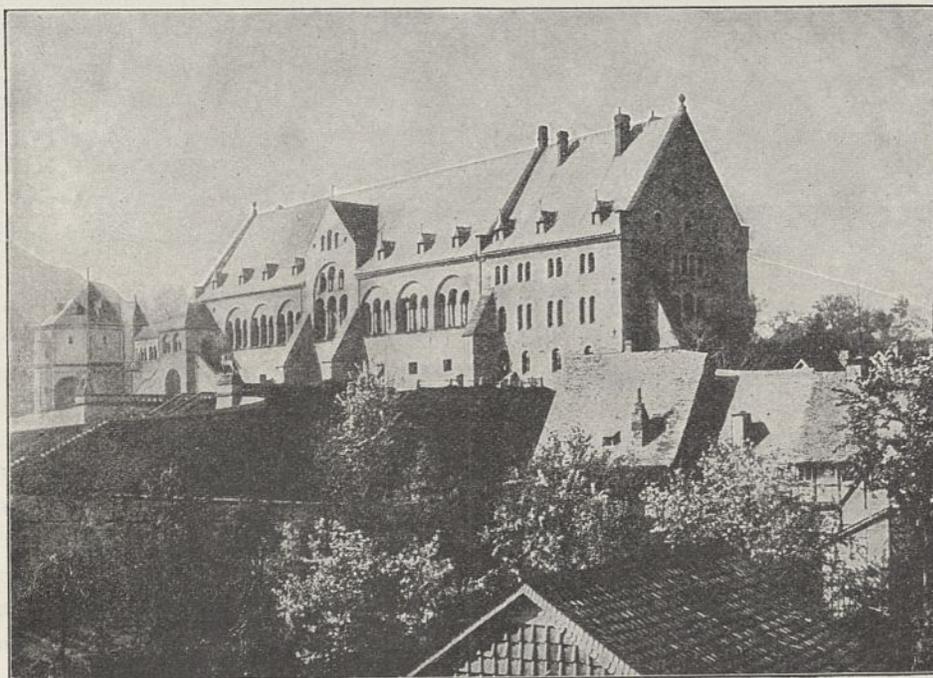


Abb. 1.

sind und deren ursprüngliche Bestimmung nicht mehr nachweisbar ist. Einige zum Theil noch hochgeführte alte Mauern befinden sich hinter dem nördlichen Anbau des Saalgebäudes, an einer Stelle, welche auf dem Merianschen Stadtbilde von der Liebfrauen-Kirche eingenommen wird. Es läßt sich jedoch aus der Form und Lage der vorhandenen Mauerreste nicht mit Gewißheit erkennen, daß diese Reste einem kirchlichen Gebäude angehört haben. Zur Zeit der Wiederherstellungsarbeiten ist noch ein größeres Schuppengebäude hinter dem Kaiserhause vorhanden gewesen, dessen Grundmauern möglicherweise auch ehemals einem kaiserlichen Gebäude angehört haben. Diese aufgefundenen Baureste in Verbindung mit den Spuren früherer Thüranlagen in der Westmauer des Saalbaues machen es unzweifelhaft, daß der jetzt von Gartenanlagen eingenommene Platz westlich vom Kaiserhause ursprünglich mit Gebäuden mannigfacher Art besetzt gewesen ist, welche mit dem Saalbau in enger Beziehung standen und wahrscheinlich die Wohngemächer des Kaisers und seiner Familie enthalten haben.

Zu verschiedenen Zeiten, theils gelegentlich, theils planmäßig ausgeführte Nachgrabungen auf dem Gelände, das sich östlich vom Saalbau nach dem jetzigen Exercirplatze erstreckt, wo ehemals der Dom nebst den Curiengebäuden stand, haben ergeben, daß in der Nähe des Saalbaues eine Terrasse nebst Treppenanlagen sich befand, und daß auf der südlichen Seite dieses Geländes ein vielräumiges, mit ausgedehnten Kelleranlagen versehenes Gebäude sich erhob. Von der Nordostecke dieses Gebäudes erstreckte sich eine Mauer in östlicher Richtung bis zum Domplatze und bildete, dort im stumpfen Winkel nach Norden kehrend, die östliche Grenze des sog. Kaiserbleekes. Am nördlichen Ende dieser Mauer, unweit der Stelle, wo die zweithürmige Westfront des Kaiserdomes sich erhob, stieß man auf einen kreisrunden, gemauerten Schacht von 3 m Durchmesser und 7 m Tiefe, dessen Inhalt anscheinend aus allerhand Abfallstoffen zusammengesetzt war und einen unangenehmen Geruch verbreitete. Die erwähnte Treppenanlage ist zum Theil noch sichtbar, indem zwei Stufen derselben, welche an Ort und Stelle liegen geblieben sind, die untersten Stufen des südlichen Armes der Freitreppe auf dem Kaiserbeete bilden (vgl. Lageplan Bl. 23). Oestlich vor dem jetzigen nördlichen Wohnflügel hat man die Ecke eines Gebäudes freigelegt, vermuthlich den Rest des auf dem Merianschen Stadtbilde dargestellten Neuen Jesuiten-Collegiums. Freilich ist dies Gebäude auf dem Bilde hinter dem Kaiserhause und zwar als Fortsetzung der Liebfrauen-Kirche gezeichnet. Es ist jedoch unmöglich, daß auf dem etwa 40 m tiefen Platze zwischen der alten Treppe und der Burgmauer aufser der zweithürmigen stattlichen Liebfrauen-Kirche auch noch ein umfangreiches Collegiengebäude gestanden hat. Die eben genannte Treppe führt von einem tief gelegenen Hofraume, der den nördlichen Wohnflügel auf der Nord- und Westseite umgiebt, in sehr flacher Steigung mit 35 Stufen zum jetzigen Garten hinauf und durchbricht im unteren Drittel die starke Futtermauer, welche den tief gelegenen Hof gegen das höher liegende Gelände begrenzt. Die Oeffnung ist mit einem niedrigen, schrägleibigen Rundbogen geschlossen. Offenbar hat diese Treppe, welche wegen ihrer Breite von 2,8 m nicht zu Wirthschafts- oder häuslichen Zwecken gedient haben kann, den Haupt-

zugang zu der Liebfrauen-Kirche gebildet. — Zwischen der Ulrichs-Capelle und dem Kaiserhause ist das Fundament eines Treppenthurmes unmittelbar neben dem vorhandenen Treppenthurm und in ähnlichen Größenabmessungen, wie dieser, nur mit stärkerem Spindelkerne, aufgedeckt. Die Treppe führt etwa $1\frac{1}{2}$ m unter das jetzige Gelände hinab. Das Mauerwerk dieses Thurmes steht im Zusammenhange mit weit über die Umfassungsmauern der Ulrichs-Capelle hinausgerückten und vielfach abgestuften, massigen Grundmauern, auf denen die Ulrichs-Capelle errichtet ist. Diese auffallend starke und auch innen vollständig ausgemauerte Fundamentmasse (vgl. Abb. 3 Bl. 21 und Lageplan Bl. 23) kann unmöglich den Zweck gehabt haben, nur dem kleinen Capellengebäude als Unterlage zu dienen. Die Verbindung mit dem alten Treppenthürmchen deutet vielmehr darauf hin, daß sie bestimmt gewesen ist, einen Thurm zu tragen, oder daß sie ehemals wirklich einen solchen getragen hat. Unweit dieser Reste fanden sich noch kleinere Trümmer von Grundmauern, die auf dem Lageplane verzeichnet sind. Ein Stück derselben, die Ecke eines Gebäudesockels darstellend, ist noch an der neu hergestellten Terrassenmauer südlich von der südlichen Freitreppe sichtbar. Zwischen diesen kleinen Mauertrümmern und der oben erwähnten aufgedeckten Wendeltreppe fand sich in etwa $1\frac{1}{2}$ m Tiefe unter dem jetzigen Gelände eine 1 mm starke weiße Schicht, welche sich gleichmäßig und wagenrecht, wie auf einem geebneten Fußboden, ausbreitete. Es ist die Annahme nicht ausgeschlossen, daß die weiße Schicht eine durch den Druck des Bodens zusammengepresste Aschenlage ist und von einem Brande herrührt. Es ist nun nicht wahrscheinlich, daß östlich von dem Saalbau noch andere Gebäude errichtet gewesen sind, welchen diese kleinen Mauertrümmer und der Treppenthurm angehört haben können. Dagegen steht der Annahme nichts entgegen, daß wir in diesen geringen Mauerresten die letzten Ueberbleibsel desjenigen kaiserlichen Wohngebäudes besitzen, welches vor der Erbauung des jetzt noch vorhandenen großartigen Palastbaues bestanden hat, von Kaiser Heinrich II. erbaut war und in den Urkunden als Villa regia bezeichnet wird. Damit würden das mächtige Thurmfundament und die Reste der Wendeltreppe örtlich sehr gut zusammen stimmen.

Aufser den erwähnten Mauerfunden ist in der weiteren Umgebung des Kaiserhauses durch Ausgrabungen nichts zu Tage gefördert worden, was auf die Lage und Gestaltung der sonstigen Nebengebäude, welche zur kaiserlichen Burganlage gehörten, Aufschluß geben könnte. Es läßt sich jedoch aus den geschilderten Funden und der Lage des Saalbaues und des Domes in Verbindung mit dem Zuge der Stadtmauern und der Wasserläufe mit ziemlicher Sicherheit die Annahme rechtfertigen, daß das Gebiet der kaiserlichen Pfalz zu Goslar sich in einer Länge von etwa 550 m und einer durchschnittlichen Breite von 250 m erstreckte einerseits von der alten Stadt- oder Burgmauer westlich vom Kaiserhause bis herunter nach dem Zwingerthurm und andererseits von der am Fusse des Rammelsberges sich hinziehenden alten Stadtmauer bis zum Laufe der Abzucht. Auf diesem Gebiete liegt das Kaiserhaus an der höchsten Stelle in der südwestlichen Ecke; vor dem Kaiserhause dehnte sich ungefähr in der jetzigen Größe das Kaiserbeet oder Kaiserbleek aus, welches auf der südlichen Seite von Gebäuden begrenzt

wurde, die den in der nächsten Nähe des Kaisers beschäftigten Beamten zur Wohnung dienten oder wichtige Verwaltungsräume enthielten. Ob der Platz auch auf der nördlichen Seite in ähnlicher Weise begrenzt wurde, ist ungewiss.

es, wie aus den obigen Ausführungen hervorgeht, noch vollständig an den allernothwendigsten Unterlagen.

Fast noch dürftiger als die steinernen Zeugnisse von der ehemaligen Kaiserpfalz sind die geschriebenen Urkunden,

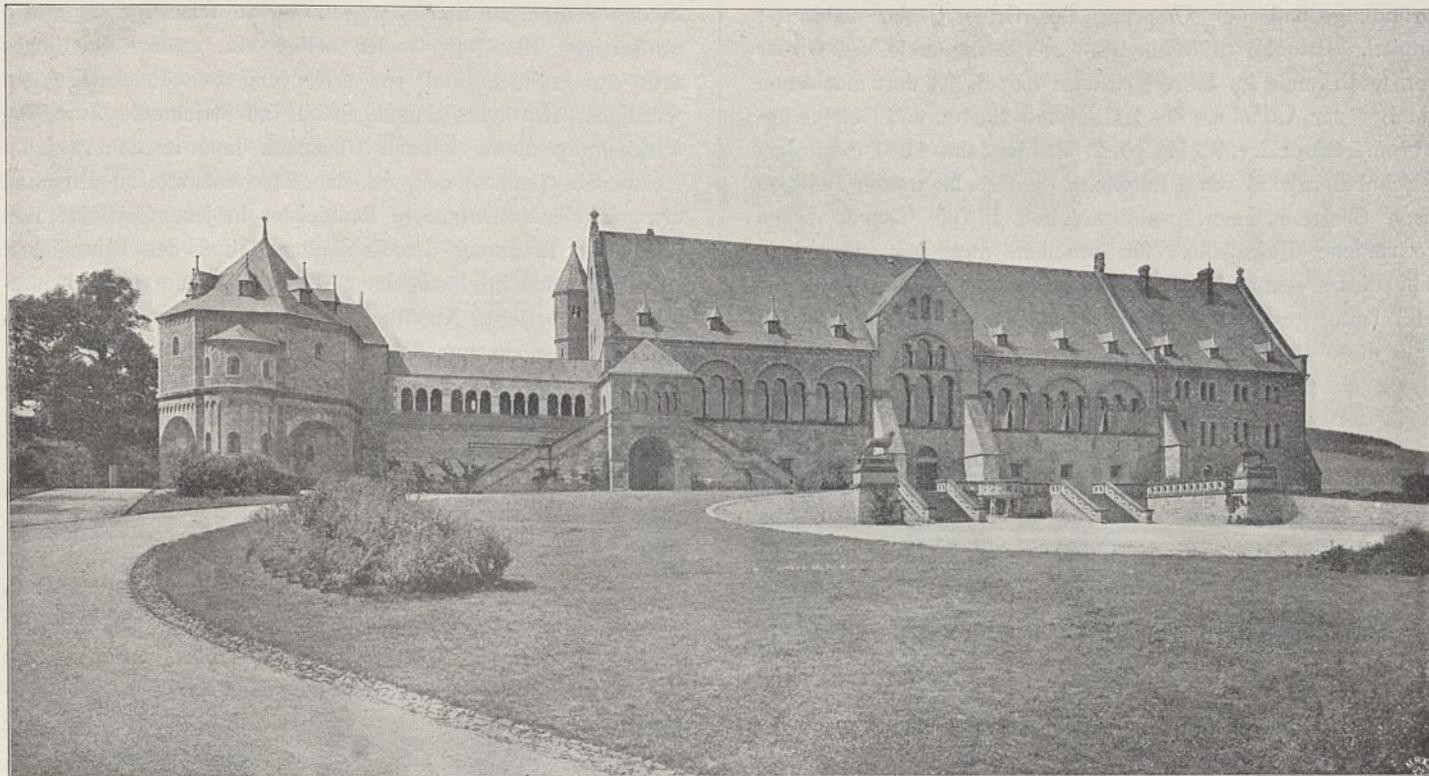


Abb. 2. Das Kaiserhaus nach der Wiederherstellung.

Oestlich an das Kaiserbeet schloß sich der Domplatz mit der Domkirche und den Gebäuden für die Stiftsgeistlichen an, die mit einer besonderen Mauer umgeben waren. Auf dem ganzen übrigen Gelände, etwa $\frac{3}{4}$ des ganzen Gebietes der Pfalz, war noch reichlicher Raum für die sonst noch erforderlichen Gebäude für Lagerhäuser, Werkstätten und Fremdenherbergen zur Unterbringung der geistlichen und fürstlichen Gäste nebst deren zahlreichem Gefolge. Die in dem Führer durch Goslar enthaltene „Ansicht der ehemaligen Kaiserpfalz in Goslar“

ist dem Abdrucke eines von dem verstorbenen Herrn Geheimen Baurath Cuno gehaltenen Vortrages entnommen und von diesem nur zur Veranschaulichung des muthmaßlichen Aussehens der Kaiserpfalz dargestellt gewesen und soll keineswegs einen auf Grund örtlicher Untersuchungen aufgestellten ernstlichen Wiederherstellungsentwurf bedeuten. Zu einem solchen fehlt

aus denen sich Aufklärungen über ihre Baugeschichte entnehmen ließen. Es würde hier zu weit führen, wenn die

Bedeutung der einzelnen urkundlichen Nachrichten für die Geschichte der Kaiserpfalz Goslar eingehend erörtert werden sollte, zumal diese Aufgabe in dem von dem Herrn Oberlandesgerichtsrath Georg Bode bearbeiteten Urkundenbuche der Stadt Goslar in sehr klarer und fasslicher Weise gelöst ist. Nur diejenigen Nachrichten, welche auf das Alter einiger wichtiger Bestandtheile der Pfalz ein Licht werfen, seien hier erwähnt und in

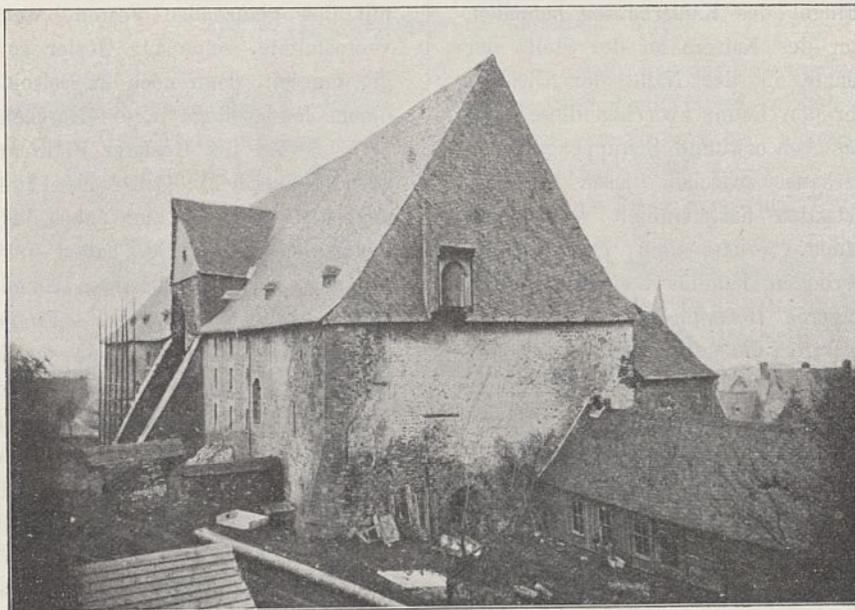


Abb. 3. Zustand 1872.

allgemeinen Umrissen die Entwicklung der Pfalz hingestellt.

Vor Goslar war Werla, zwischen Schladen und Börssum auf hohem Ufer der Oker gelegen, kaiserliche Pfalz und der Verwaltungsmittelpunkt für die ausgedehnten königlichen Domänenländereien und Forsten. Schon Heinrich I. (919 bis 936) legte 922 in Goslar einen größeren Wirthschaftshof

an, vermuthlich um für die Harzjagden ein näheres Unterkommen, als Werla ihm gewährte, zu haben. Unter Otto I. (936 bis 973) werden die Erzlager im Rammelsberge entdeckt, was die Einwanderung fränkischer Bergleute und die Entstehung eines Marktes in Goslar zur Folge hat. Die Gründung und der Ursprung des Ortes Goslar selbst ist dunkel. Otto II. (973 bis 983) stellte die erste von Goslar datirte Urkunde im Jahre 979 aus; damals ist dort also schon ein Hof zur Aufnahme des Kaisers mit Gästen und Gefolge gewesen. Otto III. (983 bis 1002) läßt im Jahre 1001 durch den Bischof Bernward von Hildesheim die Gebeine zweier Heiligen nach Goslar bringen, wahrscheinlich in die damals schon vorhandene Hofcapelle. Es ist nicht durchaus unmöglich, daß dieses schon die Ulrichs-Capelle war, da Bischof Ulrich 993 heilig gesprochen wurde. Wahrscheinlicher ist es aber, daß diese Capelle erst unter dem Nachfolger, Heinrich II. (1002 bis 1024) erbaut wurde, der in Goslar eine „Villa regia“ erbaute und damit die Goslarer Pfalz von Werla ablöste, auch mehrmals und längere Zeit daselbst verweilte, wichtige Regierungsgeschäfte im Beisein zahlreicher geistlicher und fürstlicher Persönlichkeiten erledigte und eine wichtige Synode unter dem Vorsitz des Bischofs Bernward über die Priesterehe abhielt „in consistorio regali Goslare praeminenti, in aeclesia scilicet australi lateri eodem adherente.“ Hierunter kann nur die Ulrichs-Capelle verstanden sein.

Die Gemahlin Konrads II. (1024 bis 1039), Gisela, liefs durch Bischof Godehard von Hildesheim eine neue Kirche „in curte regali“ erbauen. Dieses ist die Liebfrauen-Kirche auf der Anhöhe, welche noch jetzt den Namen Liebfrauenberg führt. — Hieraus darf man schließen, daß, da die Kaiserin ihre eigene Kirche im Zusammenhange mit den von ihr bewohnten Gemächern wird angelegt haben, diese sich in dem nördlichen Flügel des Kaiserhauses befanden, während die Wohngemächer des Kaisers an der Stelle der jetzt so genannten Kemenate in der Nähe der Ulrichs-Capelle lagen oder richtiger den Raum zwischen dieser und dem Saalbau ausfüllten. Das oben erwähnte Schuppengebäude, welches hinter dem Kaiserhause zwischen diesen zwei getrennten Wohnflügeln gestanden hat, enthielt vermuthlich Stall- und Wirthschaftsräume, welche zum unmittelbaren Privatgebrauche der kaiserlichen Familie bestimmt waren, und schlofs somit den engeren Hofraum nach Westen ab, der im Norden und Süden durch die getrennten kaiserlichen Wohnflügel begrenzt wurde.

In der geschilderten Weise hatte sich die neue Kaiserpfalz durch Neubauten, Um- und Anbauten allmählich ausgedehnt und war zu einem geräumigen und bequemen kaiserlichen Wohnsitze ausgebaut worden. Aber die ganze Anlage entbehrte deshalb der Einheitlichkeit und der Grofsartigkeit. — Da fafste Heinrich III. (1039 bis 1056) den Plan, Goslar zur bevorzugten Residenz zu machen. Nicht mehr sollte der kaiserliche Hof nur zu kurzem Aufenthalt hier weilen, um vorübergehend hauptsächlich örtliche Regierungsgeschäfte zu erledigen, sondern Goslar sollte zum dauernden Wohnsitze des Kaisers erhoben werden. Dazu genügte die bisherige Anlage, die nach Bedarf durch allmähliche Vergrößerungen aus kleinen Anfängen sich entwickelt hatte, keinesfalls. Wo sollten die grofsen Reichsversammlungen abgehalten werden, zu denen

aus ganz Deutschland die geladenen Fürsten und Geistlichen zusammenströmten, wo deren gewaltiges Gefolge Platz finden? Auch bedurfte der Kaiser an seinem ständigen Wohnsitze einer Anzahl wohlgeschulter und schriftkundiger gelehrter Beamten, wie solche nur unter der Geistlichkeit in den Stiften zu finden waren. — So fafste er denn den grofsartigen Plan, in Goslar selbst ein grofses geistliches Stift zu gründen und zur Abhaltung der Reichstage ein würdiges, stattliches Palastgebäude zu errichten. Zur Verwirklichung dieser kühnen Gedanken fand er den genialen Meister in Benno, der, in der Klosterschule zu Hirschau erzogen, der bedeutendste Baumeister in jener Zeit war und durch die Erbauung des Kaiserdomes und des kaiserlichen Palastgebäudes in glänzendster Weise die Pläne seines kaiserlichen Bauherrn zur Ausführung brachte. Es ist anzunehmen, daß Benno nicht nur diese beiden Hauptgebäude errichtete, welche dem ganzen Gebiete der Pfalz ihr bleibendes architektonisches Gepräge verliehen, sondern daß er in übereinstimmender Weise auch die Nebenbaulichkeiten, namentlich diejenigen in der Umgebung des Kaiserbeetes, einheitlich gestaltete und auf diese Weise einen Ehrenhof von grofsartigster Wirkung schuf.

Wenn auch infolge von Bränden Einzelheiten an dem Saalbau in späterer Zeit verändert und hinzugefügt sind: im grofsen Ganzen haben wir in dem vorhandenen Kaiserhause die Schöpfung Bennos zu sehen, dessen Geist aus den mächtigen Bogenreihen der Ostfront noch heute jeden Beschauer anspricht. Auch die eigenartig entworfene Ulrichs-Capelle, welche in kühner Bauweise ein geräumiges Achteck über einem engen kreuzförmigen Untergeschofs enthält, rührt in ihrer Hauptform wohl noch von Meister Benno her.

Zur Einweihung der neuen Bauten lud Heinrich III. als höchsten Gast den Papst Victor II. ein und beschlofs mit den glänzenden Festen, welche er diesem zu Ehren veranstaltete, seine für Goslar so überaus folgenreiche Regierungszeit, denn noch im Beisein des Papstes starb er auf einem Jagdausfluge in die Harzberge.

Obwohl die Goslarer Pfalz von den nächsten Nachfolgern, Heinrich IV. (1056 bis 1106) und Heinrich V., bevorzugt und noch bis zum Jahre 1253 von den Kaisern zeitweilig besucht wurde, haben umfangreiche, einschneidende Aenderungen der grofsartigen Bauanlage selbst infolge mehrerer Brände nicht stattgefunden. — Ein grofser Brand im Jahre 1289 hat wahrscheinlich die Wohngemächer gänzlich und den Saalbau derartig zerstört, daß man eine umfassende Instandsetzung vornehmen mußte. Aus dieser rühren wahrscheinlich die Fenstersäulen mit den roh gearbeiteten Capitellen her, vielleicht auch die spitzbogigen Tonnengewölbe im Untergeschofs und die grofsen Strebepfeiler an der Ostseite. Die Holzpfeiler nebst den Kopfbändern (Text-Abb. 4 u. 5), welche die Decke des Saales tragen, lassen wegen der Form ihrer Verzierungen und wegen des angebrachten zweiköpfigen Reichsadlers neben dem einköpfigen Goslarschen Adler auf das 15. Jahrhundert als Entstehungszeit schließen, in welcher das Kaiserhaus im Besitz der Stadt war.

Von der Stadt wurde das Kaiserhaus zunächst als Gerichtshaus, in der Folge zu den verschiedenartigsten Zwecken, u. a. auch als Schauspielhaus benutzt. Die letzte Verwendung vor der Wiederherstellung war die als Erzlager und Korn-

speicher, und für diesen Zweck ist 1556 der nördliche Flügel angebaut, der 1822 instand gesetzt ist. Die Liebfrauen-Kirche bestand bis zum Jahre 1714, in welchem sie einstürzte. Bis in unser Jahrhundert hinein hat sie noch als Ruine gestanden und ist dann nach und nach verschwunden. Die Ulrichs-Capelle wurde schon im 14. Jahrhundert als Gefängniß benutzt und diente als solches unter dem Namen „der Ulrich“ bis zur Wiederherstellung 1846. In demselben Jahre wurde auch die erste Anregung zur Wiederherstellung des Kaiserhauses gegeben. Der Zustand und das Aussehen des Gebäudes hatten sich im Laufe der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erheblich verschlechtert. Auf einer Zeichnung aus dem Jahre 1810, von Mithoff im Archiv für Niedersachsens Kunstgeschichte veröffentlicht, sieht man noch die vollständig erhaltene

Bogenstellung aller Saalfenster einschließlich des großen Bogens im mittleren Giebel. Auf der in demselben Werke dargestellten Zeichnung vom Jahre 1854 fehlen bereits dieser Bogen und fast die ganze südliche Fensterreihe des Saales, und die fehlenden Theile sind durch dürftiges Fachwerk ersetzt, auch sind in rohester Weise überall nach Bedarf kleine rechteckige Lukenöffnungen für die im Innern des Saales eingerichteten Kornböden eingebrochen. Und

doch ist es fast als ein Wunder anzusehen, daß dieses Haus, wenn auch in so unwürdigem Zustande, bis zum Wiedererwachen des Kunstsinnens und der Werthschätzung nationaler Denkmäler überhaupt erhalten geblieben ist. Es ist dem heutigen, in der Achtung alter Kunstwerke und Bauten großgewordenen Geschlechte geradezu unverständlich, in welcher Weise in den 30 Jahren von 1810 bis 1840 und noch länger auch in Goslar mit den Alterthümern werthvollster Art aufgeräumt wurde. Auf einem noch vorhandenen Stadtplane der Stadt Goslar vom Jahre 1802, unter preussischer Herrschaft gefertigt, finden sich der Dom nebst den Curien, die Brüdernkirche mit den zugehörigen Klostergebäuden, die Thomas-Capelle, Ottilien-Capelle und sämtliche Thore der Stadt mit den zahlreichen Thürmen noch vollständig verzeichnet. Welche Unzahl von kunstgeschichtlich werthvollen Bürgerhäusern und ihrer ursprünglichen Bestimmung entfremdeten öffentlichen Gebäuden außerdem noch vorhanden war, die nicht aus dem Plane ersehen werden können, läßt sich ahnen, wenn man die urkundlichen Angaben über den Be-

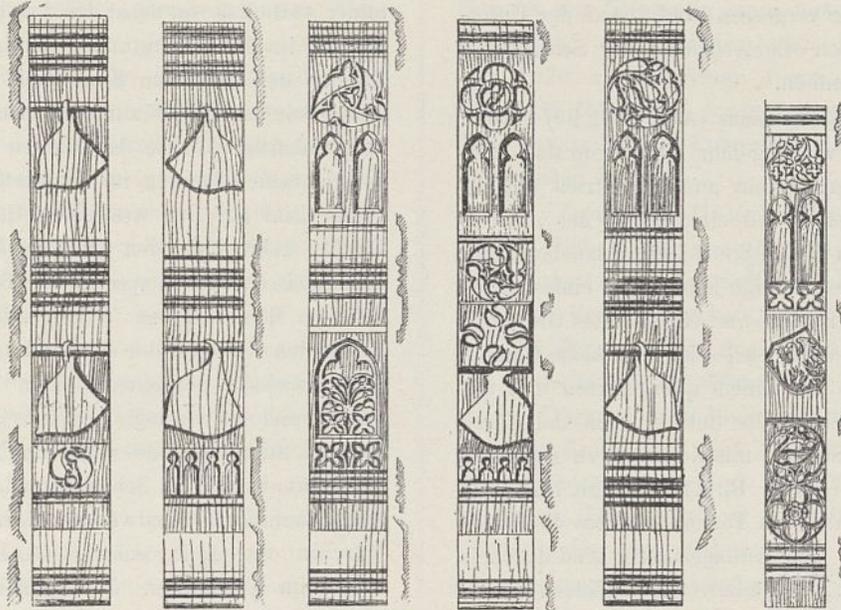


Abb. 4. Alte Kopfbänder im Reichssaal. 1:30.



Abb. 5.
Altes Kopfband im Reichssaal.

stand an geistlichen Gebäuden aus der Blüthezeit Goslars im 16. Jahrhundert damit vergleicht. Erklärlich wird die Verschleuderung der Alterthümer durch die wirthschaftliche Nothlage der Stadt, welche es ihr zur Unmöglichkeit machte, die in ihrem Besitze befindlichen öffentlichen Gebäude auch nur nothdürftig instand zu halten, geschweige denn wiederherzustellen. Man ergriff gern jede Gelegenheit, um aus dem Verkaufe solcher für die damalige Zeit völlig werthlos erachteter Gebäude, die nur den Stadtsäckel beschwerten, wenigstens etwas Materialwerth herauszuschlagen. Damals gingen auch fast alle noch vorhandenen Befestigungswerke in Privatbesitz über.

Bevor nun die Inangriffnahme der Wiederherstellung des Kaiserhauses, die Vorverhandlungen über den Ankauf desselben durch die Staatsverwaltung und die Arbeiten der Wiederherstellung selbst geschildert werden, möge eine Beschreibung des gegenwärtigen Zustandes des Gebäudes Platz finden.

Beschreibung des Kaiserhauses in Goslar.

1. Bestandtheile des Kaiserhauses. Das Kaiserhaus in Goslar besteht in seiner gegenwärtigen Gestalt aus dem Saalbau, Pallas, mit dem daranschließenden nördlichen Wohnflügel, dem östlichen Treppenaufgang und dem südlichen Vorsaal, aus der Ulrichs-Capelle und aus dem zwischen dieser und dem Vorsaal belegenen Verbindungsbau. Ferner gehören zum Kaiserhause, abgesehen von den im Laufe der Zeit hinzugekauften benachbarten Grundstücken in der Umgebung, die Freitreppen- und Terrassenanlage auf der Ostseite mit dem von Böschungsmauern eingefassten Turnierplatz und die nördliche Terrasse mit dem steinernen Springbrunnen.

2. Der Saalbau. Der Saalbau enthält zwei Geschosse. Das untere Geschoss (Abb. 3 Bl. 21), von Oberkante des unteren Fußbodens bis Oberkante Saalfußboden 5,20 m hoch, ist in sieben durch die ganze Tiefe des Baues reichende Räume getheilt, die mit Ausnahme des mit einer Balkendecke versehenen breiteren Mittelraumes mit spitzbogigen Tonnengewölben aus Bruchsteinen überdeckt sind (Abb. 1 Bl. 22). Diese sieben Abtheilungen sind durch Thüröffnungen verbunden und theils mit Sandsteinplatten, theils mit Schieferplatten gepflastert. In dem Fußboden ist durch röthliche Platten die Lage der alten Heizcanäle bezeichnet, welche bei der Aufgrabung des Bodens aufgefunden wurden. Im vorletzten Raume der Nordhälfte und dem gleichen der Südhälfte ist je ein Ofen der Luftheizung des Saales eingebaut. Zur Erhellung der Räume dienen kleine viereckige Fenster in der östlichen und westlichen Außenwand. Der Zugang findet von Osten im Mittelraume statt. Außerdem führt eine kleinere Ver-

bindungsthür mittels Treppe vom nördlichsten Raume zum Kellergeschofs des anschließenden Wohnflügels hinab und eine zweite Thür vom südlichsten Raume in die unter dem Vorsaal belegene Durchfahrt. Vom nördlichsten Raume führt ferner noch eine Thür in der Westwand in den hinter dem Kaiserhaus belegenen Hofraum. Die Balkendecke des mittleren Raumes ist durch zwei Unterzüge, die von je zwei hölzernen Stützen mit Kopfbändern getragen werden, unterstützt. Dieser Raum hatte vor der letzten Wiederherstellung ebenfalls wie die anderen Räume des Untergeschosses ein spitzbogiges Tonnengewölbe. Nach Abbruch desselben kamen an den zwei Widerlagswänden je drei große Rundbögen zu Tage, die aus Sandsteinquadern hergestellt sind, während die Tonnengewölbe aus unregelmäßigen Grauwacke- und Schieferstücken auf einer Holzschalung gefertigt und mit Kalkmörtel von obenher vergossen sind. Auf der Unterseite der Gewölbe sind noch die Abdrücke der Schalbretter in dem Kalkmörtel zu erkennen.

Das obere Geschofs des Saalbaues (Abb. 2 Bl. 20) enthält nur den großen Reichssaal von ungefähr 15 m Tiefe und etwa 47 m Länge. Der Fußboden besteht aus Gipsestrich und ist in einfachster Weise gemustert und eingetheilt; der mittlere Theil mit übereck gestellten Schachbrettfeldern, daneben nördlich und südlich je zwei rechteckige Felder mit einfassenden dunklen Streifen. An Farben sind nur ein dunkles Grau und Weiß angewandt. Die Decke des Saales ist eine flache Balkendecke, welche in der Mitte von einem quergelegten und aus Brettern hergestellten Tonnengewölbe unterbrochen und durch einen auf sechs hölzernen Stützen mit Kopfbändern ruhenden Unterzug unterstützt wird (Abb. 4 Bl. 21 und Abb. 1 Bl. 22). An den als Auflager des mittleren Tonnengewölbes dienenden Balken endet der Unterzug. Die Auflagerbalken sind durch je vier Kopfbänder unterstützt, die äußersten derselben setzen unmittelbar an die massiven Pfeilervorlagen der Ostwand und die Halbsäulen der Westwand an. Alle Kopfbänder zeigen auf der Unterseite geschnitzte Verzierungen in gothischen Formen und waren schon vor der letzten Wiederherstellung vorhanden (Text-Abb. 4 und 5). Alles Holzwerk der Decke und der Stützen ist jetzt mit zum Theil reicher Bemalung in Oelfarben versehen. Einen bemerkenswerthen Theil des Schmuckes bilden die Wappen der zum deutschen Reiche gehörigen Staaten und freien Städte, welche, auf abnehmbaren Holzschilden gemalt, an den Pfeilern und am unteren Rande des Tonnengewölbes angebracht sind. Das Material der Deckenbalken und der Stützen ist Fichtenholz, dasjenige der Kopfbänder Eichenholz.

Die Ostwand des Saales (Abb. 2 Bl. 22) ist vollständig in Bogenstellungen aufgelöst, deren rundbogige Oeffnungen mit geschliffenen Spiegelglasscheiben in eisernem Rahmen- und Sprossenwerk verglast sind, sodafs dem Saale eine überreiche Lichtmenge zugeführt wird. An jeder Seite befinden sich neun Fensteröffnungen zu je drei gruppiert. Das Mittelfeld enthält unten drei grössere rundbogige Oeffnungen und darüber im Schildbogen des Tonnengewölbes drei kleinere der Art. Die drei Oeffnungen einer Gruppe sind durch je zwei Sandsteinsäulen getrennt, welche durchweg verschieden geformte Capitelle zeigen. Bis auf je eine südlich und nördlich am Mittelfelde befindliche achteckige Säule haben alle Säulen runde glatte Schäfte. Die übrigen Wände des Saales haben

keine Fensteröffnungen. Zwei spitzbogige Thüren in der Südwand und in der Nordwand bilden den Zugang zum Saal. Die nördliche Thür stellt die Verbindung mit dem Wohnflügel her, die südliche bildet den Hauptzugang vom Vorsaal aus. Vor der Mitte der westlichen Längswand befindet sich ein um sieben Stufen erhöhter Thronplatz von der ganzen Breite des Mittelraumes und auf dieser der alte Kaiserstuhl des Domes aus Sandstein mit Rücken- und Seitenlehnen aus Bronze.

Alle Wandflächen zeigen einen reichen malerischen Schmuck vorwiegend geschichtlichen Inhaltes. Das große Mittelbild der Westwand (Abb. 1 Bl. 22) über dem alten Kaiserstuhle versinnbildlicht in einer aus Geschichte, Sage und freier Phantasie gemischten Darstellung die Wiederaufrichtung des deutschen Reiches durch Kaiser Wilhelm I. Die drei Hauptbilder südlich davon nebst den zugehörigen kleineren Zwischenbildern in drei Abstufungen farbiger Behandlung haben die Kämpfe der deutschen Kaiser mit der geistlichen Macht, insbesondere der Päpste zum Gegenstande, die nördlichen Bilder in gleichartiger Weise das Ringen der Kaiser mit der Macht der deutschen Fürsten um Anerkennung der Oberhoheit. Das große Bild auf der westlichen Hälfte der Südwand (Abb. 4 Bl. 21) zeigt Karl den Großen im Bekehrungskampfe mit den Sachsen, das entsprechende Bild der Nordwand Karl V. auf dem Reichstage zu Worms mit Luther im Vordergrund. Ueber den Fenstern der Ostwand (Abb. 2 Bl. 22) sind in den Bogenzwickeln Szenen aus dem Märchen von Dornröschen gemalt und dazwischen in den Schildbögen über den Fenstergruppen Stimmungsbilder aus der Natur im wachen Zustande des Sommers und im Schlafzustande des Winters. Die großen Bildflächen der Schmalwände zeigen südlich den Anfang zum Märchen von Dornröschen, nördlich das Erwachen Barbarossas im Kyffhäuser. Die Gemälde sind durch reiches gemaltes Rahmenwerk gegliedert und eingefasst und in Oelfarben auf glattgespachtelttem Putzgrunde hergestellt und auf der Westwand mit mattem Lack überzogen, damit die Blendung der Fenster nicht den Beschauer stört.

Zur Erwärmung des Saales dient eine Luftheizung, deren Ein- und Ausströmungsöffnungen im Fußboden angebracht und mit gußeisernen Gittern abgedeckt sind. Längs der Fensterwand ist im Boden eine Sandsteinrinne zur Abführung des herablaufenden Schweißwassers angelegt.

3. Der Vorsaal (Abb. 2 Bl. 20 u. Abb. 1 Bl. 22). Südlich an den Reichssaal schließt der Vorsaal an, eine Art Wandelhalle, von gleicher Höhe wie der große Saal, mit flacher einfach bemalter Balkendecke, schlichtem Wandanstrich und Gipsestrichfußboden mit übereck liegender Fliesentheilung. Der Raum wird durch ein großes dreigetheiltes Fenster an der Westwand erleuchtet und öffnet sich mit einem großen Rundbogen auf der Ostseite nach dem Austritt des zweiarmigen Freitreppenaufganges. Ueber dem Rundbogen sind dicht unter der Decke in den Ecken noch zwei kleine Rundbogenfenster angebracht, so weit es der Dachanschluss des Treppenvorbaues gestattete. Zum großen Saal führt eine spitzbogige zweiflügelige Thür und in der gegenüberliegenden Längswand eine kleinere einflügelige mit geschmiedetem Beschlage nach dem Verbindungsbau.

Der Treppenvorbau hat nördlich und südlich je eine rundbogige Ausgangsthür zu den zwei Freitreppen. Die

nördliche Thür hat einen gewöhnlichen Verschluss mit Druck- und Schließschloß, die südliche ist auf die ursprüngliche Art mit vorzuschiebendem Schließbalken und Holzkeilen verammelt, indem die vorgefundenen Wandlöcher, welche den Schließbalken in ganzer Länge aufnehmen, wieder benutzt sind. Die Erleuchtung des Treppenvorraumes, welche gleichzeitig auch dem Vorsaal zu gute kommt, geschieht durch zwei mit je zwei zierlichen Theilungssäulchen versehene Fenster, die durch geschliffene Spiegelglasscheiben in eisernem Rahmenwerk geschlossen sind.

4. Der Verbindungsbau. Unmittelbar an der Thür vom Vorsaal liegt der neuerbaute steinerne Treppenthurm, in welchem eine Wendeltreppe von unten bis zum Dachboden hinaufgeht, und der dazu dient bei Feuersgefahr auch von dieser Seite her das Löschungswerk zu ermöglichen. Der west-östlich gerichtete Flügel dieses schmalen Verbindungsganges hat vier zu zweien gekuppelte rundbogige Fensteröffnungen in der Südwand, die durch Holzläden mit eingelekten kleinen bleiverglasten Lichtöffnungen geschlossen sind. Der nord-südlich gerichtete Flügel öffnet sich in zwölf zu je dreien gruppierten offenen Rundbögen nach Osten. Die Gruppen sind durch starke, mit Ecksäulchen versehene Pfeiler, die Oeffnungen innerhalb der Gruppen durch zierliche Sandsteinsäulen mit verschiedenen gestalteten romanischen Capitellen getrennt. Die westliche Rückwand dieses Flügels ist nur durch ein kleines rundbogiges Fenster durchbrochen und sonst mit teppichartig gemusterter Wandmalerei versehen. Der Fußboden ist mit gebrannten Thonfliesen belegt, die Decke besteht aus gehobelten Schalbrettern mit Fugenleisten und Oelfarbenanstrich.

5. Die Ulrichs-Capelle. An den Verbindungsgang schließt sich südlich unmittelbar der Treppenthurm der Ulrichs-Capelle an. Einige Stufen führen zum Obergeschos der Capelle hinauf, welches achteckig ist und an der Ostseite eine mit einer Halbkuppel überdeckte Apsis hat (Abb. 1 u. 2 Bl. 21). Die Umfassungswände sind rundbogig genischt und haben je ein über der Kämpferhöhe ansetzendes kleines rundbogiges Fenster mit rundscheibiger Bleiverglasung. Die Apsis hat drei ebensolche Fenster, jedoch unter dem Kuppelansatz liegend und mit niedrigen Brüstungen. In der Mitte des Raumes befindet sich im Fußboden eine quadratische Oeffnung von einer Sandsteinbrüstung umgeben. Die Eckpfosten dieser Brüstung tragen vier romanische Sandsteinsäulen mit Blattcapitellen, welche zur Unterstützung der flachen Balkendecke dienen. Durch Vermittlung von Kopfbändern, die nach dem Vorbilde der zwei Wandsäulen im Saale unmittelbar von den Säulenschäften ausgehen, ist in der Decke über der quadratischen Fußbodenöffnung ein Achteck gebildet, über welchem eine mit farbigen Fenstern und achteckiger Holzkuppel versehene Laterne in den Dachraum sich erhebt.

In das untere Geschos gelangt man auf der vorhin erwähnten Wendeltreppe. Dies Geschos hat eine kreuzförmige Gestalt, welche in eigenartiger Weise mittels äußerer Trompeten- oder Tubengewölbe in das Achteck des oberen Geschosses übergeführt ist. Die Kreuzarme endigen in halbrunden Nischen, von denen jedoch nur diejenige des östlichen Armes auch nach außen als volle Apsis kenntlich ist und die Apsis des Obergeschosses trägt. Der nördliche Kreuzarm hat außerdem noch im Osten und Westen kleine

Nebenapsiden, der südliche eine solche nach Osten. Die östlichen Nebenapsiden sind auch äußerlich in flach vortretenden Rundungen kenntlich und tragen dazu bei, den Steinschnitt der Gewölbequadern in den vorhin erwähnten Trompetengewölben noch verwickelter zu machen. Zehn kleine rundbogige Fenster mit gleicher Verglasung wie diejenige des oberen Geschosses erhellen den an ein Grabgewölbe erinnernden eigenthümlichen Raum.

In der Mitte desselben unter der quadratischen Deckenöffnung befindet sich jetzt das steinerne farbige bemalte Grabdenkmal Kaiser Heinrichs III., eine liegende Figur über Lebensgröße mit den Abzeichen der königlichen Würde und einem schwarz und weiß gefleckten Hunde zu den nach Osten gerichteten Füßen. Der Grabstein ruht auf einem steinernen neugefertigten Sockel, welcher im Innern die Ueberreste des Herzens des Kaisers in einer metallenen Kapsel birgt. Diese „Intestina“ und der Grabstein befanden sich ehemals in dem 1820 abgebrochenen Dome zu Goslar. Im südlichen Kreuzarm führt eine innen mit einem Eisengitter versehene Thür unmittelbar ins Freie und in den hinter dem Kaiserhause befindlichen Garten.

6. Der Wohnflügel. Der im Norden an den Saalbau gefügte Wohnflügel ist architektonisch und kunstgeschichtlich ohne Bedeutung. Er enthält außer dem Keller drei Geschosse. Das Erdgeschos, in der gleichen Höhe gelegen wie das Untergeschos des Saalbaues, dient dem Castellan des Kaiserhauses zur Wohnung. Eine gegenüber dem östlichen Eingange befindliche Steintreppe bildet den Zugang zu dem Keller und den oberen Geschossen. Die Räume des I. Stockwerkes sind ursprünglich für die Aufnahme fürstlicher Gäste bestimmt und dienen jetzt zum Theil zur Unterbringung der während der Wiederherstellungsarbeiten ausgegrabenen Gegenstände, wie Waffen, Geräte, Knochenreste. Die Räume des II. Stockwerkes sind dazu bestimmt, bei fürstlichem Besuche dem Gefolge als Wohnung zu dienen, welches sich in unmittelbarer Nähe des Fürsten befinden muß. Die Ausstattung aller Räume des Wohnflügels ist eine ganz schlichte, da anzunehmen ist, daß im Falle der Benutzung in dem oben gedachten Sinne die erforderliche innere Ausstattung eigens zu dem Zwecke hergerichtet wird.

7. Nebenanlagen. In der nächsten Umgebung des Kaiserhauses (vgl. Lageplan Bl. 23) sind eine Anzahl von alten Grundmauern durch Ausgrabung freigelegt worden, welche indessen zum Wiederaufbau der ehemals dort befindlichen Gebäude wegen der zu geringen Anhaltspunkte für die wahrscheinliche äußere Gestaltung derselben nicht geführt haben. Dazu gehört vor allem die Gruppe von Grundmauern westlich von der Ulrichs-Capelle, wo man die Lage der „Kemenate“, des eigentlichen Wohngebäudes der alten Kaiser, vermuthet.

Ferner sind hinter dem Wohnflügel einige Futtermauern und Treppenanlagen bloßgelegt, die in Verbindung mit der Mauer am Abhange des Liebfrauenberges zu einem nördlichen Wohngebäude, der westlich vom Kaiserhause früher vorhandenen Liebfrauen-Kirche und zur Verbindung dieser Gebäude gehörten. Im Jahre 1889 ist vor dem Nordgiebel eine Terrasse mit halbkreisförmiger Böschungsmauer hergestellt. Diese Terrasse trägt eine Brunenschale aus Sand-

stein, aus deren Mitte sich eine reichverzierte Steinsäule mit wasserspendendem Knauf erhebt.

Auf dem „Kaiserbeet“, dem freien Platze östlich vor dem Kaiserhause (vgl. Lageplan Bl. 23), sind durch die Nachgrabungen Reste einer Steintreppe, Grund- und Böschungsmauern aufgedeckt worden, welche den Anlaß zur Herstellung einer Terrassen- und Freitreppenanlage gegeben haben, die einen würdigeren Zugang zum Kaiserhause bilden soll.

In der Achse des Hauses gerade gegenüber dem Haupteingange zum Untergeschoß desselben ist eine halbkreisförmige Kanzel in den freien Platz vorgeschoben, die auf drei steinernen Löwen ruht. Zu beiden Seiten derselben führen zwei breite Steintreppen hinab. Die zwei untersten Stufen der südlichen Treppe sind noch die ursprünglich an diesem Orte aufgefundenen und sind unverändert liegen geblieben. Die Ecken der Terrassenmauer, an denen die halbkreisförmigen Böschungsmauern der Dingstätte ansetzen, sind durch gegliederte und geböschte Sockel besonders betont und tragen zwei Nachbildungen des Braunschweiger Burglöwen in Bronze-guß.

Auf der Dingstätte sollen demnächst die aus getriebenem Kupfer hergestellten Reiterstandbilder Kaiser Wilhelms I. und Kaiser Friedrich Barbarossas Aufstellung finden.

Die Wiederherstellung des Kaiserhauses zu Goslar.

Die Wiederherstellung des Kaiserhauses zu Goslar ist in drei Abschnitten erfolgt. Der erste Abschnitt von 1865 bis 1870 umfaßt den Erwerb des Kaiserhauses durch den hannoverschen bzw. preussischen Fiscus und die vorläufigen nothwendigsten Ausbesserungen zur Erhaltung des Gebäudes, die Untersuchung desselben durch sachgemäße Nachgrabungen und die Aufstellung eines Vorentwurfes. Der zweite Abschnitt von 1873 bis 1879 enthält die eigentliche vollständige Wiederherstellung des alten Gebäudes nebst der Ulrichs-Capelle. Im dritten Abschnitte von 1879 an, der vielleicht noch nicht als abgeschlossen zu betrachten ist, erfolgten die Ergänzungsarbeiten und die Ausmalung des Reichssaales.

Als ein Vorspiel zu diesen drei Hauptabschnitten, welche sich mit dem Kaiserhause und der Ulrichs-Capelle beschäftigen, ist der Erwerb und die vorläufige nothdürftige Wiederherstellung der Ulrichs-Capelle durch den hannoverschen Staat anzusehen, welche in den Jahren 1859 und 1860 erfolgte.

Es ist am Ende des ersten Theiles ausgeführt worden, in welcher wirthschaftlichen Nothlage die Stadt Goslar sich befand und daß die Gefahr vorlag, die Stadtverwaltung könne in ihrem Bestreben, sich der alten nutzlosen Bauwerke zu entledigen, auch vor der Veräußerung der werthvollsten Baudenkmäler, sogar des Kaiserhauses, nicht zurückschrecken. Es ist wohl als die Folge der Anregungen des Geheimen Regierungsrathes Blumenbach, welcher bereits 1810 die Anfertigung einer Zeichnung des Kaiserhauses veranlaßt und 1846 in dem Archiv des historischen Vereins für Niedersachsen einen Aufsatz über das Kaiserhaus veröffentlicht hatte, anzusehen, daß Baurath Mithoff in den Jahren 1854 bis 1860 eine umfassende Veröffentlichung des Kaiserhauses in Verbindung mit anderen Baudenkmälern Goslars im Archiv für Niedersachsens Kunstgeschichte bewirkte. Und diese die Bedeutung des Kaiserhauses und anderer Goslarer Baudenkmäler darlegende Arbeit darf wiederum als die Ursache dafür

gelten, daß im Jahre 1865 die hannoversche Staatsregierung den damaligen Landdrosten Wermuth in Hildesheim mit der Untersuchung der Goslarer Baudenkmäler beauftragte und ein Verzeichniß der wichtigsten derselben aufstellen liefs.

Fast gleichzeitig mit diesem Auftrage erfolgte im April 1865 der Einsturz des westlichen Mittelgiebels am Kaiserhause. Die Verhandlungen des zur Erledigung des erwähnten Auftrages eingesetzten Ausschusses endigten damit, daß derselbe der hannoverschen Staatsregierung den Erwerb des Kaiserhauses gegen die Verpflichtung der Wiederherstellung und Unterhaltung desselben dringend empfahl. Nach mehrfachen schwierigen Verhandlungen mit dem Magistrate gelang es dem energischen persönlichen Eingreifen des Geheimen Finanzdirectors Seebach am 20. April 1866 in einer Verhandlung mit dem Magistratsdirector Sandvofs den Kaufvertrag abzuschließen. Die an die Stadt zu zahlende Entschädigung wurde auf 1000 Thaler festgesetzt. Wegen der im Sommer desselben Jahres stattfindenden politischen Umwälzungen verzögerte sich die Abwicklung des Kaufgeschäftes derartig, daß die Schlusszahlung der Kaufsumme erst im September desselben Jahres und bereits durch das preussische Generalgouvernement erfolgte. Am 13. September 1866 wurde der damalige Bauconducteur Hotzen beauftragt, im Einverständniß mit dem Baurath Mithoff, dem Oberlandbaumeister Mittelbach und dem Landbaumeister Wittig einen Wiederherstellungsplan aufzustellen. Hierfür und zur Bestreitung der nothwendigsten Instandsetzungen wurden 6000 Thaler bewilligt. Nachdem der Plan am 1. Juli 1867 vorgelegt, von dem damaligen Conservator der preussischen Kunstdenkmäler, Herrn von Quast, gebilligt und amtlich genehmigt war, und die Räumung des Kaiserhauses von den Einbauten der Kornböden und den sonst darin lagernden Materialien erfolgt war, wurde mit der Wiederherstellungsarbeit oder richtiger mit den Aufgrabungen und Untersuchungen des baulichen Zustandes im Herbste 1867 begonnen. Leider sind aus dieser ersten Arbeitszeit keine regelmäßigen Berichte über die erfolgten Funde und keine genauen Zeichnungen derselben vorhanden. Das Bautagebuch beginnt erst mit dem 4. Januar 1869. Es stellte sich bald heraus, daß der eingereichte Entwurf infolge der nach und nach zu Tage tretenden Merkmale des früheren Bauzustandes in wesentlichen Punkten verändert werden mußte, und Hotzen erbat sich zu diesem Zwecke die eingereichten Pläne wieder zurück. Nachdem die Pläne umgearbeitet waren, begab sich Hotzen am 14. August 1868 nach Goslar, um die eigentliche Wiederherstellungsarbeit in Angriff zu nehmen. Doch dauerten die Nachgrabungen noch fort und förderten immer neue Anhaltspunkte für die Wiederherstellung zu Tage. Bis zum Frühjahr 1869 wurde diese Arbeit des Forschens und Findens, des Ausbesserns, Ergänzens und Entwerfens gleichmäßig fortgesetzt, ohne daß die preussische Regierung wesentliche Kenntniß von diesen Arbeiten genommen hatte. Zu dieser Zeit beauftragte der Oberpräsident, Graf zu Stolberg-Wernigerode, die Domänenverwaltung zu Hannover, über die bisherigen Arbeiten am Kaiserhause Bericht zu erstatten. Gleichzeitig mit diesem Berichte des Geheimen Finanzdirectors Seebach, welcher sich hauptsächlich auf einen sehr eingehenden, von dem Oberlandbaumeister Mittelbach ausgearbeiteten Bericht der Landdrostei stützte, wurde eine Be-

willigung von 12000 Thalern zur Fortsetzung der Arbeiten nachgesucht. Bevor jedoch diese Bewilligung erfolgte, waren die bisher verfügbaren Mittel erschöpft, der Krieg 1870 brach aus, und die Arbeiten mußten eingestellt werden. Hiernit schloß der erste Abschnitt der Wiederherstellungsarbeit.

Die seiner Zeit ungemein beklagte Stockung der Arbeiten hat für die Folge den Vortheil gehabt, daß in der Zwischenzeit bis zum Beginne der weiteren Arbeiten eine genaue Aufnahme des vorhandenen Bauzustandes hergestellt und auf Grund derselben erschöpfende Entwürfe zur Wiederherstellung und ausführliche Kostenanschläge ausgearbeitet wurden. Mit der Herstellung der genauen Aufnahme wurde am 1. Februar 1871 der bisherige Leiter der Arbeiten, Bauconducteur Hotzen, beauftragt, welcher die Aufnahmezeichnungen am 1. Juli 1871 einreichte. In dieser Zeit hatte die um die Weiterführung der

Arbeiten besorgte Stadtverwaltung von Goslar auf Anregung des damaligen Bürgermeisters Tappen eine Bittschrift an den Reichstag gerichtet und unter Vorlegung eines nach Hotzens Angaben gefertigten, noch im Kaiserhause aufbewahrten Gipsmodelles des Kaiserhauses und einer von Hotzen gezeichneten Ansicht, welche die Erscheinung des Kaiserhauses nach der geplanten Wiederherstellung darstellten, um Bewilligung der zur Beendigung der begonnenen Wiederherstellung erforderlichen Mittel gebeten, nachdem sie in ähnlichem Sinne bereits Ende September 1870 sich an Seine Majestät König Wilhelm, den Kronprinzen und den Reichskanzler gewandt hatte. Gleichzeitig wurde an die einzelnen Mitglieder des Reichstages ein Flugblatt unter dem Titel: „Ein Mahnruf an die Vertreter des deutschen Volkes“, vom März 1871 datirt, vertheilt.

Auf Grund der eingereichten Aufnahmen, Entwürfe, Kostenanschläge und Berichte fand am 22. October 1872 eine örtliche Besichtigung des Kaiserhauses durch die Vertreter der preussischen Regierung v. Quast und Salzenberg statt, welche im Beisein des Landdrosten Grafen von Westarp, des Bürgermeisters Tappen, des Regierungsraths Bosse und des Regierungs- und Bauraths Mittelbach die im Mittelbachschen Berichte vom 12. August 1870 bezeichneten wesentlichsten Punkte der Wiederherstellung feststellten. Auf Grund dieser Feststellungen wurde am 27. November 1872 die Landdrostei mit der Aufstellung eines neuen Wiederherstellungs-entwurfes beauftragt und dieser dem zuständigen Kreisbauinspector Schulze, dem zu diesem Zwecke der Architekt

Hennicke zur Hülfe beigegeben wurde, übertragen. Hiernit schied Hotzen aus der Arbeit am Kaiserhause aus.

Der Entwurf wurde am 31. Januar 1873 dem Ministerium vorgelegt und die Kosten der veranschlagten Arbeiten auf 72800 Thaler angegeben. Schon für das nächste Rechnungsjahr 1873/74 wurden 20000 Thaler bewilligt, sodafs die Arbeiten sogleich in Angriff genommen werden konnten. Die Ausführung, welche nunmehr im Wege des geordneten Geschäftsganges erfolgte, verlief ohne besondere Schwierigkeiten und Hinderungen, abgesehen davon, daß die Vollendung wegen der sorgfältigen Behandlung jedes einzelnen Punktes sich länger hinzog, als anfangs geplant war, und daß die bewilligten Mittel nicht genügten und 1875 ein Zuschufs von 60000 \mathcal{M} beantragt werden mußte. In dasselbe Jahr fiel ein Ereignifs, welches für die Geschichte und auch für

die weitere Behandlung des Kaiserhauses von größter Bedeutung war, nämlich der Besuch Kaiser Wilhelms am 15. Aug. 1875, der auf der Rückreise von Detmold, wo er der Enthüllung des Hermannsdenkmals beigewohnt hatte, das Kaiserhaus in Goslar besuchte. Die Instandsetzungsarbeiten waren allerdings noch sehr im Rückstande, sodafs die Freitreppen zum Saalgeschofs, der Fußboden des Saales und der erhöhte Thronplatz zu dem Zwecke



Abb. 6. Zustand des Reichssaales im Jahre 1873.

vorübergehend hergestellt werden mußten. An diesen denkwürdigen Besuch knüpfte sich der Gedanke einer künstlerischen Ausmalung des Reichssaales, welcher im Jahre darauf in dem allgemeinen Preisausschreiben eines Wettbewerbes seinen Ausdruck fand, aus dem der Professor Hermann Wislicenus in Düsseldorf als Sieger hervorging.

Die bauliche Behandlung des Saales wurde durch die im Jahre 1875 geplante, 1879 begonnene und 1897 vollendete künstlerische Ausmalung nicht unerheblich beeinflusst. Die dem Wetter ausgesetzte und deshalb stets feuchte Westwand konnte nicht unmittelbar als Malgrund benutzt werden, sondern es mußte eine im unteren Theile 1 Stein, im oberen Theile $\frac{1}{2}$ Stein starke Backsteinmauer, die mit der alten Wand durch verzinnte Eisenanker sorgfältig verankert wurde, hergestellt werden. Zur besseren Erhaltung der Gemälde mußte eine Luftheizungsanlage eingerichtet werden, und die Fenster der Ostwand erhielten zur Erzielung einer möglichst großen Helligkeit im Saale Scheiben aus Spiegelglas. Die Bemalung der Decke wurde der Ausmalung des ganzen Saales angepaßt.

Im Jahre 1879 konnte die bauliche Wiederherstellung des Kaiserhauses und der Ulrichs-Capelle als vollendet gelten.

Das Baubureau wurde am 1. December dieses Jahres aufgelöst. Die Abrechnung, welche erst später abgeschlossen wurde, ergab einen Kostenaufwand von 300708,70 *M.*, abgesehen von den besonderen Bewilligungen, welche nach dem Jahre 1879 für eine Blitzableitung, die Luftheizung im Saale und den Ankauf zweier Grundstücke in unmittelbarer Nähe des Kaiserhauses erfolgt waren.

In dem genannten Jahre war auch die technische Leitung der Arbeiten bei der Hildesheimer Landdrostei in andere Hände übergegangen, indem an Stelle des Geheimen Regierungsrathes Mittelbach der Regierungs- und Geh. Baurath Cuno getreten war.

Die bisherigen Wiederherstellungsarbeiten waren nach dem Grundsatz der möglichst weitgehenden Erhaltung des Vorgefundenen und thunlichst unter Ausschluss aller willkürlichen Zuthaten, für welche sich nicht unzweifelhafte Beweise des früheren Vorhandenseins beibringen ließen, ausgeführt worden. Dem für derartige Erhaltungsarbeiten mit großer Zuneigung, Erfahrung und Sachkenntniß begabten neuen Leiter der noch rückständigen Arbeiten am Kaiserhause blieb es nicht verborgen, daß in manchen Punkten in der Befolgung des oben genannten Grundsatzes wohl zu weit gegangen sei und daß zur Vervollständigung doch einige frei erfundene Ergänzungen sogar nothwendig seien. In den wegen der malerischen Ausschmückung des Saales stattfindenden Zusammenkünften mit den maßgebenden Vertretern der beteiligten Ministerien, den Herren Wirkl. Geh. Oberbaurath Adler, Geh. Oberregierungsrath Persius und Geh. Oberregierungsrath Jordan, wurden von dem Geh. Baurath Cuno nach und nach Ergänzungen in Vorschlag gebracht, welche sodann in Entwürfen und Kostenanschlägen genauer ausgearbeitet und begründet und im Jahre 1884 genehmigt wurden. Die Mittel dafür wurden in den Jahren 1886 und 1887 bewilligt in Höhe von zusammen 43700 *M.* Auf

diese Weise wurden dem Bau hinzugefügt der Verbindungsbau zwischen dem Kaiserhaus und der Ulrichs-Capelle, die drei über Dach geführten Brandgiebel, der Treppenthurm an dem Südgiebel und die Terrasse vor dem Nordgiebel mit der Brunnenschale. Aus den Ersparnissen, welche bei der Ausführung dieser letzten Ergänzungsbauten sich ergaben, wurden schließlic noch, um dem Kaiserhause einen würdigen Vorplatz zu schaffen, und nachdem durch planmäßig ausgeführte Aufgrabungen das frühere Vorhandensein einer Terrassenanlage mit Freitreppen festgestellt war, die Freitreppenanlage mit den Futter- und Böschungsmauern und der Freikanzel auf dem Kaiserbeet hergestellt, und zum Schmucke dieser neuen Anlage zwei Nachbildungen des Braunschweiger Burglöwen in Bronze auf den Eckbauten der Terrassenmauern aufgestellt. Der Plan, die Strebepfeiler zu beiden Seiten des großen Mittelgiebels der Ostfront mit den Reiterstandbildern der großen Kaiser des alten und des neuen Reiches, Friedrich Barbarossas und Kaiser Wilhelms I., zu schmücken, ist nicht verwirklicht worden. Diese im Jahre 1896 von den Bildhauern Toberentz und Schott vollendeten Standbilder sollen in diesem Jahre auf der sog. Dingstätte vor den Freitreppen aufgestellt werden, nachdem durch mehrere Probeaufstellungen dieser Platz als der geeignetste ermittelt worden ist und die von der Ministerialcommission empfohlene Art der Aufstellung von Sr. Majestät genehmigt und die erforderlichen Mittel bewilligt sind.

Die Kosten für das Denkmal Kaiser Wilhelms I. sind von Stadt und Kreis Goslar zur Verfügung gestellt.

Die letzten Bewilligungen werden damit verbraucht sein, und es darf dann die Wiederherstellungs- und Ergänzungsarbeit, welche im ganzen mit Ausnahme der malerischen Ausschmückung des Reichsaales und der Grundstücksankäufe rund 400000 *M.* an Kosten erfordert hat, als abgeschlossen gelten.
v. Behr.

Die Kunsthalle in Karlsruhe.

(Mit Abbildungen auf Blatt 24 bis 26 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Nach dem Plane von Hübsch*) sollte das Gebäude der Kunsthalle in seiner Vollendung, ein geschlossenes Viereck umfassend, aus vier Bautheilen bestehen, welche einen offenen Hof umschließen (Abb. 2 Bl. 24). Der östliche und westliche Flügel waren gleichartig eingetheilt und hatten im unteren Geschofs einen größeren viersäuligen, einen kleineren zweisäuligen und einen schmalen Saal nach Norden zu mit Licht von dieser Himmelsgegend, der risalitartig über die nördliche Mauerflucht vorstehen sollte. Der zwischen den beiden Risaliten gelegene Nordflügel sollte vier kleinere Räume und, in der Mittelachse gelegen, eine Eintrittshalle mit mälsig großer Treppenanlage in sich aufnehmen.

Der Plan kam aber nur theilweise zur Ausführung, indem nur der Südflügel mit seinen 18,3 m langen Wiederkehren an der Ost- und Westseite gebaut wurde. An die letztere schließt sich heute noch ein schmuckes Dienstwohngebäude unmittelbar an, während auf der Ostseite eine

14,6 m lange Lücke gelassen war, nach der Waldstrafe durch eine Bretterwand abgesperrt, an die sich dann das 20,6 m lange Hofzahlamtsgebäude anschloß. Nahe bei diesem ist das Ausstellungshaus des Kunstvereins errichtet, dem Botanischen Garten zugekehrt. Diese nur theilweise Ausführung, die den Mißstand hatte, daß die Speicherräume nur durch eine hölzerne Leitertreppe von einem der Ausstellungszimmer aus begehbar waren, genügte für die Folge nicht mehr, als sich die Kunstschatze im Baue mehrten. Man versuchte, durch engere Aufstellung und Zusammenhängen der Bilder dem Platzmangel abzuweichen, aber auch diese Maßnahme konnte auf die Dauer nicht helfen. Man wollte es zuerst mit einem Ausbau der genannten Lücke in der Waldstrafe versuchen, hatte aber diesen Gedanken wieder fallen lassen, der doch nur ein Flickwerk geschaffen haben würde, und griff auf den Ausbau nach dem Gesamtplan Hübschs zurück. Damit war dem Hofzahlamtsgebäude das Urtheil gesprochen. Aber auch jetzt sollte es nicht zum vollständigen Ausbau der Kunsthalle kommen, indem man sich zunächst mit

*) Vgl. Dr. Heinrich Hübsch, Bauwerke, Verlag von J. Veith in Karlsruhe.

der Herstellung des Ostflügels begnügen zu können glaubte. Einer späteren Zeit wird es dann vorbehalten bleiben, wenn Raummangel wieder zwingt, den Nordflügel und später auch den Westflügel auszubauen, um schliesslich mit der Ueberdeckung des Hofes durch ein Glas-Eisendach das Werk zu krönen.

Mit Erlaß des Großh. Ministeriums der Finanzen vom 23. October 1889 wurde die Großherzogliche Baudirection (Oberbaudirector Dr. Durm) beauftragt, auf der von Hübsch vorgezeichneten Grundlage einen Plan und einen Kostenvoranschlag auszuarbeiten, welcher im Juli des darauffolgenden Jahres vorgelegt wurde. Bei der Vorlage des Gesamtplanes wurde gesagt, daß seine Ausführung auf vier Bauabschnitte zu vertheilen sei, und für diesen wurden 980 000 *M* berechnet.

Im Januar 1891 erfolgte der Auftrag, einen Arbeitsplan mit ausführlichem Kostenvoranschlag für den Ostflügel zu fertigen, zur Vorlage an die Ständekammer, wobei aber auch die Heizbarmachung des bestehenden sowohl, als auch des neuen Baues zu berücksichtigen war. Im Mai 1893 wurden Plan und Ueberschlag genehmigt, mit dem Abbruch des Hofzahlamtsgebäudes im September des gleichen Jahres begonnen, und im April 1894 wurden die Bauarbeiten in Angriff genommen.

Der jetzt zur Ausführung gebrachte Ostflügel (Abb. 2 und 3 Bl. 24) zeigt im ersten Stock im großen und ganzen die Eintheilung von Hübsch, und nur der Nordsaal hat eine etwas andere Gliederung erhalten, die durch Einführung vermehrter Lichtöffnungen bedingt war, indem statt eines dreifach gekuppelten Mittelfensters drei große einzelne Fenster auf der Nordseite ausgeführt wurden, welche eine Dreitheilung des Raumes nach der Länge ergab.

Die Aufgabe, den Gesamtplan in drei verschiedenen Bauabschnitten auszuführen, machte die Beibehaltung der von Hübsch geplanten Mittelstufe im Nordflügel unmöglich, sollten nicht wieder Zustände geschaffen werden, wie sie am alten Baue mit Recht zu tadeln waren. Statt der Mittelstufe wurden nach Norden zwei feuersichere Treppen vom Keller bis zum Speicher geplant, die an die Risalite der Nordfront anschließen und von denen die östlich liegende ausgeführt wurde. Sie wurden weiter bedingt durch die Anlage der Sammelheizung und um einen weiteren Zugang zu den Gebrauchsräumen des zweiten Stockes zu haben, und um bequem zu den Oberlichtern und dem Dachraum gelangen zu können. Durch die eigenartige Anlage dieser Treppen wird aber später der unmittelbare Zusammenhang der Räume von einem Bauheil zum andern in beiden Stockwerken nicht unterbrochen. Anders ist im zweiten Stock verfahren. Hübsch entwarf für diesen die gleiche Anordnung wie im ersten Stock, die er bei der Ausführung wohl kaum beibehalten haben würde. Die Ausführung (Abb. 3 Bl. 24) zeigt uns jetzt im zweiten Stock einen seitlich beleuchteten Längsflur auch nach der Ostseite, der zur Aufnahme des Kupferstichcabinets bestimmt ist, mit einem kleinen Arbeitszimmer für den Beamten des Cabinets. Nach Norden ist der schmale Quersaal beibehalten, der zur Aufnahme von Handzeichnungen und zum Auflegen der größeren Kupferwerke bestimmt und dementsprechend ausgestattet ist. Umschlossen von diesen liegen zwei größere Oberlichtsäle, zur Aufnahme von Bildern moderner Meister bestimmt. Eine gleiche Eintheilung wird

seiner Zeit der Westflügel erhalten, während nach Norden, mit reichem Seitenlicht in jedem Stockwerke, je ein großer Saal angeordnet ist, der durch Scherwände in Cabinets getheilt werden kann.

Für die Ausgestaltung der Räume im ersten Stocke, welche zur Aufstellung von plastischen Kunstwerken dienen, konnte die von Hübsch angeschlagene Bauweise in constructiver und formaler Beziehung mit wenig Aenderungen der Hauptsache nach in den Säulensälen beibehalten werden; sie mußte aber in den Nordsälen und in den Oberlichtsälen des zweiten Stockes, wie auch in der Ostgalerie daselbst verlassen werden aus naheliegenden Gründen. Bauart und Form der Oberlichter verlangten andere Weisen.

Die Ostfront in der Waldstraße, für welche eine perspectivische Zeichnung Hübschs vorhanden war und die sich eigentlich aus dem Grundrisse von selbst ergab, wurde getreu in den Bauformen der alten Kunsthalle ausgeführt; bei der Nordfront (Abb. 1 Bl. 24), für welche kein Material überkommen war, machte der veränderte Grundplan eine veränderte Außenarchitektur nöthig, obgleich auch hier wieder Sockel, Gurt- und Hauptgesimse in der alten Formensprache beibehalten wurden. Das Motiv des vortretenden, massiven, mit Figuren geschmückten Balcons der Südseite wurde auf die Risalite der Nordseite übertragen; auch der Giebel der ersteren wurde verwerthet, aber in einer Formensprache, die sich mit der italienischen Hochrenaissance mehr deckt, welcher sich ja auch Hübsch bediente, nur mit anderem Accente. Das Risalit der Nordostecke soll sich in gleicher Weise und Form seiner Zeit an der Nordwestecke wiederholen, während der langgestreckte Zwischenbau im unteren Geschoße (wie dies ein Stück der Nordseite schon zeigt) durch vorgestellte Dreiviertelsäulen belebt werden wird, die Standbilder berühmter Künstler tragen sollen. Zwischen den dreifach gekuppelten Fenstern des Obergeschosses werden als ergänzender weiterer Schmuck Medaillons (Künstlerporträts) angebracht werden, so daß die Nordseite in ihrer einstigen Vollendung der Südseite ebenbürtig erscheinen, vielleicht sich noch glanzvoller gestalten wird als jene.

Der Neubau ist selbstredend aus dem gleichen Materiale ausgeführt, wie der alte Theil. Die Sockel aus rothem Sandsteine, die Quaderflächen des ersten Stockes aus gelblich-grünem Sandsteine von Kürnbach und Umgegend, die Gurte, Gesimse und Fenster aus weißen Murgthaler Sandsteinen.

Der prächtige Figureschmuck des nördlichen Risalits, bestehend aus zwei großen Reliefs, in Kinderfiguren die Thätigkeiten der Künste darstellend, aus Palmen und Kränze schwingenden Jünglingen, aus einem ernstblickenden Pallas-köpfe im Giebelfeld, aus den Standbildern Albrecht Dürers und Holbeins, ist ein Meisterwerk des leider zu frühe verstorbenen Bildhauers Professor A. Heer, des Schöpfers des Kaiserdenkmals in Karlsruhe.

Aber nicht die Plastik allein war es, welche der Architektur bei diesem Baue unterstützend zu Hülfe kam, die monumentale Malerei hat auch ihr Scherflein dazu beigetragen, und zwar im Innern, wohin sie auch gehört, gleichwie im alten Hause, wo Moritz von Schwindt sein Meisterwerk schuf. Der ihm geistesverwandte Meister Rudolf Gleichauf hat hier seinen Schwanengesang verklingen lassen. Betreten wir das Innere bei der nordöstlichen Diensttreppe, so gelangen

wir in den mit vier Paar schwarzen Marmorsäulen geschmückten Sculpturensaal, in welchem jetzt die wenigen Marmorwerke und zwei Broncestücke unserer Kunsthalle aufgestellt sind. Der Boden besteht aus Stiftmosaik, die Wände sind rothbraun gestrichen, die Gewölbe sind leicht und hell bemalt. Den oben halbrunden Theil der Ost- und Westwand schmücken die Bilder, Allegorien der Architektur, Sculptur und Malerei, von Gleichaufs Hand, während die Bogenfelder der Südwand, von Putten umgeben, die Bilder der Kunststädte Venedig, Florenz und Neapel aufnehmen.

Durch eine von kostbarem rothem Marmor umrahmte Thüre gelangen wir dann in den zweiten Sculpturensaal, zur Aufnahme der italienischen Renaissanceplastik bestimmt. Die Thüre Ghibertis prangt hier schon in einer der Mauerblenden. Die Namen: Donatello, Ghiberti, Robbia und Michel Angelo in goldenen Lettern geben uns die Kunstperiode an. Der Wandton ist hier grünlich gestimmt. Die Gewölbefelder sind hell und mit bunten Grottesken bemalt. Besonders reich geschmückt sind die sechs Bogenfelder der Nord- und Süd- wand. Von Professor Schurth in wunderbarer Tönung und Zeichnung in Oel gemalte Medaillons schmücken die Mittelfelder. Sitzende weibliche Figuren, die antike und moderne Kunst im Land Italien darstellend, sind hier vollendet zur Anschauung gebracht. Die vier anderen Felder zeigen landschaftliche Bilder von Professor Kanoldt und Maler Hörter hier, St. Peters Dom in Rom und die Villa d'Este in Tivoli, Villa Borghese bei Rom und ein Stück Pompeji mit dem Blick auf den Vesuv. Prächtig gestimmte und gemalte Darstellungen aus dem sonnigen Italien. Die Gewölbe werden von zwei mächtigen, monolithen Säulen aus braunem belgischem Breccienmarmor abgestützt, die theilweise vergoldete Capitelle aus Carraramarmor zieren. Die Gewölbe- ecken schmücken grau in grau gemalte Köpfe, gleichfalls von Schurths Meisterhand ausgeführt, wie auch die Putten in den Zwickeln bei den Landschaftsbildern.

Ueber der kostbaren Marmorthüre der Nordwand prangt eine Marmortafel mit Goldschrift, die da sagt: „Die neuen Säle, erbaut unter der segensreichen Regierung des Großherzogs Friedrich von Baden, wurden am Tage der Vollendung seines 70. Lebensjahres, 9. September 1896, der Benutzung übergeben.“

Der folgende Saal ist in gleicher Weise ausgeschmückt, nur werden die Gewölbe hier von vier Marmorsäulen der gleichen Art getragen (Abb. 1 Bl. 25 und Bl. 26).

Der Wandschmuck besteht, da der Raum antike Plastik aufnehmen soll und zum Theil schon aufgenommen hat, aus zwei Medaillonbildern — eine Aegypterin und eine Griechin darstellend —, wieder von Schurth auf das vollendetste gemalt. Ebenbürtig stehen diesen zur Seite die beiden ägyptischen Architekturbilder Tempel zu Luksor und die Kolosse Amenhotp II. und Thutmos II. zu Karnak von Professor Krabbes mit ihrer präzisen Zeichnung und dem wunderbar wiedergegebenen Localton der ägyptischen Landschaft. Diesen gegenüber sind zwei flott dargestellte römische Architekturen von Maler Baumeister hier, einem jüngern, aufstrebenden Künstler, Bilder vom Forum Romanum und von dem Rundtempel in Tivoli. Diesen neuen Sculpturensälen wird man eine bedeutende Raumwirkung bei vornehmer Haltung des

künstlerischen Schmuckes nicht abstreiten können. Aber auch das Obergeschofs zeigt uns noch Werke unserer hiesigen Malerschule. Die Schmalseiten der Ostgalerie schmücken große griechische Landschaften von Klose mit ihren schönen Linien und tiefer Färbung, eingefasst durch grau in grau gemalte, stehende Figürchen von Gleichauf. Die Decke nach der Art der in den Florentiner Uffizien oder in den römischen Loggien ausgeführten gebildet und in fünf Spiegelgewölbefelder zerlegt, schmücken 20 kleine Landschaftsbilder von Puhonny in reizender Weise. Einfacher gehalten sind die beiden Bilder-Oberlichtsäle (Abb. 1 Bl. 25). Die Wandbekleidung und Thürumrahmungen sind schwarz gestrichen, die Wände mit graugrünem Stoffe bekleidet und mit Goldleisten eingefasst und darüber ein glattes Hohlkehlegesimse mit einem Blumenwulste abgeschlossen. Den Spiegel der Decken nehmen die großen in Eisen und Glas hergestellten Oberlichte ein, deren Abmessungen nach der „Tiedeschen Formel“ ermittelt sind, wie auch die Behangflächen nach dessen Angaben bestimmt wurden — 0,95 m Sockelhöhe und darüber 4,70 m hohe Behangflächen. Unter dem Stoffe der Wände ist eine Schalung (Abb. 1 u. 2 Bl. 25) aus Schlaufdielen angebracht, an welcher die Vorrichtungen für das Aufhängen der Bilder aufgeschraubt werden sollen. Die innere Ausstattung ist eine den Anforderungen der Neuzeit entsprechende. Für Lüftung und Heizung im ganzen Baue — sowohl im alten Hause, als im neuen — ist gesorgt, und zum Ausruhen von den Kunstgenüssen bieten in den Sculpturensälen sogenannte curulische Stühle, in den Bildersälen große gepolsterte Divans Gelegenheit. Thermometer in jedem Gelasse unterrichten uns über die herrschende Temperatur. Die Beheizung geschieht durch eine Niederdruckdampfheizung mit Isolirmänteln nach dem System Bechem u. Post in Hagen in Westfalen. Die Heizkörper sind zum Theil in den Fensternischen, zum Theil inmitten der Säle aufgestellt, in welcher letzterem Falle sie durch die Divans verdeckt sind. Während die Böden in den Sculpturensälen theils aus Mettlacher Mosaikplatten, theils aus Marmorstiftenmosaik hergestellt sind, zeigen die in den neuen Bildersälen Eichenparkett mit Linoleumbelag.

Der Neubau ist in allen seinen Theilen massiv hergestellt; über den Deckengewölben sind eiserne Balkenlagen eingezogen, und nur die Stuckdecke des Nordsaales im zweiten Stock hat Holzbalken erhalten. Auch der Dachstuhl ist größtentheils aus Eisen hergestellt, was besonders von dem Theil über den Oberlichtsälen gilt. Dort sind Sagedächer aus Eisen und Glas angebracht, um bei jeder Witterung noch reichliches und gutes Licht zu haben. Die innern Oberlichte sind so angeordnet, daß sie leicht zugänglich sind und gereinigt werden können.

Der im April 1894 begonnene Bau war am Schlusse des Jahres 1896 vollendet und kostete alles in allem 372 625 *M.*

Sein Inhalt berechnet sich zu 12409 Raummeter, seine überbaute Fläche zu 653 Flächenmeter und die Baukosten für das Raummeter auf rund 30 *M.*

Die Bauausführung und Ausarbeitung der Pläne im ganzen besorgte der Unterzeichnete; mit der örtlichen Ueberwachung war Bauführer Hirt betraut.

Karlsruhe, den 3. Februar 1900.

Dr. Josef Durm, Architekt und Vorstand der Baudirection.

Das Chorgestühl in der Kirche Santa Maria delle Carceri zu Prato, im Dom und Baptisterium zu Pisa.

(Mit Abbildungen auf Blatt 27 bis 30 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Von Giuliano da San Gallo erbaut, gehört die Kirche Santa Maria delle Carceri zu Prato zu den vollkommensten Schöpfungen der Renaissance nicht nur, was Grundriss und Raumentwicklung, sondern auch was Durchbildung der Architekturtheile und des Ornamentes anbelangt. Neben dem Chor in einem kleinen Raume hat das Chorgestühl seinen Platz gefunden, wenig auffallend, schlecht beleuchtet und etwas abseits gelegen, ist bisher selten darauf hingewiesen worden. Trotz der vielen Aufnahmen und ausführlichen Baubeschreibungen, die über diese Kirche vorhanden sind, vermisst man doch einen Hinweis oder eine Besprechung über dies selten schöne Gestühl, das, in den edelsten Formen gehalten, in seinem Aufbau und Ornament an das Beste erinnert, was die Renaissance geschaffen hat.

Dem Grundrisse des Raumes anschließend, ziehen sich an den Wänden die Sitzbänke hin. Die einzelnen Sitze sind durch schmucklose Armlehnen getrennt, auch die Füße sind nicht besonders hervorgehoben. Der Hauptwerth ist auf die decorative Ausbildung der Rückwand des Gestühles gelegt, die sich paneelartig über den Sitzbänken erhebt. Pilaster, die ein vollkommenes Gebälk tragen, theilen die Rückwand. Die Pilaster (Abb. 1 u. 2 Bl. 27) enthalten geschnitzte Füllungen, naturalistisch behandelte wechseln mit ornamentalen ab. Die Renaissancecapitelle der Pilaster mit ihrem stets wechselnden Ornament gehören zu den besten Beispielen der Holzschnitzkunst jener Zeit. Geometrische eingelegte Muster schmücken den Fries und fassen Pilaster und Füllungen ein.

Zwei phantastische Thiergestalten (Abb. 3 Bl. 27) als Anfänger beginnen das Chorgestühl. Zwischen den hochgespannten Flügeln ist ein vorzüglich vertheiltes Ornament entworfen, das dem Leibe des Thieres entwächst. Die ganze Art der Behandlung des Holzes, die Ausführung der Schnitzereien, die elegante und in jeder Hinsicht architektonische Composition der Ornamente, das in den Pilasterfüllungen oft vollkommen naturalistisch wird, die Feinheit der Gliederungen, Gesimse und Profilierungen weisen darauf hin, daß nur einer der ersten Meister der Renaissance das Chorgestühl entworfen haben kann und bei der Ausführung thätig war. Da Giuliano da San Gallo, der Baumeister der Kirche, zugleich einer der bewährtesten Holzschnitzer seiner Zeit war, so kann man wohl annehmen, daß er auch einen bedeutenden Antheil bei der Herstellung des Chorgestühles gehabt hat.

Auffallend ist es, daß das jetzt noch erhaltene ältere Chorgestühl im Dome zu Pisa (Abb. 1 bis 4 Blatt 28 und Abb. 1 und 2 Blatt 29) eine große Aehnlichkeit in der Gestaltung des ornamentalen Schmuckes der Anfänger mit dem in der Kirche Santa Maria delle Carceri zu Prato hat. Was noch besonders auf dieselbe Zeit der Herstellung der beiden Gestühle und auf desselben Holzschnitzers Hand hinweist, ist die gleiche Behandlung des Holzes, dieselbe Führung des Messers, und die gleiche Einzelausbildung des Ornamentes, besonders des Akanthus. Wohl ist die Anordnung

der beiden Chorgestühle eine verschiedene, das zu Prato ist für einen geschlossenen Raum bestimmt, die Wände paneelartig bekleidet. In Pisa dagegen soll die Durchsicht der beiden Querschiffe des Baues nicht gestört werden. Die Rückwände der niedrigen Sitzbänke des Gestühles haben nur die Höhe, welche ein bequemes Sitzen und Anlehnen erfordern. Die Rückwand des Chorgestühles im Dom zu Pisa ist reich mit Intarsien der verschiedensten Art verziert: Blumen, Musikinstrumente wechseln mit Landschaften, Perspektiven und bildlichen Darstellungen ab, während man in Prato am Gestühl nur geometrische eingelegte Muster findet.

Auch das ältere Chorgestühl im Dom zu Pisa hat noch nicht die genügende Würdigung gefunden.

Jakob Burkhardt erwähnt in seinem Cicerone die Intarsien des Stuhlwerkes im unteren Theil des Chores und giebt an, daß es von Domenico di Mariotto und Genossen gearbeitet sein soll, und daß die Reste des Stuhlwerkes im linken und rechten Seitenschiff von Giuliano da Majano, Francione und Pintelli stammen. In der „Cultur der Renaissance“ von Jakob Burkhardt sind Giuliano und Antonio da San Gallo als Urheber der perspectivischen Intarsien im Dom zu Pisa genannt.

Vasari giebt an als Meister der Intarsien und Holzschnitzereien im Chor des Domes zu Pisa Giuliano da San Gallo, Francione und Giuliano da Majano, welcher besonders unterstützt wurde von Guido del Servellino, Domenico di Mariotto und später von Battista del Cervellera.

Von welchem der aufgeführten Meister aber die noch jetzt erhaltenen Theile des Chorgestühles stammen, läßt sich mit Sicherheit nicht feststellen. Mit den Intarsien wetteifern die Schnitzereien der Füße und Armlehnen des Chorgestühles (Abb. 1 bis 4 Bl. 28 und Abb. 1 u. 2 Bl. 29), die in der Feinheit der Ausführung, in Composition und Aufbau des Ornamentes mit zu dem Besten gehört, was die italienische Renaissance in der Holzdecoration uns hinterlassen hat.

Mit welchem architektonischen Gefühl sind die Thiergestalten geschaffen, welche die Bänke tragen und als Armlehnen dienen, in welcher vollendeter Weise entwickelt sich das Ornament aus den Thierkörpern und vertheilt sich belebend über die Flächen. Die wenigen Gesimse, die als Abschluss der Rücklehnen angebracht sind, Füße und Armlehnen trennen, sind nicht von Bedeutung und stammen von späteren Wiederherstellungen.

Einer viel früheren Zeit als das Chorgestühl im Dome zu Pisa gehören die Armlehnen (Abb. 1 u. 2 Bl. 30) an, welche früher das Gestühl im Baptisterium zu Pisa zierten. Kräftig geschwungen, in durchbrochener derber Arbeit zeigt die Behandlung des Holzes eine ganz andere, weniger feine Führung des Eisens. Die Composition der Armlehnen ist eine solche, daß man glauben möchte, der Meister hätte sich an antike Vorbilder gehalten, und doch wieder weist manche Blattform auf das romanische Ornament hin. Die Bänke von diesem

Gestühl wurden von zwei Löwenklauen gehalten, die vollkommen an die Antike erinnern. Verfasser fand die Reste dieses alten Chorgestühles bei Vornahme von Messungen vermodert in dem Magazin des Domes und hat aus den vorhandenen Bruchstücken die beiden Armlehnen (Bl. 30) rekonstruiert.

Das jetzt im Baptisterium zu Pisa befindliche Gestühl, aus der Mitte unseres Jahrhunderts stammend, ist ein Versuch, das alte so werthvolle Gestühl nachzubilden, das bei der Erneuerung beiseite geschafft worden ist.

Berlin, Juli 1899.

Faerber, Regierungs-Baumeister.

Die Wasserversorgung und die Entwässerung der Stadt Neustadt in Oberschlesien.

Vom Königl. Baurath Ritzel in Neustadt (Oberschlesien).

(Mit Abbildungen auf Blatt 31 bis 33 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Unter den Städten Oberschlesiens nimmt die Stadt Neustadt in mancher Beziehung eine besondere Stellung ein. Neustadt liegt in schöner Umgebung, mit prächtiger Aussicht auf das Gebirge, die letzten Ausläufer der Sudeten. Industrie und Gewerbe stehen in Neustadt in hoher Blüthe. In erster Linie ist zu nennen die Leinen- und Damastwarenfabrik der Handelsgesellschaft S. Fränkel, wohl eine der größten in Deutschland; außerdem kommen in Betracht Schuhwarenfabriken in sehr bedeutendem Umfange.

Die 20 000 Einwohner zählende Stadt erfreut sich seit einigen Jahren der Wohlthaten einer regelrechten Wasserversorgung und einer sachgemäßen, dem neuesten Stande der Technik entsprechenden Entwässerungsanlage. In Bezug auf die letztere ist Neustadt die erste Stadt in Oberschlesien, die eine mustergültige Kläranlage geschaffen hat.

Wasserwerk.

Die Verhältnisse und sonstigen Vorbedingungen für die Wasserbeschaffung waren insofern günstige, als in Neustadt, etwa 1 km von der Stadt entfernt, eine seit vielen Jahren bekannte und ziemlich ergiebige Quelle vorhanden war, der sog. Heilbrunnen, mit Trinkwasser von vorzüglicher Beschaffenheit. Dieser Heilbrunnen allein war indessen für die Wasserversorgung der Stadt nicht ausreichend. Daher mußten noch weitere Wassermengen aufgeschossen werden. Die zu diesem Zwecke ausgeführten Vorarbeiten, wie Herstellung zahlreicher Bohrlöcher und mehrerer Versuchsbrunnen, ergaben, daß sich auf den Wiesen in der Nähe des Heilbrunnens in einer durchschnittlichen Tiefe von 4 bis 7 m noch weitere, unter Druck stehende Quelläufe befanden, deren Wasser in Beschaffenheit und Kältegrad mit dem der Heilbrunnenquelle übereinstimmte. Für die Wassergewinnung waren folgende Arbeiten nothwendig:

1. die sachgemäße Fassung der Heilbrunnenquelle,
2. die Hinzuziehung eines sehr ergiebigen Versuchsbrunnens, der gegen Eindringen von Tagewasser sorgfältig gedichtet wurde,
3. die Anlage von Saugedrains in der Nähe der Heilbrunnenquelle.

Die Fassung der Quelle wurde in einfachster Art in der Weise ausgeführt, daß in etwa 3 m Entfernung eine zwischen Spundwänden liegende Mauer aus Beton in Form eines Kreisabschnittes hergestellt wurde, die dazu dient, das Wasser des Heilbrunnens, das früher fast unbenutzt abfloß, dem Werke zu erhalten (Abb. 1 bis 4 Blatt 31). Durch

eine geschlossene Bedachung wurde der Heilbrunnen gegen Verunreinigungen von außen geschützt.

Das Wasser des Heilbrunnens wird durch eine Thonrohrleitung nach einem Sammelschacht und von hier weiter nach dem Maschinen- oder Saugbrunnen geleitet. In den letzteren wird auch das Wasser aus dem Versuchsbrunnen eingeführt. Die Wasserfassung der Quelläufe in der Nähe des Heilbrunnens wurde durch Saugedrains bewirkt. Diese bestehen aus 40 und 20 cm im lichten weiten, beiderseits glasirten Thonschlitzrohren, die, etwa 4 m tief in Kies verlegt, das Wasser der angrenzenden Quelläufe ansaugen und einem in Cementmauerwerk hergestellten Quellschacht zuführen. Von hier wird das Wasser dem Saugbrunnen ebenfalls zugeführt.

Der Saugbrunnen, aus dem die Pumpen das Wasser entnehmen, in unmittelbarer Nähe am Maschinenhaus gelegen (Abb. 4 Bl. 31), hat einen lichten Durchmesser von 5 m bei einer Tiefe von 6 m, besitzt daher einen nutzbaren Inhalt von rd. 90 cbm. Er hat außer den Einmündungen noch einen Ueberlauf, der beim Stillstand der Pumpen das zufließende Wasser ableitet. Neben dem Maschinenhaus ist ein Wohnhaus für zwei Maschinenwärter erbaut. Als Betriebskraft für die Pumpen sind zwei Dampfmaschinen aufgestellt, für die ein Dampfkessel von 54 qm Heizfläche und 6 Atm. Ueberdruck vorhanden ist. Ein ebenso großer Dampfkessel dient als Ersatzkessel. Jede Pumpe ist so groß bemessen, daß sie imstande ist, für einen Tag bei 20 stündiger Arbeitszeit 1500 cbm Wasser, d. h. für 1 Minute 1250 Liter auf die erforderliche Höhe zu drücken. Es sind zwei doppelwirkende Plungerpumpen vorgesehen mit der Maßgabe, daß bei gesteigertem Wasserbedarf noch eine dritte Pumpe bequem aufgestellt werden kann. Zur Zeit arbeiten beide Pumpen abwechselnd. Sämtliche Druckröhren münden in einen gemeinschaftlichen Windkessel von 1500 Liter Inhalt; dicht an diesem befinden sich, in die Druckrohrleitung eingebaut, eine Rückschlagklappe sowie ein Sicherheitsventil. Durch die aus 225 mm weiten Eisenrohren bestehende Druckrohrleitung wird das Wasser nach einem etwa 1500 m vom Maschinenhause entfernt gelegenen Hochbehälter hinaufgedrückt. Durch Schieberverbindungen ist die Möglichkeit gegeben, daß mit Umgehung des Hochbehälters unmittelbar nach der Stadt gepumpt werden kann.

Der Hochbehälter (Abb. 6 bis 12 Bl. 31), auf einer Anhöhe, dem sog. Capellenberge, erbaut, liegt mit seiner Sohle 25 m über dem Pflaster des städtischen Ringes. Bei 17 m

mittlerer Länge, 12 m mittlerer Breite und ungefähr 3 m Höhe im Wasserstand enthält er einen nutzbaren Inhalt von 600 cbm, der sich in zwei getrennten Kammern von je 300 cbm befindet. Er ist aus Klinkern in Cementmörtel hergestellt und 2 m tief in den Felsen (Grauwacke) eingearbeitet. Die Sohle besteht aus Cementbeton; das Innere hat glatt abgebugelten Cementputz erhalten. Die 1 Stein starken Gewölbe sind aufsen mit Asphaltabdeckung versehen; darüber ist eine 1 m hohe Bodenaufschüttung hergestellt, die zur Abhaltung der Sonnenstrahlen mit dichten Sträuchern bepflanzt ist. Der Kältegrad des Wassers im Hochbehälter beträgt $7\frac{1}{2}$ bis $8\frac{1}{2}$ Grad Réaumur; fast denselben Kältegrad hat das Wasser auch an den Zapfstellen in den Häusern.

Die Schieberverbindung des Hochbehälters ist in der Weise eingerichtet, daß man in der Lage ist, je nach Bedürfnis entweder beide Kammern zugleich oder je die eine oder die andere Kammer mit Wasser zu füllen, bezw. aus derselben Wasser zu entnehmen. Der Umlauf des Wassers in den einzelnen Kammern geschieht so, daß dasselbe in dem hinteren Gange jeder Kammer eintritt und aus dem vordersten Gange nach der Stadt abgeführt wird.

Die aus eisernen Muffenrohren bestehende Leitung vom Hochbehälter bis zur Stadt hat einen lichten Durchmesser von 250 mm; die Zweigleitungen haben lichte Durchmesser von 225 bis 65 mm. Jedes Eisenrohr ist einzeln auf 20 Atm. Druck geprüft worden. Bei der Stadtröhreleitung ist nach Möglichkeit die sog. Ringvertheilung in Anwendung gebracht, nur in einzelnen Fällen ist die Verästelung ausgeführt. In Entfernungen von 60 bis 75 m sind Hydranten eingerichtet. Sämtliche Rohrstrecken sind durch eingebaute Schieber jederzeit absperrbar. Der Wasserverbrauch beträgt zur Zeit täglich 60 bis 85 Liter für einen Kopf der Bevölkerung.

Der Entwurf für das Wasserwerk ist von dem Ingenieur Hempel in Berlin angefertigt, der auch die Ausführung bewirkt hat. Die Kosten des Wasserwerkes, das im Jahre 1893 vollendet worden ist, haben 370 000 *M* betragen.

Entwässerung.

Es war eine natürliche Folge der reichlichen Zuführung reinen Wassers, daß demnächst auch für eine geregelte und bequeme Abführung des verbrauchten Wassers gesorgt werden mußte. So wurde denn im Jahre 1893 die Erbauung einer zeitgemäßen Entwässerungsanlage beschlossen und mit deren Ausführung 1895 begonnen.

Die Wahl der geeigneten Entwässerungsart hängt bekanntlich in jedem einzelnen Falle von den örtlichen Verhältnissen ab. Für Neustadt O.-S. wurde die gemeinsame Ableitung der Regenwässer, der Brauchwässer und der Abgänge aus den Spülabtritten in einem Canale gewählt, da eine scharfe Trennung der Regen- und Brauchwässer in der Praxis doch nicht durchführbar ist, auch die getrennte Ableitung der Regenwässer in besonderen Canälen keinen wirthschaftlichen Vortheil gehabt hätte.

Allgemeine Anordnung. Die natürliche Lage von Neustadt O.-S. bot den Vortheil, daß die Canäle den allgemeinen Grundbedingungen, das Wasser möglichst schnell und auf kürzestem Wege abzuführen, entsprechen und nur verhältnismäßig geringe Längen erhalten. Die Stadt ist

größtentheils von offenen Wasserläufen umgeben, sodafs die einzelnen Hauptcanäle strahlenförmig nach denselben führen. Diese Hauptcanäle leiten die Schmutzwässer zunächst in einen besonderen, tiefer liegenden sog. Abfangcanal, der sie nach der Reinigungsanlage unterhalb der Stadt weiter führt. Nach erfolgter Reinigung fließen die Abwässer in den stets wasserführenden Mühlgraben, wo sie sich mit dem Flußwasser vermischen. Das gesamte 202 ha große Entwässerungsgebiet ist in acht einzelne Gebiete getheilt.

Regenauslässe. Sobald die von den einzelnen Entwässerungsgebieten zufließenden Schmutzwässer durch das in die Canäle gelangte Regenwasser eine bestimmte Verdünnung erfahren haben, leitet man die überschüssige Wassermenge, weil dann unschädlich, in den nächsten zur Verfügung stehenden offenen Wasserlauf ab. Zu diesem Zwecke sind sog. Regenauslässe angelegt. Das Verhältniß des Schmutzwassers zum Regenwasser muß mindestens immer erst 1 : 8 sein, ehe eine Ableitung des überschüssigen Wassers in den offenen Flußlauf stattfindet. Bei stärkeren Regengüssen ist der Verdünnungsgrad meistens wesentlich höher. Die Einrichtungen sind so getroffen, daß die auf der Sohle des Zuleitungsanals mitgeschwemmten Stoffe nicht durch den Regenauslaß in den Flußlauf, sondern nur in den Schmutzwasser führenden Abfangcanal gelangen müssen.

Tieflage, Form der Canäle, Gefälle. Die erforderliche Tieflage der Canäle wurde durch die Rücksichtnahme auf die vom Grundwasser frei zu haltenden Keller, sowie durch die Möglichkeit des Anschlusses der Hausleitungen bedingt. Die Canäle sind so tief gelegt, daß ein schädlicher Rückstau in die Hausleitungen nicht stattfinden kann. Zur Erfüllung der Forderung einer genügenden Wassertiefe in den Canälen mit schwachem Gefälle bei geringem Zufluß war die Anwendung des Eiquerschnitts (spitzes Ende nach unten) am geeignetsten für die Schmutzwasseranäle. Kreisrunde Querschnitte sind über 45 bis 50 cm hinaus nicht zur Anwendung gelangt. Das verfügbare Gefälle ist überall ausgenutzt, da die Bemessung der Querschnitte hiervon unmittelbar abhängt.

Spülung. Der Spülung der Entwässerungsanlagen in Neustadt O.-S. ist ganz besondere Sorgfalt zugewandt worden. Die Canäle und Rohrsiele erfordern die bestimmte Fürsorge für ihre stete Reinhaltung, wenn nicht etwa bald eine Verschmutzung der Anlage eintreten soll. Ständig fließendes Wasser steht zur Spülung nicht zur Verfügung, sodafs eine ständige Spülung, die übrigens die Reinigungsanlage nur unnöthig belasten würde, nicht in Frage kam.

Die stofsweise Spülung der Canal- und Rohrsielstrecken, d. h. Aufstau des Wassers in den Schächten einschl. der oberhalb dieser liegenden Canalstrecken und plötzliches Abfließenlassen des aufgestauten Wassers durch Oeffnen der Verschlussschieber in den Schächten, ist ebenfalls nicht angewandt worden, weil diese Art der Spülung nur zeitweilig vorgenommen werden kann und deshalb das Canalnetz niemals an allen Stellen gleichzeitig rein zu halten ist. Bis zur Wiederkehr der Reinigung würden die Canäle stark verschmutzen, sodafs sich erhebliche Mengen von Sielhaut und Ablagerungen bilden würden, welche faulen und das darüber fließende Wasser mit Fäulnis pilzen durchseuchen. Die Folge hiervon ist die bei allen nicht selbstthätig oder ständig stark

gespülten Canalisationsanlagen festgestellte Thatsache, daß die Wässer am Ausfluß des Hauptcanals stark verjaucht sind und sich verhältnismäßig schwer reinigen lassen. Nicht minder schuld ist hieran aber auch oft die Vorschrift, daß die Abwässer aus den Wasseraborten erst noch eine Grube, in der sich die festen Stoffe absetzen sollen, durchfließen müssen, denn durch die aus den Aborten stoßweise abfließenden Wassermengen wird der bereits verseuchte und stark vergohrene Grubenhalt verdrängt und in die Canäle abgeleitet. Beide Arten des Entwässerungs- und Abortbetriebes sind, weil unzuweckmäßig, in Neustadt O.-S. nicht angewandt.

Als Grundbedingung für einen zweckmäßigen Betrieb der Entwässerungs- und Reinigungsanlage galt, daß

1. alle abzuführenden Fäulnisstoffe in möglichst frischem unveränderten Zustande und möglichst schnell nach dem Abfluß der Entwässerungsanlage befördert und
2. daß sie nach ihrer Abführung in die Canäle durch die in diesen befindlichen Fäulniserreger nicht durchseucht werden.

Wenn die Canäle und Siele jederzeit, auch nachts, wie dies bei einer selbstthätig wirkenden Spülung der Fall ist, in kurzen Unterbrechungen stoßweise von kräftigen Wasserstrahlen gespült werden, dann ist eine Verseuchung durch die in den Canälen abfließenden frisch abgeschwemmten, noch unvergohrenen Abgänge aus den Wirthschaften und Aborten unmöglich, weil die Canalanlagen an allen Stellen gleichzeitig und dauernd sauber gehalten sind. Daß man nicht alle Canäle und Rohrsiele mit genügend starken Spülströmen, die aus dem Wasserwerk entnommen werden müßten, spülen kann, ist hier selbstverständlich; denn das verbietet der Kostenpunkt und bis zu einer gewissen Grenze die Leistungsfähigkeit des Wasserwerks.

Die sämtlichen Canäle mit ständig schwach fließenden Spülwassermengen rein halten zu wollen, gelingt nicht, weil die Spülwirkung von einer großen, stoßweise vordringenden Wassermasse abhängig ist. Es ist erwiesen, daß ein so schwacher Zufluß von Spülwasser, wie er zur Speisung einer selbstthätigen Spülanlage nöthig ist — der Zufluß beträgt regelmäÙig nur 4 bis 5 cbm in einem Tag bei mindestens zweimaliger Entleerung, das ist nur rund 0,05 bis 0,06 Liter in einer Secunde für jede Spülung —, dann keine Spülwirkung im Canalnetz hat, wenn er ständig fließt. Dagegen erzielt der Erguß des gesamten aufgespeicherten Inhalts einer mit einem solchen Zufluß gespeisten Spülanlage (Glockenheber mit Sicherung der In- und Ausbetriebsetzung bei schwachem Zufluß — System Mairich D. R. P. —) eine starke Spülwirkung sicher, da der Spülstrom etwa 25 Liter in einer Secunde beträgt.

Ueber das Canalnetz von Neustadt O.-S. sind 15 Spülanlagen vertheilt, die sich bei gewöhnlichem Betrieb täglich je zwei bis viermal entleeren. Da wo bei ganz kleinen Endstrecken sich die Anlegung einer selbstthätigen Spülung nicht lohnte, sind besondere Spüleinlässe im Anschluß an die Wasserleitung angeordnet, welche von einem Arbeiter nach Bedarf täglich oder in größeren Zeitabschnitten mit wenig Mühe und Zeitaufwand bedient werden können (zusammen neun Stück). Außerdem kann an vier Stellen Bachwasser zugeführt werden.

Zur Sicherung der Spülung des Canalnetzes bei außergewöhnlichen Fällen, z. B. wenn es sich um Fortschaffung unbefugter hineingeschaffter Gegenstände oder Versandungen bei starken Gewittern handelt und zur Untersuchung der ganzen Anlage, kommt jährlich ein- höchstens zweimal die Spülung und Ausbürstung der Canäle und Siele durch Mannschaften unter Benutzung der Spülschieber und Bürsten in Anwendung.

Die Spülzeiträume der selbstthätigen Spülanlagen können innerhalb weiterer Grenzen beliebig gekürzt werden, falls dies bei sehr warmer und trockener Witterung oder zu Zeiten von Seuchen erwünscht und nöthig erscheint.

Irgend welche Unkosten für Bedienung der selbstthätigen Spülanlagen erwachsen nicht; denn diese wirken unbedingt sicher und zuverlässig nach einmaliger Einstellung. Die Ersparung an Arbeitslöhnen allein deckt die Unkosten für Zinsen und Tilgung der Anlagekosten mehrfach; sogar eine größere Anzahl von Arbeitern ist unter Opferung erheblich größerer Wassermengen nicht imstande, die ganze Entwässerungsanlage so gleichmäÙig rein zu halten, wie dies durch die selbstthätigen Spülanlagen nachweislich geschieht.

Lüftung. Ebenso wie die Spülung ist die Lüftung der Canalanlage in zuverlässiger Weise ermöglicht, ohne daß durch ausströmende Canalluft jemand auf der StraÙe belästigt werden kann, da sämtliche Oeffnungen auf den StraÙen fest verschlossen sind. Alle Luftein- und auslässe sind über Dach geführt. Zum Zwecke der Lüftung sind ferner alle ohne Wasserverschluß in die Grundstücke geführte Hausanschlusleitungen als Lüftungsröhren über Dach verlängert. Das ganze Entwässerungsnetz auf den StraÙen und in den Grundstücken ist dauernd geruchfrei.

Hausentwässerungsanlagen. Sämtliche Hausentwässerungsanlagen sind unter Verwendung bester Baustoffe und einheitlicher Muster in ebenso sorgfältiger Weise hergestellt wie die Anlagen auf den StraÙen. Alle Anschlusleitungen auf den StraÙen wurden vor Beginn der eigentlichen Hausentwässerungsarbeiten von der städtischen Bauverwaltung hergestellt. Sämtliche Dachabfallrohre sind dort, wo Gelegenheit zum Anschluß auf der StraÙe vorhanden ist, angeschlossen.

Die Anschlusleitungen sind ohne Unterbrechung in das Hausinnere ein- und als Entlüftungsröhr über das Dach hochgeführt. Die Wasseraborte haben besondere Abfallrohre erhalten, die unmittelbar in das Anschluß- oder StraÙensiel einmünden und über Dach als Entlüftungsröhre hochgeführt sind. Die Abgänge aus Wasseraborten und aus Bedürfnisständen, die mit selbstthätiger Wasserspülung zu versehen sind, durchfließen die Sinkkasten nicht. Sämtliche Eingüsse, Sinkkasten und sonstige Zuflüsse in den Häusern zu den Entwässerungsanlagen haben einen etwa 5 bis 10 cm tiefen Wasserverschluß. Vorhandene Entwässerungsanlagen sind, wenn sie den Vorschriften nicht entsprachen, entfernt und durch neue ersetzt worden.

Die einheitliche Verwendung eines Wasserabortes in bewährter Ausführung (beste Fayenceaborte mit Kastenspülung) und eines Sinkkastens mit einem das Untertheil abschließenden Eimer ist für alle Anschlüsse zwangsweise durchgeführt, damit die Anlagen zweckmäßig im Betriebe gehalten werden

sollen. Die Reinigung der Sinkkasten wird von der städtischen Canalverwaltung bezw. einem zuverlässigen Unternehmer gegen mäßiges Entgelt ausgeführt. Der Zwang zur Verwendung nur guter Gegenstände wird nach der kurzen Zeit, in der die Kosten verschmerzt sind, meist dankbar empfunden; denn die so geschaffenen, stets tadellos bleibenden Anlagen bilden eine stete Quelle der Zufriedenheit im Haushalt.

Die näheren Bestimmungen über die Ausführung und den Betrieb der Hausentwässerungsanlagen sind durch Ortsstatut geregelt. Fast sämtliche Grundstücke sind an die Entwässerungsanlage angeschlossen. Zur Zeit sind 1464 Wasseraborte vorhanden, die von der Sanitasgesellschaft in Hamburg geliefert wurden. Die Schulen, Casernen und Fabriken haben Wasseraborte erhalten, bei denen eine gröfere Anzahl von Becken selbstthätig gespült wird. Abtrittsgruben sind nur noch vereinzelt vorhanden.

Ableitung der Abwässer. Die Prudnik, der kleine Fluß, in den die aus der Canalanlage stammenden Abwässer nach erfolgter Reinigung geleitet werden, hat die Eigenart eines Gebirgsflusses. Bei Regenwetter oder zu Zeiten der Schneeschmelze führt die Prudnik reichliche Wassermengen. Jedoch hat sie für gewöhnlich innerhalb des Stadtgebietes verhältnißmäßig wenig Wasser, weil es zum Betriebe einiger Mühlen in einen Mühlgraben abgeleitet ist. Die geringste beobachtete Wassermenge ist auf etwa 400 bis 600 Liter in der Secunde anzunehmen.

Vor der Ausführung der städtischen Entwässerung waren der Mühlgraben und unterhalb der Stadt die Prudnik stark verschmutzt. Bevor nun die Abwässer aus den Canalanlagen in die Prudnik fließen, werden sie einer gründlichen Reinigung unterzogen. Da nach der Ausführung der städtischen Entwässerung durch die Einleitung der gereinigten Abwässer nicht nur keine Mifsstände im Flußlauf entstanden sind, wie man befürchtet hatte, sondern sich der Zustand desselben wesentlich gebessert und ständig gut erhalten hat, so verdient die Art der Reinigung eine besondere Beachtung.

Bekanntlich unterscheidet man im großen Ganzen drei Reinigungsarten, und zwar

1. Reinigung durch Filterung des Abwassers oder Berieselung auf durchlässigen Landflächen,
2. Ablagerung der Sinkstoffe und schwebenden Bestandtheile des Wassers durch Absitzenlassen (mechanische Klärung),
3. Reinigung durch Zusatz besonderer Fällungsmittel (chemische Reinigung).

Wahl der Reinigungsart. Nach Ausweis der geologischen Karte ist in der Umgebung von Neustadt O.-S. die Bodenbeschaffenheit meist löfartig und für die Bodenberieselung nicht geeignet. Es war vielmehr geboten, die Reinigung der Canalabwässer in einer zweckmäßig angelegten und ausreichend großen Kläranlage unter Zuhülfenahme chemischer Mittel zu bewirken. Bekanntlich giebt es ein für alle Orte und Fälle geeignetes Reinigungsverfahren oder Reinigungsmittel nicht. Die Anforderungen, welche an die Reinigung der Abwässer je nach den örtlichen Verhältnissen zu stellen sind, bedingen das Maß der Reinigung, die örtlichen Verhältnisse selbst die hierzu nöthigen Einrichtungen. Die vorhandene Vorfluth verlangte eine sorgfältige Reinigung

der Abwässer, weil in regenloser Zeit die Prudnik nur mäßige Wassermengen führt. Obwohl das Wasser unterhalb der Stadt nicht zum Trinken usw. gebraucht wird, mußte doch durch Entfernung der Schwebestoffe eine Verschlammung des Mühlgrabenbettes und durch möglichste Entfernung der schädlichen Keime und Entziehung des Nährbodens für diese, eine Verseuchungsgefahr durch das abzuleitende Wasser verhindert werden. Die erste Forderung liefs sich in geeigneten Anlagen durch Klärung sicher erreichen. Eine vollkommene Keimfreiheit der hier in Betracht kommenden verschmutzten großen Wassermengen wird annähernd erzielt. Es kann sich, soll die Anlage wirthschaftlich noch betrieben werden können, auch nur darum handeln, während des Reinigungsvorganges die Schädlinge unter den Keimen zu vernichten. Das zu reinigende Wasser muß im Verlaufe der Desinfection während einer Zeit einmal ganz oder wenigstens annähernd keimfrei gewesen sein, dann wird der Forderung der Abtödtung etwaiger Krankheitskeime genüge geleistet, denn gerade die gefährlichen Krankheitserreger, wie Typhus- und Cholerabacillen, sind weniger widerstandsfähig als die gewöhnlichen in den Schmutzwässern vorkommenden Bakterien.

Eine Annäherung an das vollkommenste Ziel ist erlangt, da durch die Einleitung der gereinigten Abwässer in den Flußlauf kein Mifsstand erwächst und ferner auch durch die Unterbringung der Rückstände kein neuer Uebelstand oder eine Belästigung entstanden ist. Diejenige Anlage, welche vollkommen reines Wasser schafft, bei der aber die Rückstände unverwendbar bleiben, verdient deshalb nicht den Vorzug, sondern diejenige, bei welcher das Wasser die Anlage verläßt, ohne dafs Mifsstände erzeugt werden, und bei welcher eine Verwerthung und Verwendung der Rückstände möglich ist.

Wie vorhin erwähnt, ist schon die ganze Entwässerungsanlage und der Betrieb derselben entsprechend eingerichtet, um eine gute Reinigungswirkung erzielen zu können. Die der Reinigungsanlage zugeführten Abwässer sind frisch und fast unvergohren, denn von dem Standpunkte der Vorbeugung aus sind alle Anlagen darauf eingerichtet, dafs die stinkende Fäulnis verhütet wird, da mit der Entstehung der Fäulnis die gesundheitlichen Gefahren in der Regel erhöht werden, mindestens aber arge Belästigungen erwachsen können.

Die Reinigung der Abwässer ist auf verschiedene Art möglich. In der Natur vollzieht sich die Reinigung (Klärung, Entfernung der Keime, der gelösten Stoffe und des Geruchs), hauptsächlich durch die Einwirkung des Lichts, des Sauerstoffs und der Zeit, woran theils biologische, theils chemische und mechanische Vorgänge Antheil haben. Die meisten Reinigungsverfahren unter Zuhülfenahme chemischer Mittel arbeiten in der Weise, dafs dem Rohwasser Fällungsmittel zugesetzt werden, welche die Schwebestoffe ausfällen. Diese Reinigungsverfahren erzielen oftmals klar aussehendes Wasser, aber die dungwerthigen Rückstände sind mit den Chemikalien versetzt und bleiben deshalb in der Landwirtschaft, wohin sie von Rechtswegen gehören, als Düngemittel unverwendbar. Erstrebenswerth bleibt die Verwendung der Rückstände in der Landwirtschaft immer, gleichviel, ob für diese etwas gezahlt oder für deren Unterbringung Opfer gebracht werden müssen. Nach den gemachten Erfahrungen steht fest, dafs

der dem Canalwasser auf natürlichem Wege durch mechanische Klärung entzogene Schlamm ungleich gehaltvoller an Dungstoffen ist und nicht zu Ansammlungen Veranlassung giebt, als der mit chemischen Mitteln ausgefällte und mit diesen beschwerte Schlamm. Ferner ist erwiesen, daß eine Desinfection dieser vorgereinigten Abwässer mit geringeren Mengen von Desinfectionsmitteln möglich ist, als dies bei dem Rohwasser geschehen kann. Alle Desinfectionsmittel können in den von den schwebenden Stoffen bereits befreiten Wässern viel nachhaltiger wirken, als wenn sie dem Rohwasser zugesetzt werden, da sie in diesem von dem zu Boden fallenden Schwebestoffe zum Theil eingehüllt und dadurch zur Desinfection unwirksam gemacht werden.

Die bei diesem Verfahren z. B. öfters gemachten schlechten Erfahrungen mit dem trotz vielfacher Anfeindung gut wirkenden und dabei billigen Kalk werden durch eine vorhergehende sorgfältige Befreiung der Abwässer von den schwebenden Stoffen fast vollständig vermieden. Der den Wässern beigemischte Kalk hat dann eben nicht mehr Gelegenheit, ungelöste organische Stoffe in Lösung zu überzuführen, wie dies bei der Zumischung zu den ungereinigten oder nur schwach vorgereinigten Wässern der Fall ist. Durch lang andauernde durchgreifende Mischung des Desinfectionsmittels mit dem vorgereinigten Wasser, genügend lange Ruhe zum Ausfällen der schwebenden Kalktheile und nachträgliche Ausfällung des gelösten Kalkes ist ein gereinigtes Abwasser erhältlich, das dauernd ohne Nachtheil in die Prudnik abgelassen wird.

Unter Rücksicht hierauf ist die Reinigungsanlage für die Abwässer aus der Entwässerungsanlage der Stadt Neustadt, wie folgt, angeordnet. Als Hauptgrundsatz galt, die Reinigungsarbeit möglichst stufenweise vorzunehmen und von der Desinfection zu trennen. Es werden:

1. dem zu reinigenden Wasser die Schmutzstoffe so viel wie möglich auf rein mechanischem Wege entzogen,
2. die Desinfectionsmittel dem gut vorgereinigten Wasser energisch zugemischt,
3. demselben in allen Reinigungs- und Desinfectionsstufen genügend Ruhe und Zeit gelassen,
4. die zur Desinfection und Reinigung zugesetzten chemischen Stoffe dem Wasser soweit wieder entzogen, daß ihre etwaige nachträgliche Ausscheidung im offenen Wasserlauf keine üblen Folgen hat.

Als ein wesentlicher Umstand für die gute Reinigungswirkung der Abwässer in der Reinigungsanlage ist ferner

5. die Möglichkeit der bequemen und schnellen Beseitigung des ausgefällten Schlammes vorgesehen, damit das zu reinigende Wasser von dem in Fäulnis übergehenden Schlamm nicht etwa verseucht wird. — Durch diese Art der Reinigung tritt eine Geruchsbelästigung der Nachbarschaft nicht ein. Naturgemäß kann der ausgefällte und dem Wasser entzogene, zur Abtrocknung gelagerte Schlamm, wenn auch nur wenig und zeitweilig etwas Geruch verbreiten. Die Ablagerungsstätten sind deshalb etwas entfernt von der Stadt angelegt.
6. Die Anlage zur Abtrocknung ist so angelegt, daß die darüber streichenden Winde nicht vorwiegend nach der Stadt wehen. Der Schlamm wird in einer eisernen Rohrleitung von 100 mm Durchmesser durch Pumpen dorthin geschafft.

Der Schlamm wird in dünner Schicht in flachen, mit Kiesboden versehenen und nach einer kleinen wasserdichten Grube drainirten Erdgruben aufgebracht, woselbst er bei einigermaßen trockener Witterung zu jeder Jahreszeit leicht trocknet und einen in Landwirthschaft und Gemüsegärtnerereien gut verwendbaren, entsprechend bezahlten Dünger ergibt. Das vom Schlamm sich absondernde Wasser wird aus der Drainage durch ein besonderes Sandfilter geleitet, sodafs Wasser keinen Schaden anrichten kann. Der Schlamm wird seit Jahren regelmäfsig als Dünger verkauft, und es sind jährlich durchschnittlich 1800 bis 1900 *M* hierfür erlöst. Versuche haben ergeben, daß sich übrigens der Schlamm durch Beimischung geringwerthiger Kohle auch gut verbrennen läfst.

Beschreibung der Kläranlage.

(Abb. 5 Bl. 31 und Abb. 1 bis 13 Bl. 32 u. 33.)

Die gesamte Anlage gliedert sich, wie folgt:

1. Maschinenhaus mit Einrichtungen zur Messung, zur groben Vorreinigung, Durchlüftung des Rohwassers und Zertrümmerung der groben Schwebestoffe,
2. mechanische Entschlammung (Vorklärung),
3. Desinfection,
4. Ausfällung der Desinfectionsmittel (Nachklärung in Klärteichen) und Filterung in Kies- und Sandfiltern.

a) Maschinenhaus. In dem Maschinenhaus sind untergebracht:

1. selbstthätige Wassermesseinrichtung zur Bestimmung des jeweiligen Wasserzufflusses,
2. ein Becken zur Abscheidung der groben Schwimmstoffe vor einer Eintauchplatte, der Sinkstoffe durch ein Baggerwerk, der groben Schwebestoffe vor einem Rechen,
3. Einrichtung zur Zubereitung der Desinfectionsmittel und ein Luftgebläse,
4. eine feststehende Locomobile von 6 bis 8 P.-S., die zum Antrieb der Reinigungsvorrichtungen und Pumpen für den Schlamm und das Schlammwasser dient,
5. Unterkunftsraum für das Personal, Arbeitsraum für den Chemiker,
6. ein Schuppen als Lagerraum für Kohlen und Chemikalien.

b) Zuleitung der Canalwässer. Die Zuleitung geschieht in einem sich allmählich nach der Breite und der Tiefe erweiternden Canal, um dem Wasser vor dem Eintritt in den Sandfang einen großen Theil Geschwindigkeit zu nehmen.

c) Sandfang. Zur Abscheidung der groben Sinkstoffe muß das Wasser einen 3,0 m breiten Behälter durchströmen, dessen größte Tiefe 2,50 m beträgt. Die sich ablagernden groben Sinkstoffe werden mit dem durch Maschinenkraft getriebenen Bagger je nach Bedarf ausgehoben. Um dem Wasser die obenauf schwimmenden Beimengungen zu entziehen, ist außerdem eine etwa 30 cm tief in das Wasser eintauchende Platte angeordnet. Die sich vor dieser Eintauchplatte sammelnden Stoffe werden mit Handgeräthen entfernt. Schliesslich muß das Wasser vor Eintritt in den nach den Klärbrunnen führenden Canal ein etwas geneigt gestelltes Gitter durchfließen, von dem die gröberen, nicht obenauf

schwimmenden Beimengungen zurückgehalten werden sollen. Auch die hier sich sammelnden Stoffe werden nach Bedarf mit Handgeräthen beseitigt. Da diese Stoffe meist einen großen Dungwerth besitzen, so werden sie in flachen Gruben zum Abtrocknen ausgebreitet, um sie dann zum Verkauf zu stellen. Nach Durchfließen des Sandfanges wird den Wässern Druckluft zugeblasen, damit erstens das Wasser durchlüftet wird, zweitens die durch den Rechen gegangenen Schwebestoffe in feine Theile zertrümmert werden, damit sie bei dem langsamen Aufsteigen des Wassers in den nachfolgend beschriebenen Klärbrunnen ein möglichst dichtes und gleichmäßiges Schlammfilter bilden.

d) Klärbrunnen zur Vorklärung des Canalwassers. Die Ableitung von dem Sandfang nach den Klärbrunnen erfolgt in zwei 400 mm i. L. w. gußeisernen Rohrleitungen, von denen jede für sich abstellbar ist. Jede dieser Rohrleitungen mündet in ein um den Klärbrunnen liegendes Rohr. An diesem Rohr sind zwölf nach unten führende Abzweige angebracht, deren Verlängerungen unten im Klärbrunnen nach dem Mittelpunkt gerichtet einmünden. Das Wasser muß infolge dessen den Klärbrunnen von unten nach oben durchfließen. Die Vertheilung des Wassers auf den ganzen Querschnitt geschieht durch unten offene Röhren (○), welche bis in die Mitte des Klärbrunnens geführt sind. Ebenso ist oben der Abfluß des Wassers in strahlenförmigen Rinnen angeordnet, in die das Wasser, um Strömungen zu vermeiden, durch in Reihen angebrachte Löcher einfließt.

Die aus Cementbeton hergestellten runden Klärbrunnen haben einen lichten Durchmesser von 5,50 m, also etwa 23,80 qm Querschnitt. Die nutzbare Tiefe der Klärbrunnen, aus welcher die Wässer aufsteigen müssen, beträgt 4,50 m. Zur Aufnahme des ausgefallenen Schlammes dient der sich nach unten trichterförmig verengende Theil von 30 cbm Fassungsraum, der nach der Schlammableitung durch ein Bodenventil abgeschlossen ist. In den Klärbrunnen befinden sich Rührwerke, die den Schlamm vor dem Abziehen zu einem gleichmäßigen Brei verrühren.

e) Mischcanal und Zuleitung zu den flachen Klärbecken. Aus den beiden Klärbrunnen gelangt das gut vorgeklärte Wasser in einen gemeinsamen Canal. Hier wird ihm das Kalkwasser zugesetzt und mit ihm durch einen mechanisch angetriebenen großen Quirl innig vermischt, sodafs die einzelnen Kalktheilchen mit möglichst vielen Wassertheilchen in Berührung kommen.

f) Klärbecken. Der Mischcanal theilt sich in zwei Zuleitungsrinnen, die das mit dem Kalkwasser vermengte Wasser nach je zwei Klärbecken leiten. Die Einleitung in die Klärbecken geschieht nicht über eine Kante hinweg, sondern durch je sieben nach den Klärbecken sich schlitzartig erweiternde Röhren, um das Wasser möglichst auf den ganzen Querschnitt zu vertheilen, da andernfalls sich Strömungen an der Oberfläche und todte Zonen in der Tiefe bilden könnten.

Die Form der Klärbecken ist am Zulauf schmal und tief, am Ablauf breit und flach. Durch diese Form wird die Wassergeschwindigkeit nach dem Ausfluß zu verlangsamt. Der Ueberfall des Wassers erfolgt über eine genau abgerichtete, mit Löchern versehene Schiene in eine Ablaufrinne. Die

stark geneigte Sohle ermöglicht ein bequemes Abziehen des Schlammes bei der Reinigung.

g) Zuleitung zum Teich zur Nachklärung. Das aus den einzelnen Klärbecken abfließende Wasser wird durch je eine besondere 400 mm i. L. w. Leitung zwei flachen Teichen behufs Nachklärung und Durchlüftung zugeführt. Die Teiche sind je 63 m lang und 15 m breit. Der Boden derselben ist aus Cementbeton hergestellt.

Um in den nur 25 cm tiefen Teichen die Wasserströmung möglichst auf die obersten Schichten zu beschränken, fließen die Wasser über wagerechte, vor den Ausmündungen der Zuleitungsröhren angeordnete Flächen. Dem Wasser in den Teichen wird durch das Luftgebläse Sauerstoff zugeführt. Nach Bedarf wird dem gelösten Kalk enthaltenden desinficirten Wasser etwas Eisenvitriol zugesetzt, um die Ausscheidung des gelösten Kalkes zu befördern.

Nach Durchfließen der Teiche muß das Wasser schliesslich noch durch eine etwa 500 qm große, aus 70 cm starker Kies- und Grobsandschicht bestehende Filteranlage, die öfters gelüftet wird, hindurchfließen. Dann erst gelangt das Wasser, welches jetzt fast völlig klar, farb- und geruchlos ist, auch wenig gelöste organische Stoffe und Bakterien enthält, in den Flußlauf.

Die Untersuchungen über die Wirksamkeit der Klärung der Abwässer zu Neustadt O.-S. hatten folgende Ergebnisse. Zunächst erstreckten sich die Untersuchungen auf die gelösten und schwebenden organischen Stoffe. Der Verbrauch an Kaliumpermanganat $KMnO_4$ ist auf ein Liter berechnet.

Am 22. Juni 1898:

Sielwasser, Jauche, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,5547, Bakteriencolonieen in 1 cem	90000
Klärbrunnen, schmutzig, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,3131, Bakteriencolonieen	87759
Klärbecken, opalisirend, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0430, Bakteriencolonieen	50592
Abfluß, klar, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0327, Bakteriencolonieen	14364
Prudnik, trübe, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0209, Bakteriencolonieen	44010
Mühlgraben, trübe, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0183, Bakteriencolonieen	13144

Am 22. September 1898:

Sielwasser, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,5722, Bakteriencolonieen	65290
Klärbrunnen, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,1686, Bakteriencolonieen	49790
Klärbecken, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,1401, Bakteriencolonieen	1792
Abfluß, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0916, Bakteriencolonieen	896
Prudnik, unterhalb der Kläranlage, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0522, Bakteriencolonieen	4416
Mühlgraben, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0413, Bakteriencolonieen	35904

Am 25. November 1898:

Sielwasser, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,6056, Bakterien waren nach 24 Stunden nicht mehr zu zählen, da die Cultur verflüssigt war.	
Klärbrunnen, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,3940, Bakteriencolonieen	84000
Klärbecken, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,1188, Bakteriencolonieen	8600
Abfluß, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0501, Bakteriencolonieen	1767
Prudnik, unterhalb der Kläranlage, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0293, Bakteriencolonieen	27317
Mühlgraben, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0240, Bakteriencolonieen	43964

Ferner wurden ausführliche Untersuchungen gemacht und zwar am 4. März 1898.

1. Sielwasser, schmutzig, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,498, Bakteriencolonieen nicht zählbar.

a) Schwebende Stoffe . . . 4,47	b) Gelöste Stoffe 1,00
Glührückstand 0,70	Glührückstand 0,82
Glühverlust 3,77	Glühverlust 0,18
Stickstoff von a 0,0360.	Stickstoff von b 0,1272.
2. Klärbecken, weiß opalisierend, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0384, Bakteriencolonieen 12524, Gesamtstickstoff 0,0236.

a) Schwebende Stoffe . . . 0,190	b) Gelöste Stoffe 0,240
Glührückstand 0,042	Glühverlust 0,040
Glühverlust 0,148	Glührückstand 0,200
3. Abflufs, klar, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0367, Bakteriencolonieen 12896, Gesamtstickstoff 0,0217.

a) Schwebende Stoffe . . . keine	Glühverlust 0,038
b) Gelöste Stoffe 0,215	Kalk als $CaCO_3$. . . 0,194
Glührückstand 0,177	Chlor 0,0781
4. Prudnik, unterhalb der Kläranlage, gelblich-braun opalisierend, Verbrauch an $KMnO_4$ 0,0229, Bakteriencolonieen 5146, Gesamtstickstoff 0,00583.

a) Schwebende Stoffe . . . 0,112	b) Gelöste Stoffe 0,140
Glührückstand 0,012	Glührückstand 0,040
Glühverlust 0,100	Glühverlust 0,100
	Chlor 0,0639
5. Mühlgraben, gelblich-braun opalis., Verbrauch an $KMnO_4$ 0,02235, Bakteriencolonieen 43896, Gesamtstickstoff 0,00468.

a) Schwebende Stoffe . . . 0,126	b) Gelöste Stoffe 0,1600
Glührückstand 0,010	Glührückstand 0,08
Glühverlust 0,116	Glühverlust 0,08
	Kalk als $CaCO_3$. . . 0,120
	Chlor 0,07745

Der Abflufs ist stets mehr oder minder völlig klar, während die beiden Flußläufe immer opalisiren.

h) Betrieb der Kläranlage. Die erweiterungsfähige Kläranlage ist so angeordnet, daß das ihr zur Reinigung überwiesene Wasser ohne besondere Nachhülfe durchfließen kann. Jede einzelne Abtheilung der Kläranlage ist für sich auswechselbar. Zur Entfernung des ausgefällten Schlammes dient eine doppelt wirkende, durch Maschinenkraft betriebene Innenplungerpumpe. Die Entfernung des Schlammes aus den einzelnen Klärabtheilungen (aus den Klärbrunnen und aus den Klärteichen alle acht bis zwölf Tage, aus den Klärbecken nach Bedarf zwei bis vier Wochen) geschieht folgendermaßen. Nach Ausschaltung der betreffenden Klärabtheilung wird das Wasser durch ein drehbares Rohr langsam von oben her abgelassen. Das Wasser fließt dem unter der Pumpe angeordneten Pumpenschacht durch einen tiefliegenden Canal zu und läuft, so lange es rein ist, durch eine besondere Ueberlaufleitung nach dem Mühlgraben ab. Die Ueberlaufleitung ist mit einem Hochwasserverschluß versehen, sodafs das Wasser aus dem Mühlgraben nicht zurücktreten kann. Sobald das aus den Klärabtheilungen abgesaugte Wasser nicht mehr rein erscheint, wird es mit der Schmutzwasser-Pumpe gehoben und nach dem Einlauf zur Kläranlage gepumpt, um diese nochmals zu durchfließen.

Wenn das auf dem ausgefällten Schlamm stehende Wasser ganz abgesaugt und der Pumpenschacht leer gepumpt

ist, wird der Schlamm nach Oeffnen der Grundabflussschieber durch einen tiefliegenden Canal nach dem Pumpenschacht abgelassen. Von hier aus wird der Schlamm durch eine 100 mm i. L. w. eiserne Druckrohrleitung nach der etwa 500 m entfernt liegenden Schlammabsonderungsanlage befördert. Hier sind zehn flache gröfsere, neben einander liegende Becken vorhanden, deren Boden aus einer 30 cm tiefen Kiesschicht besteht. Es werden hier zwei Arten von Schlamm abgelagert:

1. Der aus den Klärbrunnen stammende Schlamm ohne Kalkzusatz, von sehr großem Dungwerth.
2. Der mit Kalkzusatz versehene Schlamm.

Beide Arten Schlamm finden guten Absatz in der Landwirtschaft, Gärtnerei usw. Die von der Agriculturchemischen Versuchsstation der Landwirtschaftskammer für die Provinz Schlesien in Breslau angestellte chemische Untersuchung des an der Luft getrockneten Schlammes aus der Abwasserreinigungsanlage für die Stadt Neustadt O.-S. ergab bei durchschnittlich 50 v. H. Wassergehalt folgendes:

	1. Grobe Vorreinigung v. H.	2. Vorklärung v. H.	3. Desinfection v. H.
Stickstoff	0,23	0,99	0,60
Phosphorsäure	0,08	0,42	0,78
Kali	0,22	0,15	0,07
Kalk*)	—	—	16,30

Die Schlammrückstände enthielten demnach von den hauptsächlichsten Pflanzennährstoffen bemerkenswerthe Mengen von Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Kalk. Für den gewonnenen Schlamm wurden, wie schon vorn erwähnt, jährlich bis 1900 \mathcal{M} Einnahme erzielt. — Die ganze Entwässerungsanlage ist einem Betriebsinspector unterstellt; die Bedienung der Kläranlage wird unter besonderer Oberaufsicht eines Chemikers von einem Maschinisten besorgt, dem einige Arbeiter zur Hülfe beigegeben sind. Der Betrieb der Kläranlage kostet jährlich für einen Kopf der Bevölkerung 0,50 \mathcal{M} .

Der Entwurf zu der Entwässerungsanlage ist von dem Ingenieur Mairich in Gotha angefertigt worden. Mairich betont ausdrücklich, daß die Neustädter Kläranlage den örtlichen Verhältnissen angepaßt und nicht für die Verhältnisse anderer Städte ohne weiteres passend ist.

Die Kosten der Neustädter Entwässerungsanlage einschl. Hausanschlufsleitungen auf den Strafsen haben rund 630 000 \mathcal{M} betragen; zusammen mit den Kosten für das Wasserwerk sind daher rund 1 000 000 \mathcal{M} verausgabt worden.

Wasserwerk sowohl wie Entwässerungsanlage haben sich in Neustadt O.-S. gut bewährt; namentlich hat die Kläranlage im Sommer wie im Winter keinerlei Störungen erlitten und dauernd zufriedenstellend reines Abwasser geliefert.

*) meist kohlensaurer Kalk.

Pumpenbagger für die Wolga (Batessche Bauart).

(Mit Abbildungen auf Blatt 34 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Zur Verbesserung der Schifffahrtstrasse auf der Wolga wurde im vergangenen Jahre von der russischen Regierung ein Pumpenbagger beschafft, der durch seine ungewöhnlichen

Leistungen allgemeine Beachtung fand. Zu den Probabaggerungen, die auf der Schelde unterhalb Antwerpens stattfanden, erschienen Vertreter verschiedener Staaten — Belgien, Frank-

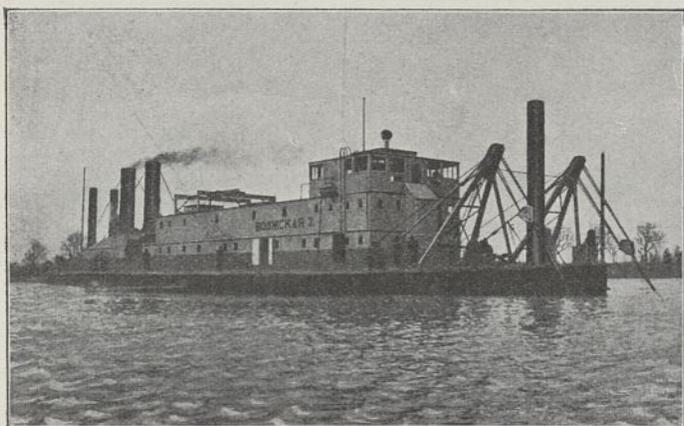


Abb. 1. Ansicht einer Baggerhälfte.

reich, Oesterreich, Türkei —, und auch das Königl. preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten nahm Veranlassung, den Geheimen Baurath Germelmann und den Baurath Truhlsen zu demselben Zweck nach Antwerpen zu entsenden. Dem

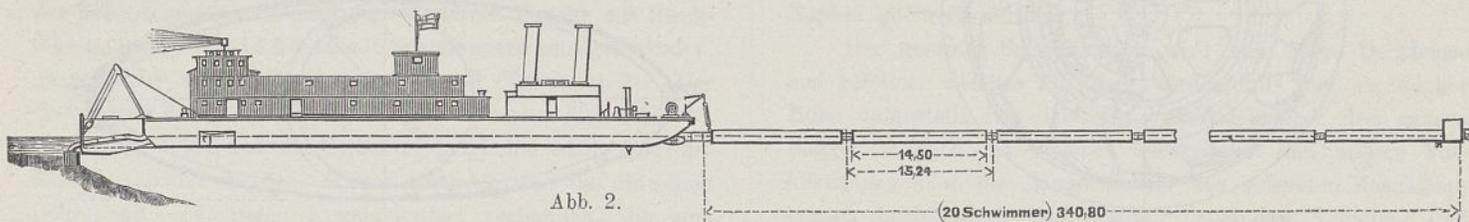


Abb. 2.

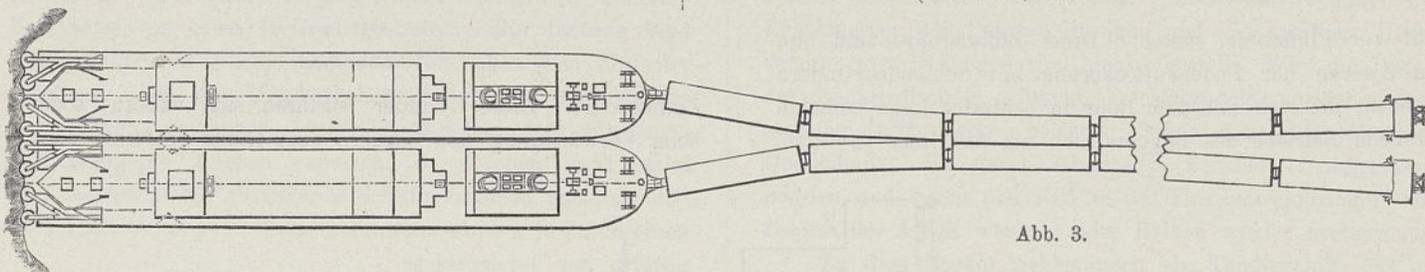


Abb. 3.

von diesen erstatteten Reisebericht entnehmen wir die nachstehenden Angaben über den Bagger.

Der Pumpenbagger ist nach den Entwürfen und Zeichnungen des Ingenieurs Lindon W. Bates in London von der Firma John Cockerill auf ihrer Werft in Hoboken bei Antwerpen erbaut. Als Vorbild diente der im Jahre 1896 von L. W. Bates der Regierung der Vereinigten Staaten von America gelieferte und auf dem Mississippi in Betrieb gestellte Bagger „Beta“, dessen Beschreibung im Jahrgang 1898 der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure (S. 1178 ff.) enthalten ist. Durch die außerordentlich günstigen Erfolge, welche mit diesem Bagger erzielt worden sind, veranlaßt, liefs die russische Regierung durch Herrn Bates die Verwendbarkeit seines Baggers für die Wolga in Erwägung ziehen. Die Verhandlungen führten dann zum Abschlufs und zur Lieferung des nachstehend beschriebenen Baggers. Die nach der Bauart Bates' ausgeführten Bagger, von dem Erbauer als „Bagger von hoher Leistungsfähigkeit“ (High Powered Dredgers) bezeichnet, sind Saugbagger, welche die Förderung des Bodens mittels Kreiselpumpen bewirken, nachdem dieser vorher durch eigenartige Schneidvorrichtungen gelöst worden ist. Das Baggergut wird durch eine schwimmende Rohrleitung weitergeleitet und seitlich im Flussbett abgelagert.

Der für die Wolga erbaute Bagger besteht aus zwei Einzelgefäfsen, von denen jedes für sich einen vollständigen

Bagger bildet. Beide Theile sind von genau gleicher Bauart und Einrichtung (Text-Abb. 1). Es kann sowohl mit einer Hälfte allein, als auch mit beiden Hälften zusammen gearbeitet werden. Im letzteren Falle werden die beiden Gefäfsen neben einander gelegt und zusammengekuppelt (Text-Abb. 2 u. 3). Diese Theilung des Baggers in zwei Hälften war nothwendig, um die Hinschaffung desselben nach der Wolga zu ermöglichen.

Die Abmessungen jeder Hälfte sind folgende: Länge 65,8 m, Breite 9,6 m, Tiefe 2,74 m; der Tiefgang beträgt, wenn die Bagger aufer Betrieb sind, 1,22 m, im Betriebe 1,42 m. In der Mitte eines jeden Schiffsgefäfses befindet sich die Kreiselpumpe, welche die Förderung des Bodens bewirkt (Abb. 1 bis 3 Bl. 34). Das Flügelrad dieser Pumpe hat 2,13 m Durchmesser; es sind acht Flügel vorhanden, die aus Gufsstahl hergestellt sind. Das Gehäuse ist aus Gufs-eisen gefertigt. Angetrieben wird die Pumpe durch eine dreifache Expansionsmaschine von 1500 Pferdestärken, mit welcher sie direct gekuppelt ist. Die Umdrehungszahl in

der Minute beträgt 150 bis 180. Unmittelbar vor dem Eintritt theilt sich das Saugerohr der Pumpe, sodass zwei Einzelrohre nach vorn geleitet werden, die aus der Stirnwand des Baggers heraustreten. Hier sind dieselben mittels Kniestücke drehbar in der senkrechten Ebene gemacht und durch Stopfbuchsen gedichtet. Am unteren Ende theilt sich nun jedes

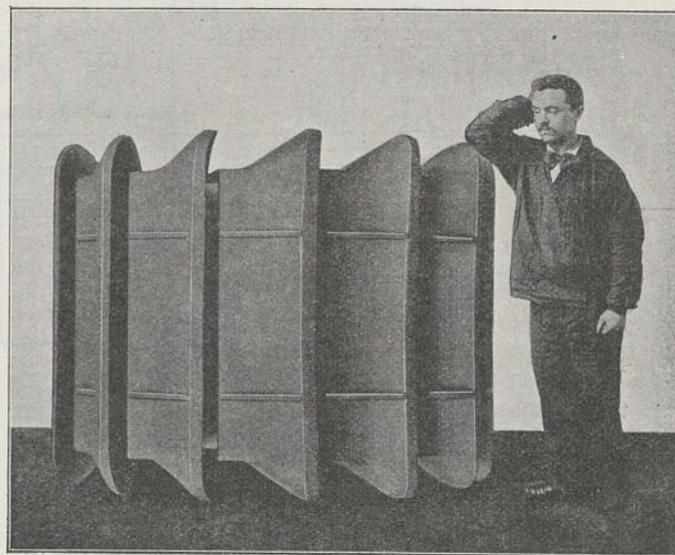


Abb. 4. Trommel der Schneidecylinder.

dieser beiden Rohre nochmals, sodafs vier Zuflusrohre vorhanden sind, deren Mündungen derart nach unten gerichtet sind, dafs sie bei normaler Arbeitstiefe des Baggers senk-

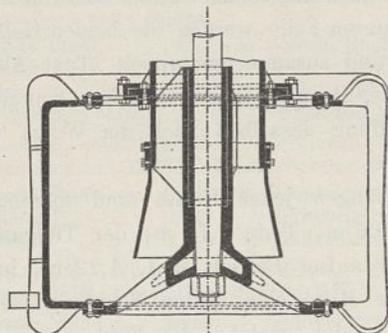


Abb. 5.

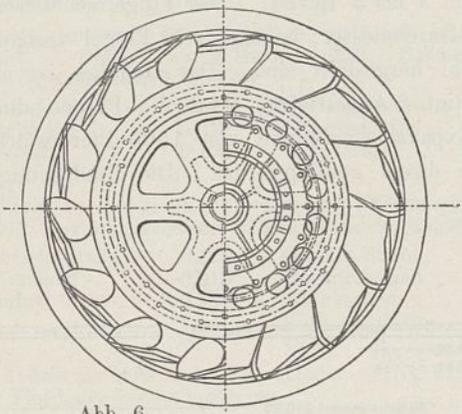


Abb. 6.

recht zur Flusssohle stehen. Diese Zuflusrohre sind nun zum Zwecke der Bodenauflockerung mit Schneidecylindern umgeben, die sich mit dem Rohr in centraler Lage befinden und beim Betriebe des Baggers sich um das Rohr bewegen.

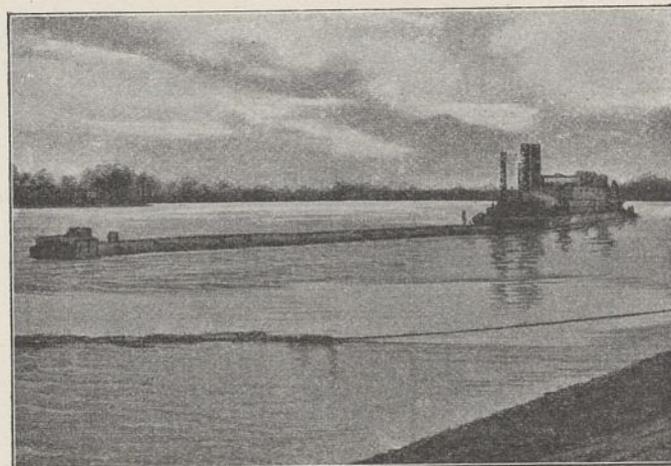


Abb. 7. Baggerhälfte mit Rohrleitung.

zu können. Vor der Stirnwand einer jeden Baggerhälfte befinden sich also vier mit drehenden Schneidecylindern umgebene

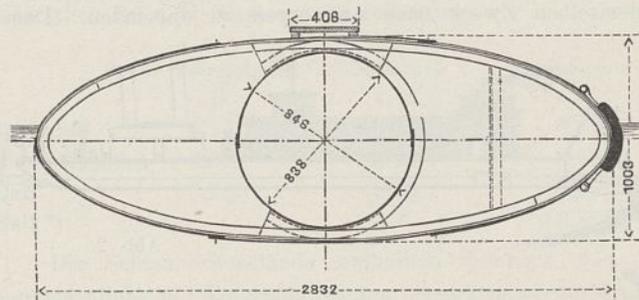


Abb. 8.

Zuflusrohre. Diese Cylinder berühren sich nahezu, sodafs beim Vorwärtsgang des Baggers eine Rinne entsteht, deren

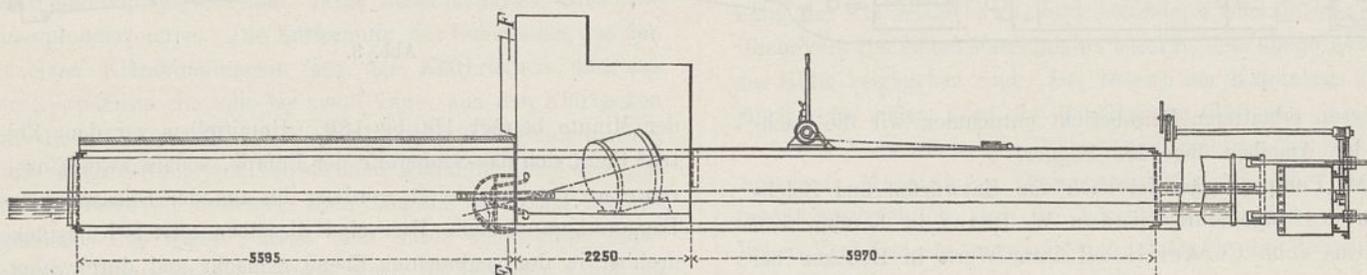


Abb. 9. Längsschnitt.

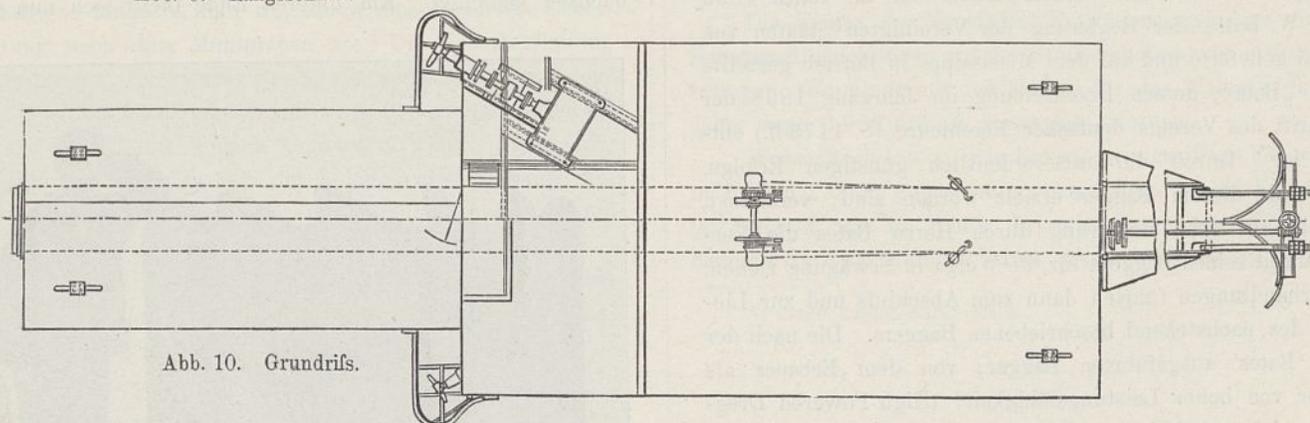


Abb. 10. Grundrifs.

Bewirkt wird diese Bewegung durch eine im Vorderschiff aufgestellte Zwilling-Verbundmaschine von 300 Pferdestärken, welche die Kraft durch Wellenleitung und Kugehräder überträgt. Die in die Schneidecylinder mündenden Saugrohre sind mit verstellbaren, kegelförmigen Mundstücken versehen, um den Zuflufs, der zu baggernden Bodenart entsprechend, regeln

Breite gleich der Baggerbreite ist, ohne dafs dabei eine seitliche Wanderung des Baggers erforderlich ist.

Die Schneidecylinder bestehen aus einer aus Gufsstahl mit 5 v. H. Nickel hergestellten Trommel, deren Umfang von 14 schaufelartigen Messern gebildet wird (Text-Abb. 4). Unten ist diese Trommel offen; es befindet sich hier nur ein Lager-

kreuz zur Verbindung der Trommel mit der durchgehenden Drehachse. Der obere Theil der Trommel ist durch einen Boden geschlossen; durch denselben hindurch geht das mittels Stopfbuchse gedichtete Zuflußrohr (Text-Abb. 5 u. 6). Je zwei und zwei der Schneidecylinder drehen sich in entgegengesetzter Richtung, damit der Bagger während der Arbeit nicht zur Seite gedrückt wird. Alle Laufflächen, die dem Angriff des mit Sand gemischten Wassers ausgesetzt sind, werden durch gefiltertes Druckwasser rein gehalten. Die aus dem Vorderschiff heraustretenden Saugerohre werden nebst den Schneidecylindern und der Antriebsvorrichtung von Schwimmern getragen, die unter einander verbunden sind und deren Wasserverdrängung so bemessen ist, daß ein Heben wie ein Senken derselben bis zu einer Arbeitstiefe von 4,88 m leicht erfolgen kann.

Die Weiterbeförderung des von der Kreiselpumpe angesaugten Sand- und Wassergemisches geschieht durch ein Druckrohr, welches aus Stahlblech hergestellt ist und am hinteren Ende des Baggers austritt. Hier vereinigt es sich mit der schwimmenden Rohrleitung. Letztere besteht aus Blechröhren, welche von 14,5 m langen Schwimmern getragen werden, die ebenfalls aus Stahlblech gefertigt sind (Text-Abb. 7). Der Querschnitt dieser Schwimmer ist ein elliptischer (Text-Abb. 8), damit dem Wind und der Strömung möglichst wenig Angriffsflächen geboten werden. Unter einander sind die einzelnen Rohre mit gedichteten Kugelgelenken verbunden, die eine Bewegung von etwa 10 Grad gestatten. Die Leitung läßt sich demnach in einem entsprechenden Bogen dem Flußufer zuführen. Um die Druckrohrleitung in jede erforderliche Lage bringen zu können, ist der letzte Schwimmer mit einem kastenförmigen Ausbau versehen, in welchem zwei radial nach beiden Seiten austretende Schiffsschrauben gelagert sind (Text-Abb. 9 bis 11). Diese Schrauben werden je durch einen

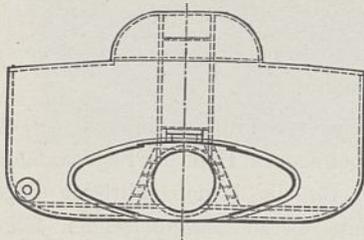


Abb. 11. Schnitt EF (Abb. 9).

Elektromotor von dreißig Pferdestärken betrieben. Unterstützt wird die Wirkung der Schrauben durch eine Steuervorrichtung, die am hinteren Ende dieses Ausbaues angeordnet ist. Diese besteht aus einer

doppelt gekrümmten Blechplatte, die sich vermittelst Räder und Zahnstange aus der Mittellage verschieben läßt, sodafs das Verhältniß der nach beiden Seiten abströmenden Wassermasse geändert und dadurch eine Ablenkung der Rohrleitung herbeigeführt wird.

Zur Vorwärtsbewegung besitzt jede Baggerhälfte zwei aus dem Hinterschiff hervortretende Schiffsschrauben. Ferner sind zu beiden Seiten im Vorderschiff, in entsprechenden Ausbuchtungen, eben solche Schrauben angeordnet, die die seitliche Führung des Baggers bewirken. Jede Schraube hat zum Antrieb einen Elektromotor von 120 Pferdestärken. Eine auf Deck aufgestellte Dampfwinde dient zum Einholen zweier Drahtseile, die als Vordertaue benutzt werden. Die seitlichen Führungstau kommen in Wegfall, da die erwähnten seitlichen Schrauben den Bagger genügend lenkfähig machen. Der Betrieb wird dadurch wesentlich vereinfacht, und dazu erwächst der weitere Vortheil, daß auch der Schiffsverkehr

weit weniger beeinträchtigt wird. Die Vordertaue werden durch Pfähle gehalten, die unter Anwendung von Druckwasser eingetrieben sind. Ein solcher Pfahl besteht aus einem schmiedeeisernen Rohr, ist unten offen und hat oben eine seitliche Oeffnung, durch die das Druckwasser eintritt. Das Seil wird an einem Ring festgemacht, der so an dem Pfahl angebracht ist, daß der Angriffspunkt des Seiles sich unmittelbar über der Flußsohle befindet, wenn der Pfahl eingetrieben ist, sodafs der Pfahl nur wenig auf Biegung beansprucht wird. Das Eintreiben der Pfähle geschieht von einem Dampfer aus, der dem Bagger als Hilfsschiff beigegeben ist. Diese Arbeit kann in vier bis acht Minuten ausgeführt werden.

Der zum Betriebe der Elektromotoren erforderliche Strom wird auf jedem Gefäß von einer Dynamomaschine geliefert, die mit einer dreifachen Expansionsmaschine von 800 Pferdestärken gekuppelt ist. Für die Dampferzeugung zum Betriebe aller Maschinen sind auf jeder Baggerhälfte vier Wasserrohrkessel nach der Bauart Babcock u. Wilcox vorhanden, die mit Naphta gefeuert werden.

Der gesamte Baggerbetrieb wird von einem Deckhause aus geleitet, welches auf dem Vorderschiff und in solcher Höhe aufgestellt ist, daß ein Ueberblick über den ganzen Bagger möglich ist. Durch elektrische und andere Vorkehrungen kann der Baggermeister den gesamten Maschinenbetrieb beeinflussen und leiten. Auch die Vacuum- und Druckmesser der Pumpenleitungen und die sonstigen Ueberwachungsrichtungen sind hier aufgestellt. Wird der Bagger auf die Arbeitsstelle gebracht, so erfolgt seine vorläufige Feststellung durch starke, hölzerne Balken von geviertförmigem Querschnitt, die durch eingebaute Schachte herabgelassen werden und durch den Fall in das Flußbett eindringen. Bei Beginn der Arbeit werden diese Balken wieder hochgezogen.

Zu dem Bagger gehört noch ein Tenderschiff, das mit Arbeitsmaschinen zur Ausführung von Ausbesserungen und mit Druckwasserpumpen zum Eintreiben der Ankerpfähle versehen und zur Aufbewahrung von Materialien und Geräthen eingerichtet ist. Das Schiff hat Schrauben zur Selbstbewegung und soll auch als Schlepper dienen.

Die Ergebnisse der Probegaggerungen, welche durch den Abnahme-Ausschuß der russischen Regierung ermittelt wurden, sind nachstehend zusammengestellt:

	1. Baggerhälfte	2. Baggerhälfte
Länge der Arbeitsstrecke . . .	309 m	658 m
Zeitdauer der Baggerung . . .	37 ¹ / ₃ Min.	180 Min.
Vorwärtsbewegung des Baggers in der Minute	8,29 m	3,655 m
Mittlere Tiefe des Einschnitts .	0,754 m	1,087 m
Geförderter Boden in der Stunde	3465 cbm	2190 cbm
Bodenart	Feiner, fester, mit Thon versetzter Sand.	Sehr feiner Sand, theils fest gelagert, theils lose.

Diese Angaben beziehen sich auf je eine Baggerhälfte, ein Zusammenarbeiten beider Hälften hat nicht stattgefunden. Von dem Ausschufs ist der Bagger für fähig erklärt worden, 2700 cbm in der Stunde mit einer Hälfte, und 5400 cbm mit beiden Hälften zusammen zu fördern. Die Baggermassen sind durch Peilungen vor und hinter dem Bagger ermittelt worden.

Die neue Strafsenbrücke über den Main bei Miltenberg.

Dreigelenkbögen aus Bruchsteinmauerwerk.

Vom Bauamtmann Eduard Fleischmann in Aschaffenburg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 35 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Das Bestreben zur Wiederheranziehung des Verkehrs vom rechten Mainufer nach Miltenberg, welcher seit Mitte dieses Jahrhunderts durch verschiedene Mafsnahmen von der Stadt Miltenberg abgelenkt worden war, das Bedürfnis nach Ermöglichung einer Erweiterung der Stadt am rechten Mainufer sowie einer leichteren Bewirthschaftung des dortigen Miltenberger Grundbesitzes, endlich die durch gesichertes Zustandekommen der Localbahn Miltenberg-Stadtprozelten mit Bahnhof Miltenberg am rechten Ufer inzwischen gelohnte Absicht einer Förderung der Eisenbahnfrage des oberen Mainthales (Linie Wertheim-Miltenberg im engeren, Würzburg-Worms im weiteren Sinne) drängte die Stadt Miltenberg zur Erbauung einer festen Brücke über den Main. Dem Verfasser oblag die Aufgabe, die seit 1892 auftauchenden zahlreichen Entwürfe zu derjenigen Reife zu führen, die ihre eingehende Würdigung sowohl seitens der Stadtverwaltung als der Aufsichtsbehörden ermöglichte. Als Sieger aus dem Kampfe ging schliesslich der unter Mitwirkung des Verfassers und seines Mitarbeiters, des Staatsbauprakticanten J. B. Bosch entstandene Entwurf der Tiefbau-Unternehmung Grün u. Bilfinger in Mannheim für eine Gelenkbogenbrücke aus Buntsandstein-Bruchsteinen mit Bleieinlagen als Gelenken hervor, die als das erste Bauwerk seiner Art in Bayern, als das erste in rauhem Bruchsteinmauerwerk erstellte derartige Bauwerk überhaupt, in den Jahren 1898 und 1899 durch die genannte Firma zur Ausführung gelangte. Seine architektonische Gestaltung verdankt der Entwurf der Unterstützung durch Herrn Geheimen Oberbaurath Professor Hofmann in Darmstadt. Die im Verdingungsvertrage vom 28. Februar 1898 mit den Herren Grün u. Bilfinger vereinbarte Pauschsumme für die Ausführung der Gesamtarbeit mit 405 000 *M* vertheilt sich auf die Einzelbauten wie folgt:

1. Mainbrücke selbst	269 905,72 <i>M</i>
2. Die beiden linkseitigen Brückenfahrtrampen mit Treppenanlage für den Aufgang an der Ziegelgasse und mit Zwillingdurchfahrt neben der Brücke in der unteren Rampe	55 292,95 „
3. Rechtseitige Brückenfahrt	6 794,94 „
4. Brückenthorthurm	19 959,40 „
5. Erhöhung der Mainstrafse zwischen der unteren Brückenrampe und dem Schulhause	2 704,96 „
6. Fluthquerschnittenerweiterung rechts mit Rückverlegung des Sommer- und des normalen Leinpfads, dann mit Abgrabung des Vorlandes auf Niedrigwasser	22 332,68 „
7. Correction am linken Ufer, dann Fahrwasserregelung nächst der Brücke	16 477,75 „
8. Ländeplätze längs der unteren Stadt	11 531,60 „
Zusammen wie oben	405 000,00 <i>M</i>

Den Aufwand für Grunderwerbung, Bauleitung, Bauaufsicht, Anpassung der in die Mainstrafse einmündenden Strafsen

und Gäfischen, sowie der angrenzenden Anwesen bestritt die Stadt auf eigene Rechnung.

Beschreibung der Brücke.

Allgemeine Anordnung. Die Brücke überschreitet den Main mit sechs Oeffnungen — drei Strom- und drei Fluthöffnungen — auf einer Stromschnelle oberhalb des Beginnes einer scharfen Flußkrümmung (Abb. 8 Bl. 35). Auf der Stadtseite schliesst die Brücke vor der jetzigen Mainstrafse vorläufig, bis zur späteren Schaffung einer hochwasserfreien Zufahrt nach der Hauptstrafse der Stadt, mit einer als Treppenanlage ausgebildeten Terrasse ab. Als Zufahrt zur Brücke dienen hier zwei seitliche Rampen, von denen die flussaufwärtige mit gerader Achse, und die flussabwärtige mit elliptischer Achse in die auf das zulässige Mafs (5,00 m Miltenberger Pegel) erhöhte Mainstrafse mündet. Die untere Rampe hat anschliessend an die Treppenanlage eine gewölbte Doppeldurchfahrt von je 8 m Lichtweite erhalten. Am rechten Ufer führt der in der verlängerten Brückenachse angelegte, kurze Zufahrtsdamm zur neuen Districtsstrafse über Grosheubach in das Röllbachtal und zu der künftigen Strafse in das Steinindustriegebiet des Obermainthales. Das rechtseitige Ufer war zwecks Schaffung des erforderlichen Durchflußquerschnittes für bordvolle, höhere Mittelwasser zurückzuverlegen. Am rechten Ufer wurde ein Fluthquerschnitt in Höhe des höchsten flofsbaren Mainstandes (2,40 m M. P.) geschaffen, um jeden schädlichen Aufstau von der Stadt fernzuhalten. Der seitherige Schifffahrtsweg lag am nächsten dem mittleren Strombogen; er wurde in die Mitte dieser Oeffnung verlegt und auf 0,20 m unter Flußnormalsohle in einer Breite von 22 m durch Baggerung in schwerem, festgelagertem Gerölle ausgetieft.

Die Lichtweiten der sechs Oeffnungen sind symmetrisch vertheilt (Abb. 1 Bl. 35) und betragen in Höhe der Bogenanfänger (+5,40 m M. P.) gemessen für die beiden mittleren Bögen 34,20 m, für die beiderseits hieran anschliessenden Bögen 32,70 m und für die beiden Landbögen 31,20 m mit 4,218, 4,506, 3,847, 4,760, 3,426 und 4,910 m Pfeilhöhe. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 223 m. Die Brückenfahrbahn ist 4,40 m, die beiderseits anschliessenden erhöhten Gehwege sind je 1,50 m breit. Der Längenschnitt der Brücke (Abb. 2 Bl. 35) ist parabelförmig gestaltet; die größte Steigung der Parabel beträgt 1,39 v. H. Die Lichthöhe der Schifffahrtsoeffnung beträgt 6,70 m über höchstem schiffbaren Wasserstand (+3,70 m M. P.), der Durchflußquerschnitt für das aufsergewöhnliche Hochwasser 1845 1252 qm, der Brückenaufstau hierfür 0,20 m.

Gründung (Abb. 2 Bl. 35). Die Widerlager wie die Pfeiler sind auf Buntsandsteinfelsen gegründet. Die Fundamentsohlen liegen unter Niedrigwasser (+0,70 m M. P.): linkseitiges Widerlager 2,65 m, Pfeiler I 2,05, II 2,07, III 3,63, IV 1,86, V 1,95, rechtseitiges Widerlager 2,35 m. Als Fundamentpressungen treten an den beiden Widerlagern 4,81 kg/qcm gleichmäfsige Pressung und 6,42 bis 6,15 kg/qcm Kantendruck auf.

Bei Pfeiler I, II und IV, sowie beim rechtseitigen Widerlager wurde auf den Felsen eine 1 m hohe Betonschicht 1:3:6, bei Pfeiler III eine solche von 1,35 m Stärke eingebracht und gestampft. Bei Pfeiler V und dem linkseitigen Widerlager wurde unmittelbar auf den Felsen gemauert. Das Fundamentgemäuer ist rauhes Bruchsteinmauerwerk in Portlandcementmörtel 1:1:5.

Widerlager und Pfeiler. Die Widerlager wurden als verlorene ausgeführt; die Blendmauern (am rechtseitigen Widerlager als Grundbogen unter Bodenhöhe hergestellt) reichen bis auf den Felsen hinab. Die Pfeiler haben eine schwach geschweifte Form mit 3,10 m Stärke in Kämpferhöhe erhalten.

9 t Hinterachsengewicht und in einer gleichmäßig vertheilten Last von 450 kg/qm Menschengedränge, sowie für ein durch Proben gefundenes Einheitsgewicht des Mauerwerks von 2,25 und für 25 kg/qcm größte Kantenpressung gerechnet war. Danach wurden auch die Lehrgerüste auf dem Reifsboden abgebunden. Der spitze Uebergang des so gefundenen Leibungsbogens in den Pfeiler wurde durch einen an den Pfeiler mehr tangential anschließenden, abrundenden Bogen ersetzt.

Die Scheitelstärken betragen bei Bogen I und IV 70 cm, bei den übrigen Bögen 75 cm, die entsprechenden Kämpferstärken sind 80 und 85 cm. Die Berechnung der Bögen nach Belastungsscheiden und die Bleiplattengelenke bedingen, daß

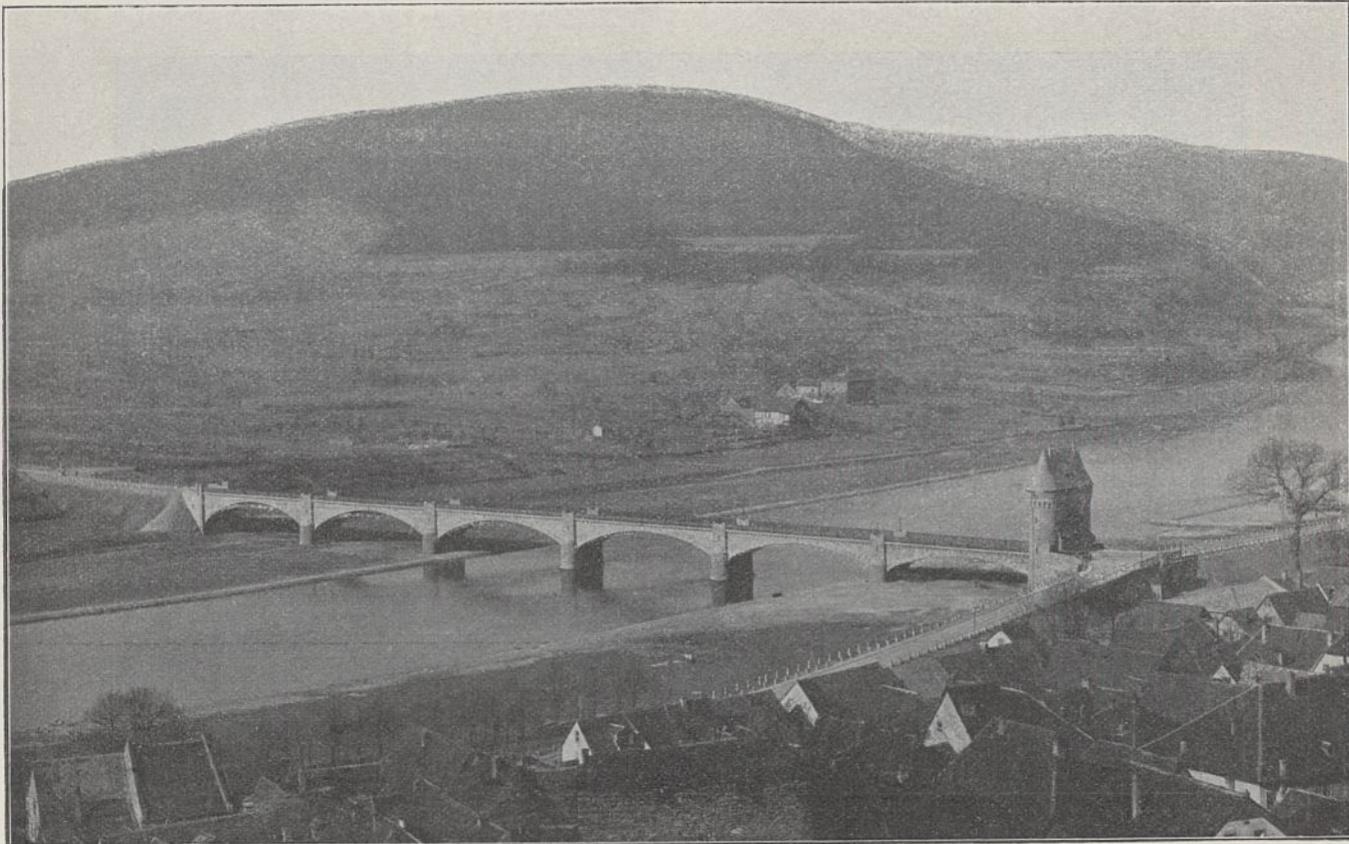


Abb. 1.

Die Vorköpfe sind spitz, die Hinterköpfe abgerundet. Die flußaufwärts gerichteten Pfeilerköpfe sind gegen die seltenen, aber dann starken Main-Eisstöße durch Eisen gesichert. Der Pfeileraufbau ist mit Zinnenquadern gekrönt.

Das aufgehende Mauerwerk ist über Bodenhöhe (bei den Strompfeilern über Niedrigwasser) Bruchsteinmauerwerk 1:1:6. Die Sichtflächen sind mit hammerrecht und bossenartig bearbeiteten Bruchsteinen von beliebiger Höhe, also mit nicht durchlaufenden Schichten verkleidet. Die Ecken der Widerlager und die Pfeilerköpfe sind mit Bossenquadern verkleidet, die in den Vorköpfen unter sich verklammert sind. Die Kapfenquader sind scharrirt (Abb. 5 u. 7 Bl. 35).

Gewölbe. Die 7 m breiten Gewölbe sind durch Einlage von Bleiplatten im Scheitel und an den Kämpfern als Dreigelenkbögen hergestellt (Abb. 2 Bl. 35). Die Leibung ist nach einer regelmäßig verlaufenden Curve gebildet, die sich aus den Abscissen und Ordinaten in Bezug auf eine durch die Scheitelmitte gelegte Wagerechte ergibt und für eine Verkehrslast, bestehend in einer Strafsenwalze von 6 t Vorderachsen- und

die Gewölbestärke nach der Bruchfuge hin zunimmt. Die Gewölbestärke in der Bruchfuge beträgt bei Bogen I 90 cm, Bogen II 92 cm, Bogen III und IV 93 cm, Bogen V 88 cm und Bogen VI 80 cm.

Die Bleiplatten sind 2 cm stark; ihre Breiten betragen in cm: bei Bogen I und II 14,5 (Kämpfer) und 13,0 (Scheitel), bei Bogen III 15,0 (Kämpfer) und 13,5 (Scheitel), bei Bogen IV 14,5 (Kämpfer) und 12,5 (Scheitel), bei Bogen V 13,0 (Kämpfer) und 10,5 (Scheitel), bei Bogen VI 11,5 (Kämpfer) und 9,5 (Scheitel). Die Bleiplatten sind zwischen zwei Gelenkquader verlegt, deren Stärke in den Kämpfergelenken unter dem Blei 0,55 m, über dem Blei 0,50 m, im Scheitel je 0,45 m beträgt. Die Höhenabmessungen dieser Quader sind in den Kämpfern unter dem Blei 1,20 m, über dem Blei 1,05 m, im Scheitel je 0,75 m. Diese Gelenkquader übertragen den in den Bleiplatten vereinigten Druck von dem Bruchsteinmauerwerk der Gewölbe auf dasjenige der Widerlager.

Die Meistbeanspruchung des Gewölbemauerwerks beträgt, wie bereits erwähnt, 25 kg/qcm. Nach den Versuchen

Bauschingers mit Mauerwerk- und Mörtelkörpern, sodann mit Buntsandstein (Wochenblatt für Baukunde 1887, Seite 315), bietet diese Beanspruchung noch eine zehnfache Sicherheit. Die Bleiplatten werden mit 120 kg/qcm gedrückt. Diesen Druck von 120 kg/qcm haben auch die das Blei einschließenden Gelenkquader aus Buntsandstein aufzunehmen; sie nehmen ihn auch, da die Druckvertheilung nicht über den ganzen Stein erfolgt, sondern sich nur auf einen Streifen von der Breite der Bleiplatte (etwa $\frac{1}{6}$ der Quaderhöhe) vollzieht, nach den Versuchen von Durand-Claye (Annales des ponts et chaussées 1887, S. 230) und Professor Bach, Stuttgart (Deutsche Bauzeitung 1895, S. 343) noch mit einer achtfachen Sicherheit auf. (Steinbrücken von großer Spannweite

Der Aufbau über den Gewölben (Abb. 3 u. 5 Bl. 35) besteht aus den beiden Stirnwänden, sowie aus drei, die üblichen Entlastungsbögen ersetzenden Längswänden, die parallel mit den Stirnwänden laufen und zur Aufnahme der die Fahrbahn tragende Betondecke dienen. Sie ziehen über die ganze Brückenlänge von der einen senkrechten Widerlagerabschlussmauer zur andern, über jeder Gelenkfuge, ebenso wie die beiden Stirnmauern, durch eine Temperaturfuge und über den Pfeilern durch eine auch als Durchgang dienende Entwässerungsöffnung ($2,0 \times 0,8$ i. l.) unterbrochen. In den Stirnmauern sind die Temperaturfugen in die Ecken der Pfeilerbauten geführt, um sie dem Auge möglichst zu entziehen.

Die auf den Längswänden ruhende, die Fahrbahn und



Abb. 2. Bauzustand am 11. Februar 1899.

mit gelenkartigen Einlagen, ausgeführt von der Kgl. Württembergischen Ministerialabtheilung für Strafsen- und Wasserbau, S. 4.) — Die Entwässerung der Gewölbe und der über diesen durchgeführten Entlastungsräume erfolgt nach einem tiefsten Punkt durch die Kämpferabrundung unter der unteren Kämpferquaderschicht mittels schottischer Gufsrohre von 110 mm Durchmesser.

Die Gewölbe sind aus keilförmigem Bruchsteinmauerwerk des Mischungsverhältnisses $1:\frac{1}{4}:3$ hergestellt. Die Sichtflächen der Leibungen sind gespitzt, diejenigen der Gewölbestirnen bossenartig behandelt; die Stärke der Fugen beträgt 12 mm. Die Gelenkquader sind in der Leibung rauh gespitzt, an der Stirne bossenartig bearbeitet, die Lager sind sauber scharriert. Diese Gelenkquader sind die einzigen Hausteine im Gewölbe. Nach der Ausrüstung bekamen die Gewölbe einen 3 cm starken Cementglattstrich. Die Sichtflächen der Gewölbestirnmauern sind wie diejenigen der Widerlager hammerrecht und bossenartig, ohne durchlaufende Lagerfugen gehalten und unregelmäßig in die Gewölbestirnen übergeführt, sodafs sich die größte Gewölbestärke in den Bruchfugen für das Auge nicht bemerkbar macht.

die Gehwege tragende Betondecke hat in Brückenmitte eine Stärke von 14 cm, seitlich eine solche von 11 cm. Ihre Tragfähigkeit ist durch einbetonirte, 50×2 mm starke Bandeisen verstärkt, die in 25 cm Entfernung von Mitte zu Mitte an auf den Längswänden ruhenden Walzbalken (D.N.-P. 12 u. 15) aufgehängt sind und zur innigeren Verbindung des Betons mit dem Eisenwerk im Winkel aufgebozene Aushauungen besitzen. Die Betonmischung ist 1:2:4. Ueber den Temperaturfugen



Abb. 3.

der Längswände ist die Betondecke ebenfalls unterbrochen; sie ist hier mit U-Eisen eingefasst, von denen das eine ein aufgenietetes Blech trägt, das auf dem andern gleitet (Text-Abb. 3).

Um die Betontafel und damit die Gewölbe selbst gegen Eindringen von Sickerwasser zu schützen, ist sie mit einem Asphaltfilzplattenbelag abgedeckt, der in die Betonunterlagen der Gehwegplatten eingreift. Die Entwässerung wird durch über den Gewölbescheiteln angebrachte Gufsrohre besorgt, in welche letztere auch das Tagwasser der Brückentafel eingeführt ist.

Die Fahrbahn ist gepflastert. Die erhöhten Gehwege sind aus Sparbeton des Mischungsverhältnisses 1:15 herge-

stellt und mit geprefsten Cementplatten belegt. Im Sparbeton sind die Consolen des Brückengesimses verankert. Das Brückengeländer ist der Ersparnis an Gewölbbreite wegen aus Gufseisen hergestellt.

Auf der Stadtseite schließt die Brücke mit einem Thorthurm (Abb. 3 u. 4 Bl. 35), der Dienstzimmer und Wohnung des Zolleinnehmers enthält, ab; in ersterem ist auch der staatliche, selbstschreibende Luftdruckpegel aufgestellt. Am rechten Ufer ist der Brückenabschluss durch zwei gufseiserne Fahnenständer bezeichnet.

Die Anfahrtsrampen haben 4,80 m Fahrbahnbreite und beiderseitige erhöhte Gehwege von je 1,50 m Breite er-

quader der Pfeiler, die Pfeilerkappenquader, die Gelenkquader, die Consolen und Gesimsdeckplatten. Die reinrothen Steine sind den Brüchen der Stadt Miltenberg an der Strafsen nach Waldürn entnommen. Solche reinrothen Steine sind verwandt zu den Zinnenquadern der Pfeiler, zu den Deckeln der Steinbrüstung am Thorthurm, ferner zu den Profilsteinen, Fenstern und Thürgestellen des Thorthurmes. Als Cement wurde Portlandcement von Karlstadt a. Main, als Kalk Schwarzkalk vornehmlich zu dem Mörtel der Fundamente, Weifskalk vornehmlich zum Mauerwerk über Wasser verwandt. Der Sand ist sämtlich aus dem Main in unmittelbarer Nähe der Baustelle geschöpft. Das Fahrbahnplaster besteht aus Buntsandsteinfindlingen.

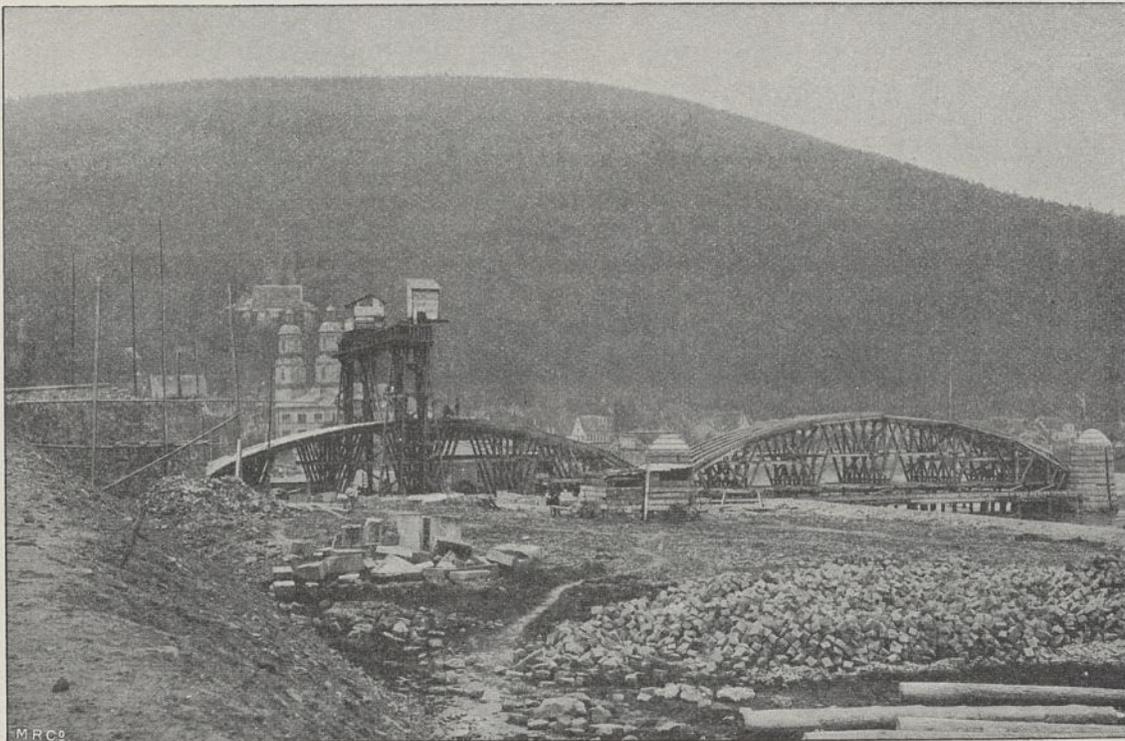


Abb. 4. Bauzustand am 8. Mai 1899.

halten. Von den beiden stadtseitigen Rampen ist die flussaufwärtige mit 3,76 v. H., die flussabwärtige mit 3,08 v. H. in die neugebaute Mainstrafse hinabgeführt. Die Schaffung einer hochwasserfreien Zufahrt zur Brücke hat die Stadtverwaltung bis zur gelegentlichen Erwerbung der benötigten Anwesen verschoben. Die rechtseitige Zufahrt ist mit einer 1:250 ansteigenden Tangente zur Brückenparabel in die Districtsstrafse übergeführt. Zur Befriedigung des Bedürfnisses des am rechten Mainufer bereits in der Entstehung begriffenen neuen Stadttheiles wurde jeder Brückenpfeiler flussaufwärts und flussabwärts mit gufseisernen Candelabern gekrönt und die Wasserleitung über die Brücke unter der Betondecke der Entlastungsräume in schmiedeeisernen galvanisirten Rohren unter Einschaltung zweier kupferner Temperaturröhren in \wedge -Form hindurchgelegt.

Baustoffe. Die Brücke ist in der Hauptsache aus Buntsandstein-Bruchsteinen, sogen. Mauersteinen der nächsten Umgebung erbaut. Zu den wenigen Hausteinen sind vorherrschend gestreifte Buntsandsteine aus der Mainhölle ihrer großen Billigkeit wegen gewählt, insbesondere für die Bossen-

Bauausführung.

Die Brücke und sämtliche Zubehörungen wurden in der Zeit vom März 1898 bis December 1899 ausgeführt (Abb. 9 Bl. 35). Im Jahre 1898 erfolgte vornehmlich die Ausführung der gesamten Gründungsarbeiten, sowie die Aufmauerung der Pfeiler und Widerlager, endlich in der Hauptsache die Fluthprofilabgrabung, im Winter 1898/99 die Anschüttung der Auffahrten und der Umbau der Mainstrafse, im Jahre 1899 die Fertigstellung sämtlicher übrigen Arbeiten. Die Text-Abb. 2, 4 und 5 zeigen den Zustand des Brückenbaues beim Pfeileraufbau, bei der Wölbarbeit usw.

Von Interesse dürften folgende, auf die Brücke selbst bezügliche Einzelheiten sein. Die Wasserhaltung geschah überall mittels einer einfachen hölzernen Spundwand und einer Kreiselpumpe (22 cm Rohr); nur beim rechtseitigen Strompfeiler waren zwei Kreiselpumpen (eine von 11 cm und eine von 22 cm Rohrweite) in Thätigkeit.

Die hölzernen Spundwände schlug die Bauunternehmung ohne Leitpfähle in sehr bewährter Weise nach Text-Abb. 6 bis 8, und zwar meistens mit Eckverbindung aus

└-Eisen. Der schwach konische Eingriff der Federn bewirkte eine vorzügliche Dichtung.

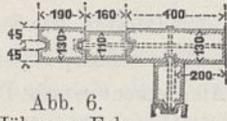


Abb. 6.
Hölzerne Eck-
verbindung.

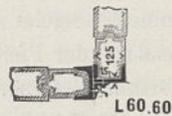


Abb. 7. Eiserne
Eckverbindung.



Abb. 8. Spitze
der └-Eisen-
verbindung.

Beim rechtseitigen Strompfeiler lag der gesunde Felsen von genügender Stärke unvermuthet tief, und zur Erreichung desselben mußte eine schwächere, höher liegende Felsplatte mit Letten im Liegenden durchbrochen werden. Zu

waren. Die Durchfahrt durch den Schiffahrtsbogen, der während des Baues auch noch der Flossfahrt diene, war für 18 m Fahrweite und 7,80 m Höhe über Niedrigwasser durch Einschaltung von eisernen Fachwerkträgern in die fünf Lehrgerüstgebilde bewerkstelligt. Ein gleiches Lehrgerüst wurde für den rechtseitigen Strombogen gewählt (Abb. 2 u. 6 Bl. 35), um während des Baues bei Hochwasser Schiff- und Flossfahrt nöthigenfalls durch den rechtseitigen Strombogen dem Ufer entlang leiten zu können. Infolge des geringen Pfeiles der flachen Bogen ruhte das ganze Gewicht eines Bogens auf dem Lehrgerüste. Die Reibung zwischen Holz und Mauerwerk vernichtete die schiebende Wirkung, sodafs das Gewölbe eines Bogens vollständig geschlossen werden konnte, ohne

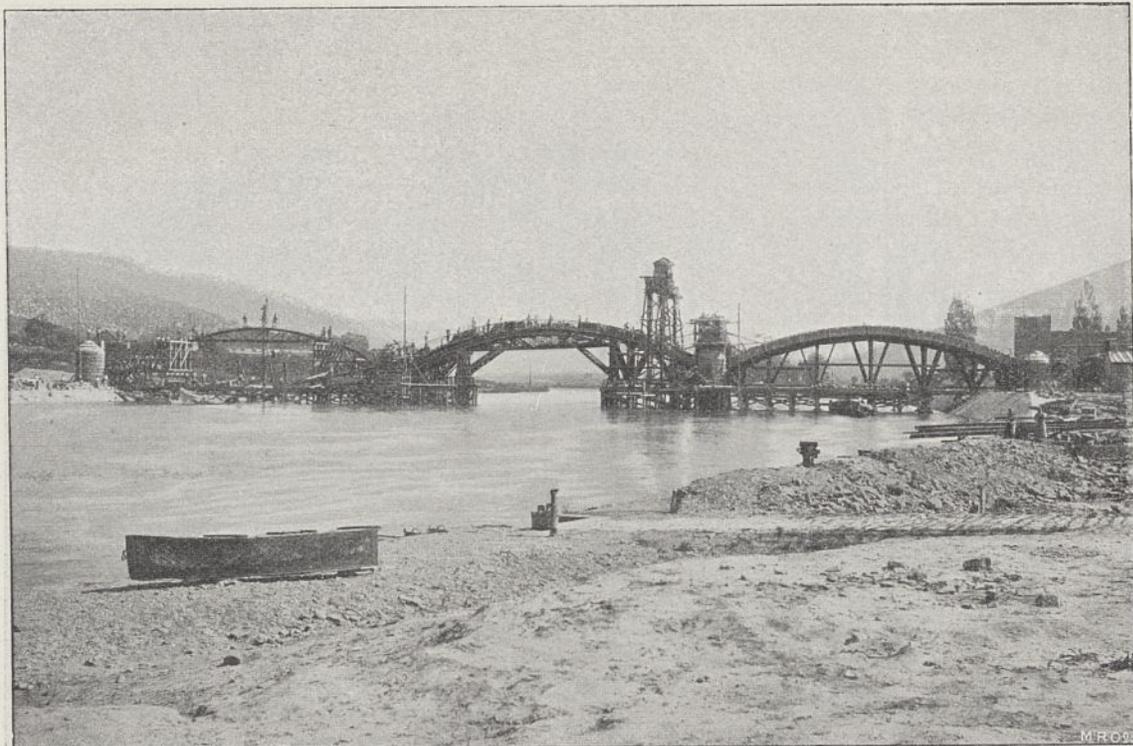


Abb. 5. Bauzustand am 12. Juli 1899.

diesem Zwecke wurde hier nach Aushub der Baugrube bis auf diese schwache Felsplatte im Schutze der hölzernen Spundwand eine eiserne aus I-Trägern (Text-Abb. 9) innerhalb und unmittelbar nebenan bis in den genügend mächtigen Felsen hineingeschlagen, worauf die schwache Felsplatte zertrümmert und der genügend mächtige gute Felsen erreicht werden konnte. Die hölzernen Spundwände wurden überall, die eisernen Spundwände, so weit sie für die Schifffahrt gefährlich waren, wieder entfernt.



Abb. 9.

Der Mörtel des Mauerwerks über Bodenhöhe bzw. über Niedrigwasser wurde vorherrschend mit der Mörtelmaschine hergestellt; sein Mischungsverhältniß war 1:1:6. Der hierbei verwandte Weifskalk wurde an Ort und Stelle gelöscht, eingesumpft und in Form von Milch (statt Wasser) dem Mörtel zugesetzt.

Die gestützten Lehrgerüste der drei Landbögen und des linkseitigen Strombogens bestanden aus fünf Gebinden, die von Mitte zu Mitte 1,60 m Entfernung hatten und auf eingerammte Pfähle mittels Schraubenspindeln aufgestellt

das Lehrgerüst des nächstfolgenden Bogens zu belasten. Die Lehrgerüste erhielten im Scheitel eine Ueberhöhung von 10 cm. Vor Beginn des Wölbens wurde das Lehrgerüst durch Aufbringung des Wölbmaterials gleichmäfsig belastet.

Die Aufmauerung der Gewölbe geschah mittels hölzerner, künstlicher Widerlager, die auf die Lehrgerüste fest verklammert und gegen diese verstrebt waren, von sechs Stellen aus. Jede zweite Schichte wurde radial abgeglichen. Die Fertigstellung eines Gewölbes erforderte durchschnittlich sechs Arbeitstage. Irgend welche Risse, auch Haarrisse, zeigten sich weder beim Gewölbeschluss noch beim Ausschalen der Gewölbe.

Nach Versetzen der unteren Quaderschicht wurden sowohl die Lagerfuge gegen das Widerlager, als auch die Stofsfugen mit Cementmörtel ausgegossen, hiernach die Bleiplatten mit Bleidollen auf die Quader angeheftet, dann die obere Kämpferquaderschicht versetzt. Die Text-Abb. 10 läfst die Bearbeitung des oberen Kämpferquaders näher erkennen. Es ist hier die Bleifuge vor der Ausschaltung des

Gewölbes gezeichnet; die Text-Abb. 11 zeigt die Fuge nach der Gewölbeausschalung am Kämpfer des Bogens I nächst dem stadtsseitigen Widerlager. Die Stofsugen dieser oberen Kämpferquaderschicht wurden auch sofort ausgegossen unter Abdichten derselben gegen die Gelenkfuge mit Letten. Letztere blieb bis nach Vollendung des Gewölbeüberbaues auf und wurde dann oberhalb des Bleies mit Asphalt ausgegossen.

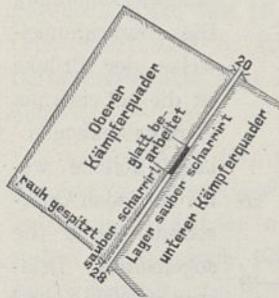


Abb. 10. Kämpferquader vor der Ausschalung.

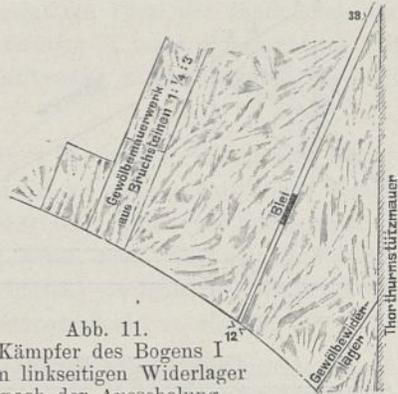


Abb. 11. Kämpfer des Bogens I am linksseitigen Widerlager nach der Ausschalung.

Die Gelenkfuge der Schlufsquader zeigte nach dem Ausschalen zumeist eine jedoch nicht wesentliche Verengung nach oben; die Scheitelgelenkfuge wurde ganz offen belassen.

Die Ausrüstung wurde nicht unter vier Wochen nach Schlufs der Gewölbe vorgenommen, um den beiden Gewölbe theilen genügende Zeit zur Erhärtung zu lassen. Die Stärke der Bleiplatten verminderte sich beim Ausschalen der Lehrgerüste an den Bögen I, II und IV ganz unmerklich, während sie bei den übrigen Bogen um 2 bis 6 mm abnahm.

Die Scheitelsenkungen sind folgende:

Bogen-Nr.	Nach dem Ablassen eingetretene Scheitelsenkungen (bei Abfalltemperatur) mm	Berechnete Mafse	
		ohne Rücksicht auf Bleiveränderung mm	mit Rücksicht auf Bleiveränderung mm
Bogen Nr. I, abgelassen bei +22°C.	65	63	63
„ „ II, „ „ +19°C.	64	52	60
„ „ III, „ „ +19°C.	114	54	92
„ „ IV, „ „ +18°C.	68	48	66
„ „ V, „ „ +19°C.	77	38	61
„ „ VI, „ „ +15°C.	27	34	34

Während des Baues wurde der gelieferte Portlandcement vom mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule München mit folgendem Ergebnifs der Zugfestigkeitsproben untersucht:

Mischung 1:0 nach 7 Tagen 46,1 kg/qcm, nach 28 Tagen 51,2 kg/qcm.
 „ 1:3 (Normalsand) nach 7 Tagen 20,0 kg/qcm, nach 28 Tagen 24,1 kg/qcm.

An der Baustelle wurden ständig nach den Normen Prüfungen vorgenommen. In Hinsicht auf Volumenbeständigkeit und Abbindezeit wurden sehr gute Ergebnisse erzielt. Die Festigkeitsproben, vorherrschend unter Verwendung des für die Mörtelbereitung ausschließlichs benutzten Mainsandes angefertigt, hatten folgende Durchschnittsergebnisse:

Mauerwerksgattung	Mischung	Zugfestigkeit für 1 qcm	
		nach 7 Tagen kg	nach 28 Tagen kg
	Reiner Cement	27,92	31,44
1898	1 Cement : 3 Normalsand	17,48	21,59
	1 Cement : 3 Mainsand	8,07	11,98
für Fundamentgemäuer	1 Cement : 1 Kalk : 5 Sand (Mörtel mit Hand hergestellt)	—	5,57
für Gewölbewiderlager	1 Cement : 1/4 Kalk : 3 Sand (Mörtel mit Hand hergestellt)	5,39	10,67
für Gewölbe	1 Cement : 1/4 Kalk : 3 Sand (aus Mörtelmaschine entnommen)	6,62	9,69
1899	1 Cement : 3 Normalsand	18,98	24,03

Der Umbau der Mainstrafse erfolgte in einer den Entwurf weit überschreitenden Ausdehnung; hierin sind die erhöhten Gesamtbaukosten vornehmlich begründet.

Durch Neuregelung des in Mitte des Schiffahrtsbogens verlegten Fahrweges, dann in infolge Ausbaggerung eines besonderen Flöfserfahrweges durch den rechtseitigen Strombogen ergab sich eine Menge Baggergut, das zur Anlage bequemer Ländeplätze längs der ganzen Stadt zweckmäfsigste Verwendung fand.

Die Bauausführung wurde unter Oberleitung des Verfassers durch die Bauunternehmung Grün und Bilfinger in Mannheim auf Rechnung der Stadt Miltenberg bethätigt. Die Bauleitung war städtischerseits in die Hände des Staatsbauprakticanten J. B. Bosch, seitens der Unternehmung in die Hände des Bauführers Ferdinand Hormuth gelegt, welchen gegen Schlufs Bauführer Paul Hain ablöste. Dem Staatsbauprakticanten Bosch stand für die Bauaufsicht der Techniker L. Mirling zur Seite.

Die reinen Baukosten ohne Bauverwaltung und ohne Grunderwerbungen haben betragen 448 209 M., die Gesamtkosten 539 932 M.

Es wurden folgende Einheitspreise gezahlt:

1 cbm Mauersteine (Lieferung an Ort und Stelle)	3,30 M.
1 cbm Wölbsteine für Stirn und Leibung	6,00 „
1 cbm Sand	1,5 bis 1,6 „
1 Doppelcentner Cement (100 kg)	3,55 „
1 Ctr. Weifskalk ungelöscht	1,00 „
1 Ctr. Schwarzkalk ungelöscht	0,90 „
1 cbm Bruchsteinmauerwerk 1:1:5 und 1:1:6 ausschließlichs Materialien herzustellen bis N.W.	3,00 „
1 cbm Bruchsteinmauerwerk herzustellen über N. W.	4,00 „
1 cbm Gewölbemauerwerk ausschl. Materialien	6,00 „
Versetzen der Hausteine (Bossenquader, Pfeiler) f. 1 cbm	6,00 „
Bossenquader für Pfeiler (Liefen an Ort und Stelle) f. 1 cbm	43,00 „
Pfeilerkappen (scharriert) f. 1 cbm	56,00 „
Gesimssteine (Consolen, Zwischenstücke, Abdeckplatten) f. 1 cbm	56,00 „
Bossirte Eckquader am rechten Widerlager	43,00 „
Zinnenquader auf Pfeiler	78,00 „

Scharrirte Sockel- und Eckquader für Zwillings-	
durchfahrt f. 1 cbm	50,00 M
Treppentritte, Podestplatten f. 1 cbm	45,00 „
Abdeckgurte (Treppe und Zwillingsdurchfahrt)	56,00 „
Abdeckplatten für Stützmauer f. 1 cbm	70,00 „
Treppentritte im Thorthurm f. 1 cbm	55,00 „
Schichtsteine, Profilsteine f. 1 cbm	80,00 „
Geländersäulen f. 1 cbm	65,00 „
Glatte Consolen am Thorthurm (möglichst rein-	
roth)	80,00 „
Holz für Gebälke im Thorthurm f. 1 cbm	60,00 „

Die Probelastung wurde am Mittwoch, 6. December 1899 mit einer Dampfstraßenwalze von 300 Ctr. Gewicht (6 Tonnen Vorderachsen- und 9 Tonnen Hinterachsengewicht) vorgenommen.

Die Gehwege von Bogen IV und V waren außerdem mit den beiden Balkenträgern des abgerüsteten elektrischen Brückenkrahns von je rd. 100 Ctr. Gewicht belastet.

Es war unter jedem Landbogen eine Schreibvorrichtung aufgestellt; hierdurch wurden die Senkungen der bezüglichen Gewölbe nach Uebertragung durch drei herabhängende Latten auf Hebel in zehnfacher Vergrößerung erhalten.

a) Fahrt der Walze vom linken auf das rechte Ufer (in mälsiger Fahrt, Brückensteigung etwa 0,9 v. H.)

1. Fahrt	Bogen I	Senkung 0,5 mm
2. Fahrt	Bogen I	„ 0,8 mm
daher im Mittel Bogen I Senkung 0,7 mm.		
1. Fahrt	Bogen V	Senkung 0,5 mm
2. Fahrt	Bogen V	„ 0,5 mm
daher im Mittel Bogen V Senkung 0,5 mm.		
1. Fahrt	Bogen VI	Senkung 0,5 mm
2. Fahrt	Bogen VI	„ 0,5 mm
daher im Mittel Bogen VI „ 0,5 mm.		

b) Fahrt vom rechten auf das linke Ufer (in rascherer Fahrt, Brückengefälle 0,9 v. H.)

1. Fahrt	Bogen I	Senkung 2,0 mm
(auszuschließen, da d. Hebel aus d. Angel ging)		
2. Fahrt	Bogen I	Senkung 1,1 mm
daher im Mittel Bogen I Senkung 1,1 mm.		
1. Fahrt	Bogen V	Senkung 0,8 mm
2. Fahrt	Bogen V	„ 0,8 mm
daher im Mittel Bogen V Senkung 0,8 mm.		
1. Fahrt	Bogen VI	Senkung 0,8 mm
2. Fahrt	Bogen VI	„ 2,0 mm
(auszuschließen, da d. Hebel aus d. Angel ging)		
daher im Mittel Bogen VI Senkung 0,8 mm.		

Die Zeiger gingen alsbald wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück, bleibende Senkungen traten also nicht ein.

Die Uebertragung des Druckes eines Bogens auf die andern durch die Bleigelenke konnte durch eine schwingende Bewegung der Zeiger selbst an Bogen I beobachtet werden, als die Walze über Bogen VI fuhr, (namentlich beim jedesmaligen Stande der Walze über einer Bleifuge).

Aschaffenburg, im December 1899.

Anhang.

Berechnung der Brücke.

(Verfasser: Bauprakticant J. B. Bosch.)

Bestimmung der Bogenform und Gewölbestärke.

A. Bogenform.

Die Strafenbrücke über den Main bei Miltenberg gehört zu der Klasse der Steinbrücken mit gelenkartigen Einlagen (Bauart Leibbrand).

Die Berechnungsweise der Brücke ist die bei eisernen Dreigelenkbogen längst übliche, wobei für jeden Querschnitt durch die sogenannte Belastungsscheide und die Einflusslinie der Momente jene Lastenstellungen ausfindig gemacht werden, die die Grenzlagen der Drucklinien im Querschnitt ergeben. Es wären für einen ins Auge gefassten lothrechten Schnitt für diese ungünstigsten Lastenstellungen eigentlich die zwei durch die beiden Kernpunkte K u. K' (Text-Abb. 12) sich ergebenden Belastungsscheiden G u. F zu wählen; diese zwei Belastungsscheiden weichen indes von der mittleren, dem Bogenschwerpunkt zugehörigen Belastungsscheide E wenig ab, sodafs bei der Rechnungsdurchführung mit einem sehr geringen Fehler nur diese eine Belastungsscheide des zur Berechnung zunächst angenommenen Bogens für die zwei ungünstigsten Lastenstellungen zu Grunde gelegt werden kann.

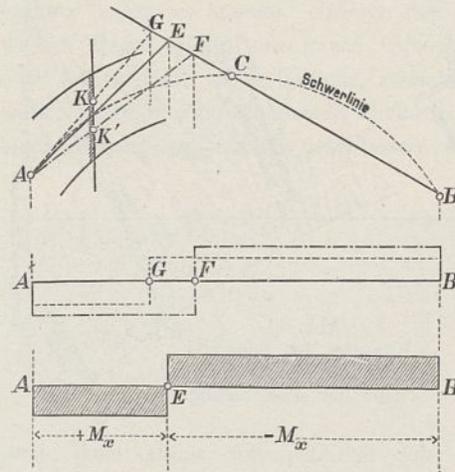


Abb. 12.

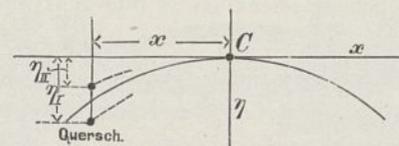


Abb. 13.

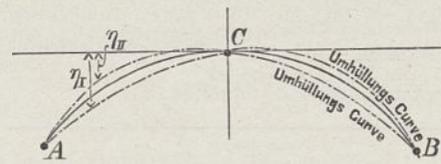


Abb. 14.

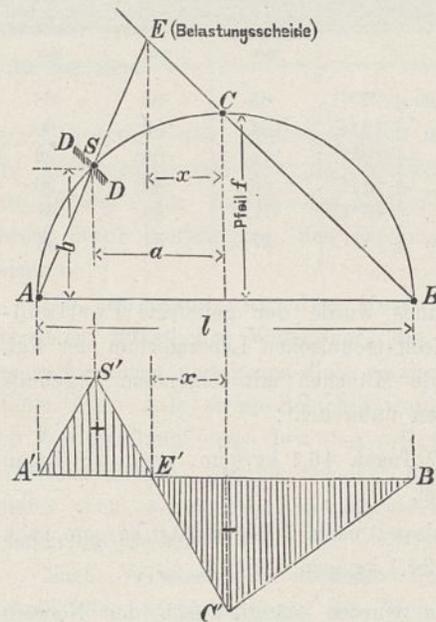


Abb. 15.

Durch unten abgeleitete Gleichungen wurden für jeden Querschnitt dieses Bogens mit der Abscisse x eines durch den Bogenscheitel gelegten rechtwinkligen Koordinaten-

systems $x\eta$ die Ordinaten η_I und η_{II} der Drucklinienpunkte gesucht (Text-Abb. 13). Die Verbindungslinien der η_I u. η_{II} sind demzufolge die geometrischen Orte der Angriffspunkte der Fugendrücke bei Belastung der Brücke nach Belastungsscheiden, und, da Grenzangriffspunkte vorliegen, sind diese Verbindungslinien die Umhüllungscurven der Drucklinien dieser einzelnen Belastungsanordnungen (Text-Abb. 14). Letztere sind durch die bereits genannten Einflußlinien der Querschnitte gegeben. Text-Abb. 15 zeigt die Form der Einflußlinie für Querschnitt DD in Entfernung a vom Bogenscheitel mit Belastungsscheide E in Entfernung x vom Scheitel. Es folgt hieraus:

a) Größtes positives Moment: Die größte Einzelast hat über dem Querschnitt zu stehen, die übrigen Einzelasten sind entweder rechts oder links vom Querschnitt zu stellen immer nach der Seite, nach der die Einflußlinie flacher verläuft. Die gleichmäßig vertheilte Belastung hat von links herein bis zur Belastungsscheide zu rücken.

b) Größtes negatives Moment: Die größte Einzelast hat über dem Scheitel, die übrigen Einzelasten haben immer rechts von ihm zu stehen (da der Ast $C'B'$ immer flacher ist als $C'E'$); die gleichmäßig vertheilte Belastung hat von rechts herein bis zur Belastungsscheide zu rücken.

Belastungsannahmen.

1. Eigengewicht.

a) Das Gewicht der Fahrbahntafel einschließlich Geländer für 1 m Länge:

Gewicht der Betonplatte . . .	$7,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 \cdot 2,2 = 2,16$ t
„ der Sandauffüllung und des Sparbetons . . .	$7,0 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 1,8 = 3,78$ t
„ des Pflasters und Gehwegs	$7,0 \cdot 1,0 \cdot 0,2 \cdot 2,2 = 3,08$ t
Beitrag von den Geländern	0,38 t
	<hr/> 9,40 t

b) Gewicht der Längswände: Da die Höhe derselben an den einzelnen Querschnitten verschieden ist, so ist das Gewicht der Längswände durch eine Umrechnungsformel auf eine auf Mauerwerk und die ganze Gewölbekbreite (7 m) bezogene Belastungshöhe z gebracht (Text-Abb. 16). y ist die Höhe der Mauern am betreffenden Querschnitt.

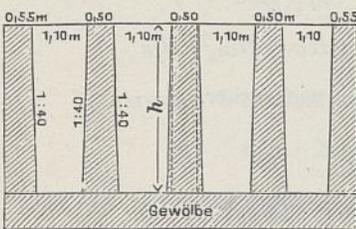


Abb. 16.

$$\left(2 \cdot 0,55 + 3 \cdot 0,5 + \frac{8 \cdot y}{40 \cdot 2} \right) y \cdot 1,0 = 1,0 \cdot z \cdot 7,0 \quad (\text{für 1 m Bogenlänge}),$$

hieraus

$$y^2 + 26y = 70z, \text{ oder für } y \text{ u. } z \text{ in cm: } y^2 + 2600y = 7000z.$$

c) Das Gewölbegewicht ist nach dem der Rechnung zu Grunde gelegten Bogen zu bestimmen.

2. Verkehrslast:

a) als gleichmäßig vertheilte Belastung wurde ein Menschengedränge von $p = 450$ kg/qm angenommen, d.i. auf die Breite der Brücke zwischen den Geländern

$$p = 0,45(2 \cdot 1,5 + 4,4) = 3,33 \text{ t für 1 m Brückenlänge.}$$

b) Einzellasten. Als solche treten auf die Achsen einer Dampfstraßenwalze von einem Gewicht der Vorderachse zu 6 t, der Hinterachse zu 9 t bei einem Achsabstand von 3,0 m (Text-Abb. 17).

Belastungsfläche der vorderen Achse:

$$2,5(0,65 + 1,10 + 0,65) = 6,0 \text{ qm,}$$

Belastungsfläche der hinteren Achse:

$$2,5(1,0 + 1,6 + 1,0) = 9,0 \text{ qm.}$$

Bereits als gleichmäßig vertheilt sind in Rechnung gezogen: vorn

$$6,0 \cdot 0,45 = 2,70 \text{ t,}$$

hinten

$$9,0 \cdot 0,45 = 4,05 \text{ t.}$$

Demnach treten als Einzellasten auf die Uebergewichte

$$(6 - 2,70) \text{ t} = 3,3 \text{ t}$$

(vordere Achse) und

$$(9 - 4,05) \text{ t} = 5,0 \text{ t}$$

(hintere Achse).

Belastungsfall I.

Die schwerere Achse der Dampfstraßenwalze steht über dem Scheitel, die leichtere rechts davon, die gleichmäßig vertheilte Belastung vom rechten Kämpfer bis zu der betreffenden

Belastungsscheide (größtes negatives Moment) (Text-Abb. 18)

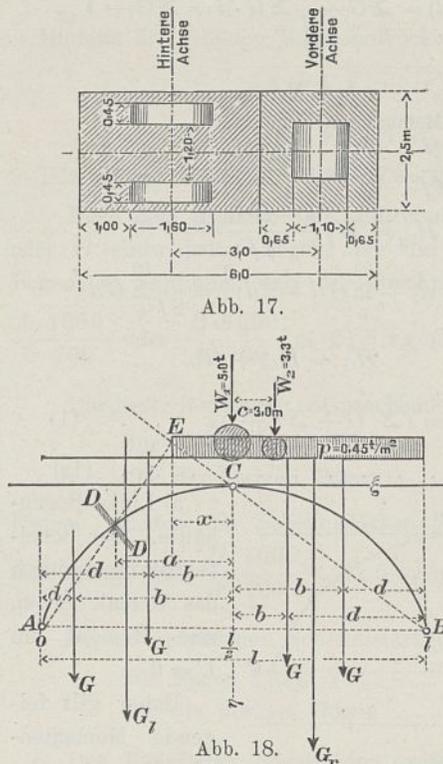


Abb. 17.

Abb. 18.

a) für Querschnitte der linken Bogenhälfte. Es sei:

- W_1 die schwerere Achse der Walze = 5,0 t,
- W_2 die leichtere „ „ „ = 3,3 t,
- G die Gewichte der einzelnen Lamellen,
- G_r die Mittelkraft der letzteren von der rechten Bogenhälfte,
- G_l die Mittelkraft der letzteren von der linken Bogenhälfte,
- p die gleichmäßig vertheilte Belastung = 3,33 t,
- V die senkrechte Seitenkraft der Auflagerdrücke im linken Kämpfer, erzeugt durch die durch die Zeiger der V angedeuteten Kräfte,
- H die entsprechenden wagerechten Seitenkräfte,
- V_A die senkrechte Seitenkraft des Gesamtaullagerdruckes in $A = \Sigma V$,
- H_A die entsprechende wagerechte Seitenkraft = ΣH ,
- V_q u. H_q die beiden Seitenkräfte des im Querschnitt durch die Laststellung hervorgerufenen Fugendrucks,
- a die Entfernung des betreffenden Querschnitts vom Scheitel,
- x die Entfernung seiner Belastungsscheide vom Scheitel,
- d Abstand der einzelnen Gewichte von den Kämpferpunkten (links oder rechts, je nachdem G auf linker oder rechter Bogenhälfte).
- b Abstand der einzelnen Gewichte vom Scheitel.

Es ist durch Hebelgesetz gefunden:

$$V_p = \frac{p \cdot l}{8} \quad (p \text{ von } B \text{ bis } C \text{ genommen})$$

$$V_{px} \text{ (für } A) = \frac{p \cdot x \cdot (l+x)}{2l} \quad (p \text{ von } C \text{ bis Belastungsscheide})$$

$$V'_{px} \text{ (für } B) = \frac{p \cdot x \cdot (l-x)}{2l}$$

$$V_{w_1} = \frac{W_1}{2} \quad V_{w_2} = \frac{W_2(l-2 \cdot 3,0)}{2l}$$

$$V_{Gl} = \frac{1}{l} \int_0^{l/2} G(l-d) = \frac{1}{l} \int_0^{l/2} G \cdot d = \frac{1}{2l} \int_0^{l/2} G \cdot d = \frac{1}{2l} \int_0^{l/2} G \cdot d$$

$$V_{Gr} = \frac{1}{l} \int_0^{l/2} G \cdot d;$$

durch Moment um C gefunden:

$$H_p = \frac{V_p \cdot l}{2f} = \frac{p l^2}{16f} \quad H_{px} = \frac{p x (l-x)}{4f}$$

$$H_{w_1} = \frac{W_1 \cdot l}{4f} \quad H_{w_2} = \frac{W_2 (l-2 \cdot 3,0)}{4f}$$

$$H_{Gl} = \frac{1}{2f} \left[\int_0^{l/2} G(l-d) - \int_0^{l/2} G(l-2d) \right] = \frac{1}{2f} \int_0^{l/2} G d$$

$$H_{Gr} = \frac{1}{2f} \int_0^{l/2} G \cdot d \quad H_G = H_{Gl} + H_{Gr}$$

$$V_q = V_A - \int_0^{l/2-a} G = \int_0^{l/2-a} G + \sum V + p x \quad (1)$$

$$H_q = H_A \quad (1a)$$

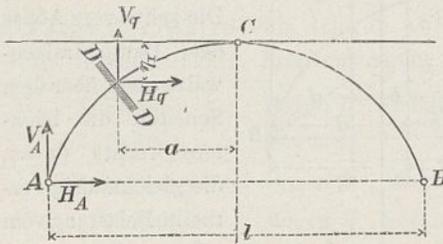


Abb. 19.

a) Linke Bogenhälfte. Der Scheiteldruck muß durch das Gelenk gehen, sein Moment um C = 0.

Daher gilt folgende Momentengleichung um C:

$$H_q \eta_I = V_q \cdot a - \int_0^{l/2-a} G \cdot b - \frac{p \cdot x \cdot x}{2}$$

$$V_q \cdot a - \int_0^{l/2-a} G \cdot b - \frac{p x^2}{2}$$

hieraus $\eta_I = \frac{H_q}{H_q}$

Nach Einsetzung der obigen Werthe und nach einigen Umformungen ergibt sich die Form, nach der η_I berechnet ist:

$$\eta_{Ia} = \frac{\int_0^{l/2-a} G(a-b) + a(V_p + V_{w_1} + V_{w_2} - V'_{Gl} + V_{Gr} - V'_{px}) + p x \left(a - \frac{x}{2} \right)}{H_p + H_{w_1} + H_{w_2} + H_G + H_{px}} \quad \text{Ia}$$

$$V'_q = V_A - \int_0^{l/2-a} G - p \left(\frac{l}{2} - a \right) - W_1 (-W_2) = \int_0^{l/2-a} G + p(a-x) - \sum V (+W_2) \quad (2)$$

$$H'_q = H_A = \sum H + H_G \quad (2a)$$

a) linke Bogenhälfte. Das Moment um C ergibt die Gleichung:

$$H_q \cdot \eta_{II} = V_q \cdot a - \int_0^{l/2-a} G \cdot b - p(a-x) \left(x + \frac{a-x}{2} \right) (-W_2(a-c))$$

$$\text{hieraus } \eta_{II} = \frac{a \left[V_{px} + V_{w_1} + V_{w_2} + V_{Gl} + V_{Gr} - \int_0^{l/2-a} G - p \left(\frac{l}{2} - a \right) - W_1 - W_2 \right] - \int_0^{l/2-a} G \cdot b - p(a-x) \left(x + \frac{a-x}{2} \right) (-W_2(a-c))}{H_A}$$

Nach Einsetzung obiger Werthe und einigen Umformungen wird

$$\eta_{IIa} = \frac{\int_0^{l/2-a} G(a-b) - a(V'_{px} + V'_{Gl} - V_{Gr} + V'_{w_1} + V'_{w_2}) + p \frac{1}{2} (a-x)^2 + (W_2 \cdot c)}{H_{px} + H_{w_1} + H_{w_2} + H_G} \quad \dots \text{IIa}$$

b) rechte Bogenhälfte. Unter Einführung derselben Bezeichnungen und Entfernungen:

$$\eta_{IIb} = \frac{\int_0^{l/2-a} G(a-b) - a(V'_{px} - V'_{Gl} + V_{Gr} + V'_{w_1} + V'_{w_2}) + p \frac{1}{2} (a-x)^2 + (W_2 \cdot c)}{H_{px} + H_{w_1} + H_{w_2} + H_G} \quad \dots \text{IIb}$$

b) Für Querschnitte der rechten Bogenhälfte:

Unter Einführung derselben Bezeichnungen und Entfernungen geht obige Form über in

$$\eta_{Ib} = \frac{\int_0^{l/2-a} G(a-b) + a(V_p + V_{w_1} + V_{w_2} + V'_{Gl} - V_{Gr} - V_{px}) + p x \left(a - \frac{x}{2} \right)}{H_p + H_{w_1} + H_{w_2} + H_G + H_{px}} \quad \text{Ib}$$

Belastungsfall II. Die schwerere Achse der Dampfstraßenwalze steht über dem betreffenden Querschnitt, die leichtere links oder rechts davon, je nach der Größe ihres

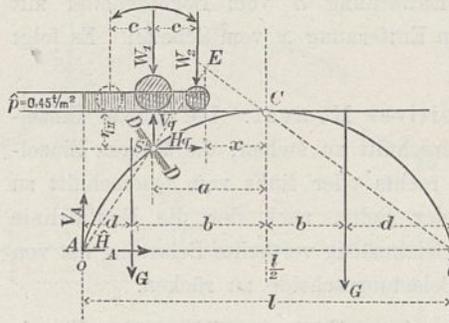


Abb. 20.

Beitrages zum Moment. Die gleichmäßig verteilte Belastung vom linken Kämpfer bis zur betreffenden Belastungsscheide (größtes positives Moment) (Text-Abb. 20).

Durch Hebelgesetz gefunden:

$$V_{px} \text{ (für } A) = \frac{p \left(\frac{l}{2} - x \right) \left(\frac{3}{4} l + \frac{x}{2} \right)}{l} \quad (\text{für } p \text{ von } A \text{ bis Belastungsscheide})$$

$$V'_{px} \text{ (für } B) = \frac{p \left(\frac{l}{2} - x \right)^2}{2l}$$

$$V_{w_1} \text{ (für } A) = \frac{W_1}{l} \left(\frac{l}{2} + a \right) \quad V'_{w_1} \text{ (für } B) = \frac{W_1}{l} \left(\frac{l}{2} - a \right)$$

$$V_{w_2} \text{ (für } A) = \frac{1}{l} W_2 \left(\frac{l}{2} + a \pm c \right); \quad V'_{w_2} \text{ (für } B) = \frac{1}{l} W_2 \left(\frac{l}{2} - a \mp c \right)$$

$$V_{Gl} = \int_0^{l/2} G - \frac{1}{l} \int_0^{l/2} G d = \int_0^{l/2} G - V'_{Gl}$$

$$V_{Gr} = \frac{1}{l} \int_0^{l/2} G \cdot d.$$

Durch Moment um C gefunden:

$$H_{px} = \frac{p}{4f} \left(\frac{l}{2} - x \right)^2 \quad H_{w_1} = \frac{1}{2f} W_1 \left(\frac{l}{2} - a \right)$$

$$H_{w_2} = \frac{1}{2f} W_2 \left(\frac{l}{2} - a \mp c \right) \quad H_G = H_{Gr} + H_{Gl}$$

H_{Gr} und H_{Gl} wie vorher.

Die lothrechte Entfernung s' der so gefundenen η_I u. η_{II} ist in eine radiale zu verwandeln (Text-Abb. 21). Es sei:

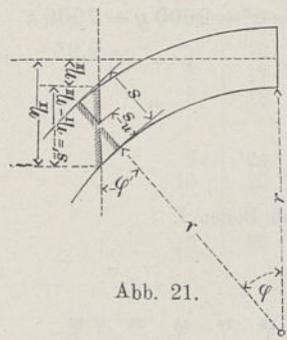


Abb. 21.

r der Halbmesser des ursprünglichen, für die Berechnungsaufstellung angenommenen Bogens,
 φ der Centriwinkel zwischen dem Scheitelhalbmesser und dem Halbmesser der Streifenmitte des ursprünglichen Bogens

$$\sin \varphi = \frac{a}{r + s_u} = \frac{a}{r}$$

(s_u kann gegenüber r vernachlässigt werden).

$$s = s' \cos \varphi = (\eta_I - \eta_{II}) \cos \varphi \quad \dots \quad III$$

Die Annahme der Halbmesser des ursprünglichen Stichtogens statt der des wirklichen Bogens kann für diese Umwandlung ohne wesentliche Beeinflussung des Ergebnisses geschehen.

Die Endpunkte der so gefundenen Strecken s stellen die äußersten Angriffspunkte der in den einzelnen Quer-

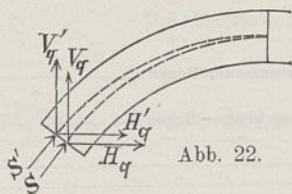


Abb. 22.

schnitten auftretenden Fugendrücke S und S' dar. Letztere ergeben sich aus folgenden Beziehungen (Text-Abb. 22):

$$S = \sqrt{V_q^2 + H_q^2} \quad (\text{I. Belastungsfall}) \quad \dots \quad IV_I$$

$$S' = \sqrt{V_q'^2 + H_q'^2} \quad (\text{II. ,,}) \quad \dots \quad IV_{II}$$

B. Gewölbestärke.

Die größten auftretenden Kämpferdrücke ergeben sich aus folgendem:

a) Kämpferdruck durch Eigengewicht hervorgebracht.

Senkrechte Seitenkraft im linken Kämpfer:

$$V'_A = \frac{\sum_0^{l/2} G_l (l-d) + \sum_{l/2}^l G_r d}{l}$$

senkrechte Seitenkraft im rechten Kämpfer:

$$V'_B = \sum_0^l G - V'_A$$

die entsprechenden wagerechten Seitenkräfte:

$$H'_A = H'_B = H_{Gl} + H_{Gr}$$

b) Kämpferdruck vom Verkehr herrührend

(die gleichmäßig vertheilte Belastung erstreckt sich über die ganze Brücke, die Walze steht im Scheitel, l' ist die Entfernung der Kämpferrückenpunkte).

Senkrechte Seitenkraft im linken Kämpfer:

$$V''_A = V_p + V_{w_1} + V_{w_2} = \frac{3,33 \cdot l'}{2} + \frac{W_1}{2} + \frac{W_2 \left(\frac{l}{2} - c \right)}{l}$$

senkrechte Seitenkraft im rechten Kämpfer:

$$V''_B = V_p + V_{w_1} + V_{w_2} = \frac{3,33 \cdot l'}{2} + \frac{W_1}{2} + \frac{W_2 \left(\frac{l}{2} + c \right)}{l}$$

die entsprechenden wagerechten Seitenkräfte:

$$H''_A = H''_B = H'_p + H_{w_1} + H_{w_2} = \frac{p l^2}{8f} + \frac{W_1 l}{4f} + \frac{W_2 (l-2c)}{4f}$$

c) Kämpferdruck bei Vollbelastung und Eigengewicht.

$$\text{Seitenkräfte im linken Kämpfer} \begin{cases} V_A = V'_A + V''_A \\ H_A = H'_A + H''_A \end{cases}$$

$$\text{Seitenkräfte im rechten Kämpfer} \begin{cases} V_B = V'_B + V''_B \\ H_B = H'_B + H''_B \end{cases}$$

Hieraus die größten Kämpferdrücke selbst:

$$A = \sqrt{V_A^2 + H_A^2}$$

$$B = \sqrt{V_B^2 + H_B^2}$$

Der größte Scheiteldruck = $H = H_A = H_B$.

Nach dem größten der auftretenden Kämpferdrücke A oder B eines jeden Bogens ist die Kämpferstärke b des Bogens so bestimmt, dass der gleichmäßig vertheilte Druck

$$\frac{A \cdot 1000}{b \cdot 700} \text{ oder } \frac{B \cdot 1000}{b \cdot 700} \leq 21,5 \text{ kg/qcm ist.}$$

Die dieser Bedingung entsprechenden Kämpferstärken sind:

- für Bogen I und VI 0,80 m
- für die übrigen Bögen 0,85 m.

Ebenso wurden die Scheitelstärken b' bestimmt unter der Bedingung, dass $\frac{H \cdot 1000}{b' \cdot 700} < 21,5 \text{ kg/qcm}$ ist.

Die so gefundenen Scheitelstärken sind

- für Bogen I und VI 0,70 m
- für die übrigen Bögen 0,75 m.

Den Bleiplatten wurde eine größte Beanspruchung von 120 kg/qcm zugelassen. Ihre Breiten x in cm berechnen sich demnach nach den Gleichungen

$$\text{im Kämpfer } \frac{A \cdot 1000}{700 \cdot x} \left(\text{oder } \frac{B \cdot 1000}{700 \cdot x} \right) = 120 \text{ kg}$$

$$\text{im Scheitel } \frac{H \cdot 1000}{700 \cdot x} = 120 \text{ kg.}$$

Die so berechneten Bleiplattenbreiten betragen:

Bogen	im Kämpfer	im Scheitel
I	14,1 cm	12,6 cm
II	14,0	13,0
III	14,4	12,4
IV	14,0	12,0
V	12,5	10,2
VI	11,0	8,8

Nach Festlegung der Scheitel- und Kämpferstärken eines jeden Bogens wurde der endgültige Bogen durch Anpassen desselben an die durch η_I und η_{II} bestimmten Drucklinienumhüllungscuren festgelegt, sodass letztere stets im mittleren Drittel des Bogens verblieben und 25 kg/qcm Randspannung nirgends überschritten wurde. Die bezügliche Untersuchung geschah mittels der Formel

$$k = \frac{S}{B \cdot b} \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right),$$

wobei B die Breite des Gewölbes, b die Stärke der einzelnen Querschnitte, e die Abweichung der Drucklinie von der Bogenmitte (e' und e''), k den Kantendruck bedeutet.

Zahlenbeispiel für Bogen I.

(Text-Abb. 23.)

A. Bogenform.

Lichte Weite in +126,400 $L = 31,20$ m
 Stützweite $l = 30,60$ m

Pfeil $f = 3,426$ m
 Halbmesser des ursprünglichen Stichbogens
 von 31,0 m lichter Weite $r = 35,17$
 Umrechnungsformel für die Längswände $y^2 + 2600 y = 7000 x$
 Einheitsgewicht $= 2,25$

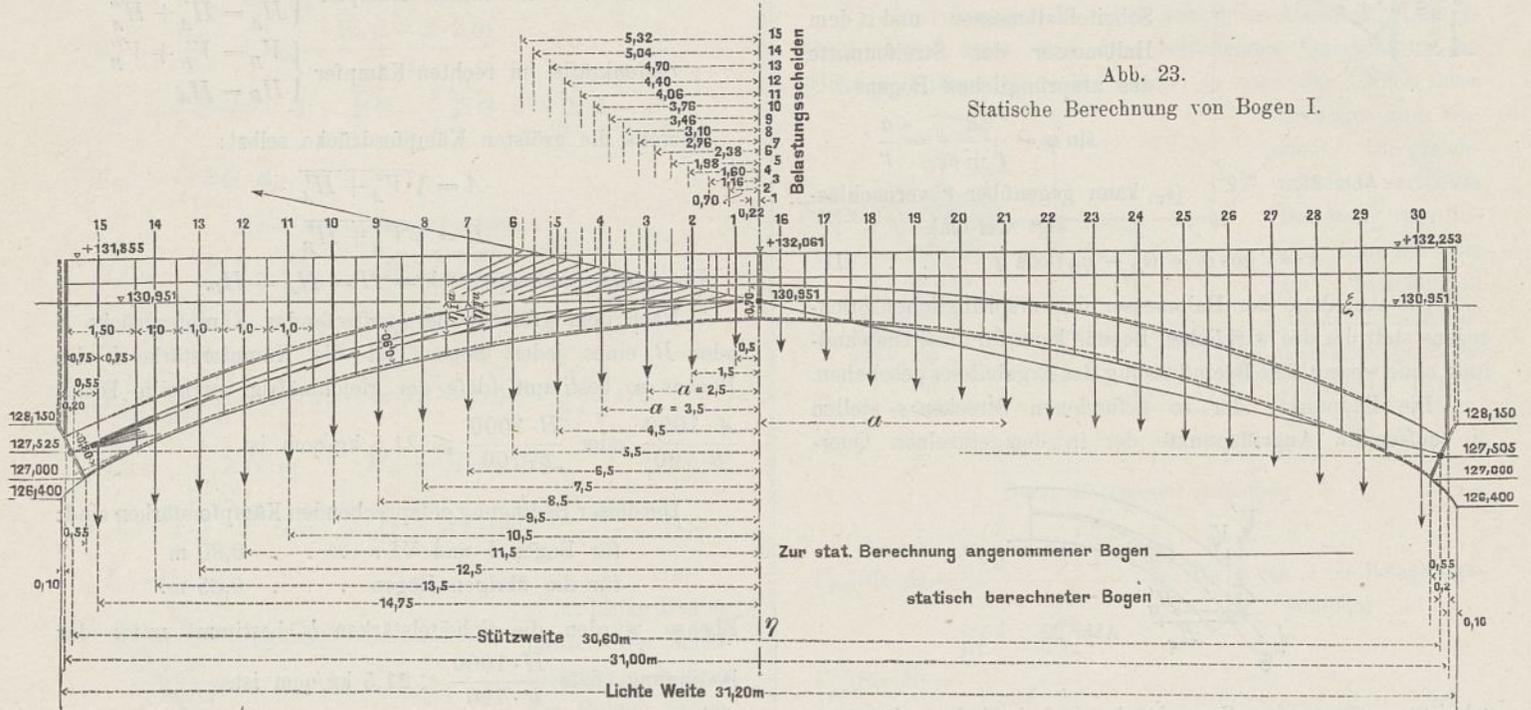


Abb. 23.
 Statische Berechnung von Bogen I.

Eigengewicht

Streifen	y	zeta	Ge- wölbe- höhe	zu- sam- men	1,0 · 2,25 · 7,0 bezw. 1,5 · 2,25 · 7,0	Fahr- bahn t	zu- sam- men G	d	G · d
1	0,16	0,06	0,72	0,78	12,29	9,4	21,69	14,8	321,01
2	0,15	0,06	0,77	0,83	13,07	9,4	22,47	13,8	310,08
3	0,17	0,06	0,82	0,88	13,86	9,4	23,26	12,8	297,73
...
9	0,97	0,37	0,98	1,35	21,10	9,4	30,50	6,8	207,40
10	1,20	0,46	0,99	1,45	22,83	9,4	32,23	5,8	186,93
...
15	3,07	1,14	0,90	2,04	48,20	14,10	62,30	0,55	34,27
								470,35	3113,94
16	0,18	0,07	0,72	0,79	12,44	9,4	21,84	14,8	321,75
17	0,20	0,07	0,77	0,84	13,23	9,4	22,63	13,8	312,29
...
24	1,17	0,45	0,98	1,43	22,52	9,4	31,92	6,8	217,06
25	1,44	0,54	0,99	1,53	24,10	9,4	33,50	5,8	194,30
...
30	3,42	1,27	0,90	2,17	51,27	14,10	65,37	0,55	35,94
								487,25	3197,48

Verkehrsbelastung

$p = 0,45$ t für 1 qm oder 3,33 t für 1 m Brückenlänge

$W_1 = 5,0$ t

$W_2 = 3,30$ t

Linke Bogenhälfte.

$$\text{Nach Gleichung Ia } \eta_{1a} = \frac{\sum_{l/2-a}^{l/2} G(a-b) + a(12,74 + 2,5 + 1,33 + 104,49 - 101,73 - 0,0544 \cdot x \cdot [30,6 - x]) + 3,33 \cdot x \cdot \left(a - \frac{x}{2}\right)}{l/2 - a}$$

$$= \frac{56,88 + 11,17 + 5,93 + 921,11 + 0,243 \cdot x \cdot (30,6 - x)}{l/2 - a}$$

$$= \frac{\sum_{l/2-a}^{l/2} G(a-b) + a(19,33 - 0,0544 \cdot x \cdot [30,6 - x]) + 3,33 \cdot x \cdot \left(a - \frac{x}{2}\right)}{l/2 - a}$$

$$= \frac{995,09 + 0,243 \cdot x \cdot (30,6 - x)}{l/2 - a}$$

Hieraus für Belastungsfall I.

$$V_p = \frac{pl}{8} = \frac{3,33 \cdot 30,6}{8} = 12,74 \text{ t}$$

$$V'_{px} = \frac{px \cdot (l-x)}{2l} = \frac{3,33 \cdot x \cdot (30,6 - x)}{2 \cdot 30,6} = 0,0544 \cdot x \cdot (30,6 - x) \text{ t}$$

$$V_{w_1} = \frac{W_1}{2} = \frac{5,0}{2} = 2,50 \text{ t}$$

$$V_{w_2} = \frac{W_2(l-2c)}{2l} = \frac{3,30 \cdot (30,6 - 2 \cdot 3,0)}{2 \cdot 30,6} = 1,33 \text{ t}$$

$$V'_{G_l} = \frac{1}{l} \sum_0^{l/2} G \cdot d = \frac{1}{30,6} \cdot 3113,94 = 101,73 \text{ t}$$

$$V_{G_r} = \frac{1}{l} \sum_{l/2}^l G \cdot d = \frac{1}{30,6} \cdot 3197,48 = 104,49 \text{ t}$$

$$H_p = \frac{p \cdot l^2}{16 \cdot f} = \frac{3,33 \cdot 30,6^2}{16 \cdot 3,426} = 56,88 \text{ t}$$

$$H'_{px} = \frac{p \cdot x \cdot (l-x)}{4f} = \frac{3,33 \cdot x \cdot (30,6 - x)}{4 \cdot 3,426} = 0,243 \cdot x \cdot (30,6 - x) \text{ t}$$

$$H_{w_1} = \frac{W_1 \cdot l}{4f} = \frac{5,0 \cdot 30,6}{4 \cdot 3,426} = 11,17 \text{ t}$$

$$H_{w_2} = \frac{W_2(l-2c)}{4f} = \frac{3,3 \cdot (30,6 - 2 \cdot 3,0)}{4 \cdot 3,426} = 5,93 \text{ t}$$

$$H_G = \frac{\sum_0^{l/2} G \cdot d + \sum_{l/2}^l G \cdot d}{2f} = \frac{3113,94 + 3197,48}{2 \cdot 3,426} = 921,11 \text{ t}$$

Streifen		a	$\frac{x}{2}$	x	$a - \frac{x}{2}$	$x \left(a - \frac{x}{2} \right)$	$p \cdot x \cdot \left(a - \frac{x}{2} \right)$	$l - x$	$(l - x) \cdot x$	V_{px}	H_{px}
1	16	0,50	0,11	0,22	0,39	0,086	0,29	30,38	6,68	0,36	1,62
2	17	1,50	0,35	0,70	1,15	0,805	2,68	29,90	20,93	1,14	5,09
3	18	2,50	0,58	1,16	1,92	2,227	7,42	29,44	34,15	1,86	8,30
...
9	24	8,50	1,73	3,46	6,77	23,424	78,00	27,14	93,90	5,11	22,82
10	25	9,50	1,88	3,76	7,62	28,651	95,41	26,84	100,92	5,49	24,52
...
15	30	14,75	2,66	5,32	12,09	64,318	214,18	25,28	134,49	7,32	32,68

$$\eta_1 = \frac{0,50(19,33 - 0,36) + 0,29 + \frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 21,69}{995,09 + 1,62} = + 0,013$$

$$\eta_2 = \frac{1,5(19,33 - 1,14) + 2,68 + 21,69(1,5 - 0,5) + \frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 22,47}{995,09 + 5,09} = + 0,054$$

$$\eta_3 = \frac{2,5(19,33 - 1,86) + 7,42 + 21,69 \cdot 2,0 + 22,47 \cdot 1,0 + \frac{1}{2} \cdot 23,26}{995,09 + 8,3} = 0,119$$

$$\vdots$$

$$\eta_9 = \frac{8,5(19,33 - 5,11) + 78,00 + 21,69 \cdot 8,0 + \dots + 29,09 \cdot 1,0 + \frac{1}{2} \cdot 30,51}{995,09 + 22,82} = 1,040$$

$$\eta_{10} = \frac{9,5(19,33 - 5,49) + 95,41 + 21,69 \cdot 9,0 + \dots + 30,51 \cdot 1,0 + \frac{1}{2} \cdot 32,08}{995,09 + 24,52} = 1,292$$

$$\vdots$$

$$\eta_{15} = \frac{14,75(19,33 - 7,32) + 214,18 + 21,69 \cdot (14,75 - 0,5) + \dots + 39,18(14,75 - 13,5) + \frac{1}{2} \cdot 0,375 \cdot 62,3}{995,09 + 32,68} = 3,171.$$

Für die rechte Bogenhälfte ergeben sich auf demselben Wege aus Gleichung Ib folgende Werthe für η_{Ib}

$$\begin{matrix} \eta_{16} & \eta_{17} & \eta_{18} \dots \eta_{24} & \eta_{25} \dots \eta_{30} \\ + 0,010 & + 0,047 & 0,106 & 1,008 & 1,260 & 3,167 \end{matrix}$$

Für Belastungsfall II.

$$V'_{px} = \frac{p \left(\frac{l}{2} - x \right)^2}{2l} = \frac{3,33 \cdot (15,3 - x)^2}{2 \cdot 30,6} = 0,0544(15,3 - x)^2 t$$

$$V'_{w_1} = \frac{1}{l} W_1 \left(\frac{l}{2} - a \right) = \frac{5,0 \cdot (15,3 - a)}{30,6} = 0,163(15,3 - a) t$$

$$V'_{w_2} = \frac{1}{l} W_2 \left(\frac{l}{2} - a \mp c \right) = \frac{3,3(15,3 - a \mp 3,0)}{30,6} = 0,108(15,3 - a \mp 3,0) t$$

$$H'_{px} = \frac{p}{4f} \left(\frac{l}{2} - x \right)^2 = \frac{3,33(15,3 - x)^2}{4 \cdot 3,426} = 0,243(15,3 - x)^2 t$$

$$H'_{w_1} = \frac{1}{2f} W_1 \left(\frac{l}{2} - a \right) = \frac{5,0(15,3 - a)}{2 \cdot 3,426} = 0,730(15,3 - a) t$$

$$H'_{w_2} = \frac{1}{2f} W_2 \left(\frac{l}{2} - a \mp c \right) = \frac{3,3(15,3 - a \mp c)}{2 \cdot 3,426} = 0,482(15,3 - a \mp 3,0) t$$

Linke Bogenhälfte. Nach Gleichung IIa

$$\eta_{IIa} = \frac{\sum_{l/2-a}^{l/2} G(a-b) - a(0,0544[15,3-x]^2 + 101,73 - 104,49 + 0,163[15,3-a] + 0,108[15,3-a \mp c]) + \frac{p}{2}(a-x)^2 (+ W_2 c)}{0,243 \cdot (15,3 - x)^2 + 0,730(15,3 - a) + 0,482(15,3 - a \mp c) + 921,11}$$

Streifen	$a-x$	$p \frac{1}{2} (a-x)^2$	$\frac{l}{2} - x$	$\left(\frac{l}{2} - x \right)^2$	V'_{px}	H'_{px}	$\frac{l}{2} - a$	V'_{w_1}	H'_{w_1}	$\frac{l}{2} - a \mp c$	V'_{w_2}	H'_{w_2}	$\frac{V'_{px} + V'_{w_1}}{+ V'_{w_2}} = \Sigma V$	$\Sigma V - 2,76$ (links)	$\Sigma V + 2,76$ (rechts)	$\frac{H'_{px} + H'_{w_1}}{+ H'_{w_2}} = \Sigma H$	H'_g $= \Sigma H + 921,11$		
1	16	0,28	0,13	15,08	227,41	12,37	55,26	14,80	2,41	10,80	11,80	1,27	5,69	16,05	13,29	18,81	71,75	992,86	
2	17	0,80	1,07	14,60	213,16	11,60	51,80	13,80	2,25	10,07	10,80	1,17	5,21	15,02	12,26	17,78	67,08	988,19	
3	18	1,34	2,99	14,14	199,94	10,88	48,49	12,80	2,09	9,34	9,80	1,06	4,72	14,03	11,27	16,79	62,55	983,66	
...
9	24	5,04	42,29	11,84	140,19	7,63	34,07	6,80	1,11	4,96	3,80	0,41	1,83	9,15	6,39	11,91	40,86	961,97	
10	25	5,74	54,86	11,54	133,17	7,24	32,36	5,80	0,95	4,23	2,80	0,30	1,35	8,49	5,73	11,25	37,94	959,05	
...
15	30	9,43	148,06	9,98	99,60	5,42	24,20	0,55	0,09	0,40	3,55	0,38	1,85	5,89	3,13	8,65	26,45	947,56	

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{0,13 - 0,50 \cdot 13,29 + \frac{1}{8} \cdot 21,69}{992,86} = -0,004 \\ \eta_2 &= \frac{1,07 - 1,5 \cdot 12,26 + 21,69 \cdot 1,0 + \frac{1}{8} \cdot 22,47}{988,19} = +0,008 \\ \eta_3 &= \frac{2,99 - 2,5 \cdot 11,27 + 21,69 \cdot 2,0 + 22,47 \cdot 1,0 + \frac{1}{8} \cdot 23,26}{983,66} = 0,044 \\ &\vdots \\ \eta_9 &= \frac{42,29 - 8,5 \cdot 6,39 + 21,69 \cdot 8,0 + \dots + 29,09 \cdot 1,0 + \frac{1}{8} \cdot 30,51}{961,97} = 0,881 \\ \eta_{10} &= \frac{54,86 - 9,5 \cdot 5,73 + 21,69 \cdot 9,0 + \dots + 30,51 \cdot 1,0 + \frac{1}{8} \cdot 32,08}{959,05} = 1,137 \\ &\vdots \\ \eta_{15} &= \frac{148,06 - 14,75 \cdot 3,13 + 21,69 \cdot 14,25 + \dots + 39,18 \cdot 1,25 + \frac{1}{2} \cdot 0,375 \cdot 62,3 + 3,3 \cdot 3,0}{947,56} = 3,145 \end{aligned}$$

Für die rechte Bogenhälfte ergeben sich auf demselben Wege aus Gleichung IIb folgende Werthe für η_{IIb}

$$\begin{array}{cccccc} \eta_{16} & \eta_{17} & \eta_{18} \dots \eta_{24} & \eta_{25} \dots \eta_{30} \\ -0,006 & -0,001 & +0,031 & 0,848 & 1,103 & 3,145 \end{array}$$

Senkrechte Abstände der äußersten Druckpunkte s'_1 bis $s'_{15} = \eta_{Ia} - \eta_{IIa}$ bzw. s'_{16} bis $s'_{30} = \eta_{Ib} - \eta_{IIb}$

s'_1	s'_2	s'_3	\dots	s'_9	s'_{10}	\dots	s'_{15}	s'_{16}	s'_{17}	s'_{18}	\dots	s'_{24}	s'_{25}	\dots	s'_{30}
cm 1,7	4,6	7,5		15,9	15,5		2,6	1,6	4,8	7,5		16,0	15,7		2,7

Die Ueberführung dieser senkrechten Entfernungen s' in radiale s ergibt sich aus Gleichung III.

s_1	s_2	s_3	\dots	s_9	s_{10}	\dots	s_{15}	s_{16}	s_{17}	s_{18}	\dots	s_{24}	s_{25}	\dots	s_{30}
cm 1,7	4,6	7,5		15,4	14,9		2,4	1,6	4,8	7,5		15,5	15,1		2,5

Die Fugendrücke in den einzelnen Querschnitten ergeben sich aus den Gleichungen IV_I und IV_{II}, die darin vorkommenden Werthe V_q und H_q bzw. V'_q und H'_q aus den Gleichungen (1) und (1a) bzw. (2) und (2a).

Belastungsfall I. Linke Bogenhälfte

Streifen	G	$\frac{l^2}{l^2-a} \sum G$	x	px	V_{px}	$\sum V = 19,33 - V_{px}$	V_q	H_{px}	$H_q = 995,09 + H_{px}$	V_q^2	H_q^2	S
1	21,69	10,85	0,22	0,73	0,36	18,97	30,55	1,62	996,71	933,30	993 430,82	997,2t
2	22,47	32,93	0,70	2,33	1,14	18,19	53,45	5,09	1000,18	2 856,90	1 000 290,03	1001,5 _n
3	23,26	55,79	1,16	3,86	1,86	17,47	77,12	8,30	1003,39	5 947,49	1 006 590,82	1006,2 _n
...
9	30,51	215,20	3,46	11,52	5,10	14,23	240,95	22,82	1017,91	58 056,90	1 036 140,77	1046,0 _n
10	32,08	246,50	3,76	12,52	5,49	13,84	272,86	24,52	1019,61	74 452,58	1 039 604,55	1055,5 _n
...
15	62,30	439,20	5,32	17,72	7,32	12,01	468,93	32,68	1027,77	219 895,34	1 056 311,17	1129,7 _n

Ebenso für die rechte Bogenhälfte, wobei $\sum V = 13,81 - V_{px}$

Streifen 16	17	18 24	25 30
$V_q = 25,10$	48,16	72,14	240,54
$H_q = 996,71$	1000,18	1003,39	1017,91
$S = 997,00$	1001,30	1005,80	1045,90
			1055,70
			1132,90

Belastungsfall II. Linke Bogenhälfte

Streifen	G	$\frac{l^2}{l^2-a} \sum G$	$a-x$	$p(a-x)$	W_2	zusammen	$-\sum V$	V'_q	H'_q	$V_q'^2$	$H_q'^2$	S'
1	21,69	10,85	0,28	0,93	—	11,78	- 13,29	- 1,51	992,86	2,28	985 770,48	992,80
2	22,47	32,93	0,80	2,66	—	35,59	- 12,26	+ 23,33	988,19	544,29	976 519,48	988,40
3	23,26	55,79	1,34	4,46	—	60,25	- 11,27	48,98	983,66	2 399,04	967 587,00	984,90
...
9	30,51	215,20	5,04	16,78	—	231,98	- 6,39	225,59	961,67	50 890,85	925 386,28	988,07
10	32,08	246,50	5,74	19,11	—	265,61	- 5,73	259,88	959,05	67 537,61	919 776,90	993,64
...
15	62,30	439,20	9,43	31,40	3,3	473,90	- 3,13	470,77	947,56	221 624,39	897 879,42	1058,00

Ebenso für die rechte Bogenhälfte

Streifen 16	17	18 24	25 30
$V'_q = -6,96$	+ 18,04	44,00	225,19
$H'_q = 992,86$	988,19	983,66	961,97
$S' = 992,80$	988,30	984,70	987,90
			994,00
			1062,60

B. Gewölbestärke.

Kämpferdrücke vom Eigengewicht:

Senkrechte Seitenkraft $V'_A = 473,08t$ $V'_B = 484,52t$

Wagerechte Seitenkraft $H'_A = \frac{\sum G \cdot d + \sum l Gd}{2f} = 921,11t$ $H'_B = 921,11t$

Druck durch Eigengewicht $A' = \sqrt{473,08^2 + 921,12^2} = 1035,49t$

$B' = \sqrt{484,52^2 + 921,11^2} = 1040,77t$

Kämpferdrücke vom Verkehr:

Senkrechte Seitenkräfte $V''_A = V_p + V_{w_1} + V_{w_2} = \frac{3,33(30,6 + 2 \cdot 0,2)}{2} + \frac{5,0}{2} + \frac{3,3(15,3 - 3,0)}{30,6} = 55,45t$

$V''_B = V_p + V_{w_1} + V_{w_2} = 51,62 + 2,5 + \frac{3,3(15,3 + 3,0)}{30,6} = 56,09t$

Die entsprechenden wagerechten Seitenkräfte

$H''_A = H''_B = H'_p + H_{w_1} + H_{w_2} = \frac{3,33 \cdot 30,6^2}{8 \cdot 3,426} + \frac{5,0 \cdot 30,6}{4 \cdot 3,426} + \frac{3,3(30,6 - 6,0)}{4 \cdot 3,426} = 130,86t$

Kämpferdrücke bei Vollbelastung:

Senkrechte Seitenkräfte $V_A = V'_A + V''_A = 473,08 + 55,45t = 528,53t$

$V_B = V'_B + V''_B = 484,52 + 56,09t = 540,61t$

Wagerechte Seitenkräfte $H_A = H'_A + H''_A = 921,11 + 130,86t = 1051,97t$

$H_B = H'_B + H''_B = 921,11 + 130,86t = 1051,97t$

Daher:

$A = \sqrt{528,53^2 + 1051,97^2}t = 1178,00t$

$B = \sqrt{540,61^2 + 1051,97^2}t = 1184,00t$

Größtzulässiger, gleichmäßig verteilter Druck = 21,50 kg/qcm

Größter Druck im Scheitel $H_A = 1051,97t$

Daher Scheitelstärke $x = \frac{1051970}{700 \cdot 21,5} = \text{rund } 0,70m$

Breite der Bleieinlage im Scheitel bei 120 kg/qcm Beanspruchung des Bleies $b = \frac{1051970}{700 \cdot 120} = 12,6cm$.

Größter Kämpferdruck = 1184 t. Daher Kämpferstärke = $\frac{1184000}{700 \cdot 21,5} = \text{rund } 0,80m$.

Breite der Bleieinlage im Kämpfer $C = \frac{1184000}{700 \cdot 120} cm = 14,1cm$.

Druckverteilung in den einzelnen Querschnitten: Gewölbestärke = b in cm, gleichmäßig verteilter Druck = p in kg/qcm, Abweichung der Drucklinie von der Gewölbemitte = e in cm, Kantenpressung = k in kg/qcm.

Linke Bogenhälfte:

Streifen	s	e' + e''	Belastungsfall I					Belastungsfall II				
			S	b	p	e'	k	S'	b	p'	e''	k'
1	1,7	0,8 + 0,9	997,2	71	20,0	0,8	21,4	992,8	71	20,0	0,9	21,50
2	4,6	2,2 + 2,4	1001,5	75	19,0	2,2	22,2	988,4	75	18,8	2,4	22,40
3	7,5	3,6 + 3,9	1006,2	79	18,2	3,6	23,1	984,9	79	17,8	3,9	23,0
...
9	15,4	7,1 + 8,3	1046,0	90	16,6	7,1	24,4	988,07	90	15,7	8,3	24,30
10	14,9	6,8 + 8,1	1055,5	90	16,7	6,8	24,3	993,64	90	15,8	8,1	24,20
...
15	2,4	0,8 + 1,6	1129,7	80	20,2	0,8	21,6	1058,00	80	19,0	1,6	21,3

Ebenso für die rechte Bogenhälfte, wobei die Gewölbestärken b dieselben sind.

Zulässige Pressungen im Gewölbe.

Als größte Pressung des Gewölbemauerwerks (Bruchsteinmauerwerk $1 : \frac{1}{4} : 3$) wurde, wie bereits erwähnt, 25 kg/qcm zugelassen. Mauerwerkkörper, wie sie der wirklichen Zusammensetzung am Bauplatze entsprechen, konnten mangels verfügbarer, größerer Druckmaschinen dem Versuche nicht unterworfen werden; doch ergibt sich die Zulässigkeit der Pressung von 25 kg/qcm aus folgendem:

1. Professor Bauschinger hat anlässlich des Baues der Stockheim-Ludwigstadter Bahn (Wochenblatt für Baukunde 1887 S. 315) Versuche gemacht, die sich am meisten den tatsächlichen Verhältnissen nähern. Es wurden seitens der Königl. Staatsbahnverwaltung zwölf Stück Mauerwerkwürfel von 15 cm Kantenlänge, bestehend aus drei Schichten 4 cm starker Thonschiefersteine mit zwei ungefähr 2 cm dicken Mörtelfugen aus demselben Mörtel, wie er am Bauplatz zu den Gewölben verwandt wurde, angefertigt. Bei acht Stück

dieser Würfel war das Raumverhältnifs Portlandcement: Kalk: Sand = 5 : 1,25 : 12,5.

Dieselben zeigten nach fünfwöchiger Aufbewahrung in trockenen Kellern bei der Pressung durch Bauschinger eine Druckfestigkeit von 260 bis 340. kg/qcm

Bei 245 bis 270 kg/qcm begann ein Hervortreten des Mörtels.

Bei dreimonatiger Erhärtungszeit war die Druckfestigkeit 270 bis 285.

Bei einer Erhärtungszeit von einem Jahre erhöhte sie sich auf 310 bis 350.

Bei demselben Druck war ein Hervortreten des Mörtels zu bemerken.

Die vier weiteren Versuchskörper hatten ein Mischungsverhältnifs von PC:K:S = 5 : 1,25 : 15.

Diese hatten nach fünfwöchiger Erhärtung eine Druckfestigkeit von 230. kg/qcm

Bei 220 kg/qcm zeigte sich ein Hervorquellen des Mörtels.

Bei dreimonatiger Erhärtung war die Druckfestigkeit 320.

Bei einjähriger Erhärtung war die Druckfestigkeit 260 bis 280.

Die Grenzen waren also in 230 bis 350 kg/qcm gelegen.

Schon früher hatte Bauschinger an sog. Mauerwerkkörpern von 26 cm Länge, 19 cm Breite und 16,5 cm Höhe aus je 3,5 bis 5,5 cm dicken Schichten von Thonschiefersteinen mit zwei dazwischen liegenden etwa 1,5 cm dicken Mörtelfugen (Mischung 1 : $\frac{1}{4}$: 3) Versuche gemacht; dieselben konnten mit der verfügbaren Kraft von 200 kg/qcm nicht zerdrückt werden.

2. Im Jahre 1890 für den Bau der Neckarbrücke Stuttgart-Cannstatt ebenfalls in München vorgenommene Mörtelprismenproben des Mischungsverhältnisses 1 : 2 mit 12/12 cm Querschnitt und 14 cm Kantenlänge ergaben eine Druckfestigkeit

bei vier Wochen alten Prismen von 217 bis 250 kg/qcm
 „ acht „ „ „ „ 240 kg/qcm.

3. Versuche über die Druckfestigkeit von Steinen wurden im Jahre 1888 in Stuttgart mit Schwarzbuntsandstein vom Einheitsgewicht 2,27 gemacht (Deutsche Bauzeitung 1895 S. 343). Die Würfel hatten 6 cm Kantenlänge und eine Druckfestigkeit von 600 bis 700 kg/qcm, im Mittel 653 kg/qcm; hierbei waren die Pressungen auf den ganzen Querschnitt ausgedehnt. Gleichzeitig wurden auch Würfel von 10 cm Kantenlänge dem Versuch unterworfen, wobei jedoch der Druck nicht auf den ganzen Querschnitt, sondern auf rechteckige Streifen als Druckflächen zur Wirkung kam.

Es zeigte sich bei einer Druckfläche von:

100/25 mm	eine Druckfestigkeit von	926 kg/qcm
100/20 „	„	944 „
100/15 „	„	1043 „
100/10 „	„	1193 „
100/5 „	„	2050 „

Mit abnehmender Druckfläche wird also eine Erhöhung der Festigkeit erzielt, weshalb auch die Gelenkquader der Milten-

berger Brücke, mit 120 kg/qcm geprefst, diese Pressung immerhin noch mit achtfacher Sicherheit auszuhalten vermögen.

4. Weitere Druckproben von Steinen wurden im Jahre 1890 in München für den schon erwähnten Bau der Neckarbrücke Stuttgart-Cannstatt an Buntsandsteinprismen von 12/12 cm Querschnitt und 14 cm Länge vorgenommen; sie wurden auf den ganzen Querschnitt geprefst und zeigten 631 bis 653 kg/qcm Druckfestigkeit.

Aus alledem geht hervor, dafs die zugelassene Pressung von 25 kg/qcm eine nicht zu hohe ist, dafs sie vielmehr noch eine zehnfache Sicherheit bietet.

Die Bleiplatten wurden für 120 kg/qcm Druck berechnet. Die Veränderung der Bleiplatten nur nach der Trapezform ohne nennenswerthe Verminderung der Stärke bei den Bögen I, II, IV u. VI zeigt, dafs die Platten ohne merkliches Ausweichen diesen Druck auszuhalten vermögen. Die Zusammenpressung der Bleiplatten von 4 bis 6 mm bei den Bögen III u. V rührt ohne Zweifel davon her, dafs die Platten durch nicht gleichzeitiges Ablassen der Lehrgerüste (die links von Bogen III gelegenen Bögen waren völlig abgelassen, die rechts davon gelegenen noch völlig auf Lehrgerüst) einen gröfseren Druck als 120 kg/qcm erhielten.

Berechnung der zu erwartenden Bogensenkungen.

Es sind die Bauschingerschen Versuche über die Zusammendrückung von Mauerwerkkörpern — Buntsandsteinprismen 12/12/30 von 560 kg/qcm Druckfestigkeit mit einer 2 cm dicken eingelegten Mörtelfuge des Mischungsverhältnisses 1 PC: 2 Sand —, wie sie in nachstehender Tabelle zusammengestellt sind, zu Grunde gelegt, (s. Steinbrücken von großer Spannweite mit gelenkartigen Einlagen ausgeführt von der K. Ministerial-Abtheilung für Strafsen- und Wasserbau — Württemberg).

Mauerwerkkörper (vier Wochen alt)	
Belastung in kg/qcm	Zusammendrückung in Millionstel der ursprüngl. Länge
6,9	218
13,8	426
20,7	610
27,6	764
	bis
	782
34,6	908
41,4	1022

Bogen I.

a) Widerlager im Thorthurm (links).

Länge der Drucklinie = 1170 cm,
 größter Druck (gleichmäfsig vertheilt) im Fundament = 4,80 kg/qcm
 „ „ „ „ im Kämpfer = 21,20
 mittlerer Druck (Kämpferdruck mit doppeltem Gewicht eingeführt):
 = rd. 16 kg/qcm.

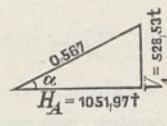


Abb. 24.

Zusammendrückbarkeit des Mauerwerks (vier Wochen alt) nach Tabelle = 485 Millionstel der ursprünglichen Länge.

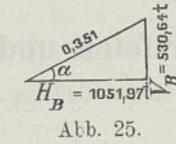
Daher Zusammendrückung des Fundaments (linkes Widerlager) (Text-Abb. 24):

Bogen	Rechter Kämpfer				Linker Kämpfer				Gesamt-Scheitelsenkung			
	Länge der Drucklinie	Druck im Kämpfer	Druck in Fundamentsohle	Zusammendrückung des Fundaments (Pfeiler)	Länge der Drucklinie	Druck im Kämpfer	Druck in Fundamentsohle	Zusammendrückung des Fundaments (Pfeiler)	ohne Rücksicht auf Bleivortrag	erhöht durch Bleivortrag	berechnet	that-sächliche Senkung bei Abkühlungsverlust
Bogen I abgelassen bei +22° C.	1170	4,8	4,07	0,567	485	21,2	4,07	0,567	0,94	63	66	66
Bogen II abgelassen bei +19° C.	900	4,07	3,52	0,330	367	19,63	3,52	0,330	0,41	60	64	64
Bogen III abgelassen bei +19° C.	900	3,52	3,63	0,330	367	20,14	3,63	0,330	1,35	52	114	114
Bogen IV abgelassen bei +18° C.	1060	3,63	3,77	0,381	359	19,59	3,77	0,381	1,204	54	68	68
Bogen V abgelassen bei +19° C.	850	3,77	3,77	0,280	330	17,45	3,77	0,280	1,292	48	77	77
Bogen VI abgelassen bei +15° C.	900	3,70	4,81	0,283	314	16,49	4,81	0,283	1,237	38	88	88

- a) in Richtung der Drucklinie = $\frac{1170 \cdot 485}{1000000} \text{ cm} = 0,567 \text{ cm}$,
- b) in lothrechter Richtung = $0,567 \cdot \sin \alpha = 0,567 \cdot 0,449 = 0,254 \text{ cm}$,
- c) in wagerechter Richtung = $0,567 \cdot \cos \alpha = 0,567 \cdot 0,894 = 0,507 \text{ cm}$.

b) Pfeiler I.

Länge der Drucklinie = 900 cm, kg/qcm
 größter Druck (gleichmäßig vertheilt) im Fundament = 4,07
 " " " " " im Kämpfer = 21,14
 gemittelter Druck = 12,60 kg/qcm.

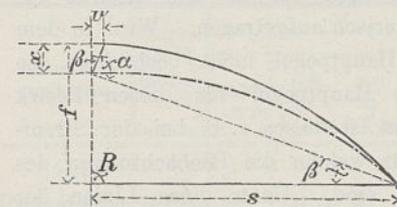


Zusammendrückung in Millionstel der Länge nach Tabelle berechnet zu 390 Millionstel, folglich Zusammendrückung (Text-Abb. 25):

- a) in Richtung der Drucklinie = $\frac{900 \cdot 390}{1000000} = 0,351 \text{ cm}$,
 - b) in senkrechtem Sinn = $0,351 \cdot \sin \alpha = 0,351 \cdot 0,450 = 0,158 \text{ cm}$,
 - c) in wagerechtem Sinn = $0,351 \cdot \cos \alpha = 0,351 \cdot 0,892 = 0,313 \text{ cm}$.
- Gesamtbetrag der Kämpferschiebungen:
- a) in senkrechtem Sinn (vermittelt) = $\frac{0,254 + 0,158}{2} = 0,206 \text{ cm}$,
 - b) in wagerechtem Sinn zusammen = $0,507 + 0,313 = 0,820$ oder 0,410 für die Bogenhälfte.

c) Bogen.

Halbe Länge der Drucklinie = 1600 cm
 Druck im Kämpfer vermittelt 21,17 kg/qcm
 „ an Bruchfuge 16,75 „
 „ im Scheitel 21,47 „
 Druck im Mittel = 19,8 kg/qcm
 Zusammendrückung in Millionstel nach Tabelle: 586.
 Demnach Zusammendrückung des halben Bogens
 $\frac{1600 \cdot 586}{1000000} = 0,94 \text{ cm}$
 Bogenverkürzung + $\frac{1}{2}$ Ausweichen der Kämpfer
 = $0,94 + 0,41 = 1,35 \text{ cm} = v$.



Hiernach Scheitelsenkung x (Text-Abb. 26) aus nachstehender Gleichung ($\angle \alpha$ kann als rechter Winkel angenommen werden, dann ist $\angle \beta = \angle \beta'$):
 $v : x = (f - x) : s$
 $f x - x^2 = v s$

unter Vernachlässigung von x^2 als sehr klein $f x = v s$, $x = \frac{v s}{f}$
 $\frac{s}{f} = \frac{15,3}{3,4} = 4,5$
 $x = v \cdot 4,5 = 1,35 \cdot 4,5 = 6,075 \text{ cm}$.

Hierzu die gemittelte senkrechte Verschiebung der Kämpfer 0,206 cm
 Daher Gesamtsenkung des Scheitels nach Ablassen bei vorhergehender vierwöchiger Erhärtung 6,281 = rd. 63 mm.

Hierbei ist die Zusammendrückung des Bleies außer acht gelassen; bei den Bögen, bei denen sie merklich ist, wurde die berechnete Senkung noch vermehrt durch die sich infolge der Bleiveränderung ergebende; dieselbe ist bei einer Zusammenpressung des Bleies von x mm in wagerechtem Sinn $= x \cdot 4,5$.

Bogen I wurde abgelassen bei $+ 22^{\circ}$ C. Die Senkung wurde bei etwa $+ 2^{\circ}$ C durch Höhenmessung festgestellt zu 78 mm.

Wird der Ausdehnungscoefficient für Beton $= 0,000088$ für 1° C. zu Grunde gelegt, was einer Scheitelpbewegung von 0,6 mm für 1° C. entspricht, so würde die Senkung, auf die Ablauftemperatur $+ 22^{\circ}$ C. bezogen, betragen $78 - 12 = 66$ mm.

Auf dem gleichen Wege sind die Senkungen für die übrigen Bögen ermittelt.

Das Ergebnifs ist in vorstehender Tabelle (S. 237) zusammengestellt.

Fahrwassertiefen und Schiffbarkeit der Oder.

(Mit Abbildungen auf Blatt 36 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

In den beteiligten Kreisen sind vielfach höchst widersprechende Ansichten bezüglich der mittleren Zeitdauer der verschiedenen Fahrwassertiefen und der Schiffbarkeit der Oder verbreitet. Eine bestimmte, allseitig anzuerkennende Klarlegung war deshalb schwierig, weil man nicht die Pegelbeobachtungen allein ohne weiteres den Zusammenstellungen zu Grunde legen kann, da die Sohle des Stromes nicht unveränderlich, sondern in hohem Grade beweglich ist. Nach höheren Wasserständen höht sich die Sohle des Flusses stellenweise auf, während sie sich bei lange andauernden Niedrigwasserständen stark austieft. Es zeigt also ein Wasserstand, der um 1 m höher ist als ein anderer, nicht auch eine um 1 m gröfsere Fahrwassertiefe. Als Unterlagen zur Feststellung der Fahrwassertiefen dienen die seit 1881 in jedem Strommeisterbezirke bei mittleren und niedrigen Wasserständen wöchentlich zweimal während der eisfreien Zeit des Jahres vorgenommenen Längspeilungen. Jeder Strommeister ist verpflichtet, die geringste auf seiner Strecke vorkommende Fahrwassertiefe unter Bezeichnung des Ortes, wo diese vorhanden ist, zu melden. Mit Hülfe dieser Meldungen haben im Jahre 1897 Ermittlungen über die Schiffbarkeit der Oder unter Zugrundelegung der Jahre 1890 bis einschl. 1896 in folgender Weise stattgefunden.

Zunächst wurden für jeden Strommeisterbezirk die täglichen Wasserstandsbeobachtungen des in dem Bezirke gelegenen Hauptpegels zeichnerisch aufgetragen. Wird in dem betreffenden Bezirke ein Hauptpegel nicht beobachtet, so wurde der nächstgelegene Hauptpegel für diesen Bezirk benutzt. Unterhalb Breslaus ist dieses z. B. bei der Strommeisterei Loos der Fall, für welche die Beobachtungen des Pegels zu Neusalz benutzt sind. Unter diese Linien der Wasserstandsbeobachtungen wurde dann die an den einzelnen Peilungstagen in jedem Strommeisterbezirk ermittelte geringste Fahrwassertiefe aufgetragen und die so gefundenen Punkte für die Höhenlage der Stromsohle durch einen Linienzug verbunden. Durch den Abstand der Wasserstandslinie und der Sohlenlinie sind somit auch für die zwischen den Peilungstagen liegenden Tage die ungünstigsten Fahrwassertiefen jedes Strommeisterbezirks gefunden. Nunmehr sind die Beobachtungen in einzelne Unterabtheilungen von je 20 cm Unterschied dadurch getheilt worden, dafs man einen Papierstreifen mit den Theilungen 0,8 m — 1,0 m — 1,2 m — 1,4 m — 1,6 m — 1,8 m und 2,0 m versah und diesen

rechtwinklig zur Nulllinie gehalten so über die Wassertiefendarstellung hinschob, dafs der Nullpunkt der Theilung stets auf der Sohlenlinie lag. So oft nun die Wasserspiegellinie eine der oben angegebenen Theilungen überschritt, wurde zwischen Sohlenlinie und Wasserspiegellinie eine senkrechte Verbindungslinie gezogen und an dieser die Wassertiefe eingeschrieben, wie die Abb. 1 auf Bl. 36 zeigt. Zur Herstellung einer besseren Uebersicht sind die so gebildeten Abtheilungen verschieden schraffirt und die Zeitdauer nach Tagen darunter geschrieben worden. Auf der vorliegenden Abb. 1 Blatt 36 sind diese Zahlen wegen des kleinen Mafsstabes zum Theil fortgelassen.

Alsdann wurde die Gesamtzeit jeder Abtheilung durch Zusammenzählen der Dauer jedes einzelnen Abschnittes gleicher Fahrwassertiefe für jedes Jahr ermittelt, wobei aber nur die zur Ausübung der Schifffahrt geeignete eisfreie Zeit berücksichtigt ist. Um aber für die einzelnen Strommeisterbezirke gleich lange Schifffahrtszeiten und um nicht zu günstig erscheinende, angreifbare Ergebnisse zu bekommen, wurde nur diejenige Zeit als eisfrei angesehen, in der die Oder von Breslau bis Schwedt gänzlich frei von Eistreiben oder Eisstand war, obgleich bei schwachem Eistreiben, oder wenn nur noch bei Schwedt Eisgang vorhanden ist, die Schifffahrt immerhin ausgeübt wird und auch bei plötzlichem Eintritt des Winters Verkehr zwischen Fürstenberg und Breslau in der That noch stattfindet, nachdem die Oder bei Schwedt schon Eisstand zeigt.

Hiernach ist die beigelegte Zusammenstellung A für die unterhalb Breslaus gelegenen 16 Strommeisterbezirke angefertigt, dabei aber der Strommeisterbezirk Breslau fortgelassen, weil die Aufzeichnungen dieses Bezirkes sich lediglich auf die Wassertiefe über dem Unterdrempel an der Bürgerwerderschleuse in Breslau beziehen und infolge andauernder Vertiefung der Flußsohle im dortigen Unterwasser für den Verkehr unterhalb Breslaus nicht maßgebend sind, der Verkehr mit Cosel aber durch den Breslauer Großschiffahrtsweg die Bürgerwerderschleuse umgeht. Aus dieser Zusammenstellung ist für die sieben Jahre von 1890 bis einschl. 1896, die sowohl nasse als trockene Jahre umfassen, der Mittelwerth gebildet.

In der Zusammenstellung B ist die jährliche Dauer der geringsten Fahrwassertiefen im Durchschnitt für die fraglichen Jahre nachgewiesen. Die Zusammenstellung zeigt deut-

Zusammenstellung A. Geringste Fahrwassertiefen.

Table for 1890 showing ice-free shipping times and minimum depths for various stations like Dyhernfurth, Maltsh, Steinau, etc.

Table for 1891 showing ice-free shipping times and minimum depths for various stations like Dyhernfurth, Maltsh, Steinau, etc.

Table for 1892 showing ice-free shipping times and minimum depths for various stations like Dyhernfurth, Maltsh, Steinau, etc.

Table for 1893 showing ice-free shipping times and minimum depths for various stations like Dyhernfurth, Maltsh, Steinau, etc.

Table for 1894 showing ice-free shipping times and minimum depths for various stations like Dyhernfurth, Maltsh, Steinau, etc.

Table for 1895 showing ice-free shipping times and minimum depths for various stations like Dyhernfurth, Maltsh, Steinau, etc.

Zusammenstellung A.
Geringste Fahrwassertiefen.

Strommeisterei	eisfreie Schiffahrtszeit von — bis	Anzahl der Tage								Summe der Tage
		unter 0,8 m	0,8 bis 1,0 m	1,0 bis 1,2 m	1,2 bis 1,4 m	1,4 bis 1,6 m	1,6 bis 1,8 m	1,8 bis 2,0 m	über 2,0 m	
		1896	4. März bis 30. November	—	—	—	20 ¹ / ₂	36	26 ¹ / ₂	
Dyhernfurth . . .	"	—	—	—	—	32	42	25	173	272
Maltsch	"	—	—	—	14 ¹ / ₂	27	52 ¹ / ₂	35	141	272
Steinau	"	—	—	2	6	37	31 ¹ / ₂	34 ¹ / ₂	163	272
Köben	"	—	—	—	5 ¹ / ₂	54	32 ¹ / ₂	33 ¹ / ₂	146 ¹ / ₂	272
Reinberg	"	—	—	—	4 ¹ / ₂	60 ¹ / ₂	31	32	144	272
Glogau	"	—	—	—	17	53 ¹ / ₂	30 ¹ / ₂	23	143	272
Alte-Fähre	"	—	—	5	14 ¹ / ₂	42	27 ¹ / ₂	29	154	272
Loos	"	—	1 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	59	31	38 ¹ / ₂	27 ¹ / ₂	101	272
Tschicherzig . . .	"	—	—	15	30 ¹ / ₂	41 ¹ / ₂	34 ¹ / ₂	23 ¹ / ₂	83	272
Crossen	"	—	3 ¹ / ₂	55 ¹ / ₂	71 ¹ / ₂	33 ¹ / ₂	33 ¹ / ₂	31	93	272
Ratzdorf	"	—	—	9 ¹ / ₂	34 ¹ / ₂	29 ¹ / ₂	44	28 ¹ / ₂	126	272
Schwetig	"	—	—	9 ¹ / ₂	—	—	10	12 ¹ / ₂	175 ¹ / ₂	272
Frankfurt	"	—	—	—	—	—	15 ¹ / ₂	35	221 ¹ / ₂	272
Cüstrin	"	—	—	—	—	—	—	13 ¹ / ₂	258 ¹ / ₂	272
Güstebiese	"	—	—	—	—	—	—	28	231	272
Hohenwutzen . . .	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe		—	5	100	324	505 ¹ / ₂	462 ¹ / ₂	441	2514	4352
Mittelwerth . . .		—	0,3	6,2	20,3	31,6	28,9	27,6	157,1	272

Zusammenstellung B.

Dauer der geringsten Fahrwassertiefen während eines Jahres im Durchschnitt der Jahre 1890 bis einschl. 1896

Nr.	Strommeisterei	Anzahl der Tage								Summe der Tage
		unter 0,8 m	0,8 bis 1,0 m	1,0 bis 1,2 m	1,2 bis 1,4 m	1,4 bis 1,6 m	1,6 bis 1,8 m	1,8 bis 2,0 m	über 2,0 m	
		1.	Dyhernfurth	—	20,1	23,7	31,4	35,9	35,1	
2.	Maltsch	3,6	24,9	18,1	31,6	34,0	36,8	24,2	105,1	278,3
3.	Steinau	1,5	18,2	23,4	33,8	36,2	40,6	28,8	95,7	278,2
4.	Köben	10,8	25,4	30,3	24,7	44,4	29,4	24,9	88,6	278,5
5.	Reinberg	6,9	29,5	23,5	38,7	39,1	35,4	26,6	78,5	278,2
6.	Glogau	5,6	21,6	27,9	38,8	40,9	40,5	27,0	75,9	278,2
7.	Alte-Fähre	11,4	30,7	33,5	40,1	35,9	31,1	20,0	75,6	278,3
8.	Loos	10,5	28,6	28,8	38,4	34,4	27,2	25,8	84,5	278,2
9.	Tschicherzig	19,8	33,1	39,6	50,2	26,4	22,8	17,6	68,9	278,4
10.	Crossen	23,4	33,1	43,7	37,8	29,7	24,4	21,9	64,3	278,3
11.	Ratzdorf	2,0	41,4	39,3	54,9	35,1	28,6	19,4	57,8	278,5
12.	Schwetig	4,4	30,4	38,9	42,2	33,1	31,0	21,9	76,5	278,4
13.	Frankfurt	—	12,9	31,0	42,0	31,7	17,1	33,1	110,5	278,3
14.	Cüstrin	—	0,4	34,9	40,4	17,4	24,7	41,5	118,9	278,2
15.	Güstebiese	—	—	4,1	17,6	29,0	24,0	25,1	178,4	278,2
16.	Hohenwutzen	—	1,9	18,0	27,0	34,9	45,4	36,4	114,7	278,3
	Summe	99,9	352,2	458,7	589,6	538,1	494,1	423,1	1497,0	4452,7
	Mittel	6,2	22,0	28,7	36,9	33,6	30,9	26,4	93,6	278,3

Zusammenstellung C.

Jährlicher Mittelwerth der Anzahl der Tage mit den geringsten Fahrwassertiefen über oder unter einem bestimmten Wasserstande.

Nr.	Strommeisterei	Fahrwassertiefen					
		unter				über	
		1,0 m	1,2 m	1,4 m	1,6 m	1,6 m	1,8 m
1.	Dyhernfurth	20,1	43,8	75,2	111,1	167,1	132,0
2.	Maltsch	28,5	46,6	78,2	112,2	166,1	129,3
3.	Steinau	19,7	43,1	76,9	113,1	165,1	124,5
4.	Köben	36,2	66,5	91,2	135,6	132,9	103,5
5.	Reinberg	36,4	59,9	98,6	107,7	140,5	105,1
6.	Glogau	27,2	55,1	93,9	134,8	143,4	102,9
7.	Alte-Fähre	42,1	75,6	115,7	151,6	126,7	95,6
8.	Loos	39,1	67,9	106,3	140,7	137,5	110,3
9.	Tschicherzig	52,9	92,5	142,7	169,1	109,3	86,5
10.	Crossen	56,5	100,2	138,0	167,7	106,6	86,2
11.	Ratzdorf	43,4	82,7	137,6	172,7	105,8	77,2
12.	Schwetig	34,8	73,7	115,9	149,0	129,4	98,4
13.	Frankfurt	12,9	43,9	85,9	117,6	160,7	143,6
14.	Cüstrin	0,4	35,3	75,7	93,1	185,1	160,4
15.	Güstebiese	—	4,1	21,7	50,7	227,5	203,5
16.	Hohenwutzen	1,9	19,9	46,9	81,8	196,5	151,1
	Summe	452,1	910,8	1500,4	2008,5	2400,2	1910,1
	Mittel	28,3	56,9	93,8	125,5	150,0	119,4

lich, daß die Strommeisterbezirke Tschicherzig, Crossen und Ratzdorf erheblich ungünstigere Fahrwassertiefen aufweisen als die anderen Bezirke. Es ist dies aber namentlich aus der Zusammenstellung C zu ersehen, die für die einzelnen Strommeisterbezirke die durchschnittliche Anzahl der Tage, an denen die Wassertiefe weniger oder mehr als ein bestimmtes Maß betrug, enthält und in der die ungünstigsten Zahlen durch fetten Druck hervorgehoben sind. Als Maßstab für die Schiffbarkeit der Oder kann der Mittelwerth aus allen Strommeisterbezirken natürlich nicht genommen werden, sondern nur die ungünstigste Stelle. Würde man nun die Zahlen des im allgemeinen ungünstigsten Strommeisterbezirks Crossen, Nr. 10 der Zusammenstellung B und C, für die Ermittlung der Schiffbarkeit zu Grunde legen, so würde man immerhin noch zu günstig rechnen, weil es keineswegs

ausgeschlossen ist, daß zeitweise in einem anderen Bezirke nicht noch ungünstigere Wasserverhältnisse vorhanden waren, als in dem Crossener Strommeisterbezirk. Daher sind die geringsten Fahrwassertiefen in sämtlichen Strommeisterbezirken noch in Uebersichtsblättern nach der Abb. 2 auf Bl. 36 zusammengestellt worden, wobei die verschiedenen Fahrwassertiefen in derselben Weise bezeichnet sind wie in Abb. 1. Innerhalb desjenigen Zeitraumes, in dem der Strom in seinem ganzen Laufe zwischen Breslau und Schwedt vollständig eisfrei war, wurde darauf die in den verschiedenen Abtheilungen der Schiffahrtstiefen entfallende Anzahl der Tage in der Weise ermittelt, daß man in jedem Zeitabschnitte den Strommeisterbezirk mit der ungünstigsten Wassertiefe berücksichtigte. Für das Jahr 1896 (Abb. 2 Bl. 36) ist also für die Zeit vom:

4. März bis 6./7. April		die Wassertiefe im Strommeisterbezirk Crossen,	
6./7. April	8./9. "	"	"
8./9. "	14./15. "	"	"
14./15. "	5. Juni	"	"
6. Juni	7./8. "	"	"
7./8. "	9. "	"	"
10. "	29. "	"	"
	am 30. "	"	"
1. Juli bis 13./14. Sept.	"	"	"
13./14. Sept.	17. "	"	"
18. "	20./21. "	"	"
20./21. "	23. "	"	"
24. "	26. "	"	"
27. "	2. Octob.	"	"
3. Oct. bis 10. "	"	"	"
11. "	30. Nov.	"	"

für die Feststellung der ungünstigsten Wassertiefen in die Zusammenstellung aufgenommen. Die hohen Wasserstand aufweisende Zeit um die Mitte des Februar ist nicht gerechnet, da die Schifffahrt durch das am 21. wieder eintretende Grundeistreiben schnell wieder unterbrochen wurde.

Man erhält dann für die einzelnen Jahre folgende geringste Fahrwassertiefen.

Zusammenstellung D.

Mittelwerthe der geringsten Fahrwassertiefen der Oder zwischen Breslau und Schwedt.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Jahr	unter 0,8 m	0,8 bis 1,0 m	1,0 bis 1,2 m	1,2 bis 1,4 m	1,4 bis 1,6 m	1,6 bis 1,8 m	1,8 bis 2,0 m	über 2,0 m	Gesamtzahl	darunter über dem höchsten schiffbaren Wasserstand
1890	—	—	30	37	52	49	24 1/2	65 1/2	258	9
1891	—	—	80 1/2	66	38	22	15	66 1/2	288	37 1/2
1892	18	42 1/2	76	25	20	31 1/2	18	25	256	—
1893	67	55 1/2	61 1/2	41	21 1/2	14 1/2	4 1/2	34 1/2	300	17
1894	57	65 1/2	54 1/2	54 1/2	19	9	9	36 1/2	305	—
1895	56	98	52 1/2	18 1/2	6 1/2	8 1/2	2 1/2	26 1/2	269	25 1/2
1896	—	4 1/2	54	34	38	40	30 1/2	71	272	14 1/2
Summe	198	266	409	276	195	174 1/2	104	325 1/2	1948	103 1/2
Mittel	28,3	38	58,4	39,4	27,9	24,9	14,9	46,5	278,3	14,8
		66,3		67,3		86,3				

Diese Art der Ermittlung ergibt eigentlich zu geringe Werthe, da z. B. diejenigen Zeiten, in denen an irgend einer Stelle Eistreiben stattfand, ganz weggelassen sind, obgleich zu dieser Zeit lebhaftere Schifffahrt stattfand. So kamen z. B. bei günstiger Fahrwassertiefe zwischen dem 12. und 20. Febr. 1896 170 Schiffe durch Tschicherzig; diese Zeit ist aber nicht gerechnet, weil noch bei Breslau Eisgang war. Ebenso fand auch zwischen dem 1. und 4. März schon lebhaftere Schifffahrt statt. Diese Zeit wurde aber auch nicht mitgerechnet, weil bei Schwedt noch Eisstand vorhanden war, während oberhalb Hohensaathens bereits ein lebhafter Schifffahrtsbetrieb stattfand. Durch diese Art der Aufstellung wird der Vorwurf vermieden, dass die Zusammenstellung zu günstige Ergebnisse enthalte. In der That wurden die Anschwellungen kürzer in Rechnung gestellt und die niedrigen Wasserstände verlängert. Wenn z. B. eine Anschwellung mit über 2,0 m Wassertiefe unterhalb Breslaus vom 1. bis 15., dagegen unterhalb Cüstrins vom 8. bis 20. eines Monats dauerte, wurde nur die Zeit vom 8. bis 15. mit 2,0 m Wassertiefe in Rechnung gestellt. Für die Oder wäre diese Berechnungsart eigentlich weniger nothwendig gewesen, als bei anderen

Strömen, da bei der Oder der Thalverkehr den Bergverkehr bei weitem überwiegt.

Auf diese Weise wird der Behauptung Rechnung getragen, die Schiffer könnten kurze Anschwellungen nicht ausnützen, und daher dürften diese nicht voll gerechnet werden. Die in Spalte 11 der Zusammenstellung D enthaltene Angabe, dass der Wasserstand an durchschnittlich 14,8 Tagen den höchsten schiffbaren Wasserstand überschritten habe, bedeutet nur, dass er während dieser Zeit an irgend einer Stelle der

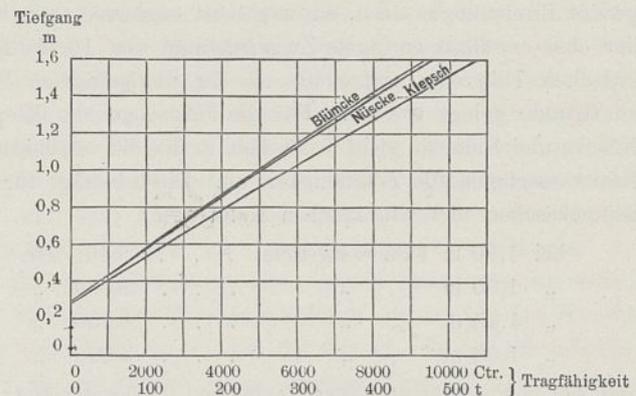


Abb. 1. Tiefgang.

Oder zwischen Breslau und Schwedt denselben überschritten habe. In der That ruht die Schifffahrt während dieser Zeit nicht, sondern es tritt höchstens an irgend einer Stelle bei einer niedrig gelegenen Brücke für leere Fahrzeuge und Dampfer mit hohen Aufbauten für wenige Tage eine Stockung ein. Wenn man daher für die Ueberschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstandes 3,3 Tage in Spalte 9 und 10 abzieht, also statt 46,5 nur 43,2 und statt 278,3 nur 275 Tage setzt, so ist dieser Umstand überreichlich berücksichtigt.

Um nun von der Wassertiefe auf die Ladefähigkeit der Schiffe zu gelangen, sind in Text-Abb. 1 die Oderkähne, die bei dem Wettbewerb im Jahre 1889 Preise erhalten haben, auf Grund der Veröffentlichung in der Zeitschrift für Bauwesen Jahrgang 1893, S. 78 ff. nach ihrer Tragfähigkeit bei verschiedenen Tiefgang zusammengestellt. Das günstigere Klepschsche Modell hat zwar nicht für die Oder, aber für den Oder-Spree-Canal eine etwas zu große Breite und soll

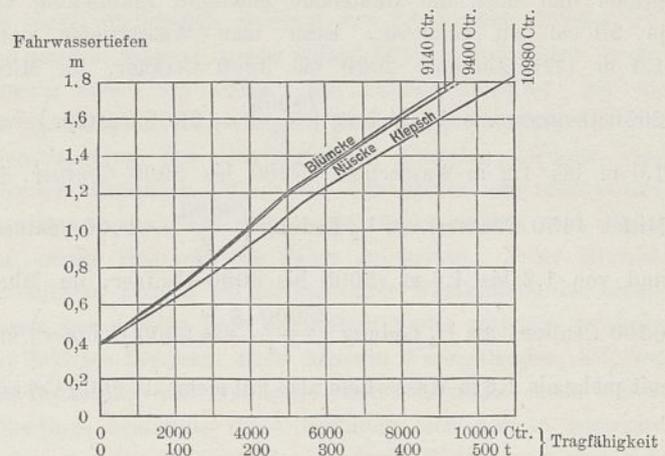


Abb. 2. Fahrwassertiefe.

daher bei den weiteren Ermittlungen nicht berücksichtigt werden. Die von Blümcke und Nüscke entworfenen Fahrzeuge zeigen fast die gleiche Tragfähigkeit. Bei 1,0 m Tiefgang und darüber soll als erforderlich eine um 20 cm größere

Fahrwassertiefe, bei 0,85 m Tiefgang aber nur noch eine um 15 cm grössere und bei 0,6 m Tiefgang eine nur um 10 cm grössere Fahrwassertiefe angenommen werden.

In der Zusammenstellung D ist die geringste Fahrwassertiefe angegeben, die sich an dem betreffenden Tage auf der ganzen Oderstrecke unterhalb Breslaus bis Schwedt vorfand. Obgleich die Schiffer meistens mehr Ladung nehmen, als den genannten Tauchtiefen entspricht, und die schlechten Stellen lieber mit etwas Aufenthalt durchfahren, so soll bei den folgenden Ermittlungen doch, um möglichst ungünstig zu rechnen, der oben erwähnte geringste Zwischenraum von 10 bis 20 cm zwischen Fahrzeug und Sohle an der ungünstigsten Stelle zu Grunde gelegt worden. Für die Fahrzeuge von Klepsch, Nüscke und Blümcke giebt Text-Abb. 2 für die verschiedenen Fahrwassertiefen die Tragfähigkeit an. Diese beträgt für den Blümckeschen und Nüsckeschen Kahn

bei 1,80 m Fahrwassertiefe . . .	9400 Ctr.
„ 1,60 m „ . . .	8000 „
„ 1,35 m „ . . .	6000 „
„ 1,03 m „ . . .	4000 „

und bei der geringsten vorgekommenen Fahrwassertiefe von 0,67 m Wassertiefe . . . 2000 Ctr.

Um die üblichen Angaben bezüglich der Anzahl der Tage mit halber, dreiviertel und ganzer Ladefähigkeit zu

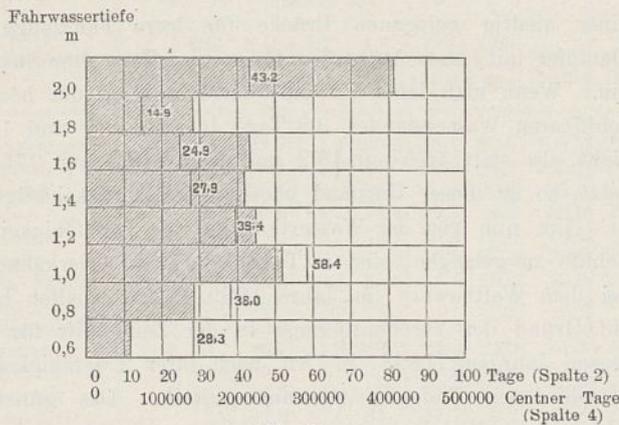


Abb. 3.

prüfen und doch die vorstehend gewählte Eintheilung von je 20 cm zu benutzen, kann man Wassertiefen unter 1,0 m (Tragfähigkeit 2000 bis 3900 Centner, im Mittel 2950 Centner) als $\frac{1}{3}$ Ladung ($\frac{8000}{3} = 2667$ Centner), von 1,0 m bis 1,2 m Wassertiefe (3900 bis 5000 Centner, im Mittel 4450 Centner) als $\frac{1}{2}$ Ladung ($\frac{8000}{2} = 4000$ Centner) und von 1,2 bis 1,6 m (5000 bis 8000 Centner, im Mittel 6500 Centner) als $\frac{3}{4}$ Ladung ($\frac{8000 \cdot 3}{4} = 6000$ Centner) und mit mehr als 1,6 m Wassertiefe also mit mehr als 8000 Centner

als volle Ladung bezeichnen. Unter diesen recht ungünstigen Annahmen erhält man nach der vorstehenden Zusammenstellung bei 278,3 Schiffahrtstagen, wovon 3,3 Tage für Ueberschreitung des höchsten schiffbaren Wasserstandes abgezogen werden sollen, 66 Tage mit $\frac{1}{3}$ Ladung, 58 Tage mit $\frac{1}{2}$ Ladung, 67 Tage mit $\frac{3}{4}$ Ladung und 83 Tage mit voller Ladung.

Multiplicirt man gemäß Zusammenstellung E die Anzahl der Tage mit der Tragfähigkeit der Schiffe für jede Unterabtheilung von je 20 cm und zählt die einzelnen Ergebnisse zusammen, so erhält man eine Zahl, welche die Schiffbarkeit der betreffenden Wasserstrasse anzeigt. Diese Zahl kann man benutzen, um die einzelnen Wasserstrassen bezüglich ihrer Schiffbarkeit mit einander zu vergleichen. Das Ergebniss dieser Feststellung ist in Text-Abb. 3 durch die schraffirten Flächen dargestellt.

Zusammenstellung E.

1.	2.	3.	4.
Fahrwassertiefe m	Anzahl der Tage	Tragfähigkeit Centner	Leistungsfähigkeit Tage \times Centner
unter 0,8	28,3	2 100	59 430
0,8 bis 1,0	38	3 750	142 500
1,0 „ 1,2	58,4	4 450	259 880
1,2 „ 1,4	39,4	5 700	224 580
1,4 „ 1,6	27,9	7 200	200 880
1,6 „ 1,8	24,9	8 700	216 630
1,8 „ 2,0	14,9	9 400	140 060
über 2,0	43,2	9 400	406 080
zusammen	275,0		1 650 040

Das ergibt im Durchschnitt $\frac{1\ 650\ 040}{275} = 6000$ Centner.

Es können also die unter Berücksichtigung der preisgekrönten Entwürfe des 1889er Wettbewerbes erbauten grossen Oderkähne in jedem Jahre durchschnittlich an 275 Tagen mit 6000 Centner Ladung die Oder befahren. Ist infolge von Schleusen oder engen Brücken die Zahl der Schiffe, welche die Wasserstrasse täglich durchfahren können, beschränkt, so erhält man durch Multiplication der Summe in Spalte 4 mit dieser Zahl die Gesamtleistungsfähigkeit der Wasserstrasse.

Nimmt man für die Oderstrecke unterhalb Breslaus an, dafs wegen der engen hölzernen Brücken täglich nur 150 Schiffe stromab verkehren können — am 12. August 1898 durchfahren die sehr ungünstige Durchfahrtsverhältnisse zeigende hölzerne Brücke bei Tschicherzig stromab 162 beladene Lastkähne und am 21. April 1899 sogar 177 Stück —, so erhält man als Gesamtleistungsfähigkeit der Oder für den Thalverkehr $1\ 650\ 040 \cdot 150 = 247\ 506\ 000$ Centner oder rund 125 Millionen Tonnen.

Crossen a. O., Juli 1899.

Ehlers.

Die Regulierung der Rhone.

(Mit Abbildungen auf Blatt 37 bis 39 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Unter den über wasserbautechnische Fragen in den letzten Jahren erschienenen Werken hat der im Jahre 1894 auf dem VI. internationalen Binnenschiffahrts-Congress im Haag vom Chefingenieur der Rhone, Herrn Girardon, vorgelegte Bericht über „Flussregulierung bei niedrigem Wasserstande“ in allen Ländern die größte Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. War doch die darin behandelte Frage, in welcher Weise ein Fluß mit sicherer Aussicht auf Erfolg für Niedrigwasser verbessert werden könne, von hoher Bedeutung für manches hochentwickelte Culturland, eine Lebensfrage für manches industriereiche Stromgebiet. Insbesondere für Norddeutschland bildet die Niedrigwasserregulierung seit einer Reihe von Jahren die brennende Tagesfrage, von der die weitere Entwicklung der wirtschaftlichen Grundlagen weiter Landstriche nicht unwesentlich berührt wird.

Zwar bot nun gerade für den norddeutschen Wasserbau-techniker Girardons Schrift verhältnismäßig wenig neue Gesichtspunkte. Das langsame, umsichtige Vorgehen, die stetige, sorgfältige Beobachtung der natürlichen Vorgänge, der enge Anschluß an die allgemeinen und örtlich besonderen Vorbedingungen wird bei uns schon seit den 40er Jahren, wo nach Einführung der Schleppschiffahrt die Regulierung unserer Ströme in steigender Entwicklung möglich wurde, nach den wohl für alle Zeit grundlegenden Vorschriften unseres Altmeisters, des Oberlandes-Baudirectors G. Hagen, fort und fort geübt. Die Theorie und die Rechnung haben bei unseren Bühnenbauten niemals die Rolle gespielt wie beim Parallelwerkbau in Frankreich. Die Bauweise mit Bühnen forderte das Vertrauen in rechnerische Ergebnisse nicht unbedingt heraus, sondern gestattete ein allmähliches Vorgehen und die Anbringung nachträglicher Verbesserungen, wenn die gehegten Erwartungen nicht voll in Erfüllung gingen, oder wenn mit steigender Entwicklung des Verkehrs sich die Ansprüche der Schiffahrt an Fahrtiefe änderten. Thatsächlich sind am Rhein und an der Elbe die Normalbreiten im Laufe der Zeit wiederholt weiter eingeschränkt worden, weil die Anforderungen der Schiffahrt sich um so mehr steigerten, je mehr die Fahrzeuge in ihren Abmessungen sich vergrößerten. Das Vorgehen im Wege des Versuches (*par tâtonnement*), das Girardon empfiehlt, war unserer Bauweise schon von jeher eigen, war von Anfang an ihr besonderer Vorzug.

Auch das Haupthilfsmittel, das Girardon in Anwendung bringt, die Unterwasserbuhnen (*épis noyés*), sind bei uns nicht unbekannt. Sie sind vielmehr genau dasselbe, was die schon seit fünfzig Jahren in Norddeutschland gebräuchlichen Grundschwellen oder Stromschwellen sind. Die Verwendung der „*épis noyés*“ an der Rhone führt sogar unmittelbar auf deutsche Vorbilder zurück. Die Bauweise der Elbe, Oder und des Rheins war es, die der Vorgänger Girardons, der Chefingenieur der Rhone Jacquet, auf Grund einer Bereisung dieser Ströme im Jahre 1880 mit Erfolg auf die Rhone übertragen hat, und die Bauweise, die Girardon heute bei Durchführung seiner Grundgedanken zu Grunde legt, entspricht im wesentlichen den Vorschlägen, die Jacquet 1880 auf Grund seiner Reise gemacht hat.

Immerhin zeigten aber die von Girardon aufgestellten Grundsätze über die Regulierung eines Flusses bei Niedrigwasser eine weitere, selbständige Entwicklung der früheren Vorschläge nach gewissen Richtungen hin, die auch bei den preussischen Technikern die Aufmerksamkeit wach rufen mußten. Fremdartig berührt uns zunächst z. B. wohl der Vorschlag Girardons, dem Ausgleich des Gefälles vollständig zu entsagen, die Bestimmung von Normalbreiten oder Normalquerschnitten über Bord zu werfen, und auf alle Rechnung ein für allemal Verzicht zu leisten. Dem früheren französischen Vorgehen gegenüber hatte der Generalingenieur Fargue jedenfalls recht, wenn er die Mittheilungen Girardons auf dem Congresse als „un véritable événement en hydraulique fluviale“, als „une révolution“ bezeichnete.

Mit der Aufstellung eines neuen Entwurfes zur weiteren Vertiefung des Rheines beauftragt, konnte ich den Wunsch nicht unterdrücken, in das Arbeitsfeld und in die Arbeitsweise an der Rhone einen näheren Einblick zu gewinnen. Möglicherweise ergaben sich Gesichtspunkte, die auch für die weitere Regulierung des Rheines von Bedeutung waren, obwohl bekanntermassen in den Gefällverhältnissen, Wassermengen und Sinkstoffbewegungen beider Ströme wesentliche Unterschiede bestehen. Der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten genehmigte den geäußerten Wunsch, und im Jahre 1897, Anfang November, konnte ich mit einem höflichen Einladungsschreiben des französischen Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten ausgerüstet, nach Lyon aufbrechen, wobei der Regierungs-Baumeister Ortloff sich mir anschloß.

Der gewählte Zeitpunkt war außerordentlich günstig. Bis Ende October war der Wasserstand der Rhone mehr und mehr zurückgegangen. Bei unserer Ankunft in Lyon stand er schon seit einigen Tagen 30 cm unter dem als kleinstes Niedrigwasser der Regulierung zu Grunde liegenden Niedrigwasserstand vom Jahre 1878, eine Erscheinung, die nach Angabe der französischen Ingenieure in diesem Umfange seit sechzig Jahren nicht eingetreten war. Sämtliche Schiffahrt auf der Rhone war eingestellt; auch die Personendampfer, die sonst wöchentlich zweimal von Lyon nach Avignon hin und zurück fahren, waren außer Betrieb und lagen in der unteren Saone vor Anker. Der einzige Dampfer, der bei 80 cm Tiefgang allenfalls die Fahrt wagen durfte, war das Dienstfahrzeug des Chefingenieurs Girardon. Dieser trug indessen Bedenken, die, wie wir später uns überzeugen konnten, in der That nicht unbegründet waren, und schlug vor, einige Tage mit der Fahrt zu warten. Unter Hinweis auf frühere Zeiten, wo der niedrigste Wasserstand der Rhone immer nur wenige Tage angehalten hatte, rechnete er sicher auf baldiges Eintreten eines höheren Wasserstandes, bei dem die Befahrung mit weniger Gefahr verbunden sein würde. Allerdings bestätigte diese Hoffnung sich nur in geringem Maße; die Trockenheit, das schönste Wetter und der tiefe Wasserstand von 20 bis 30 cm unter Niedrigwasser hielten den ganzen Monat November hindurch an.

Inzwischen stellte Girardon uns die Stromkarten und Zeichnungen des Längengefalles der Rhone für Gewinnung eines Ueberblickes zur Verfügung und erläuterte in täglichen

Zusammenkünften in entgegenkommendster Weise die technische Eigenart der Rhone und ihrer Regulirung, die angestellten Versuche und Beobachtungen, die bestehenden Schwierigkeiten, die gewonnenen Erfahrungen und auch die erzielten Misserfolge. Es war höchst fesselnd, auf diese Weise einen Einblick in die Arbeitskammer dieses bedeutenden Mannes zu gewinnen.

Girardon ist in dreifacher Thätigkeit wirksam. Als Chefingenieur der Rhone ist er die selbständige Spitze der Strombauverwaltung und dem Minister der öffentlichen Arbeiten unmittelbar unterstellt; als Departementsingenieur des Département du Rhône ist er der technische Beirath des Préfecten in Lyon, als Professor der Nationalökonomie hält er an der Handelsschule in Lyon regelmässige Vorlesungen. An der Rhone sind ihm die Localbeamten in Lyon (Hr. Clarard), in Valence (Hr. Godard), in Avignon (Hr. Armand) und in Arles (Hr. Domergue) unterstellt, von denen jeder für etwa 80 km Stromlänge acht technisch vorgebildete „conducteurs“ und „commis“ für den Bureau- und Außendienst zur Verfügung hat. Der Ingenieur Clarard ist als ältester Localbeamter zugleich Stellvertreter des Chefingenieurs. Die jährlichen Ausgaben für die Unterhaltung der Rhone von Lyon bis zur Mündung betragen etwa eine Million Franken.

Neben den täglichen Vorbesprechungen wurden auf Empfehlung Girardons auch die in der Nähe Lyons liegenden Wehranlagen der Saone bei La Mulatière und bei Ile-Barbe besichtigt, sowie die für Gewinnung von Betriebskraft oberhalb Lyons im Bau begriffene Umleitung der Rhone, eine besonders grosartige Anlage, die Regierungs-Baumeister Orloff dann in einer besonderen Angabe näher beschrieben hat.*)

Da auf der Rhone ein wesentliches Ansteigen des Wasserstandes nicht eintreten wollte, so entschloß sich Girardon nach achttägigem Warten — er merkte wohl auch unsere Ungeduld —, die Fahrt auf der Rhone zu wagen. Am 20. November 1897 begann die Befahrung, an der in vollem Umfange aufser Girardon noch der Ingenieur Hr. Godard aus Valence und der Director der „compagnie générale de la navigation du Rhône“, Hr. la Rue, auf einzelnen Strecken die Ingenieure aus Arles und Avignon theilnahmen. Uebernachtet wurde zunächst in Tournon. Als am nächstfolgenden Tage kurz unterhalb Valence bei Kil. 124 der Pafs von Fraysse unter einigen unsanften Berührungen mit der steinigen Sohle glücklich überwunden war, stellte Girardon offenbar frohen Herzens die Weiterfahrt „jusqu' au bout“ in Aussicht und hat uns bis zum 22. November die Rhone hinab bis zur Mündung ins Meer begleitet, wobei er uns in zuvorkommender Weise auf die einzelnen Bauwerke aufmerksam machte, die vorliegenden Schwierigkeiten auseinandersetzte, einzelne Entwürfe zu Sonderausführungen uns erläuterte, dabei den freigebigsten Wirth spielte und uns auch an der „beau paysage“ des Rhoneufers nicht achtlos vorüberfahren liefs. Es war eine wundervolle Fahrt. Auf der Rückreise von St. Louis mit der Bahn haben wir dann noch die Kaianlagen von Marseille, Arles und Avignon eingehend besichtigt.

Die Rhone ist in der That ein eigenartiger Strom. Insofern sie die einzige Wasserstrasse bildet, die vom mittelländischen Meere aus auf nennenswerthe Entfernung sich

nach Norden erstreckt, reicht die Geschichte ihrer Schifffahrt bis in die ältesten geschichtlichen Zeiten zurück. Die allgemeine Geschichte der Rhone ist der Oeffentlichkeit bekannt geworden durch das 1892 herausgegebene, eingehende Werk „le Rhône, historie d'un fleuve“, von Charles Lenthéric, ingénieur des ponts et chaussées, das auf dem Binnenschiffahrts-Congresse in Paris 1892 an die Abgeordneten der fremden Staaten zur Vertheilung gelangte. Aufser mehreren Einzelheiten, die sich zerstreut im ganzen Werke finden, bietet insbesondere das 11. Capitel in Band II, Seite 498 bis 549 unter der Ueberschrift „le Rhône moderne“ eine hydrotechnische Beschreibung dieses Flusses und seiner Regulirung, die um so werthvoller ist, als sie ebenfalls durchweg auf amtlichem Material beruht und vielfach auf Erläuterungsberichte zu aufgestellten Entwürfen oder auf Sonderberichte Bezug nimmt. Die Schriften von Girardon und Lenthéric ergänzen sich gegenseitig in glücklicher Weise. Leider fehlt dabei eine zusammenhängende Stromkarte in angemessenem Mafsstabe, wie solche im Mafsstabe 1:20000 bei der Strombauverwaltung der Rhone vorhanden ist. Im öffentlichen Buchhandel sind nur die Karten des Generalstabes im Mafsstabe 1:80000 erlangbar, haben aber für diesen Zweck keinen Werth, da sie die Strombauwerke nicht enthalten, sondern den Zustand vor der Regulirung darstellen. Von Nutzen erschien mir eine im Mafsstabe von etwa 1:900000 gezeichnete hydrographische Karte des ganzen Rhonegebietes, die im Jahre 1858 unter der Leitung des Chefingenieurs der Rhone, Herrn Kleitz, hergestellt und öffentlich käuflich ist. Aus ihr ist diesem Berichte eine hydrographische Uebersichtskarte (Abb. 7 Blatt 37 u. 38) der Rhone in verkleinertem Mafsstabe beigegeben.

Die Rhone entspringt 1752 m hoch über dem Meere auf dem Rhonegletscher seitlich vom Furka-Pafs, dem westlichen Gletscher der St. Gotthard-Gruppe. Von dieser Höhe fällt sie auf 30 km Länge bis Brig auf 770 m und bis zum Genfer See auf 374 m über dem Meere. Bis Martigny in südwestlicher, dann bis zum Genfer See in nordwestlicher Richtung durchströmt sie den Schweizer Canton Wallis, „la vallée par excellence“. Die Berner Alpen, die Penninischen und Lepontischen Alpen, deren höchste Kuppen in der Jungfrau, dem Finsterarhorn, Simplon, Monte Rosa bis über 4000 m sich erheben, begrenzen das Thal mit ihren sich eng an einander reihenden Gletschern, deren Ausdehnung so gewaltig ist, dafs die Rhone oberhalb Gens 1037 qkm oder 13 v. H. des Niederschlagsgebietes an Gletscherfläche besitzt, während am Rhein oberhalb Basels nur 750 qkm oder 2 v. H. des Stromgebietes von ewigem Eise bedeckt sind. Einzelne Zuflüsse, wie die Viège (Visp) und die Dranse führen vom Monte Rosa und dem Grosen St. Bernhard bei Hochwasser mehr Wasser als die Rhone selbst. Mit einem Längsgefälle über 1:300 ist die Rhone von Brig bis St. Maurice hin, wo das Delta im Genfer See beginnt, ein Gebirgsflufs. Bei Durchströmung des Genfer Sees äufsert sich nach Lenthéric Angaben eine wahrnehmbare Schwankung des Wasserstandes. Sowohl in der Längen- wie in der Querrichtung pflanzen sich regelmässige Wellenbewegungen fort, deren Schwingungsdauer bei Genf etwa 72 Minuten betragen soll. Die Länge des Sees ist 73 km, die grösste Breite 14 km, die Oberfläche rund 60000 ha grofs. (Der Bodensee ist 52830 ha grofs

*) S. Centralblatt der Bauverwaltung, Jahrgang 1900.

und liegt 21 m höher als der Genfer See.) Der Höhenunterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande im Genfer See ist 2,8 m; im Durchschnitt ändert sich der Wasserspiegel des Sees nur um 1,15 m (der Bodensee um 2,13 m), sein durchschnittliches Aufspeicherungsvermögen beträgt rund 700 Millionen cbm (am Bodensee 1125 Millionen cbm). Der Hochwasserstand des Genfer Sees tritt gewöhnlich im August, das Niedrigwasser im März ein. Eine gesetzmäßige, vereinbarte Anspannung des Genfer Sees zwecks Aufspeicherung des Wassers zu gunsten der Schifffahrt findet nicht statt, was Girardon gelegentlich des herrschenden Niedrigwassers sehr bedauerte. Am Ausflusse der Rhone aus dem Genfer See sind große Turbinen aufgestellt, die für die Beleuchtung der Stadt Genf und für gewerbliche Zwecke elektrische Betriebskraft liefern. Die Wassermenge der Rhone beim Ausflusse aus dem Genfer See schwankt im allgemeinen zwischen 80 und 550 cbm. Gleich der erste Zufluß, den die Rhone dicht unterhalb Genfs aufnimmt, die Arve, die vom Mont Blanc her bei Niedrigwasser 35 cbm, bei Hochwasser 700 cbm, also mehr Wasser zuführen soll, wie das fast viermal größere Gebiet der oberen Rhone, zeigt den mildernden Einfluß, den der Genfer See auf die Hochwasser der Rhone ausübt.

Von Genf bis Bellegarde fließt die Rhone auf 50 km Länge zwischen hohen, steil abfallenden Kalksteinfelsen mit einem Durchschnittsgefälle von rund 1:500, eine fast ununterbrochene Reihe von Wasserfällen bildend. Der unterirdische Lauf der Rhone („la perte du Rhône“) bei Bellegarde besteht zwar nicht mehr, da sie freigelegt ist, aber an Schifffahrt ist oberhalb Bellegardes nicht zu denken. Erst mit Erweiterung des Thaies und Verringerung des Gefälles auf etwa 1:700 wird diese unterhalb Bellegardes möglich, hat aber bis Lyon hin keine Bedeutung. Abgesehen von einigem Ortsverkehr, so z. B. aus den Asphaltminen von Pyremont nach Seyssel u. a. gehen nur geringfügige Holz- und Steinmengen zu Thal, zu Berg dagegen fast nichts. Der Schifffahrt sind hier besonders die Stromschnellen in den Thalengen von Pierre Chatel, von Bugey und von Le Sault hinderlich. Zwischen diesen Thalengen oder vielmehr Felsen-thoren liegen seenartige Erweiterungen des Stromthals, besonders unmittelbar oberhalb Lyons, wo die Rhone das Thal-gelände in einer großen Zahl kleiner Flusarme durchfurcht hat. Girardon beschreibt den hier hergestellten Canal von Miribel und die Mißerfolge, die mit diesem Canal erreicht sind, so eingehend, daß hier davon abgesehen werden kann. Neuerdings ist hier auf 15 km Länge die „dérivation du Rhône“, die auch der Schifffahrt dienen soll, angelegt worden.

Die Saone, die bei Lyon mündet, bildet ihrer Natur nach den geraden Gegensatz zur Rhone. Während letztere als ein Strom der Alpen im Winter, wo ihr Niederschlagsgebiet in Eis und Schnee liegt, den niedrigsten Wasserstand hat und im Sommer, wo der Sonne Strahl an den Gletschern nagt, ihr Hochwasser empfängt, entspricht die Saone, die den bewaldeten, regenreichen Höhen der Vogesen entströmt, unseren norddeutschen Flüssen, die im Sommer ihren niedrigsten, im Frühjahr ihren höchsten Stand erreichen. Die Saone ist der natürliche Regulator der Rhone. Abwechselnd speist bald der eine, bald der andere Zufluß vorwiegend den Hauptstrom unterhalb Lyons. Dabei überwiegt das

(28548 qkm große) Niederschlagsgebiet der Saone nicht unwesentlich das (19267 qkm große) Gebiet der Rhone bei Lyon.

Das Stromgebiet der Rhone unterhalb Lyons zeigt am rechten Ufer (coté royaume) nur eine geringe Breite (von 17 bis 90 km); die wesentlichsten Zuflüsse kommen von den Cottischen Alpen und den Seealpen auf dem linken Ufer (coté empire). Die beiden größten Nebenflüsse des linken Ufers sind die Isère mit 11295 qkm und die Durance mit 14814 qkm, beides wilde Gebirgsflüsse, die zur Hochwasserzeit außerordentliche Wassermengen und schweres Geschiebe dem Hauptstrom zuführen. Bei Niedrigwasser bieten beide Flüsse den Anblick großer Steinwüsten, in denen ein winzig kleines Flüschen mit vielen Windungen sich entlangzieht. Beide sollen zu römischer Zeit schiffbar gewesen sein, wenigstens ist das Bestehen besonderer Schiffergilden sowohl für diese Flüsse, wie auch für die Ardèche und Ouvèze geschichtlich verbürgt. Auch die Drome, Baume, Roubion, Cèze, Aigues Sorgues sind Wildbäche, die bald trocken liegen, bald gefährliche Anschwellungen erleiden. Die Nebenflüsse des rechten Ufers, die von den naheliegenden, über 1000 m hohen Kuppen der Cevennen mit starkem Gefälle herunterstürzen, sind dabei meistens noch wilder und wasserreicher als die des linken Ufers.

Ueber die verhältnismäßig große Ergiebigkeit des Niederschlagsgebietes der Rhone und ihrer Nebenflüsse habe ich aus den Angaben Girardons und Lenthéric's unter Benutzung der hydrographischen Karte eine Uebersicht zu schaffen gesucht und in der nachstehenden Zusammenstellung wiedergegeben. Zum Vergleich habe ich einerseits den Rhein herangezogen, andererseits die Elbe, Oder und Weichsel. Aus

Vergleich des Wasserreichthums der Rhone mit demjenigen des Rheins, der Elbe, Oder und Weichsel.

Nr.	Fluß	Stromstelle	Größe des Flußgebiets qkm	Ergiebigkeit beim Niedrigwasser		Ergiebigkeit beim Mittelwasser		Ergiebigkeit bei Hochwasser	
				cbm	Liter pro qkm	cbm	Liter pro qkm	cbm	Liter pro qkm
1	Weichsel	Montauer Spitze	192 814	240	1,2	1330	6,9	8250	42,8
2	Oder	bei Breslau	20 600	—	0,76	—	—	—	63,7
	„	„ Schwedt	110 000	—	1,47	—	—	—	39,0
3	Elbe	„ Torgau	55 162	63	1,1	274	4,9	4500	81,6
	„	„ Magdeburg . .	94 046	123	1,3	467	4,9	—	—
	„	„ Lauenburg . .	134 933	175	1,3	639	4,7	—	—
4	Rhein	„ Linz	140 039	608	4,3	1879	13,4	11 000	78,5
	„	„ Cöln	144 612	675	4,6	2087	14,4	10 300	71,2
	„	„ Rees	159 683	787	4,9	1983	12,4	9250	57,9
5	Rhone	„ Genf	6 901	70	10,1	—	—	575	83
	„	„ oberhalb Lyons . .	19 267	130	6,8	—	—	5600	291
	„	„ unterhalb d. Saone	47 815	150	3,1	—	—	7000	146
	„	„ unterh. d. Isère .	63 564	250	3,9	—	—	9625	151
	„	„ d. Ardèche . . .	71 114	300	4,2	—	—	11 900	167
	„	„ d. Durance . . .	91 150	370	4,1	1712	18,8	13 900	152
6	Ain	an der Mündung . .	3 512	—	—	—	—	3200	911
7	Saone	„ „ „ . . .	28 548	—	—	—	—	3700	129
8	Isère	„ „ „ . . .	11 295	—	—	—	—	2575	228
9	Durance	„ „ „ . . .	14 814	—	—	—	—	6000	405
10	Arve	„ „ „ . . .	1 946	35	18,0	—	—	700	360
11	Drome	„ „ „ . . .	1 736	—	—	—	—	1750	1008
12	Ardèche	„ „ „ . . .	2 429	—	—	—	—	7000	2882

dieser Zusammenstellung geht die große Aehnlichkeit zwischen Rhone und Rhein bei Niedrigwasser hervor, sowie die That-sache, daß beide Ströme ein derartiges Niedrigwasser, wie es Elbe, Oder und Weichsel führen, nicht kennen. Die Wasserführung der Rhone und des Rheins entspricht viel-

mehr bei Niedrigwasser einer Ergiebigkeit des Flußgebietes, die an der Elbe, Oder und Weichsel erst bei Mittelwasser vorhanden ist. Dieser Wasserreichtum, der sich aus dem Vorhandensein des Genfer Sees und des Bodensees, aus den alpinen Zuflüssen und den Abflüssen der Mittelgebirge herleitet, kommt der Schifffahrt natürlich wesentlich zu statten. Abweichend von allen deutschen Strömen, auch abweichend vom Rhein leidet die Rhone aber an übermäßig großem Hochwasser. Die Hochwasserführung der Rhone entspricht einer Ergiebigkeit von 151 bis 291 Liter/qkm und steigt bei kleineren Nebenflüssen noch weit über dieses Maß hinaus, während unsere norddeutschen Ströme kaum über 80 Liter/qkm hinauskommen. Die Rhone muß daher durchweg als ein mächtiger Gebirgsstrom betrachtet werden. Michelet nennt ihn in seiner „histoire de France“ einen „taureau furieux descendu des Alpes, qui court à la mer“. Lenthéric schreibt die Ursache der großen Hochwassermengen außer der geographischen Lage hauptsächlich der fast vollständigen Entwaldung der Gebirge zu. Wäre dies der Fall, so böte die Rhone allerdings ein erschreckendes Beispiel, zu welchen Zuständen eine Vernachlässigung der Waldwirtschaft zu führen vermag. Auch in Frankreich sind Bestrebungen auf Wiederaufforstung der Abhänge im Gange; so ist z. B. der Mont Ventoux, nordöstlich von Avignon, zum größten Theil neu bepflanzt worden, aber dem Fortkommen dieser Culturen ist ein anderer Umstand hinderlich. Durch die Entwaldung der Höhen ist der „Mistral“, ein Sturmwind aus Nordost, der von den Höhen der Cevennen und Vavaraise von Zeit zu Zeit das Rhonethal mit außerordentlicher Heftigkeit heimsucht, groben Sand und Kies aufwirbelt, die jungen Pflänzlinge abbricht oder im Schutt begräbt, eine noch heftigere Landplage geworden, als der „boreas“ des Strabo es schon in alter Zeit gewesen zu sein scheint. Zum Schutz der Culturen gegen den Mistral, der oft mehrere Tage hinter einander anhält, findet man vielfach auf den Höhen Steinmauern errichtet, hinter denen auch Hirt und Heerden Schutz suchen. Was die reichlichen Niederschläge gelockert haben, führt der Mistral sonst in großen Staubwolken fort, sodaß die Anhöhen fast von jeder Spur von Mutterboden entblößt und unbedeckt sind. Der Boden ist daher fast undurchlässig, die starken Niederschläge fließen fast in vollem Umfange dem Strome zu.

Aus diesen Vorbedingungen ergibt sich neben der großen Hochwassermenge naturgemäß auch die außerordentliche Geschiebeführung, an der die Rhone und besonders ihre Nebenflüsse leiden. Einen Beweis für die Geschiebebewegungen der Durance bieten z. B. die berühmten „craus de Provence, de Languedoc, d'Arles und de St. Remy“, die sich zwischen Avignon und Marseille als die alten Schuttkegel der Durance darstellen. Es sind dies Steinablagerungen ohne jede Beimischung von Humus in einer Ausdehnung von rund 20 000 ha, denen erst in neuerer Zeit durch die Canäle von Craponne aus der oberen Durance, von Cadenet her, im Wege der Bewässerung wenigstens zum Theil eine Bedeckung gegeben ist.

Diesen vorgeschichtlichen, geologischen Bildungen steht die Entwicklung des Rhonedeltas in der geschichtlichen Zeit gegenüber. Arles lag noch am offenen Meer, als die Phoker 599 v. Chr. G. dorthin übersiedelten, der römische Feldherr

Marius grub bereits einen Canal zur Verbindung von Arles mit dem Meer. Am bekanntesten ist die Thatsache, daß der Leuchtturm von St. Louis, der jetzt 8 km landeinwärts liegt, im Jahre 1737 am offenen Meere erbaut worden ist. Aus dem regelmäßigen Fortschritt des Deltas, der auch jetzt noch statt hat, ist hergeleitet worden, daß die Rhone im Jahr durchschnittlich 21 Millionen cbm Sinkstoffe ins Meer führt.

So beträchtlich diese Mengen sein mögen, so haben sie doch mit der eigentlichen Geschiebeführung der Rhone nichts zu thun. Wohl nirgends tritt der Unterschied zwischen Sinkstoff- und Geschiebeführung so klar zu Tage wie an der Rhone. Die Sinkstoffe, die bei und unterhalb Arles' sich im Rhonedelta abgelagert haben, bestehen ausschließlich aus feinem Sand mit geringen Kalk- und Thonbeimischungen. Dieser feine, staubförmige Sand ist anscheinend dem Rhonewasser in derselben Weise beigemischt, wie bei unseren Strömen der Schlick, nur daß der Sand das Rhonewasser nicht sehr trübt, sondern so klar läßt, daß bei geringer Tiefe, bis zu 1,5 m etwa, die Beschaffenheit der Sohle zu erkennen ist. Am 22. November zeigte Girardon uns in der kleinen Rhone, die sich oberhalb Arles' westwärts nach St. Maries abzweigt, einen in der Ausführung begriffenen Regulierungsbau, der mir hierfür eine Bestätigung zu bieten scheint. Ich verbinde mit der Beobachtung zugleich die Schilderung des Bauwerkes. Der Canal von Beaucaire nach Aigues-Mortes, der die Binnenschifffahrtsverbindung von der Rhone nach Cette bildet, genügt seinen Zwecken nicht mehr,

insbesondere wäre die Schleuse bei Beaucaire, die nach den Andeutungen (Text-Abb. 1) im Viertelkreisbogen gebaut ist, neu herzustellen. Zur Abkürzung der Canalverbindung und Kostenersparnis beabsichtigt man nun,

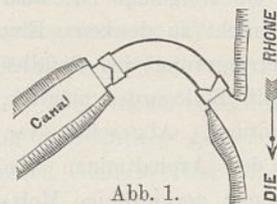


Abb. 1.

das obere Ende des Canals aufzugeben und die Schifffahrt in der kleinen Rhone entlang zu führen, etwa bis St. Gilles. Von dort soll dann ein Verbindungscanal mit Schleuse die Schiffe dem zu erweiternden unteren Ende des bestehenden Canals nach Cette zuführen. Bei Regulierung der kleinen Rhone, die also in Frage kommt, handelte es sich um eine gekrümmte Stromstrecke kurz unterhalb ihrer Abzweigung. Veranschlagt waren die Bauten in Massivbau als Steinschüttung. In der Einbuchtung des linken Ufers, wo ein Leitwerk *a b* in Niedrigwasserhöhe, die Bühnen oder Querbauten 1 bis 4,

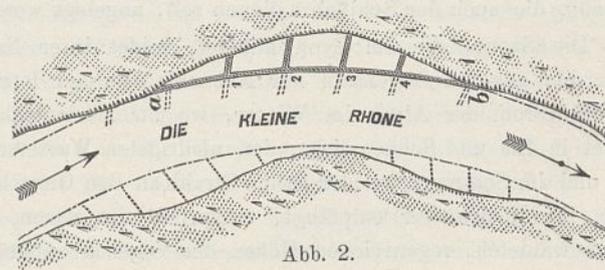


Abb. 2.

sowie die vorliegenden Stromschwelen geplant waren (Text-Abb. 2), hielt man auch hieran fest. Auf dem rechten ausbuchtenden Ufer wurden indes „clayonnage“-Bauten, die unseren Schlickzäunen ähnlich sind, angewandt. Jedes dieser

Werke bestand aus einer Reihe von etwa 15 cm starken Pfählen, die quer zum Strom in 1 m Abstand mit der Handramme senkrecht eingetrieben waren. Auf der stromaufwärts liegenden Seite dieser Pfahlreihe wurden 2 m breite Rahmen aus Latten, deren Fläche ein mattenartiges Weidengeflecht ausfüllte, heruntergeschoben, vom Strom gegen die Pfähle gedrückt und hier mit Draht befestigt. Die Länge der Rahmen war je nach der Tiefe verschieden bemessen, sodass sie oben eine von Niedrigwasser allmählich nach dem Ufer zu ansteigende Linie bildeten, entsprechend der beabsichtigten Oberfläche der Sandbank, und unten etwas in den Boden hineinreichten. Die Wassertiefen waren bis 3 m groß. Weder der Kopf der Pfahlreihen, noch der Fuß der Zäune war durch Steine gesichert, die Köpfe schnitten nach dem Strome zu auch senkrecht ab. Eine Reihe von Zäunen, die 14 Tage vor unserem Besuche ausgeführt waren, hatte bereits in der oberen Ausbuchtung des Ufers eine vollständige Verlandung und eine regelmäßige Ausbildung des Ufers erzeugt. Hinter einem in Ausführung begriffenen und vom Lande aus in halber Länge fertigen Zaun hatte am Morgen unserer Besichtigung sich innerhalb zwei Stunden bereits eine Sandwelle von etwa 10 m Breite und 40 cm Höhe mit steil abfallenden Rändern angesammelt, dabei war das Wasser der Rhone so klar, dass man die Beschaffenheit der Sohle erkennen konnte. Der Umstand, dass bei Niedrigwasser und bei anscheinend voller Reinheit des Wassers sich doch eine so bedeutende Sinkstoffbewegung vollzog, war trotz der ausbuchtenden Lage des Ufers überraschend und weist darauf hin, dass das Rhonewasser wahrscheinlich sehr oft mit den feinen Sinkstoffen, wie sie sich hier und auf der Barre ablagern, gesättigt sein muß.

Ganz anderer Art ist die Geschiebepbewegung auf der Rhone oberhalb Arles', wo es sich um grobes Gerölle oder mindestens um groben Kies handelt. Diese Bewegung geht anscheinend nur bei hohen Wasserständen vor sich, vollzieht sich also mit Unterbrechungen. Bei Befahrung der Rhone fällt dabei die eigenthümliche Erscheinung auf, dass bei Soujean (kurz oberhalb Arles'), wo das Gefälle der Rhone unvermittelt von 1:3846 in 1:43478 übergeht, sich also um mehr als das zehnfache abschwächt, auch in der Größe des Geschiebekorns ein unvermittelter Wechsel bemerkbar ist. Der Charakter des Stromes wird plötzlich ein ganz anderer; die Breite verdoppelt sich. Die Grenze zwischen dem groben Kies der Rhone und dem feinen Sand des Deltas kann auf der Sandbank, die am unteren Ende der beiderseitigen Leitwerke liegt, örtlich scharf gezogen werden. Dabei ist ein merkbares Vorrücken dieser Kiesgrenze stromabwärts, wie solche bei lebhafter Geschiebepbewegung vom Oberstrom her gefolgert werden müßte, nicht beobachtet, auch eine entsprechende Ansammlung von Kiesmassen nicht bemerkbar. Die Kieszufuhr der Rhone kann daher nicht sehr beträchtlich sein. So wild die Strömung bei Hochwasser sein mag, so stark die Veränderungen der Ufer und Vorländer nach Maßgabe der hervorgerufenen Umgestaltungen sein mußten, die Thatsache, dass der Gefällbruch bei Soujean sich überhaupt hat bilden und bis jetzt an derselben Stelle sich hat erhalten können, läßt es zweifelhaft erscheinen, dass große Geschiebemassen in regelmäßigem Fortschritt in der Rhone zu Thal wandern. Die Geschiebeführung der

Rhone findet jedenfalls in Soujean ihre Grenze, die Sinkstoffe des Deltas, die der Strom schwebend fortführt, sind anderer Art.

Gleichviel ob die Sinkstoffe nun von den einzelnen Zuflüssen der Rhone zugehen, ob der Mistral sie südwärts führt oder ob sie aus dem Abrieb des Geschiebes ihre Herkunft nehmen, ihrer großen Menge ist es jedenfalls zuzuschreiben, dass es bisher nicht gelungen ist, auf der Barre in der Mündung der Rhone eine Wassertiefe von mehr als 2 m zu erzielen. Allerdings kann auch von einem ernstesten Vorgehen, Besserung zu schaffen, nicht geredet werden. Der alte Festungsbaumeister Vauban erklärte die Mündungen der Rhone einst überhaupt für „incurables“. Das Einzige, was geschehen ist, besteht in der Anschüttung eines Hochwasserleitdammes von St. Louis ab auf dem linken Ufer bis über die Lotsenstation hinaus zur Mündung. Dieser Leitdamm hat aber neben der Aufgabe, den Wassermassen der Rhone wenigstens auf der einen Seite eine Führung nach der Barre hin zu leihen, ebenso sehr den Zweck, einen Durchbruch der Wassermassen in den Golf von Fos und eine Versandung dieses Meerbusens zu verhüten, aus dem seit 1870 vom Hafen von St. Louis aus ein 3,5 km langer Seecanal mit 6 m Tiefe und 60 m Sohlenbreite den Seeverkehr zur Rhone vermittelt. Der 14 ha große Hafen von St. Louis, nach dem Seecanal hin offen, ist nach der Rhone durch eine Schleuse (160:22:7,5 m) abgeschlossen. Die Umladung vollzieht sich im Hafen. Hier ist auch die einzige Verbindung zwischen Rhoneschiffahrt und Eisenbahn. Die Eisenbahngesellschaft Paris—Lyon—Méditerranée hat sonst jede Verbindung zwischen Eisenbahn und Rhone zu Zwecken des Verkehrs bisher schroff abgelehnt, selbst in Lyon.

Die Mündung der Rhone bietet ein eigenartiges Bild. Das Land geht ganz allmählich in Wasser über. Je nach der Richtung und Stärke des Windes schwankt die Wasserspiegelgrenze in großen Abständen. Die Ebbe und Fluth ist kaum spürbar, die Höhe der Windfluth beträgt nach Lenthéric nur 60 cm. Je nach dem Wasserstande wird eine größere oder geringere Zahl von Inseln (theys) sichtbar, zwischen denen ein bald schwächerer, bald stärkerer sandgesättigter Strom hindurchzieht und die Grenze des festen Landes immer weiter ins Meer vorschiebt.

Auf der etwa 50 km langen Strecke von St. Louis bis Soujean, wo die Breite der Rhone von 900 m auf 500 m abnimmt, sind auch bei Niedrigwasser größere Sandbänke nicht sichtbar. Das Ufer ist an vielen Stellen scheinbar zufolge des Wellenschlages in Abbruch. Das Gefälle ist außerordentlich gering, die Tiefen mehr als ausreichend groß. Eine besondere Bedrohung der Ufer durch die Strömung findet im allgemeinen nicht statt. Zu umfassenden Regulierungen lag daher kein Anlaß vor, und nur an wenigen Stellen sind Buhnen in großen Abständen, dann aber auch in beträchtlicher Länge sichtbar, nur vereinzelt sind niedrige Leitwerke und Stromschwelen angelegt. Bisher waren diese Bauwerke ebenso wie an der oberen Rhone in massiver Steinschüttung errichtet; da indes in dem feinen Sande häufig Versackungen eintraten und Nachschüttungen erforderlich machten, sollen hier neuerdings auch leichtere Werke (œuvres de clayonnage) zur Verwendung kommen, nachdem die angestellten Versuche günstig ausgefallen sind. Die

eigentliche Rhoneregulierung erstreckt sich auf diese Strecke sonst nicht, sie reicht nur von Lyon bis Soujean, d. h. bis zu dem Brechpunkt des Gefälles 7 km oberhalb Arles' und 3 km oberhalb der Abzweigung der kleinen Rhone. Diese seit einer Reihe von Jahren mit Aufwendung außerordentlicher Geldmittel betriebenen Arbeiten bildeten den Hauptgegenstand der Besichtigung und mögen nachstehend, soweit ein Eingehen auf dieselben angezeigt erscheint, beschrieben werden.

Die regulirte Rhone hat von Lyon bis Soujean eine Länge von 276 km. Das Stromthal ist in ganzer Länge auf beiden Seiten von hohen Bergzügen begrenzt, die mehrfach mit steilen Abhängen nahe an das Strombett herantreten. Insbesondere auf dem rechten Ufer liegen die größeren Höhen fast durchweg der Rhone sehr nahe, während am linken Ufer diese mehr vereinzelt vorspringen und zur Bildung der Thalengen von Givors, Tournon und Donzère Anlaß geben. Zwischen diesen Vorsprüngen breiten sich die fruchtbaren Ebenen von Valence, Montélimar, Orange und Avignon aus. Ueberall bietet die Gegend einen landschaftlich schönen Anblick, die Höhen sind vielfach von alten Burgen und Ruinen gekrönt, zahlreiche Festungswerke alter Zeit zeugen von den Kämpfen, die im Mittelalter hier getobt haben, die alten Culturstätten Vienne und Valence, das mächtige Städtebild von Avignon, die alten Amphitheater von Arles und Orange, die malerischen Bilder von Rochemaure und Rochemaure, von la Roche de Glun und zahllosen anderen landschaftlichen Schönheiten, die Ueberreste der alten Brücke St. Bénédet und viele geschichtliche Erinnerungen fesseln in ununterbrochener Folge das Auge, so daß die Befahrung der Rhone schon an sich eine der anregendsten Vergnügungsreisen bildet.

Das Rhonethal ist nicht breit, nur selten geht es über 2 km hinaus. Das Flußbett selbst war von Natur 300 bis 400 m breit, hat aber durch die Regulierung eine wesentliche Einschränkung erfahren, das Vorland besteht in seinem Untergrunde meistens aus Kies, der oben mit Sand überlagert ist. Gewachsener Felsen findet sich im Strombette selten. Da es der starken Strömung nicht schwer fällt, die oberen Sandmassen zum Abtrieb zu bringen, so ist das Vorland besonders an den Mündungen der Nebenflüsse von einer großen Anzahl von Stromarmen (lônes) durchzogen, die meistens recht beträchtliche Abmessungen angenommen haben. Zum Theil bis 200 m breit und bis unter Niedrigwasser ausgespült, müssen diese Nebenarme schon bei Mittelwasser der Rhone bedeutende Wassermengen entziehen, denn meistens sind sie unverbaut. An vielen Stellen, wo am unteren Ende eines derartigen Nebenarms die Regulierung des Hauptstroms zur Durchbauung desselben gezwungen hatte, waren die Abdämmungen nicht geschlossen, sondern in ihrer Mitte war eine wohl 50 m breite Oeffnung erhalten worden. Am oberen Ende waren die Nebenarme meist nur in Niedrigwasserhöhe geschlossen. Eine wesentliche Verlandung der Seitenarme war kaum zu bemerken, die Ufer lagen vielmehr an vielen Stellen im Abbruch. Besonders zahlreich und wichtig sind die Nebenarme zwischen St. Esprit und Avignon, wo selbst noch bei Niedrigwasser vollständige Stromspaltungen in großer Länge bestehen, so z. B. der Bras de Caderousse an der Mündung der Cèze, der Bras des

Arméniens u. a. Der Bras d'Avignon ist der einzige, der am oberen Ende hochwasserfrei abgeschlossen ist. Eine natürliche Folge des Fortbestehens der vielen Nebenarme ist das regelmäßige Auftreten von Untiefen im Hauptstrom an den Stellen, wo der Nebenarm abzweigt und wo er wieder einmündet. Bei dem niedrigen Wasser während der Befahrung waren besonders die letzteren Kiesbänke, die der Nebenarm in den Hauptstrom vorgeschoben hatte, an vielen Stellen deutlich zu erkennen, und es steht zu befürchten, daß diesen Schwierigkeiten, die ein Hochwasser in unabsehbarem Umfange herbeizuführen vermag, auch die beste Niedrigwasserführung nicht zu begegnen vermag. Eine Regulierung des Hochwassers stößt anscheinend aber wieder in anderer Hinsicht auf Bedenken, so daß hier eine wesentliche Lücke vor der Hand bestehen bleiben mußte.

Das Flußbett besteht im allgemeinen aus Kalksteingeröll, dessen Stärke dem Gefälle entsprechend abnimmt. Steine von 15 bis 20 kg Gewicht führt der Strom nicht selten über hohe Dämme hinweg, obwohl die Verlandungen hinter den Leitwerken im allgemeinen aus wesentlich leichteren Massen, theilweise sogar aus feinem Sand sich zusammensetzen. Die Schüttsteine, die bei den Bauten verwandt werden, sollen ein kleinstes Gewicht — dieses ist der Prüfstein ihrer Abnahme — von 60 kg aufweisen.

Das Gefälle der Rhone ist sehr verschieden. In großen Zügen erhellt es aus dem Längenschnitt (Abb. 2 Bl. 39) vom Jahre 1889 für die Strecke von Lyon bis St. Louis. Für die Strecke von St. Esprit bis Arles liefert der in Abb. 1 Bl. 39 dargestellte Längenschnitt der Rhone vom Jahre 1878 und 1884 eingehendere Angaben. Das Durchschnittsgefälle der Rhone berechnet sich danach

	km	m/km
1. von Lyon bis Tournon,	0 bis 90,	$J = 0,488 = 1 : 2050$
2. von Tournon bis Valence,	90 bis 110,	$J = 0,634 = 1 : 1580$
3. von Valence bis Donzère,	110 bis 170,	$J = 0,811 = 1 : 1230$
4. von Donzère bis St. Esprit,	170 bis 190,	$J = 0,713 = 1 : 1400$
5. von St. Esprit bis zur Cèze,	190 bis 215,	$J = 0,590 = 1 : 1690$
6. von d. Cèze b. z. Durance,	215 bis 245,	$J = 0,474 = 1 : 2110$
7. von d. Durance b. Soujean,	245 bis 276,	$J = 0,314 = 1 : 3180$
8. von Soujean bis St. Louis,	276 bis 323,	$J = 0,019 = 1 : 52630$

Aehnlich wie der Rhein zerfällt die Rhone also in zwei hydrographisch getrennte Theile. Am Rhein liegt der Scheidungspunkt des Oberlaufs vom Unterlauf in Bingen, an der Rhone bei Valence. Die Rhone oberhalb Valence vom Genfer See ab bildet ein Ganzes für sich, die Rhone von Valence bis Soujean ebenfalls. Auf letzterer Strecke nimmt das Durchschnittsgefälle so regelmäßig ab, daß sich dafür fast genau ein mathematischer Ausdruck setzen läßt. Das kilometrische Gefälle verringert sich hier auf jedes Kilometer um 0,0048 (beim Rhein um 0,00046, also den zehnten Theil). Der Längenschnitt der Rhone von Valence bis Soujean entspricht also fast genau einer Parabel von der Form $h = 0,0024 (326 - k)^2 - 4,4$. Der Scheitel der Parabel läge 3 km unterhalb St. Louis' und 4,4 m unter dem heutigen Meeresspiegel. Die Ausbildung des Längenschnitts der Rhone unterhalb Valence erfolgte anscheinend zur Eiszeit, wo die Gletscher der oberen Rhone und der Isère den Forschungen zufolge, die Lenthéric Band I Seite 43 anführt, bis Valence

hin gereicht haben sollen; das Rhonethal oberhalb Valence wäre postglacialer Natur.

Der Fluthwechsel der Rhone, d. h. der Unterschied zwischen dem größten Hochwasser von 1856 und dem niedrigen Wasserstande (étiage) von 1878 war zu Lyon 5,28 m, steigt bis Tournon auf 7,61 m, verringert sich bis zur Mündung der Drome, wo das größte Durchschnittsgefälle herrscht, auf 5,43 m und erreicht an der Mündung der Cèze seinen Höchstwerth von 8,62 m. Dieser Höchstwerth verringert sich bis Soujean nur wenig, sodafs bei Hochwasser zwischen Soujean und dem Meer sich ein Gefälle von rund 1:7000 ergibt.

Die Regulirung der Rhone bildete lange Jahre hindurch den Gegenstand vieler Entwürfe und Streitschriften. Eine Canalisirung des Stromes, wie solche bei anderen Strömen Frankreichs möglich war, liefs das starke Gefälle der Rhone nicht zu. Die Zahl der Schleusen wäre ins unmögliche gewachsen. Canalfreunde befürworteten daher die Ausführung eines Parallelcanals. Nach dem Vorgang älterer Entwürfe von Céard aus dem Jahre 1808 und von Cavenne aus dem Jahre 1822 schlug Krantz im Jahre 1873 einen Seitencanal auf dem rechten Ufer vor, dessen Kosten er auf etwa 100 Millionen Franken schätzte. Dabei war allerdings Marseille als Endpunkt nicht erreichbar. Auch die Städte Vienne, Valence, Orange, Montélimar, Avignon, Arles, die alle am linken Ufer liegen, hatten keinen Anschluß. Auf dem linken Ufer war der grofsen Nebenflüsse halber ein Canal aber nicht durchführbar, sodafs man auch diese Absicht aufgab und die Regulirung der Rhone versuchte.

Es lassen sich drei verschiedene Zeiträume unterscheiden, je nach der Art der befolgten Regulirungsgrundsätze und zwar:

1. Die Bauweise der Längsdämme und der Bedeichung bis zum Jahre 1880.
2. Der Ausbau der Krümmungen mit Grundschwellen etwa bis zum Jahre 1885.
3. Die Regulirung der Uebergänge seit 1885.

Als man sich entschlofs, die Rhone zu reguliren, sah man ein, dafs eine Einschränkung nöthig sein werde. Da das Geschiebe des Stromes schwerer war als die Bestandtheile des Ufers, so war der Strom an Breite fort und fort gewachsen und hatte an Tiefe verloren. Eine Befestigung des Ufers und Einschränkung der Breiten mufste dieser Entwicklung ein Ziel setzen. Als Bauweise wurden in Frankreich in allen ähnlichen Fällen früher Längsdämme angewandt, die bis Mittelwasser oder etwas darüber hinaufreichten. Als Normalbreite wurde

1. von Lyon bis St. Vallier das Mafs von 180 m
 2. von St. Vallier bis zur Isère . . . 200 m
 3. von der Isère bis zur Ardèche . . . 200 bis 250 m
 4. von der Ardèche bis Soujean . . . 250 bis 300 m
- zu Grunde gelegt. Die Höhe der Längsdämme wurde angenommen

1. von Lyon bis zur Isère auf 2,0 m über N. W.
2. von der Isère bis zur Ardèche 2,5 m „ „
3. von der Ardèche bis Soujean 3,0 m „ „

Nach Bewilligung der Geldmittel wurde energisch vorgegangen. Wie Girardon mittheilt, wurden von den bewilligten 45 Millionen Franken in der Zeit von 1878 bis 1884 rund 32500000 Franken ausgegeben.

Wohl waren nun in der ersten Zeit gewisse Erfolge dieses Vorgehens sichtbar. Der Wasserstand war der Einschränkung entsprechend gehoben, die Tiefe vermehrt. Aber es ist erklärlich, dafs bei mittleren und hohen Wasserständen durch die von den Längsdämmen und einer Reihe hochwasserfreier Deiche herbeigeführte Einschränkung auch eine Steigerung der Geschwindigkeiten bedingt wurde, die auf die Gestaltung der Sohle nicht überall in günstigem Sinne einwirken konnte. Wohl wurden einzelne tiefe Kolke, die aus dem unregelmäßigen Verlauf der Ufer herrührten, dadurch gemindert, dafs die Lage und Richtung der neuen Leitdämme sich in ununterbrochenen, regelmässigen Linien der allgemeinen Grundform des Stromlaufs anschlofs, dafs übermäfsig starke Krümmungen gemildert und die einzelnen Ausbuchtungen verbaut wurden, aber in den neu geschaffenen, regelmässig verlaufenden Krümmungen, die zum Theil der gegebenen Grundform entsprechend immer noch verhältnismässig stark sein mufsten und dem Strome dabei eine glatte Führung boten, bildete sich an Stelle der vereinzelt, sehr tiefen Kolke jetzt ein einziger, zusammenhängender tiefer Stromschlauch aus. Die früheren Unregelmässigkeiten, die vielen Wirbel und Querströmungen waren zwar beseitigt, aber in dem einheitlichen Strombette war die Kraft des Stromes in Richtung der Stromachse gewachsen, und im Verlauf der Krümmungen vergrößerten sich die Tiefen. Dementsprechend verringerte sich das Gefälle in den Krümmungen und vereinigte sich um so schärfer auf den Uebergängen. Das Ergebnifs war, dafs dem schärferen Gefälle auf den Uebergängen entsprechend sich eine Verminderung der Fahrtiefe einstellte. Allerdings entsprach die Lage des Uebergangs der Grundform, sie war auch unbeweglich und unverändert, aber mit der Vertiefung der Sohle in den Krümmungen festigte sich allzusehr der Zusammenhalt des Stromstrichs mit dem Ufer. Dicht an den Leitwerken zog sich ein allzu tiefer Stromschlauch entlang, der die Führung der Leitwerke so lange wie möglich festhielt, noch festhielt, wenn am andern Ufer zufolge der nächsten Krümmung sich bereits ein anderer, neuer Stromstrich ausbildete. Auf dem Uebergange zwischen diesen beiden Stromschläuchen fehlte die Verbindung. Es bildete sich die Eigenart des schlechten Passes: an jedem Ufer Thalsenkungen, zwischen denen in der Strommitte ein hoher Rücken liegen blieb. Und dieser Rücken war um so höher, der Uebergang um so schlechter, je schärfer die Tiefen in den benachbarten Krümmungen und die den Auslauf dieser Tiefen bildenden Thalsenkungen ausgeprägt waren. Der Längenschnitt nahm mehr und mehr eine treppenförmige Gestalt an, und je schärfer dieser Treppenschnitt ausgebildet war, desto geringer war die Fahrtiefe auf dem Uebergang.

Diesem Mifsstande suchte im Jahre 1880 der Chefingenieur der Rhone Jacquet durch Uebernahme der preussischen Grundschwellen zu begegnen. Auf dem Expertencongreß an den Donau-Katarakten hatte er im Jahre 1879 vom Herrn Geheimen Oberbaurath Kozlowski von der guten Wirkung der Grundschwellen an der Elbe und den übrigen preussischen Strömen gehört, kam 1880 nach Berlin, bereiste die Weichsel, Oder, Elbe und den Rhein und beantragte in seinem Berichte vom 28. September 1880 nach einer eingehenden Schilderung der deutschen Bauweise beim

Ministerium in Paris die Einführung der Grundswellen an der Rhone. Dieser Bericht Jacquets erscheint für die Regulirung der Rhone sowohl, wie auch vom allgemeinen technischen Standpunkte aus so bedeutungsvoll, daß er im Anhang auszugsweise wiedergegeben wird.

Anfangs scheint Jacquet mit seinem Antrage auf große Schwierigkeiten gestossen zu sein, setzte es aber schließlich durch, Versuche anstellen zu dürfen. Wie sehr dieses Vorgehen damals vielfach überraschte — zu einer Zeit, wo in Deutschland selbst die Stimmen über die Zweckmäßigkeit dieser Bauweise noch sehr getheilt waren und selbst von technischer Seite die Unzweckmäßigkeit der ganzen Stromregulirung nachzuweisen gesucht wurde —, geht insbesondere aus dem Werke des Directors der Moskwa-Schiffahrt Janicki, das der Baumeister Klett ins Deutsche übersetzt hat, hervor. Janicki bedauerte den Entschluß der Franzosen, erachtet die Gelder für fortgeworfen und war überzeugt, daß die Rückkehr zu den Canalisirungsentwürfen an der Rhone nicht lange werde auf sich warten lassen. Auch der Bevölkerung an der Rhone wollte es, wie Lenthéric sagt, anfangs nicht verständlich erscheinen, daß ein Fluß, der an zu geringer Tiefe litt, dadurch verbessert werden sollte, daß man die Stellen, wo wirklich noch Tiefen vorhanden waren, mit Steinwällen verbautete. Aber gleich die ersten Versuche fielen günstig aus, und bald sah man ein, die Deutschen hatten recht: „Die Tiefen consumiren das Gefälle“. Dieser Ausspruch, den Jacquet und Lenthéric beide als deutsches Schlagwort anführen, ist zwar bei uns wohl kaum allgemein bekannt und an sich wohl etwas dunkel. Aber an der Rhone folgerte man daraus, daß die großen Tiefen verbaut werden müßten, um Gefälle wiederzugewinnen, um zu verhindern, daß in den großen Tiefen das Gefälle verloren geht.

Mit außerordentlicher Beharrlichkeit sind dann an der Rhone fast in allen starken Krümmungen die großen Tiefen mit Grundswellen verbaut worden, sodaß der Umfang dieser Arbeiten die bei uns an Elbe und Rhein ausgeführten Arbeiten weit übertrifft. Der Abstand der meist in wagerechter Lage mit Kopfschwellen nach dem Ufer zu angelegten Werke ist im allgemeinen 75 m, ihre Krone liegt 2,5 m bis 4,0 m unter Niedrigwasser. Als Beispiel für die geschlossene Durchführung dieser Bauweise habe ich die Stromkarte von Kil. 226 bis 231 in Abb. 8 Bl. 37 u. 38 beigefügt, aus der hervorgeht, daß die Arbeiten sich fast vollständig auf die Verbauung der großen Tiefen in den gekrümmten Stromstrecken beschränkten. Noch deutlicher erhellt dies aus der in Abb. 1 Bl. 37 u. 38 dargestellten Strecke von Kil. 219 bis Kil. 233, wo die größten Tiefen und die Grundswellen eingetragen sind. Die französischen „épis noyés“ (Text-Abb. 3) bestehen aus Steinschüttung mit der Böschung 1:1 stromauf und 1:2 stromabwärts. Die Kronenbreite ist 1,0 bis 1,5 m. Vielfach ist stromabwärts ein Abfallboden aus Schüttsteinen angefügt. Ihre Richtung ist inclinant, ähnlich wie bei den Bühnen.

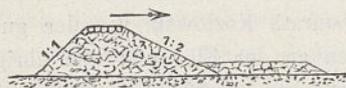


Abb. 3.

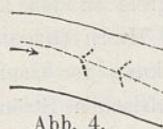


Abb. 4.

In der Mitte des Stromes, wo kein Anschluß ans Ufer möglich war, sind bisweilen auch sparrenartig angeordnete

Schwellen erbaut worden, um auf Verlandung hinzuwirken. (Text-Abb. 4.) Die Zahl solcher Werke ist indes gering. Wie Girardon bemerkte, ist ein wesentlicher Nutzen mit diesen Werken nicht erzielt worden, aber auch die entgegengesetzte Wirkung, die man nach der Wirkungsweise der gebrochenen Bühnen annehmen sollte, d. h. Auskolkung der Sohle, ist nicht beobachtet worden. Sie kommen fast nur auf Uebergängen oder kurz oberhalb derselben vor, selten in Krümmungen.

Die Herstellung der „épis noyés“ erfolgte unter Verwendung besonderer Vorrichtungen, die nach Art unserer Betonsenkstätten gefertigt sind. In Abb. 3 bis 10 Bl. 39 ist eine derartige Vorrichtung dargestellt. Diese Versenkgerüste haben sich bewährt und sind noch heute im Gebrauch, nachdem man von dem Versuche, Schütttrichter zu verwenden, die in eisernem Lattenwerk hergestellt waren, zurückgekommen ist. Die Oberfläche der Grundswellen wird mittels Taucherglocke und Taucheranzuges eingeebnet, die in der Krone liegenden Steine werden pflasterartig versetzt.

Dieser sorgfältigen Herstellungsart, die auch bei dem nach dem Ufer zu ansteigenden Theile angewandt wurde, ist es offenbar zuzuschreiben, daß die Grundswellen der Rhone trotz des starken Gefälles sich auch bei Niedrigwasser an der Oberfläche kaum kennzeichnen. Wiederholt habe ich mich bei ruhigem Wetter überzeugen können, daß auch bei Niedrigwasser auf den Grundswellen, deren Lage und Richtung allgemein am Ufer durch rothe Zeichen kenntlich gemacht war, kaum die Spur eines wehrartigen Ueberfalls wahrgenommen werden konnte. Das Gefälle war anscheinend ganz gleichmäßig, die Oberfläche des Wassers fast spiegelglatt. Erst wenn am Ende einer Reihe von Grundswellen die natürliche Flußsohle begann, trat das in starken Gefällstrecken übliche Aufwallen der Grundwirbel wieder ein. Wo eine Schwelle durchbrochen oder beschädigt war, gab sich dies an der Oberfläche durch örtlich begrenzte Beschleunigung der Geschwindigkeit zu erkennen. Die Verlandung der durchbauten Tiefen zwischen den Grundswellen war anscheinend größer als bei uns, obwohl eine vollständige Verlandung dort ebenfalls zu den Ausnahmen gehört.

Wesentliche Erfolge sind mit diesem Vorgehen an der Rhone nicht erzielt worden. Das Gefälle der Rhone ist trotz umfassender Verbauung der großen Tiefen kaum nennenswerth verändert. Ein Vergleich der Längenschnitte von 1878 und 1884 Abb. 1 Bl. 37 u. 38 läßt trotz der großen Zahl von Grundswellen, die 1882/83 auf dieser Strecke erbaut wurden, nur geringfügige Besserungen erkennen. Allerdings haben die Stromspaltungen dabei anscheinend verhängnisvoll mitgespielt. Immerhin konnte Girardon mit Recht sagen: „nous avons essayé de relever la pente avec des épis noyés; nous n'avons pas réussi d'une façon qui vaut la peine d'en parler“. Auf die Verbesserung der Tiefe auf den Uebergängen wirkte die Verbauung der großen Tiefen in den Krümmungen ebenfalls nur wenig ein. Wohl verringerten sich die Thalsenkungen etwas, die von den Krümmungen aus am Ufer entlang über den Wendepunkt der Grundform hinab- und hinaufreichten, aber der trennende Rücken, der schlechte Pafs blieb bestehen. Nach wie vor verlief der Stromstrich in getrennten Zweigen.

Es ist das Verdienst Girardons, diesen Uebelstand erkannt und anscheinend das richtige Mittel zur Bekämpfung desselben gewählt zu haben. Es ist bekannt, wie er auf

dem Haager Congress die Führung des Stromes auf den Uebergängen als Hauptgrundsatz in den Vordergrund stellte. Ausgehend von der Beobachtung, daß hohe und steile Ufer den Strom anziehen und die Bildung größerer Tiefen fördern, geht er darauf aus, in Krümmungen die einbuchtenden Ufer möglichst wenig hoch und möglichst wenig steil auszubilden. Er steht nicht auf dem vom Generalingenieur Fargue betonten Standpunkte, daß er zu gunsten einer größtmöglichen Beständigkeit der Sohlenlage in den Krümmungen die Ausbildung großer Tiefen zu fördern suchen sollte. Die Erfahrungen, die mit den hohen Längsdämmen an der Rhone gemacht waren, sind zu klar. Er verwendet in den Krümmungen daher nicht die Spiralvolute oder Lemniscate, die eine Steigerung der Krümmung auf den erreichbaren Höchstwerth zur Folge haben und daher auch die Steigerung der Tiefe auf den höchsten Werth herbeiführen müssen. Die Grundform der Rhone ist vielmehr aus einzelnen Kreisbögen zusammengesetzt mit der Maßgabe, daß einerseits in den Krümmungen möglichst große Halbmesser gewählt werden und daß andererseits das Krümmungsverhältniß vom Wendepunkt zum Scheitel der natürlichen Grundform sich anpassend in einzelnen Abstufungen thunlichst regelmäÙig zunimmt. Es sind also gewissermaßen Korbbögen. Lange gerade Linien sind vermieden, die Anzahl der Uebergänge bleibt thunlichst groß erhalten. In der Krümmung sucht Girardon die Lage der größten Tiefe nicht dem Ufer, sondern thunlichst der Strommitte zuzuschieben, wenn dies natürlich auch nicht überall möglich ist.

In gekrümmten Stromstrecken sind mit Leitwerken Versuche gemacht worden, deren Krone in der Höhe der erstrebten Sohle, also 2,5 m unter N.W. lag; indessen ist man hiervon zurückgekommen, da der Erfolg ausblieb. Girardon legt heute die Kronenhöhe der vorhandenen Leitdämme in der Krümmung auf 1,0 m über Niedrigwasser an und läßt sie nach dem Uebergange hin auf die Höhe von Niedrigwasser auslaufen. Von Lyon bis Valence sind die früher in 2,0 m über N.W. hergestellten Leitdämme bereits alle auf diese Höhe abgetragen, und mit den gewonnenen Steinen sind die Queranschlüsse nach dem Ufer hin verstärkt oder die Grundswellen ergänzt worden. Die alten Strombauwerke sind die Steinbrücke, denen die neue Bauweise zum großen Theil ihre Baustoffe entnimmt. Von Valence bis St. Esprit ist nach den neuen Grundsätzen erst wenig geschehen, ebenso sind auch abwärts von St. Esprit erst wenige Leitdämme abgetragen oder tiefer gelegt worden. In dem geringen Bedarf an neuen Baustoffen und in dem Bestreben Girardons, langsam und vorsichtig vorzugehen, liegt ein Hauptgrund für die von Girardon hervorgehobenen geringen Kosten der neuen Bauweise.

Das Hauptaugenmerk wird von Girardon auf den Ausbau der Uebergänge gerichtet. Zwischen Valence und St. Esprit waren noch mehrere Uebergänge in ihrer natürlichen Beschaffenheit vorhanden, die bei dem niedrigen Wasserstande der Befahrung uns in voller Schroffheit die Schwierigkeit vor Augen führten, denen die Schifffahrt und die Regulirung hier gegenüberstehen. Wenn stromab fahrend der Sand des ausbuchtenden Ufers allmählich ausläuft und das Wasser die ganze Breite des Stromes einnimmt, lenkt das Fahrzeug mehr und mehr quer zum Stromlauf einer wellenförmig, wild bewegten Fläche am gegenüberliegenden Ufer zu (Text-Abb. 5).

Aengstlich schaut der Lotse aus, denn auch das Dienstfahrzeug des Chefindgenieurs bediente sich bei der Thalfahrt der Hilfe der Lotsen. Unter fortwährendem Peilen am vorderen und hinteren Schiffsende, denn die Rhonedampfer sind im Verhältniß zur Breite sämtlich außerordentlich lang gebaut, gleitet das Schiff in möglichst langsamer Fahrt, aber doch in beschleunigtem Mafse eben noch steuerfähig über den steinigten Grund fort; hier und dort eilt es an einzelnen größeren Steinen vorüber, die bei dem klaren Wasser aus der Tiefe hervorleuchten; verschiedentlich streift der Boden des Schiffes die rauhe Grundfläche, bis das Fahrzeug mit reifsender Geschwindigkeit in eine von mehr als 1 m hohen stehenden Wellen bedeckte schmale Strombahn einlenkt — der Uebergang ist durchfahren. Wohl 10 bis 12 solcher Uebergänge haben wir mit ängstlicher Spannung verfolgt, immer war dasselbe Spiel. Ein Handkahn hätte sich in den Strom und Wellengang nicht wagen dürfen.

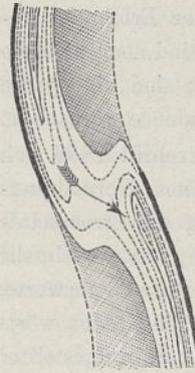


Abb. 5.

Anderer Art waren die Uebergänge am Oberrhein, wo wir auf der Rückkehr von Lyon Ende November unter der liebenswürdigen Führung des Herrn Ministerialraths, Wasserbaudirector Willgerodt den Rhein von Straßburg ab auf 30 km Länge bis Söllingen mit einem Ruderboot befuhren, ebenfalls bei sehr niedrigem Wasserstande, wo die Dampfschifffahrt nicht mehr möglich war. Es ist bekannt, daß die in rund 1000 m Abstand liegenden Kiesbänke hier regelmäÙig zu Thal wandern. Am unteren Ende des Uebergangs traten hier aber weniger hohe Wellen, als mächtige Strudelbewegungen hervor, denen gegenüber es der ganzen Aufmerksamkeit des Steuermanns bedurfte. Die Strömung war nicht so stark wie an der Rhone. Von hoher Bedeutung sind gewiß die gesammelten Beobachtungen über die RegelmäÙigkeit, mit der die Bildung und Verschiebung der Kiesbänke vor sich geht, da sie offenbar ein bestimmtes gesetzmäÙiges Verhalten der Geschiebebewegung darthun. Auf der Rhone wandern die Sandbänke und Uebergänge nicht, sind auch keine Strudel vorhanden, obwohl das Gefälle fast doppelt so groß ist wie am Oberrhein. Allerdings ist auch das Geschiebe der Rhone wohl mehr als doppelt so schwer.

Um die Uebergänge zu reguliren, geht Girardon von der Grundbedingung aus, daß den Strom hier kein hohes oder steiles Ufer fesseln darf. Wo Leitdämme auf Uebergangsstrecken vorhanden sind, läßt er sie bis auf Niedrigwasser abtragen und verwendet die gewonnenen Steine, um durch vorgelegte Stromschwellen die Thalsenkungen am Ufer zu verbauen, der Strömung am Ufer den Weg zu verlegen. Während in den Krümmungen die Grundswellen meist in einer Höhe von 2,5 m unter N.W. ans Ufer anschließen, steigt diese Anschlußhöhe nach dem Uebergange hin vielfach bis zum Niedrigwasserspiegel an. Das Gefälle der Stromschwellen im Querschnitt ist verschieden je nach dem erstrebten Querschnitt. Wo auf den Uebergängen bisher noch keine Leitdämme errichtet waren, verzichtet Girardon auf die Herstellung derselben und sucht mit den Stromschwellen allein sein Ziel zu erreichen. Ein Beispiel letzterer Art ist in Abb. 5 u. 6 Bl. 37 u. 38 wiedergegeben. Die Tiefenlinien vor Anlage der Schwellen

Abb. 5 u. 6 Bl. 37 u. 38 wiedergegeben. Die Tiefenlinien vor Anlage der Schwellen

sind in Abb. 5 dargestellt und zeigen das ausgesprochene Bild eines schlechten Uebergangs, die Tiefenlinien in Abb. 6 geben den Zustand nach Ausführung der Schwellen wieder und lassen die Umwandlung erkennen, die sich in der Sohlengestaltung vollzogen hat. Ein grundsätzlicher Erfolg ist unverkennbar. In Abb. 2, 3 u. 4 Bl. 37 u. 38 sind noch mehrere derartige Beispiele beigefügt, in Wirklichkeit sind eine ganze Reihe derartiger Fälle zwischen Lyon und Valence vorhanden.

Wenn indessen Girardon in seiner Denkschrift 1894 sich dahin ausspricht, daß er den Ausbau eines Normalquerschnitts verwerfe, daß er auf Einschränkung des Strombettes und auf Ausgleich des Gefälles Verzicht leiste, daß er vielmehr die Ausbildung des Längengefälles in Treppenform befürworte, so ist dies doch *cum grano salis* zu verstehen und nicht wörtlich zu nehmen. Ich habe in eine Reihe neu aufgestellter Sonderentwürfe Einsicht nehmen dürfen, die über das dabei eingeschlagene Verfahren eingehenden Aufschluß gaben. Girardon legt, wie er sagt, Hauptwerth auf einen guten Entwurf. Das Vorgehen bei Aufstellung dieser Entwürfe ist ein sehr sorgfältiges. Erst nach Vorlage mehrerer aus verschiedenen Zeiten stammenden Aufnahmen des Stroms, wobei die Aufmerksamkeit sich besonders einer genauen Darstellung der Sohlen- und Bodengestaltung zuwendet, wird in Erwägungen eingetreten, welches Endziel erreichbar sein möchte. Dieses Endziel, das angestrebt werden soll, wird zeichnerisch dargestellt sowohl im Längen- und Querschnitt, wie insbesondere im Grundriß mit bestimmten Tiefenlinien, Stromstrich usw. Dieses Endziel enthält geminderte Tiefen in der Krümmung und vergrößerte auf dem Uebergange, ohne daß an der durchschnittlichen Größe der Querschnitte wesentlich geändert wird. Für die Form der erstrebten Querschnitte des Stroms wird die Parabel zu Grunde gelegt. Die Achse der Parabel entspricht der Lage des in Korbformen verlaufenden Stromstrichs. Die Sohlenlage in Richtung des Stromstrichs ist nicht dem Wasserspiegel parallel, sondern der Scheitel der Parabel liegt am höchsten auf dem Uebergange, am tiefsten in der Krümmung, und zwar um so tiefer, je schärfer die Krümmung ist. Der Längenschnitt der größten Tiefe ist auch im Entwurfe daher ein wellenförmiger. Die Wassermasse wird bei Aufstellung des Entwurfes nicht berücksichtigt, die Querschnittsgrößen werden nicht hydraulisch berechnet, sondern in der Größe beibehalten, die sie durchschnittlich besitzen, ohne daß dabei bei jedem Entwurfe durchweg eine bestimmte Querschnittsgröße gewählt würde. Die gemessenen Querschnittsgrößen werden vielmehr zeichnerisch dargestellt und durch eine Ausgleichlinie die Veränderlichkeit der Querschnittsgröße festgestellt. Es findet keinerlei Rechnung auf Grund von Geschwindigkeitsformeln statt. Soweit die Tiefen über das erstrebte Endziel hinausgehen, werden sie durch Grundschwellen verbaut, jedoch zunächst nicht bis zur vollen Höhe, sondern die Krone bleibt annähernd 0,5 m tiefer liegen, ungefähr parallel zur erstrebten parabolischen Begrenzung des Querschnitts. Eine Baggerung der fehlenden Tiefen findet nicht statt. Diese Arbeit verbleibt im allgemeinen der natürlichen Strömung. Für den Verlauf des Wasserspiegels im Längenschnitt wird zwar keine Grade, aber doch eine sich derselben sehr annähernde Linie zu Grunde gelegt.

Die Bauweise Girardons nimmt also ebenfalls die Herstellung von Normalquerschnitten, sogar solcher von bestimmter

Form in Aussicht, nur daß die Größe und Form derselben je nach der Oertlichkeit einer bestimmten Veränderlichkeit freigegeben wird; sie nimmt ferner auch Einschränkungen in Aussicht, und zwar sowohl in der Breite als in einzelnen Querschnittsgrößen, nur daß sie nicht überall dieselbe Breite anwendet; sie arbeitet ferner auf einen Ausgleich des Gefälles hin, nur daß sie davon absieht, auf den Uebergängen und in den Krümmungen überall dasselbe Gefälle herstellen zu wollen. In diesem Sinne wird gewiß jeder den Vorschlägen Girardons nur voll beistimmen, wenn wir auch eine vollständige Verzichtleistung auf jede Rechnung schwerlich als geboten anerkennen werden. Zur Prüfung und Vergleichung der Einzelwerthe wird die Rechnung wohl immer noch einen gewissen Platz beanspruchen dürfen, so mangelhaft die hydraulischen Formeln und theoretischen Anhaltspunkte zur Zeit auch noch sind.

Auch in anderer Beziehung ergeben sich danach von unserem Vorgehen gewisse Unterschiede. Während wir größere Stromregulirungen nur schrittweise auszuführen pflegen und nach jedem Schritte wieder überlegen, was zur Erzielung weiterer Verbesserungen fernerhin zu geschehen hat, immer unter fortlaufender Beobachtung der thatsächlichen Verhältnisse, während wir dieses Vorgehen so weit fortsetzen, bis wir einen berechtigten Anforderungen genügenden und dauernden Zustand erreicht haben, bedarf der französische Ingenieur von vornherein eines Generalentwurfes, eines Endziels auch bei einzelnen beschränkten Regulirungen. Es ist dies derselbe Gegensatz, der z. B. schon 1849 bei der internationalen Rheinstrombefahrung zwischen G. Hagen und Couturat, dem Urheber der Regulirung des Oberrheins, sich bemerkbar machte. Auch Girardon bleibt bei seinem Vorgehen „*par tâtonnement*“ ein guter Entwurf die Hauptsache.

Ein fernerer Unterschied besteht darin, daß an der Rhone fast vollständig Abstand genommen wird von Baggerungen. Der Strom soll im allgemeinen die Arbeit allein verrichten. Vor 20 oder 30 Jahren war dies auch bei uns Grundsatz, und viele alte Wasserbautechniker haben sich bei uns gegen Baggerungen lange gesträubt oder wenigstens doch die Kraft des Stromes zum Betrieb der Bagger oder zu Kratzvorrichtungen zu verwenden gestrebt. Die steigende Leistungsfähigkeit der Bagger und immer billigere Verwendung derselben hat diesem alten Vorurtheil bei uns endlich den Boden entzogen, denn, wie auf dem internationalen Congreß zu Brüssel hervorgehoben wurde, in keinem Lande sind die Baggerungen zur Zeit so an der Tagesordnung, wie in Norddeutschland. Und das mit vollem Recht. Es ist eben etwas anderes, den festgelagerten Boden in Bewegung zu setzen, als die Ablagerung neuen Geschiebes zu verhüten. Durch Einschränkung allein läßt sich der durchschnittliche Querschnitt der meisten Uebergänge auf Abmessungen zurückführen, die auf Vollkommenheit keinen Anspruch mehr haben. Die Sohle hat sich vielfach so fest gelagert, daß die geringe Geschwindigkeitsvermehrung machtlos bleibt, oder das Geschiebe ist so schwer, daß selbst gewöhnliche Hochwasser ohne Einwirkung über dasselbe hinziehen. Hat der Bagger die feste Kruste erst gebrochen oder das schwere Material beseitigt, so kann die Geschwindigkeitsvermehrung aber sehr wohl einer neuen Ansammlung gleich schweren Geschiebes vorbeugen. So sind am Rhein in den letzten zwanzig Jahren eine Reihe von Uebergängen hauptsächlich durch Baggerung erweitert und ver-

tieft worden, ohne daß neue Versandungen eingetreten oder Spiegelsenkungen beobachtet wären. Auf 72 Uebergängen ist am Rhein der kleinste Querschnitt durchschnittlich um 124 qm d. h. um etwa 20 v. H. vergrößert, in vier Fällen sogar bis zu 250 qm, also um 40 v. H. Daß ein Entwurf hätte von vornherein eine so weit gehende Aufräumung des Uebergangs ins Auge fassen können, ist wohl ausgeschlossen, jedenfalls wenn man sich bei Bemessung der Querschnittgrößen lediglich mit den bestehenden Durchschnittsgrößen begnügt hätte. Ohne Baggerung wäre ein derartiger Erfolg gar nicht erreichbar gewesen; mit ihnen gingen allerdings Einschränkungen unter Niedrigwasser Hand in Hand. Sind also die Baggerungen bei uns auch nicht die einzigen Hilfsmittel zur Regulierung der Uebergänge, wie Timonoff es für die Wolga im Auge hat, so sind sie doch für uns unentbehrliche Mittel und werden es wohl noch in höherem Maße in der Zukunft werden, wenn die Hoffnungen, die man den großen Saugbaggern entgegenbringt, sich verwirklichen sollten.

Ein weiterer Vergleich des Vorgehens an der Rhone mit unseren norddeutschen Verhältnissen führt zu der Frage: War es nothwendig, die Längsdämme auf den Uebergängen bis auf Niedrigwasser abzutragen und welcher Vortheil wird damit erreicht? Die Längsdämme an der Rhone stellten eine Mittelwasserregulierung dar, während sie durch die Abtragung lediglich Glieder der Niedrigwasserregulierung werden. Die Frage läßt sich daher auch dahin auslegen: War es nothwendig, die Mittelwasserregulierung zu gunsten der Niedrigwasserregulierung zu beseitigen?

In Norddeutschland pflegt die Niedrigwasserregulierung im allgemeinen als eine Ergänzung der für Mittelwasser angelegten Bauwerke, als der feinere Ausbau betrachtet zu werden, der zur Herstellung regelmäßiger Querschnittsformen in den Rahmen der bisherigen Werke nachträglich nach Bedarf hineingefügt wird. Die Mittelwasserwerke bleiben unverändert erhalten. Die Buhnen und Grundschnellen bilden ein zusammengehöriges Ganzes, ebenso wie die Deckwerke oder Leitwerke, die bei uns vorhanden sind, in den davor liegenden Grundschnellen erst ihren vollen Ausbau erhalten. Nicht überall ist es zwar bei uns nothwendig gewesen, diesen vollen Ausbau durchzuführen. Es giebt viele Stromstrecken, wo die Vertheilung der Stromgeschwindigkeiten und demzufolge auch der Wassertiefen schon von Natur aus eine so günstige war, daß es besonderer Grundschnellen nicht bedurfte; es giebt viele Krümmungen, wo die Ausbildung des ausbuchtenden Ufers mittels Grundschnellen oder durch Schlickzäune und Pflanzungen sich so regelmäßig ausbilden liefs, daß es besonderer Mittelwasserwerke nicht bedurfte. Es liegen wohl vereinzelte Fälle vor, daß Buhnen, die in stark ausbuchtenden Ufern angelegt waren, abgetragen worden sind, aber auf Uebergängen, wo der Strom von einem Ufer zum andern übergeht, sind in erster Linie bei uns Werke in Mittelwasserhöhe für unumgänglich gehalten worden.

Ein wesentlicher Unterschied in den örtlichen Verhältnissen besteht dabei zwischen der Rhone und den norddeutschen Flüssen nicht, insofern im allgemeinen hier wie dort der Niedrigwasserstand etwa 2 m unter Mittelwasserhöhe und letztere etwa 2 m unter Uferhöhe zu liegen pflegt. Hier wie dort sind die natürlichen Strombreiten auf den Uebergängen meistens größer als in den Krümmungen. Während

in den gekrümmten Strecken, besonders in starken Bögen, es sich im allgemeinen nur um eine Vertheidigung und angemessene Ausrundung der einbuchtenden Ufer handelt, kommt bei Uebergängen, Graden oder schwach gekrümmten Strecken dagegen eine merkbare Einschränkung in Frage.

Auf eine Einschränkung der Strombreite werden wir dabei auf den Uebergängen schwerlich Verzicht leisten können, denn auf ihr beruht hauptsächlich der Erfolg, den wir in der Herstellung größerer Fahrtiefen erreicht haben. Der Umstand, daß selbst bei bordvollem Wasser der Strom durch die hohe Lage der Mittelwasserwerke gezwungen ist, seine Hauptwassermasse im engeren Strombett zwischen den Buhnen abzuführen, wird etwaigen Versandungen auf den Uebergängen am wirksamsten vorbeugen. Wenn nur Niedrigwasserwerke vorhanden sind, so ist die Leistungsfähigkeit der über den Werken gelegenen Querschnittstheile weit größer, da die Geschwindigkeit von 2 m bis 4 m Wassertiefe merkbar zunimmt. Die Wassermenge, die den Uebergang selbst überströmen muß, wird merkbar verringert und demzufolge im engeren Strombett sich eine merkbare Verringerung des Querschnitts zu ungunsten der Wassertiefe ergeben. Beim Sinken des Wasserstandes mag vielleicht der Strom diese Auflandung wieder beseitigen, und zwar um so leichter, je besser der Strom in seinem Niedrigwasserbett geführt wird, aber die Veränderlichkeit der Höhenlage des Uebergangs zu stärken, kann allgemein kaum als Vortheil gelten. Bei der Verschiedenartigkeit, die das Geschiebe jedes Flusses seiner Größe, Form und Schwere nach zeigt, wäre es nicht immer mit Sicherheit verbürgbar, daß die Geschwindigkeit bei Niedrigwasser ausreicht, um das Geschiebe fortzuführen und die bestimmte Bahn für das Fahrwasser in der erforderlichen Breite freizulegen.

Der Höhenunterschied, um den die Oberfläche eines Uebergangs zwischen Hochwasser und Niedrigwasser schwankt, ist an der Rhone durch Beobachtungen festgestellt und soll an manchen Stellen bis zu 1,0 m betragen. Aus den fortlaufenden Aufzeichnungen liefs sich eine regelmäßige, stete Schwankung dieser Höhe im Sinne der Wasserstands bewegung erkennen, derart, daß dem steigenden Wasserstande eine Erhöhung des Uebergangs und umgekehrt dem fallenden Wasserstande eine Senkung desselben entspricht. Gleiche Beobachtungen am Rhein haben eine derartige sichere Beziehung nicht hervortreten lassen, sondern die Zahl der Fälle, daß bei höherem Wasser eine höhere Lage des Uebergangs festgestellt wurde, ist der Anzahl von Fällen annähernd gleich, daß das Gegentheil sich ergab. Abgesehen von einigen Ausnahmen, ist am Rhein auch das Maß der Schwankung durchschnittlich weit geringer.

Wenn nun thatsächlich an der Rhone die anhaltenden Hochwasser der letzten Jahre auf der Stromstrecke von Lyon bis Valence, wo die Leitwerke fast durchgängig auf den Uebergängen bis auf Niedrigwasser abgetragen und die Grundschnellen fertig hergestellt sind, keine merkbare Verschlechterung der Uebergänge erzeugten, so läßt dies vielleicht doch dem Zweifel Raum, ob dieser Erfolg mehr der Niederlegung der Dämme oder der verbesserten Führung des Stroms durch Grundschnellen zuzuschreiben ist. Ueberdies waren auf dieser Stromstrecke die Ufer schon vor der Regulierung ziemlich regelmäßig ausgebildet, die Breiten waren nicht übermäßig

große und die Gefällverhältnisse ziemlich gleichmäßige. Unterhalb Valence liegen die Verhältnisse aber weit ungünstiger. Das Gefälle ist stärker und ungleichmäßiger vertheilt, die Breiten, Querschnittsflächen und Wassermengen schwanken bei ausgedehnten Stromspaltungen in weiten Grenzen. Während bei dem Wasserstande von 0,30 m unter N.W. bei der Befahrung auf den Uebergängen oberhalb Valence ziemlich gleichmäßig eine Fahrtiefe von 1,40 m gepeilt wurde, verringerte diese sich unterhalb Valence mehrfach auf 1,20 m, auf dem Uebergang von Fraysse Kil. 124 bis auf 1,0 m.

Hervorzuheben ist ferner, daß die Anzahl der schlechten Uebergänge nach Angabe Girardons in den letzten Jahren, wo hohe Wasserstände herrschten, wieder zugenommen hat. Der Paß von Fraysse war unter den schlechten Uebergängen, die Girardon in der zeichnerischen Darstellung seines Berichtes im Haag vorführte, nicht enthalten, bestand also 1894 noch nicht in dem Umfange. An und für sich ist allerdings im allgemeinen in einer bei ungünstigen Wasserständen vorübergehend eintretenden Verschlechterung einzelner Uebergänge oder im Auftreten neuer Hindernisse noch kein Mißerfolg zu erblicken. Bis zum Eintritt vollständig gesicherter Verhältnisse wird sich dies wohl noch wiederholt ereignen, während doch im allgemeinen eine günstige Entwicklung sich vollziehen kann. Eine Folgerung läßt sich in dieser Hinsicht nur an der Hand vollständigerer Unterlagen ziehen, als sie bei einer doch immerhin nur oberflächlichen Befahrung erlangbar waren. Für die Stromstrecke unterhalb Valence erachtet Girardon überdies die Regulirung für Niedrigwasser kaum als begonnen und rechnet für Durchführung derselben noch auf eine Reihe von Jahren.

Ein weiterer Umstand, der für Beibehaltung der Mittelwasserwerke spricht, liegt aber bei unseren mit Buhnen ausgebauten Strömen in den Eisverhältnissen. Die Buhnenköpfe sind feste Punkte, die im allgemeinen hinreichend stark sind, dem Eisabgange Widerstand zu leisten. Bauwerke, die in ihren Abmessungen den Grundswellen gleichen, würden den Angriffen eines Eisaufluges schwerlich gewachsen sein. Für die Rhone fällt diese Rücksicht allerdings fort, da die Eisgänge dort ohne besondere Gefahr verlaufen und äußerst selten sind.

Wenn demnach die Niederlegung der Längsdämme auf den Uebergängen an der Rhone von Mittelwasser auf Niedrigwasser nicht durchweg auf unsere Verhältnisse zutrifft oder Nachahmung fordern mag, so geht daraus jedenfalls eine Bestätigung der auch anderweit gemachten Erfahrung hervor, daß hohe Längswerke für die Ausbildung der Fahrinne keinen günstigen Einfluß geübt und das ihnen früher entgegengebrachte Vertrauen nicht verdient haben. Mit dem Vorzuge einer festen Begrenzung des Stromlaufs verbinden die Längswerke den Nachtheil, daß sie den Strom anziehen, neben sich leicht große Tiefen schaffen und dafür in der Strommitte einen hoch liegenden Mittelgrund entstehen lassen. Statt einer einzigen in der Strommitte liegenden Fahrinne bilden sich deren zwei, an jedem Ufer eine, von denen natürlich jede einzelne in ihren Abmessungen entsprechend kleiner ausfallen muß. Je niedriger die Längswerke gehalten werden, desto weniger werden zwar diese Nachtheile bemerkbar werden, aber desto mehr geht auch ihr Vortheil, daß sie von vornherein ein festes Ufer schaffen, verloren.

Sie geben dem Strome dann nicht mehr die sichere Führung, werden stärker überströmt, und es scheint begreiflich, was Schattauer auf dem Haager Congress für die Oberweser anführte, daß die Niedrigwasserleitwerke allein nicht zu halten waren, sondern durch Grundswellen und stark ansteigende Queranschlüsse geschützt werden mußten. Auch an der Rhone war man nach dem beigefügten Berichte Jacquets schon vor 1880 allmählich zu niedrigen Leitwerken übergegangen, und auch dort hielt Jacquet die Hinzufügung von Grundswellen für geboten. Sind auch die Vortheile, die Jacquet sich von der Wirkung der Grundswellen versprochen hat, nicht durchweg in Erfüllung gegangen, ist insbesondere die vollständige Verlandung derselben und eine wesentliche Erhöhung des Gefälles ausgeblieben, so haben sie doch wenigstens das Eintreten merkbarer Spiegelsenkungen, wie diese den Längswerken im allgemeinen zu folgen pflegen, nicht aufkommen lassen. Durch die Kraftverluste, die sie der Strömung bereiten, vermindern sie die Geschiebeführung des Stromes in um so höherem Maße, je mehr der Strom einer Senkung zustreben sollte. Wenn aber die Niedrigwasserlängswerke doch der Grundswellen als ergänzenden Ausbaus bedürfen, dann erscheint das Vorgehen Girardons gerechtfertigt, daß er auf Uebergängen, wo bisher noch keine Leitwerke vorhanden waren, auch von niedrigen Längswerken Abstand nimmt und sich lediglich auf den Bau von Grundswellen beschränkt, denn die Längswerke haben dann keinen Zweck mehr. Anders liegen natürlich die Verhältnisse an kleinen Flußläufen, wo ein sicherer Uferschutz überhaupt nur durch Längswerke oder Deckwerke erreichbar ist, wie an der Saale oder an den Gebirgsflüssen Süddeutschlands. Aber auch hier hat man, wie z. B. an den Schwarzwaldflüssen Badens, den Ausspülungen der Sohle durch Schwellen vorbeugen müssen, ebenso wie die Schweiz an der oberen Rhone die Ufer mittels Grundswellen gegen Unterspülung gesichert hat.

Die größte Schwierigkeit auf der Rhone unterhalb Lyons liegt jedenfalls in dem ungünstigen Einfluß der Seitenarme und Nebenflüsse. An der Mündung der Ardèche z. B. war neuerdings die Breite des Wasserspiegels auf etwa 50 m bei Niedrigwasser eingeengt. Ein breiter Schuttkegel des Nebenflusses hatte den Strom in zwei Drittel seiner Strombreite gesperrt. Aehnliche Unregelmäßigkeiten bestanden in großer Zahl, bald stärker, bald schwächer. Sie bezeugen die außerordentliche Geschiebezufuhr der Nebenflüsse. Die erschwernenden Umstände, die ein einziges Hochwasser in wenigen Tagen der Regulirung zu bereiten imstande ist, müssen sich fort und fort in solchem Umfange geltend machen, daß neben der Regulirung des Hauptstroms eine Festlegung des Geschiebes in den Zuflüssen und Seitenarmen sich als unvermeidlich erweisen dürfte. Auch der beste Entwurf wird Ereignissen, die mit so elementarer Gewalt und in solcher Mächtigkeit plötzlich hereinbrechen, nicht zu begegnen imstande sein.

Die Beobachtung dessen, was geschieht und was die Natur verlangt, wird übrigens an der Rhone mit seltener Gründlichkeit gepflegt. Alle zwei Jahre findet eine vollständige Verpeilung wichtigerer Stromstrecken in längerer Ausdehnung statt. Bei niedrigem Wasser werden sämtliche Uebergänge wöchentlich einmal, bei höherem Wasser alle

14 Tage auf ihre Höhenlage hin untersucht. Durch eine große Reihe von Pegeln — es stehen solche durchschnittlich in jedem Kilometer vier Stück — ist es möglich, das Verhalten des Stromes und etwaige Aenderungen fortlaufend zu überwachen. Eine eigene Fernsprecheitung am Strome entlang erleichtert die Uebersicht über alle Arbeiten und Vorgänge, sodafs die Localbaubeamten stets voll unterrichtet sind. Die Seele des Ganzen, auch bei den einzelnen Bauausführungen, ist aber Girardon selbst, der in bewundernswerther Arbeitskraft und Vielseitigkeit alle Einzelheiten verfolgt und doch die großen Gesichtspunkte im Auge behält.

Von dem Verkehr und der Schifffahrt auf der Rhone vermochten wir natürlich bei dem niedrigen Wasserstande, wo sie vollständig ruhten, eine Anschauung nicht zu gewinnen. Da zwischen Eisenbahn und Strom, wie gesagt, keine Verbindung besteht aufer in St. Louis, so beschränkt sich die Schifffahrt im wesentlichen auf die unmittelbare Zufuhr, die in Lyon, Avignon, Beaucaire und besonders von der Eisenindustrie im Thale bei Givors oder einzelnen Fabriken statthat. Dafs in den letzten Jahren wesentliche Neuanlagen von Fabriken am Strome erfolgt seien, war, abgesehen von einer großen chemischen Fabrik im Rhonedelta, nicht zu bemerken. Die ganze Schifffahrt liegt in den Händen der „Compagnie générale“ zu Lyon, die neben der Personendampfschifffahrt auch den gesamten Güterverkehr vermittelt. Privatschifffahrt wird fast garnicht geübt. Die alten „Grappins“, d. h. Schiffe, deren Räder bis auf die Sohle des Flusses hinabreichen, sind nicht mehr im Betrieb. Die neuen Dampfer sind große, starke und auferordentlich schlank gebaute Räderschiffe, bei denen die Länge wohl das achtzehnfache der Breite betragen mag. Besonders anziehend war die Besichtigung eines Schleppdampfers der Tauerei, den uns der Director La Rue auf der Befahrung zu zeigen die Güte hatte. Bei der großen Veränderlichkeit der Flußsohle wagt man nämlich nicht, das Tau dauernd auf den Grund zu verlegen, sondern jeder Tauer zwischen Tournon und St. Esprit, wo die Tauerei betrieben wird, hat für seine Strecke ein Drahtseil von etwa 30 km Länge an Bord, das er bei der Thalfahrt in die Fahrinne verlegt und an dem er sich unmittelbar darauf bei der Bergfahrt wieder hinaufzieht. Dieses Tau mußte, um das Schiff möglichst wenig zu belasten, thunlichst leicht hergestellt werden und besteht im Querschnitt bei 28 mm Gesamtstärke aus einer doppelten Ringlage von viereckigen etwa 4 mm starken Stahldrähten. Um einer Verdrehung des Taus vorzubeugen, ist der innere Ring in anderem Sinne gedreht wie der äußere. Auf dem Tauer befanden sich besondere Maschinen für die Thal- und für die Bergfahrt, für Verschiebung des Auslegerschlittens, für Steuerung des Anhangs durch Anziehen oder Nachlassen der beiderseitigen Schlepptrassen usw.

Anziehend war auch die Besichtigung der altehrwürdigen Brücke bei St. Esprit, die in den Jahren 1265 bis 1307 von der alten Brückenbrüderschaft erbaut wurde. Mit ihren 23 gewölbten Bögen und 480 m Länge einstmals ein Wunder der Baukunst, ist sie neuerdings auch dem Fuhrwerkverkehr voll zugänglich gemacht, und durch Herausnahme eines Strompfeilers ist der Schifffahrt eine bessere Durchfahrt geschaffen. Ueberhaupt besteht über der Rhone eine auffallend große Zahl neuerer Brücken, die meist als einfache Hängebrücken

mit großen Spannweiten nur dem Fußgängerverkehr dienen, zum Theil aber auch ältere feste Bogenbrücken, wie bei St. Andéol und Givors, wo durch die weit vorspringenden Unterbauten der eng gestellten Pfeiler der Schifffahrt besonders bei Niedrigwasser gefährliche Schwierigkeiten erwachsen, sowie neuere eiserne Brücken für Eisenbahn und Landstraßen. Von der alten Brücke St. Bénédet bei Avignon, die ebenso alt ist wie diejenige von St. Esprit, und über deren Erbauung eine Reihe von Sagen besteht, ist nur noch der auf dem linken Vorlande befindliche, allerdings ziemlich beträchtliche Theil mit der Capelle erhalten geblieben. Die Bögen, welche die eigentliche Rhone überspannten, sind eingestürzt und nicht mehr vorhanden.

Es wäre wohl noch mancher Eigenart zu gedenken, aber die Grenzen dieses Berichtes müssen sich beschränken auf den Zweck der Reise und den ertheilten Auftrag. Schwer nur reißt sich der Gedanke los von den vielseitigen Eindrücken der belehrenden Fahrt. Möge es mir nur noch gestattet sein, auch hier mit besonderem Danke das freundliche Entgegenkommen der Collegen, insbesondere die ausgezeichnete Führung des Chefingenieurs Girardon hervorzuheben, der in vollendet liebenswürdiger Form uns den Aufenthalt an der Rhone zu einer unvergeßlichen Lebenserinnerung gestaltet hat.

R. Jasmund, Regierungs- und Baurath.

A n h a n g.

Bericht des Chefingenieurs der Rhone L. Jaquet über die Verbesserung der Ströme auf beweglicher Sohle mittels Grundswellen.

Lyon, den 22. September 1880.

Bei dem Auftrage, den ich im Laufe des vorigen Jahres mit dem Generalinspector Gros in Ungarn auszuführen hatte, traf ich mit dem preussischen Elbstrombaudirector, jetzigen Geheimen Oberbaurath Kozlowski zusammen. Naturgemäß haben wir uns vielfach über die Vorgänge auf der Elbe und auf der Rhone unterhalten. Neben manchen anderweiten nützlichen und bemerkenswerthen Fragen hat sich dabei unsere Aufmerksamkeit besonders einer in Frankreich wenig bekannten Bauweise zugewandt, die am Rhein, an der Elbe und an den anderen Strömen Deutschlands zu den besten Erfolgen geführt hat. Ich meine die bei uns als „épis noyés“ bezeichneten Werke, die der Deutsche zutreffender „Grundswellen“ nennt.

Obwohl die deutschen Ströme im Bereiche ihrer Schiffbarkeit nur ein im Vergleich zur Rhone schwaches Gefälle besitzen, haben die deutschen Baumeister sich stets die Aufgabe gestellt, das Gefälle zu vertheilen und möglichst gleichförmig auszubilden. Sie vermeiden ebenso wie wir in der Fahrinne die Bildung allzutiefer Kolke, welche durch Aufhebung des Gefälles in mehr oder minder beträchtlicher Ausdehnung auf die Bildung oder Verschärfung der Stromschnellen stromauf hinwirken. Sie drücken den störenden Einfluß dieser Kolke mit den Worten aus: „die Tiefen consumieren die Gefälle“.

Die deutschen Baumeister suchen also wie wir die übermäßigen Tiefen zu verringern, aber sie gehen dabei anders vor, als wir es bis heute gethan haben. Während wir die Kolke durch niedrige Längsdeiche abschließen und die Fahrinne vom Hochufer abdrängen, verwenden sie Grundswellen in der Absicht, die Verlandung und Aufhöhung der Stromsohle ohne Verlegung des Niedrigwasserbettes zu erreichen.

Die nachstehenden Text-Abb. a und b geben eine Vorstellung von der Bauweise, wie ich sie den Ausführungen des Herrn Kozlowski entnommen hatte. Während wir in der einspringenden und sehr tiefen Bucht das niedrige Längswerk *mmm* ausgeführt haben würden, hätten die Deutschen eine Reihe von Grundschwellen *ab, cd, ef* hergestellt, die vom Ufer aus je nach Umständen unter einem Winkel von 60 bis 80 Grad quer zum Strom gerichtet sind. Die Kronenhöhe der Schwelle senkt sich vom Ufer aus auf

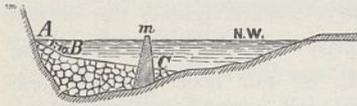


Abb. a.

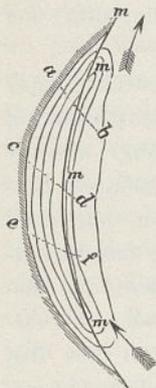


Abb. b.

eine gewisse Länge *AB* mit einem Gefälle von 10 bis 15 cm auf 1 m, danach vom Punkte *B* ab mit einem schwächeren Gefälle bis zum Schnittpunkt *C* mit dem gegenüberliegenden Ufer. Die Linien *AB* und *BC* werden bestimmt unter Berücksichtigung der herzustellenden Fahrtiefe, der Länge des zu durchbauenden Kolkes usw.

Auf Grund dieser kurz zusammengefassten Angaben hatte ich versuchsweise für die Rhone zwei Entwürfe bearbeiten lassen, die nach Genehmigung des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 31. März und 3. April 1880 gegenwärtig in der Ausführung begriffen sind.

Die Bereisung der deutschen Ströme, die ich mit dem Ingenieur Petit dem ertheilten Auftrage des Herrn Ministers vom 24. Mai d. J. zufolge ausgeführt habe, hat uns Gelegenheit geboten, die Bauweise der Grundschwellen vollständiger zu studiren und die Vorzüge derselben für die Verbesserung der Rhone zu erfassen. Wir glauben von diesem Theil unseres Auftrages mit Rücksicht auf die Wichtigkeit, die den Grundschwellen sowohl ihres Erfolges als ihrer verschiedenartigen Beurtheilung wegen beigelegt werden muß, einen eingehenden Sonderbericht erstatten zu sollen. Wir theilen unsern Bericht in die Erläuterung der deutschen Bauweise der Grundschwellen und in die Vorschläge für Anwendung derselben bei Verbesserung der Rhone.

I. Verwendung der Grundschwellen an den Strömen Deutschlands.

Im allgemeinen werden diejenigen Werke als Grundschwellen bezeichnet, die unter der Normalsohle des Flusses zur Befestigung und Sicherung des Strombettes oder zur Aufhöhung zu tiefer Kolke hergestellt werden. Die Grundschwellen werden fast in derselben Weise und aus denselben Baustoffen gefertigt, wie die über Wasser tretenden Buhnen. Sie bestehen aus Steinen, wo bei den Strombauwerken Steine verwandt werden, und aus Faschinen, wo die Verwendung der Steine, wie dies sehr häufig in Deutschland der Fall ist, zu kostspielig sein würde.

Das älteste Beispiel für Verwendung der Grundschwellen hat uns der Geheime Baurath Hagen angegeben. Es ist an der Ruhr, einem kleinen Flusse, der sich bei Ruhrort in den Rhein ergießt, und dem der westfälische Kohlenverkehr vor dem Bau der Eisenbahnen eine außerordentliche Bedeutung verlieh. Die Ruhr ist auf 75 km Länge mittels 11 Schleusen canalisirt derart, daß die einzelnen Haltungen ein gewisses Gefälle behalten haben. Vor etwa 30 Jahren hatte eine von diesen Haltungen sich vertieft, und das Gefälle bei Niedrigwasser sich so weit verringert, daß der Unterdrempel der oberen Schleuse zu Tage trat; die Schifffahrt war demzufolge unterbrochen. Die Baumeister stellten das Gefälle wieder

her, indem sie in dieser Haltung eine Reihe von unter Wasser liegenden Querdämmen erbauten, die auch vor Aufhöhung der Sohle das Gesamtgefälle derart vertheilten, daß bei Niedrigwasser wieder die erforderliche Fahrtiefe geschaffen war. Die Größe des zurückgewonnenen Gefälles schätzte Herr Hagen, da ihm die Entwurfspläne nicht vorlagen, auf 0,70 m. Dieses Beispiel der Ruhr ist um so bemerkenswerther, weil es sehr alt ist und das erreichte Ergebnis genau dem Ziele entspricht, das wir auf der Rhone im Auge haben, abgesehen von den übrigen Vortheilen, die mit dieser Bauweise verbunden sind.

Verwendung der Grundschwellen auf der Elbe. In ausgedehntem Mafse sind die Grundschwellen bei Verbesserung der Elbe zur Anwendung gelangt, und man kann sagen, daß die deutschen Baumeister hier durch die natürliche Entwicklung des gewählten Ausbaues auf sie geführt worden sind. Ebenso wie wir an der Rhone, haben sie die Verbesserung der Fahrinne mittels Einschränkung angestrebt, indem sie im natürlichen Strombett ein kleineres Bett geschaffen haben, dessen Breite unter Berücksichtigung der Widerstandsfähigkeit der Sohle je nach dem Gefälle und der Wassermenge des Stromes bemessen wurde. Aber anstatt dieses schmalere Bett mit Längsdämmen abzugrenzen, haben sie es geschaffen durch die Herstellung staffelförmiger Buhnen, die quer zum Strom mit einer leichten Neigung stromauf von beiden Ufern aus in den Strom vortreten und auf der für das ideelle oder zukünftige Ufer des engeren Strombettes angenommenen Streichlinie endigen.

Wie zu erwarten war, hatten die Köpfe dieser Buhnen allgemein unter dem Stromangriff zu leiden; es bildeten sich vor ihnen Auskolkungen, die den Bestand der Buhnen gefährdeten und die Regelmäßigkeit der Fahrinne beeinträchtigten. Die Baumeister wurden also dazu geführt, ihre Buhnen unter Wasser in das eigentliche Strombett selbst weiter vorzuschieben, um ihren Bestand zu sichern und die Unregelmäßigkeiten in der Sohle zu beheben. Eine Buhne, wie sie an der Elbe heute besteht, ist ein aus mehreren Theilen zusammengesetztes Bauwerk, von dem die nebenstehende Text-Abb. c eine Vorstellung giebt. *ABKMPON*

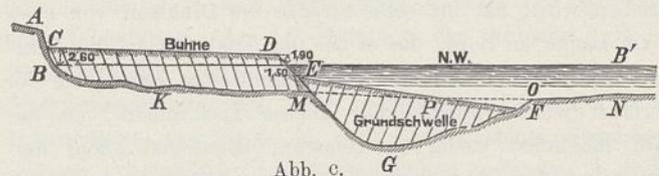


Abb. c.

ist der natürliche Stromquerschnitt vor Ausführung der Arbeiten, *CDE* ist die Buhne, die das natürliche Strombett einschränkt, *MGF* ist die Auskolkung vor dem Buhnenkopf, *EF* ist die Krone der Grundschwelle, die den Kolk durchsetzt und den Buhnenkopf schützt. Im allgemeinen liegt die Krone der Buhne *CD* an ihrer Wurzel bei *C* 2,60 m über Niedrigwasser und am Buhnenkopf 1,90 m über N.W. Die Grundschwelle beginnt bei *E* ungefähr 1,50 m unter N.W., und die Krone *EF* hat eine Neigung von 1:25 bis 1:12.

Derartige Grundschwellen haben den Erwartungen der Baumeister vollständig entsprochen. Sie haben durch Beförderung der Anschwemmung entschieden auf eine Ausfüllung der Kolke und eine Verlandung der Buhnenzwischenfelder hingewirkt. Sie haben dadurch die vollständige und gewissermaßen endgültige Sicherung der Buhnen zuwege gebracht. Aber dies ist nicht der einzige Vortheil. Vom Standpunkt der Schifffahrt aus betrachtet haben die Grundschwellen die noch viel wichtigere Folge nach sich gezogen, daß sie die

Hauptströmung vom Kopf der Buhne abdrängten und weit in den Strom hinein auf eine Stelle verlegten, wo sie zur Erhaltung der größten Tiefen beitrug. Die mit dem Stromstrich zu Thal fahrende gewöhnliche Schifffahrt und die Flöße, die Segelschiffe und Schleppzüge wurden fortan nicht mehr auf den Kopf der Buhnen gedrängt, sondern verblieben in der Mitte des engeren Strombettes oder wenigstens in einer hinreichenden Entfernung vom Ufer. Die Grundschwellen haben also den einen Nachtheil, den man der Einschränkung durch Buhnen mit Recht zum Vorwurf machte, daß für die Schifffahrt gefährliche Klippen geschaffen wurden, beseitigt. Diese Besserung ist so entscheidender Natur, daß selbst außerordentlich starke Krümmungen, deren Begradigung man früher forderte, heute thatsächlich keine Gefahr mehr bieten und ihre Erhaltung endgültig in Aussicht genommen werden konnte.

Die vorbeschriebenen Grundschwellen sind im allgemeinen ziemlich kurz. Falls indessen sich beträchtlichere Auskolkungen bilden oder befürchtet werden können, haben die Grundschwellen nicht allein den Schutz der Buhne, sondern auch die regelmäßige Ausbildung der Sohle und des Gefälles im Auge. So hat die Regulirung der Elbe in großer Ausdehnung auf gleichmäßige Tiefen hingewirkt. Einstmals bot der Fluß, wie die Rhone, eine Reihe von mehr oder minder tiefen Strecken, die durch Stromschnellen getrennt waren. Die Stromgeschwindigkeit ist allerdings in diesen tiefen Stromstrecken vermehrt worden, aber die Vortheile eines regelmäßigen Fahrwassers in ganzer Ausdehnung der Fahrstraße und alle damit verbundenen Vorzüge lassen diese Unbequemlichkeit nicht bemerkbar werden.

Während die Grundschwellen also denselben Dienst leisten wie endgültige Bauwerke, sind sie nicht minder nützlich für die Vorbereitung und billigere Ausführung anderer Werke. Bei Verwendung von Buhnen vollzieht sich die Regulirung des Stromes nicht unmittelbar mit einem Mal, wie dies nothwendigerweise bei Erbauung von Längswerken geschehen muß. Die Herstellung der Buhnen findet statt unter peinlichen Vorsichtsmaßregeln, wobei dem Baumeister eine große Freiheit in der Wahl der Mittel und durch Ausführung im Selbstbetriebe auch die Möglichkeit hierzu eingeräumt ist. Wenn also die Bauausführung eine beträchtliche Umgestaltung des Strombettes, besonders in einbuchtenden Strecken, herbeiführen will, beginnt man mit Ausführung der Buhnen auf nur kurze Längen bis zu einer einstweilig angenommenen Streichlinie. Dann beobachtet man eine Zeit lang den Erfolg. Greift die Strömung die Sohle vor den Köpfen an, so verlängert man die Buhnen, wie wir oben gesehen haben, mit Grundschwellen, die später den Unterbau des folgenden Theiles der Buhnen zu bilden bestimmt sind, einstweilen aber die Ausspülung der Sohle hindern und die Anlandungen festlegen. Dieses allmähliche Vorgehen, dieser fortschreitende Ausbau der Buhnen gelangt nicht nur in Richtung der Strombreite, sondern auch hinsichtlich ihrer Höhe zur Anwendung. Hat man eine bestimmte Höhe erreicht, beginnt man mit Grundschwellen, die später nach und nach, je nachdem der erwartete Erfolg sich einstellt, weiter erhöht werden. Man erreicht auf diese Weise beträchtliche Verlandungen, und Buhnen, die man sonst in großen Tiefen nur mit großen Kosten hätte herstellen können, lassen sich nach und nach auf angesammelten Anlandungen ohne Schwierigkeiten und mit geringen Kosten zu Ende führen.

Am ausspringenden Ufer stellte der Erfolg sich außerordentlich rasch ein. In einspringenden Uferstrecken liefer-

ten die Buhnen weniger befriedigende Ergebnisse. Die Ausspülung am Kopfe der Buhnen, die regelmäßig eintrat, konnte nur durch die vorbeschriebenen Vorsichtsmaßregeln und durch allmähliches Vorgehen bekämpft werden. In diesem Umstande liegt, wie ich glaube, die Ursache, weshalb die deutschen Baumeister dazu gelangt sind, den Grundschwellenbau aufzunehmen und in so bemerkenswerther Weise zu verallgemeinern; denn die übrigen Vorzüge dieser Bauweise konnten erst nach Ausführung derselben durch die Erfahrung sich ergeben. In der That bieten die beiden Ufer der Elbe in der ganzen Ausdehnung, in der sie den preussischen Baumeistern unterstehen und in der Grundschwellen angewandt sind, zur Zeit eine sehr beachtenswerthe Regulirung, die sich jeden Tag vervollkommnet, bis die Lücken zwischen den Buhnen sich durch Verlandung schließten und man ein neues regelmäßiges Ufer haben wird, gleich demjenigen, das wir durch Längsdämme erreichen.

Verwendung der Grundschwellen an der Oder. An der Oder sind die Arbeiten nicht so weit vorgeschritten wie an der Elbe, und Beispiele von der Verwendung der Grundschwellen trifft man nicht so allgemein an. Aber die Verwendung ist dieselbe, ausgenommen daß der Uebergang von der höher gelegenen Buhne zur niedrigeren Grundschwelle durch ein Zwischenwerk gebildet wird, das von den Baumeistern mit „Stromschwelle“ bezeichnet und in Niedrigwasserhöhe abgeglichen wird. Ein vollständiges Strombauwerk an der Oder wird ein sehr zusammengesetztes Ganzes bilden, von dem ich den Querschnitt (Text-Abb. d) hier beifüge.

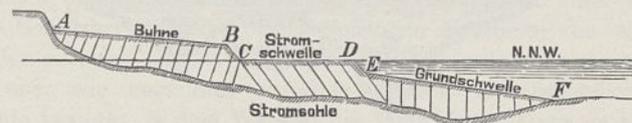


Abb. d.

Die Buhne AB und die Grundschwelle EF , die an der Elbe allein vorkommen, sind hier getrennt durch die Stromschwelle, die den Uebergang bildet. Die Bauart und die Vorsichtsmaßregeln bei allmählicher Ausführung derselben sind die gleichen wie an der Elbe. Der Erfolg der Arbeiten ist ebenfalls an allen Punkten, wo diese Bauweise angewandt worden ist, ein vollkommener.

Verwendung der Grundschwellen am Rhein. Am Rhein finden sich Beispiele aller Bauweisen, die auf Einschränkung des natürlichen Strombettes und auf Herstellung des engeren Strombettes abzielen. Am meisten sind allerdings Buhnen zur Anwendung gelangt, aber man bemerkt auch Längsdämme und vielseitige Verbindung von Längswerken mit Buhnen. Die Grundschwellen sind ebenso wie an der Elbe zur Vertheidigung und zum Schutze der Buhnenköpfe oder der Längsdeiche gegen Unterspülung verwandt. In dieser Hinsicht findet sich demjenigen, was weiter oben für die Elbe erwähnt ist, nichts hinzuzufügen.

Eine Besonderheit am Rhein ist indessen die Verwendung der Grundschwellen zur Erzielung einer regelmäßigen Querschnittsform. Die deutschen Baumeister haben in dieser Hinsicht eine fast ängstliche Vervollkommnung angestrebt und untersucht, wie im Querschnitt eines Stromes sich eine künstliche Fahrinne mit gleichförmiger Tiefe ähnlich der eines Canals dürfte durchführen lassen. Für diese Untersuchungen kamen natürlich keine Stromengen wie diejenige der Loreley in Frage, wo bereits beträchtliche Tiefen vorhanden waren, wie an der Rhone in den Deichengen von Pierre Châtel oder von St. Alban und an der Donau in den Stromengen des Kasan. An diesen Stellen kommt die Herstellung

eines engeren Strombettes nicht in Betracht. Aufser Uferausbauten, Häfen und Leinpfaden hat der Mensch dort für die Schifffahrt nichts zu thun. Es handelt sich vielmehr nur um die Vervollkommnung eines durch Einschränkung in einem zu breiten natürlichen Strombett künstlich geschaffenen engeren Strombettes, um in ihm ein thunlichst regelmässiges und für die Schifffahrt ausreichendes Fahrwasser zu erzielen. Die Breite des engeren Strombettes im Rhein zwischen St. Goar und Köln ist 350 m. In einem so breiten Strombett tritt häufig der Fall ein, daß zufolge mangelhafter Führung des Stromes oder zufolge ungünstiger Richtung der Hochufer der Querschnitt unregelmässig ist und neben übergrößen Tiefen hochliegende Bänke auftauchen. Der Schifffahrt sind diese Bänke beschwerlich, weil sie gezwungen ist, bei Wahl ihres Fahrweges die hochliegenden Gründe, die oft mitten im Fahrwasser liegen, zu umgehen, und weil sie dabei starken Querströmungen je nach Lage der großen Tiefen begegnet. Es erwächst hierdurch der Schifffahrt eine ernste Unbequemlichkeit, besonders wenn mehrere Fahrzeuge gleichzeitig an demselben Punkte sich begegnen.

Die gleichförmige Ausbildung der Fahrrinne wird nun verwirklicht durch Anwendung der Grundschnellen, mittels deren die Baumeister die großen Tiefen durchbauen und in einer etwa 0,5 bis 1,0 m unter Normalsohle liegenden Höhe abgleichen, wie dies nebenstehende, von Herrn Schmid in Coblenz herrührende Text-Abb. e ergibt. In einem Quer-

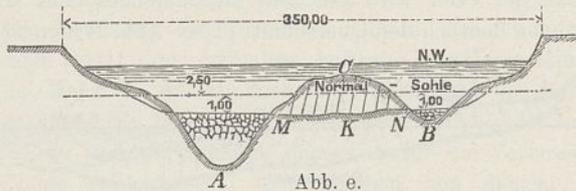


Abb. e.

schnitt, der eine tiefe Rinne *A* oder auch eine geringere Senkung *B* neben einem hochliegenden Grunde *C* darstellt, würde man Grundschnellen einbauen, die diese Rinnen bis zu 1,0 m unter Normalsohle, d. h. bis 3,50 m unter N.W. abschließen. Diese Grundschnellen haben im allgemeinen eine Abspülung der höher liegenden Theile der Sohle und demgemäß ein Abtreiben des hochliegenden Grundes *C*, möglicherweise bis zur Linie *MKN*, zur Folge. Diese Wirkung tritt nicht allein in dem Querschnitt ein, in dem die Grundschnellen liegen, sondern in ganzer Länge des Ueberganges, wenn mehrere Werke in einer zur Verbauung der Gräben *A* und *B* in ganzer Länge hinreichend nahe liegenden Folge angeordnet werden. Sind diese Werke einmal gut ausgeführt und mit Erfolg in Wirksamkeit getreten, so erscheinen sie nicht wieder und können nicht wiedergefunden werden. In dieser Weise ist den uns gemachten Angaben zufolge der Uebergang bei Braubach, 10 km oberhalb Coblenz, durch 16 Grundschnellen, deren Entfernung ungefähr 125 m beträgt, und die Fahrstrasse bei Zoll-Engers, 8 km unterhalb Coblenz, wo eine etwa 1 km lange Rinne nahe am rechten Ufer vorhanden war, vor 15 Jahren durch vier Grundschnellen in 250 m Abstand ausgebaut worden.

Die Wirkung der Schnellen wurde unterstützt durch Abaggerung des hoch liegenden Grundes, der sich seitlich am übermächtig tiefen Thalweg entlang zog. Heute zeigt der Längenschnitt in Richtung der alten Rinne, daß die Ausfüllung zwischen den Grundschnellen fast vollendet ist. Die Schnellen sind verschwunden. Auf ihnen tritt bei der Fahrt eine kaum bemerkbare Wellenbewegung, in den Zwischenräumen eine nur schwache Senkung des Wasserspiegels in die Erscheinung.

Verwendung der Grundschnellen an der Mosel. Wir haben die Mosel zwar nicht besichtigt, aber in Erfahrung gebracht, daß dort die Grundschnellen ähnlich wie am Rhein verwandt worden sind, theils zur Vertheilung des Gefälles, wie wir es an der Rhone versuchen, theils zum Schutz der Strombauwerke und zur Regulirung der Querschnittsform des engeren Strombettes. Der Regierungs- und Baurath Schmid in Coblenz hat uns über diese Arbeiten einige Einzelheiten mitgetheilt. Wir haben uns die Thatsache aufgezeichnet, daß die Mosel auf eine Strecke von 105 km zwischen Trarbach und Coblenz ausgebaut und in regelmässiger Form schiffbar gemacht worden ist. Das mittlere kilometrische Gefälle dieser Strecke ist 0,33 m, die kleinste Fahrtiefe bei Niedrigwasser ist 0,60 m, während die kleinste Wassermenge 40 cbm in der Secunde nicht erreicht. Diese Verbesserung ist möglich geworden durch Verwendung von Grundschnellen, welche die tiefen Stromstrecken und demnach die Stromschnellen haben verschwinden lassen und die eine regelmässige Vertheilung des Gefälles herbeigeführt haben.

Auf den ersten Blick erscheint dieses Ergebniss von geringer Bedeutung. Man möchte eine Wassertiefe von 0,60 m wohl unzureichend finden. Die Deutschen waren nicht der Meinung. Die allerniedrigsten Wasserstände sind selten und von kurzer Dauer. Für gewöhnlich ist die Mosel sehr wohl schiffbar. Die Baumeister ziehen es vor, den Strom lieber frei fließen zu lassen, als die Fahrtiefe durch Stauanlagen zu vergrößern. In der That sind sie dazu gelangt, auf der Mosel eine Schifffahrt zu sehen, die wenigstens an der Mündung bei Coblenz sehr blühend zu sein scheint.

Die Weser und die Weichsel. An der Weichsel ist die Regulirung noch im ersten Anfange ihrer Entwicklung, und wir haben nicht gesehen, daß man bereits dazu gelangt ist, die Werke über die Streichlinien hinaus bis in das engere Strombett mittels Grundschnellen vorzuschieben. Die bis jetzt ausgeführten derartigen Werke sind vielmehr wirkliche Grunddeckungen, die den Zweck haben, die Sohle auf der Baustelle oder an den Bühnenköpfen gegen befürchtete Ausspülungen festzulegen. Es ist aber ersichtlich, daß diese Grunddeckungen als der Ausgangspunkt der Grundschnellen betrachtet werden müssen. Uebrigens ist die Theorie und Bauweise der Baumeister an der Weichsel in dieser Hinsicht genau dieselbe wie diejenige der Baumeister an den anderen Strömen.

Die Weser haben wir nicht gesehen. Was man uns von ihr gesagt hat, ist hinsichtlich der Verwendung von Grundschnellen sehr bemerkenswerth. Aber anscheinend unterscheiden die Arbeiten sich nicht wesentlich von denjenigen der Elbe, Oder, Weichsel und des Rheins. Mit Bedauern haben wir der freundlichen Einladung der Bauleitung der Weser nicht entsprechen können, um die Dauer unseres Auftrages nicht allzusehr auszudehnen.

Schlussbetrachtung. Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, daß die deutschen Baumeister sich nicht, wie wir es an der Rhone gethan haben, auf eine Regulirung der Ufer ihrer Ströme beschränken, sondern daß sie auf die regelmässige Gestaltung der Sohle ein nicht geringeres Gewicht legen. Die Erfahrung, daß bisweilen in der Fahrrinne selbst Unordnung sich geltend macht, und die Ausspülung, die immer vor den Einschränkungswerken hervorgerufen wurde, mußte naturgemäß und unvermeidlich zu der Folgerung führen, daß die Unterhaltung der Ufer und Herstellung eines engeren Strombettes nicht genügte, sondern daß es galt, auch die unveränderliche Lage

der Stromsohle sicherzustellen. Die deutschen Baumeister haben also den Gedanken verwirklicht, dafs sie die Sohle ebenso behandeln wie das Ufer, in gleichartigem Vorgehen oder wenigstens durch Werke, deren Aehnlichkeit unbestreitbar ist. Mit einer Reihe von Buhnen legen sie die Grenzen des engeren Strombettes fest, mit einer Reihe von Querbauten oder Grundschnellen ziehen sie die Grenzen, über die hinaus die Sohle sich nicht vertiefen soll. In gleicher Weise wie die neuen Ufer des engeren Strombettes sich ausbilden und durch die vom Strom zugeführten Anschwemmungen sich regelmäfsig gestalten, ebenso wird die Sohle erhöht und geebnet durch die Niederschläge der Strömung zwischen den aufeinander folgenden Grundschnellen. Den gleichen Ursachen entspricht in beiden Fällen der gleiche Erfolg. Es hat nur einer bald erreichten Erfahrung bedurft, um diejenige Entfernung der Werke von einander zu bestimmen, die zur Sicherung der Anlandung bei Ausbildung des Ufers oder der regelmäfsigen Sohle geboten war.

Durch die Verwendung der Grundschnellen erreichte man bereits in beträchtlicher Ausdehnung — und man beabsichtigt es überall — eine vollkommene Regulirung, deren Hauptvorzüge folgendermafsen zusammengefaßt werden können:

1. Eine nahezu gleichmäfsige Vertheilung des Gefälles; infolge dessen eine Beseitigung der Stromschnellen, in denen sich eine der allgemeinen Natur des Flusses entsprechende Fahrtiefe ausbildet.

2. Der Schutz der Regulirungswerke und aller durch Uferströmungen bedrohten Bauten.

3. Die Verlegung der Linie der grössten Tiefe und der grössten Geschwindigkeit auf eine gewisse Entfernung vor den Uferbauten und demzufolge die Beseitigung der Gefahr, die von den Buhnen oder selbst von Längswerken für die Thalschiffahrt oder für jedes zu Thal treibende Fahrzeug und Flofs ausgeht.

4. Die regelmäfsige Vertheilung der Tiefen und Geschwindigkeiten in demselben Querschnitt.

5. Endlich die gleichmäfsige Ausbildung der Fahrwassertiefe in ganzer Ausdehnung gleichartiger Stromstrecken, bisweilen sogar wie auf der Elbe in ganzer Länge des Stromes, sodafs die Schiffahrt überall fast dieselbe Fahrtiefe vorfindet.

II. Anwendung der Grundschnellen zur Verbesserung der Rhone.

Die in bestimmter Wassertiefe abgeglichenen und demnach immer unter Wasser liegenden Werke sind nicht ganz unbekannt an der Rhone. So giebt es zahlreiche Beispiele in den Oeffnungen der Längsdämme, wo wir für Erhaltung des Leinpfades sorgen muften, und in den Abzweigungen wichtiger Nebenarme, die erhalten bleiben sollten, wie z. B. der Arm von Villeneuve bei Avignon und der Arm von Tarascon. Aber bis in die neueste Zeit sind Unterwasserwerke noch nicht verwandt im Hauptstrom in der Absicht, auf Regulirung der Sohle hinzuwirken, und eine unserer wichtigsten Aufgaben in Deutschland war gerade das Studium dieser besonderen Bauwerke, in denen wir noch keine Erfahrung besitzen.

Im Bericht vom 1. Juli 1878 über die Verbesserung der Rhone zwischen Lyon und dem Meere habe ich die Bauweise erläutert, die früher bei Ausführung der Strombauwerke an der Rhone befolgt worden war, und ausgeführt, wie ich bei den durch das Gesetz vom 13. Mai 1878 gebotenen Arbeiten davon Gebrauch zu machen gedachte. Ich hatte ausdrücklich darauf hingewiesen, dafs man sich

an mehreren Stellen merkbar verrechnet hätte, und die ernste Gefahr betont, die mit einer Senkung des Wasserstandes verbunden war, da diese bei eng begrenzter Regulirung nothwendige Folgeerscheinung die Schwierigkeiten nur verlegen, nicht aber zu beseitigen vermöge. Ich will die allgemeinen Erörterungen hier nicht wiederholen. Diese Ausführungen haben nur den Zweck, die Verwendbarkeit der Grundschnellen darzuthun, und ich beschränke mich darauf, die einzelnen Schwierigkeiten, die sich mittels dieser Bauweise abschwächen oder vielmehr beheben lassen, einer kurzen Einzelbetrachtung zu unterziehen.

Bekanntlich ist das Gefälle der Rhone weit davon entfernt, gleichmäfsig vertheilt zu sein, selbst in sehr kurzer Ausdehnung. Das kilometrische Gefälle, das oft als eine der wichtigsten Unterlagen für die Wirkung der verschiedenen Stromquerschnitte angegeben wird, ist eine ideelle Linie, von welcher das wirkliche Gefälle in den verschiedenen Höhen bisweilen sehr beträchtlich nach oben oder nach unten hin abweicht. In einigen tiefen Kolken ist das Gefälle auferordentlich schwach, vereinzelt findet man unterhalb starker Stromschnellen auf kurze Längen sogar ein Gegengefälle im Wasserspiegel, während in den Stromschnellen selbst das Gefälle beträchtlich ist und 0,005 m auf 1 m erreicht. Die Niedrigwasserlinie setzt sich abwechselnd aus schwachen und starken Gefällstrecken, entsprechend den tiefen und flachen Stromstrecken, zusammen. Unsere Lagepläne und Längenschnitte lassen klar erkennen, dafs der Strom eine Reihe von Kolken, d. h. mehr oder minder tiefen Rinnen bildet, die durch hochliegende Gründe mit einer für die Schiffahrt bisweilen unzureichenden Fahrtiefe von einander getrennt sind. Sie geben vollständige Gewifsheit, dafs ebenso, wie man dies an allen Flüssen mit beweglicher Sohle bemerkt, in dem Wechsel der Tiefe eine Art von gesetzmäfsiger Schwankung besteht, und sie zeigen uns, dafs die grofsen Tiefen sich allgemein am einbuchtenden Ufer bilden, während die hochliegenden Gründe (Schwellen) sich an den Wendepunkten finden, wo der Strom von einem zum andern Ufer übergeht. Das Gefälle ist schwach in den tiefen Kolken und wird mehr oder weniger stark auf den Untiefen. Bei starker Wasserführung treten die Ungleichheiten der Sohle weniger hervor, und die Schwankungen des Oberflächengefälles weniger in die Erscheinung. Aber bei Niedrigwasser bildet der Abflufs einer geringen Wassermenge in den tiefen Kolken ein sehr wenig bemerkbares Gefälle, während auf einigen Schwellen ein wirklicher Wassersturz vorhanden ist, mittels dessen eine Rinne sich quer in die nächstfolgende ergiefst. Diese Beobachtungen sind von allen Wasserbauameistern über die Form des Niedrigwasserbettes und über die Beziehung zwischen Niedrigwassergefälle und Wassertiefe gemacht worden und in den Annales des ponts et chaussées wiederholt hervorgehoben. Man kann diese oft beobachtete Thatsache als einen Hauptgrundsatz der Flußbaukunde bezeichnen.

Die vorstehenden Entwicklungen lassen die Hauptschwierigkeiten der Rhoneregulirung erkennen. Es erscheint von vornherein als handgreiflich und ist auf einer grofsen Zahl von Uebergängen durch die Erfahrung bestätigt, dafs dieser Strom bei seiner grofsen Niedrigwassermenge derart nutzbar gemacht werden kann, dafs er jederzeit eine für die Schiffahrt ausreichende Fahrtiefe bietet. Wir finden schon jetzt ziemlich beträchtliche Theile, wo der Zustand bei Niedrigwasser ausgezeichnet ist, obwohl das Gefälle daselbst über das mittlere Gefälle hinausgeht. Die Schwierigkeit liegt in dem Umstande, dafs das allgemeine Gefälle

nicht regelmässig genug vertheilt ist, dass beträchtliche Stromlängen tiefe Kolke bilden, wo das Gefälle bei Niedrigwasser fast Null ist, und dass demzufolge sich Stromschnellen finden, wo das Gefälle sehr stark, ja an bestimmten Punkten mit der Bildung einer regelmässigen Fahrinne von ausreichender Tiefe durchaus unvereinbar ist. In diesen starken Stromschnellen, die wahre Wehrüberfälle der oberen Woogstrecke darstellen, kann eine Verbesserung nur durch Verringerung des Gefälles herbeigeführt werden, aber eben diese Verringerung des Gefälles hat möglicherweise eine Verschlechterung der oberhalb gelegenen Uebergänge zur Folge. Aehnlich liegt wenigstens die Sache auf allen Punkten, wo man eine Vertiefung des Bettes erreicht hat, sodafs man fast überall sagen kann, dass die Verbesserung der Schiffahrtsrinne von einer mehr oder minder grossen örtlich begrenzten Senkung des Niedrigwasserstandes begleitet gewesen ist.

Wir müssen demnach bestrebt sein, das unregelmässige Strombett der Rhone gleichmässiger zu gestalten, derart, dass im Gefälle unbedeutendere Schwankungen auftreten. Um dies zu erreichen, haben wir bei allen vorgelegten Entwürfen zur Herstellung des Schiffahrtsweges bisher die folgenden Bedingungen zu verwirklichen gesucht:

1. Erhaltung des vorhandenen Gefälles an allen Punkten, wo es nur wenig vom Durchschnittsgefälle abweicht.

2. An denjenigen Stellen, wo der Absturz der Stromschnellen mit den Anforderungen einer Schiffahrtstrasse unvereinbar war, die möglichst geringe Abschwächung des Gefälles und die Einschränkung der Spiegelsenkung im Oberwasser auf das kleinste Mafs.

3. Ausgleich der an gewissen Punkten unvermeidlichen Spiegelsenkungen durch Wiederherstellung des Gefälles, so weit es möglich ist.

Mit Rücksicht auf diese letzte Bedingung hatten wir die Verwendung der Grundschnellen zuerst vorgeschlagen und die beiden Entwürfe aufgestellt, die unterm 31. März und 3. April 1880 vom Herrn Minister genehmigt wurden und gegenwärtig in Ausführung sind. Die Rücksicht auf diesen besonderen Zweck giebt uns auch Anlass, in eine allgemeine Darlegung unserer Ansicht über die Verwendbarkeit der Grundschnellen an der Rhone einzutreten.

Erhöhung des Niedrigwasserspiegels in tiefen Kolken durch Erbauung von Grundschnellen. Wir haben im vorhergehenden die Nothwendigkeit nachgewiesen, in gewissen Stromtheilen das Gefälle zu vergrössern in der Absicht, einen Ausgleich zu schaffen für die aus einer Verbesserung der Stromschnellen nothwendig hervorgehenden Spiegelsenkungen. Wir beziehen uns auf unsern Bericht vom 1. Juli 1878, in dem wir die Grundzüge einer besonderen Bauweise erläuterten, die in damals neuer Art zur Behebung der tiefen Kolke und der dadurch geschaffenen wahren Seebildungen und Gefällverluste dienen sollte. Ich wiederhole diese Ausführung wörtlich:

„Es ist eine vollständig allgemeine Thatsache, dass in einbuchtenden Krümmungen bei hinreichend festem Ufer sich sehr tiefe Kolke ausbilden, die bei Niedrigwasser kein Gefälle zeigen. Die Erklärung dieser in Lehrbüchern oft erwähnten Erscheinung ist einfach, und ich werde sie kurz wiederholen.

Betrachten wir den Stromfaden, der mit dem einbuchtenden Ufer in unmittelbarer Berührung steht, so trifft dieser Faden in seiner Bewegung die feste Oberfläche des Ufers unter einem gewissen Winkel und wird aus seiner Richtung abgelenkt. Die benachbarten Fäden, die den ersteren treffen, erfahren eine ähnliche Wirkung. Welches nun immer die

Molecularwirkung bei Berührung und Durchdringung der Stromfäden im einzelnen sein mag, Thatsache ist, dass die ganze Masse von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt wird und dabei auf das Ufer mit einer um so grösseren Kraft wirkt, je stärker die Krümmung und je beträchtlicher die abgelenkte Wassermasse ist. Wenn das Ufer keine ausreichende Widerstandsfähigkeit besitzt, weicht es zurück und wird abgebrochen. Ist das Ufer fest, so wirkt die Stromkraft auf die bewegliche Sohle und veranlasst die Ausspülung des Bettes, die Bildung eines Kolkes.

Wenn wir in dieser Voraussetzung die einbuchtende Krümmung eines Ufers $QPAMN$ (Text-Abb. f) betrachten, das widersteht und sich 4 bis 5 m über N.W. erhebt, so sind wir sicher — und alle Beispiele bestätigen es —, dass wir am Fufs dieses Ufers einen tiefen Kolk finden. Der Querschnitt der Sohle in der Richtung von ABC wird eine solche Linie sein, wie sie im Querschnitt (Text-Abb. g) mit $AJKHOC$ abgebildet ist.

Bei jedem Wasserstande, selbst bei Niedrigwasser, wird die

Ablenkung der Stromfäden an dem gekrümmten Ufer eine Spülkraft erzeugen, die fortschreitend wächst in dem Mafse, wie der Wasserstand steigt. In dem Augenblick, wo der Wasserstand die Höhe VA des bordvollen Wassers erreicht, wird die Beschleunigung der Spülkraft, wenn man sich so ausdrücken darf, seinen Höchstwerth annehmen, und das Anwachsen dieser Wirkung wird sich verringern, wenn die Ausuferung beginnt. Es ist klar, dass die auf die bewegliche Sohle ausgeübte Spülkraft um so beträchtlicher ist, je grösser die Höhe AJ des festen Ufers über Niedrigwasser ist. Wenn das Vorland statt in AD in der Höhe ad läge, ist es klar, dass die Spülkraft geringer wäre, die Tiefe des Kolkes sich ermässigen und die Lage der Sohle sich heben würde.

Nun liegt es nicht in unserer Hand, die Höhe des Vorlandes zu erniedrigen. Aber wir können den Thalweg verlegen vor die Krümmung $QPAMN$ durch einen Leitdamm $QpBmN$, dessen Höhe nicht über ad hinausragt, und wir sind sicher, dass wir vor diesem Damm geringere Ausspülungen erhalten werden, als vom alten Ufer AJ hervorgerufen wurden. Der neue Querschnitt wird z. B. $BTSRC$ sein. In dieser Weise können wir den Thalweg aus den tiefen Kolken, die heute bestehen, verschieben und ihm einen Weg anweisen, dessen Tiefe wir sozusagen nach Belieben durch Verringerung der Krümmung und durch Erniedrigung der Höhe der Leitdämme regeln. In dieser Weise werden wir das Niedrigwassergefälle an den Stellen, wo es heute vollständig verschwunden ist und der Abfluss des Niedrigwassers sich wie in einem See vollzieht, wiederherstellen. Bei genügender Entfernung des neuen Leitdamms vom alten einbuchtenden Ufer werden wir die grossen Tiefen vermeiden und werden nur Bauwerke zu errichten haben, die nicht viel theurer sind als unsere gewöhnlichen Längsdämme.

Begreiflicherweise wird das Hochwasser bei dem beträchtlichen Abstände beider Uferlinien und bei den grossen Tiefen, in die der Strom seiner natürlichen Richtung folgend einfällt, schwere Verwirrung anrichten können. Es wird nöthig sein, diesen Zwischenraum zu befestigen. Um zu verhindern, dass sich hier störende Strömungen bilden, wird es

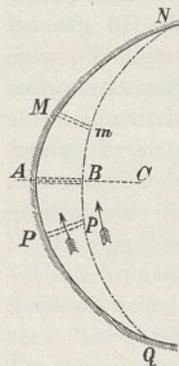


Abb. f.

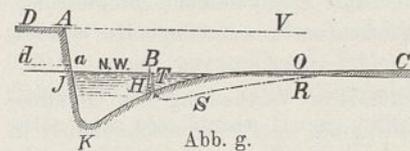


Abb. g.

genügen, die beiden Uferlinien durch Querwerke *Pp*, *AB*, *Mm* (Abb. g) zu verbinden. Die Richtung der letzteren wird untersucht werden müssen, anscheinend wird es zunächst gut sein, sie senkrecht zum Ufer anzuordnen, um die geringsten Längen zu erreichen.

Was wir über die Kolke am einspringenden Ufer ausgeführt haben, trifft auch zu für die sich an hohen Deichen entlang ziehende Fahrinne. Es ist durch die Erfahrung nachgewiesen, daß der Strom an hohen Ufern ebenfalls den Fuß angreift, und wir müssen allgemein dahin streben, den Schiffahrtsweg hohen Ufern fern zu halten.

Im Laufe der Ausführung haben wir an mehreren Stellen Werke errichtet, die, wie eben ausgeführt, den Zweck haben, die tiefen Kolke abzuschneiden. Diese Bauweise hat sich zwar noch nicht in der Erfahrung vollständig bewährt, aber der Erfolg ist nicht zweifelhaft. Das Maß, um welches das Gefälle gesteigert wird, kann im voraus nicht angegeben werden. Daß eine Steigerung eintritt, ist indessen vollkommen sicher, unbestimmt ist nur das Maß der Steigerung.“

Nach diesen Gesichtspunkten vom Jahre 1878 ist eine große Zahl von Bauten ausgeführt worden, von denen einige fast vollendet sind, namentlich der Damm von Casseyrolles, von la Roque d'acier, der Damm von Vallabrègues, von Jssards, von Colombier und Codolet, der Damm von Saussac unterhalb der Brücke von St. Esprit, der Damm von St. Jean oberhalb der Isèremündung usw. Ueberall scheinen unsere Erwartungen sich erfüllt zu haben, wenn auch die Wasserstände eine vollständige Verwirklichung nicht gestattet haben. Insbesondere müssen wir die Dämme von Limony und von St. Pierre de Boeuf hervorheben, wo bei Niedrigwasser im Frühjahr eine bemerkenswerthe Hebung des Wasserspiegels festgestellt worden ist. Bei St. Pierre de Boeuf reicht dieselbe auf 6 km stromauf. Indessen kann man aus Beobachtungen, die unmittelbar nach Beendigung solcher Werke angestellt worden sind, kein Endurtheil fällen. Wir sind nicht sicher, ob spätere Ausspülungen des Bettes nicht die vielleicht unsicheren Erfolge abschwächen oder gar verschwinden lassen werden. Man kann noch nicht behaupten, daß unsere Arbeiten endgültig sich in der Erfahrung bewährt haben.

Ich bin heute des Glaubens, daß diese Bauweise vollständig und vielfach vollständig ersetzt werden muß durch diejenige der Grundswellen. Am Anfang dieses Berichtes habe ich gesagt, daß die deutschen Baumeister nicht darauf ausgehen, die tiefen Kolke durch Längsdämme, die den Schiffahrtsweg abschneiden, zu verdecken, sondern die Sohle mittels Stauwerken, durch Verwendung der Grundswellen zu heben. Ihre Bauweise hat zahlreiche Vorzüge. Nach obigen Ausführungen können die an verschiedenen Stellen, namentlich bei St. Pierre de Boeuf mit Leitdämmen erreichten Ergebnisse noch nicht als endgültige betrachtet werden, weil in dem neuen Bett die Beweglichkeit der Sohle und demzufolge die Möglichkeit von Ausspülungen bestehen bleibt. Diese Dämme haben aber noch andere Unzuträglichkeiten. An allen Stellen, wo das einbuchtende Ufer am Kolk entlang ziemlich regelmäßig ausgebildet ist, muß man es bedauern, daß vor den alten Werken ein neuer Damm herzustellen ist, der unter großen Kosten eine unnütze Begradigung bewirkt, dem Niedrigwasser den Zutritt zum Ufer verwehrt und die Treidelei erschwert. Uebrigens setzen diese Arbeiten das Vorhandensein eines ziemlich breiten Strombettes voraus, damit man außerhalb des abgeschnittenen Kolkes Platz findet für das neue Strombett. In einer großen Zahl von Fällen ist bei diesem Vorgehen die Verbesserung

vollständig unmöglich. Endlich ist der Bau der Dämme, die den Schiffahrtsweg kreuzen, ohne beträchtliche Störung der Schiffahrt nicht ausführbar. Es ist sehr schwer, im Laufe der Bauausführung an einem gewissen Punkte einen Zustand zu vermeiden, der vorübergehend für die Schiffahrt tatsächliche Gefahr bietet.

Ich bin daher der Ansicht, daß in einer großen Zahl von Fällen die Wiederherstellung des Gefälles nicht durch Längsdämme, die die Kolke verdecken, sondern durch Grundswellen, die die Auffüllung derselben hervorrufen, erlangt werden sollte. Ich würde anstreben, die Tiefe der Kolke auf einen Mindestwerth von etwa 2,50 m zurückzuführen, durch eine Reihe künstlicher Schwellen, die nicht allein den Zweck hätten, die Sohle zu heben, sondern auch durch ihre verschiedene und wohl abgemessene Neigung vom Ufer nach der Mitte des Fahrwassers hin die Strömung des Flusses vom Ufer entfernen, sie in das Strombett weiter verschieben und auf den schädlichen Uebergängen unter Verhütung von Querströmungen dem Wasser eine sichere Leitung geben. Es leuchtet ein, daß derartige Werke unvergleichlich billiger sind als der entsprechende Längsdamm. Wenn wir zum Beispiel der Gesamtheit der Grundswellen eine gleiche Baulänge gäben wie derjenigen eines Längsdammes, wobei in der Mitte sich ein ungefährer Abstand zwischen Damm und Ufer von 80 m ergeben würde, so würde dies auf die Ausführung eines zwar gleich langen, aber in der Höhe um ungefähr 4,00 m niedrigeren Dammes hinauslaufen. Zuzufolge der fast dreieckigen Form unseres Querschnitts kann man annehmen, daß die Querschnittsflächen nahezu mit dem Quadrat der Höhe in Beziehung stehen. In der That hat die Erfahrung uns schon erkennen lassen, daß die Grundswellen unvergleichlich billiger sind als die entsprechenden Längsdämme.

Die Annahme des Grundswellenbaues wird zahlreiche Vortheile im Gefolge haben, deren wesentlichste sich wie folgt zusammenfassen lassen:

1. Ersparung mehrerer Millionen bei den gesamten Arbeiten zur Verbesserung der Rhone und Vervollkommnung der Schiffahrtstraße an Punkten, wo keine andere Bauweise verwendbar ist.
2. Erhaltung der bestehenden Ufer und demzufolge der Treidelei an allen Punkten, wo die Ufer ihrer bereits vorhandenen Regelmäßigkeit wegen einer Begradigung nicht bedürfen.
3. Ausführbarkeit der Arbeiten ohne Störung der Schiffahrt.
4. Die Möglichkeit, überall die zu tiefen Kolke verschwinden zu lassen und eine bessere Vertheilung der Gefälle und der Geschwindigkeiten zu erreichen.
5. Endlich die sichere Regulirung des Stromes auf den Uebergängen von einem Ufer zum andern.

Diese Vortheile sind beachtenswerth, und selbst wenn auf eine gewisse billigere Ausführung nicht gerücksichtigt würde, sind sie derartig, daß ich die Bauweise der Grundswellen als eine unentbehrliche Ergänzung der zur Verbesserung der Rhone unternommenen Arbeiten erachten muß.

Allerdings gebe ich vollkommen zu, daß Werke von einer bisher in Frankreich noch vollständig unbekannt Form sehr eingehend erörtert werden müssen, und ich muß mit ernster Aufmerksamkeit die Einwendungen in Erwägung ziehen, die bei Einreichung der ersten Entwürfe erhoben worden sind. Zunächst muß ich auf dem wesentlichen Punkte beharren, daß die Einführung der Grundswellen in keiner Weise das Aufgeben der Längsdämme in sich schließt. Die letzteren bleiben immer die Grundlage der

Verbesserung der Rhone, wie dies aus meinen übrigen vorgelegten Entwürfen zu ersehen ist und wie es erkennbar ist aus den Anwendungsbeispielen, die ich noch zu erörtern gedenke. Mein heutiger Vorschlag beschränkt sich nach den in Deutschland gemachten Studien auf eine Beigabe zu den Längswerken, die bestimmt ist, deren Wirkung zu vervollständigen, für neue Dämme, die eine Verdopplung der alten gebildet haben würden, als Ersatz zu dienen und im großen und ganzen für die Sohle dasselbe zu leisten, was die Dämme für das Ufer leisten. Man kann sogar erstaunt sein, daß man so lange und so beharrlich die Nothwendigkeit verkannt hat, das Flussbett selbst ebenso zu befestigen, wie wir die Ufer befestigen, die Sohle zu erhalten oder selbst zu erhöhen in gleicher Weise, wie wir die Ufer vertheidigen und Einschränkungswerke ausführen.

Man hat gegen die vorgeschlagenen Schwellen den folgenden Einwand erhoben: Man giebt zwar zu, daß die einzelnen Felder zwischen den Grundschwellen sich füllen werden, aber man fürchtet, daß die Ausfüllung lange auf sich warten lassen wird, daß jede Schwelle während dieser Wartezeit an der Oberfläche gleich vereinzelt Felsen eine Aufwallung des Wassers hervorruft und daß daraus eine Reihe von Ueberfällen hervorgeht, welche die Schifffahrt erschweren und bedauerlich wären, wenn dieser Zustand mehrere Jahre andauern würde. Was den ersten Einwand anlangt, so können wir hoffen und sogar versichert sein, daß die Ausfüllung der Felder schnell vor sich gehen wird. Es genügt, darauf hinzuweisen, welche außerordentliche Massen von Kies bei jeder Fluthwelle in Bewegung gerathen und selbst fortwährend, auf der Sohle in Bewegung sind. Sache der Erfahrung wird es sein, den Abstand der Werke richtig zu bemessen. Wir haben zur Zeit bereits an mehreren Grundschwellen, die unter Umständen, die weiterhin erläutert werden sollen, erbaut sind, einige Erfahrungen gesammelt. An der größten Zahl derselben ist die Wirkung an der Oberfläche so wenig spürbar, daß, selbst wenn man ihre Lage weiß, das Auge Mühe hat sie zu entdecken. An einigen ist die Bewegung des Ueberfalls an der Oberfläche so weit bemerkbar, daß man an ihr leicht die Baustelle zu erkennen vermag. Aber diese Bewegung ist ohne jeden Einfluß auf die Schifffahrt, hat zu keinerlei Schwierigkeit Anlaß gegeben und hat den Fahrzeugen nicht die geringste Unbequemlichkeit verursacht. Die Thatsache steht heute fest, daß die Grundschwellen in 2,50 m Tiefe unter Niedrigwasser keinerlei störende Wirkungen an der Wasseroberfläche hervorbringen. Es geht daraus hervor, daß, selbst wenn die Ausfüllung der Felder lange dauern sollte, dies ohne Belang wäre, und wenn die Grundschwellen ihre Aufgabe nicht sofort in vollem Umfange erfüllen sollten, sie es wenigstens in hohem Maße thun werden. So lange die Ausfüllung nicht beendet ist, bildet jede Grundschwelle ein Grundwehr, und eine ganze Reihe von Grundwehren wird die Theilung der jetzt in den Stromschnellen vereinigten Fallhöhe zur Folge haben, eine Thatsache, die zur leichteren Ausführung der Längswerke nicht unwesentlich beiträgt. Die Schiffer behaupten sogar, daß ohne diese dem Wasser als Stützpunkte dienende Werke gewisse Strecken, namentlich diejenigen bei Revestidou und bei Pizon, sehr große Schwierigkeiten und des Wasserabsturzes wegen, der sich während der Ausführung der Einschränkungsdämme hätte einstellen müssen, selbst ernste Gefahr geboten haben würden.

Man hat auch den Einwand erhoben, daß nach Ausführung der Grundschwellen die Schifffahrt für die Grappins unmöglich würde. Ich trage kein Bedenken zu sagen, daß

diese Bauweise im Gegentheil den Grappins nur Vortheil bringen wird, insofern diese Kähne da einen festen Grund erhalten, wo sie ihn vorher nicht fanden. Wenn wir annähmen, daß die Grundschwellen keinen Erfolg hätten, und demnach die Ausfüllung der Felder unterbliebe, so wird dadurch der Thatbestand nicht verändert, da die Grundschwellen nur in solcher Tiefe liegen, wo die Grappins nicht hinkommen. Diese Schiffe würden immer ebenso wie heute ihren Weg auf dem Sande nehmen, der neben den Kolken liegt, oder mit ihren Schaufeln sich fortbewegen. Wenn die Strömung in den verbauten Kolken so stark werden sollte, daß sie mit ihrem Anhang nicht zu Berg zu fahren imstande wären, so würden sie das bekannte Verfahren einschlagen, daß sie erst allein vorangehen und danach den Anhang mit der Winde nachziehen. Dabei ist hervorzuheben, daß die Allgemeine Schifffahrtsgesellschaft, die thatsächlich die einzigen Grappins auf der Rhone im Betrieb hat, die Bauweise der Grundschwellen lebhaft begrüßt hat und der Leiter dieser Gesellschaft mir gegenüber oft den Wunsch ausgesprochen hat, dieselben in weiterem Umfange verwandt zu sehen.

Nach Erörterung der gegen die Grundschwellen erhobenen Einwände müssen wir einige Einzelheiten über die mit dieser Bauweise erreichbaren Erfolge mittheilen. In dieser Hinsicht werden wir die verschiedenen Verwendungen erläutern, die wir im Drange der Ereignisse bereits davon gemacht haben oder zu machen im Begriff sind.

Beispiele. Im Bericht folgt die Besprechung einzelner Regulirungsentwürfe:

1. Die Strecke von Les Cornes Kil. 79/80, wo in starker Krümmung zwei Grundschwellen bis 15 m Wassertiefe erbaut wurden, während die Krone 4 m unter Niedrigwasser lag. Der anfangs bemerkbare Uebersturz des Wassers hat sich bald verringert, sodafs die Schifffahrt keinen Schwierigkeiten begegnet. Der Erfolg war ein vollkommener.
2. Die Stromstrecke von Pizon Kil. 83/84, wo in mäfsiger Krümmung nach Herstellung eines Längsdammes sich das neue Strombett nicht selbständig ausbildete, sondern auch vor dem Längsdamm große Tiefen entstanden waren. Eine Abbaggerung der Kiesbank nebst drei Grundschwellen durch den 8 m tiefen Kolk haben wesentliche Besserung geschaffen.
3. Die Stromstrecke von Les Dames Kil. 50, ebenfalls einer Krümmung, in der die großen Tiefen durch ein Niedrigwasserlängswerk verbaut waren. Die Wirkung dieses Werkes befriedigte nicht, da große Tiefen bis zu 11,50 m erhalten blieben. Erst die Einführung einer Reihe von Grundschwellen wird hier endgültigen Erfolg schaffen.
4. Die Stromstrecke von Solaise, wo derselbe Fall vorlag wie bei Les Dames, und wo durch Verwendung von Grundschwellen sehr große Ersparnisse dem Kostenanschlage gegenüber erreicht wurden. Die Wirkung dieser unter Wasser liegenden Werke war an der Wasseroberfläche nicht sichtbar, der Kies auf der gegenüberliegenden Ausbuchtung trieb ab, und es trat sehr bald eine Verbreiterung des Strombettes ein, während die oberhalb liegende Stromschnelle merkbar gebessert wurde.
5. Stromstrecke von Revestidou Kil. 218/223, wo durch Zuhülfenahme von Grundschwellen der Bau der Längswerke wesentlich erleichtert worden ist. Die großen Tiefen neben Revestidou und Montfaucou wurden durch sechs Grundschwellen verbaut und die Zwischenräume zwischen ihnen mit Baggermaterial ausgefüllt.

6. Besserung der Stromstrecke zwischen Morlon und Beauchastel Kil. 116 bis 124, wo drei sehr schlechte Uebergänge des Stromes von einem zum andern Ufer bestanden. Fast das ganze Gefälle war auf diesen drei Stromschnellen vereinigt, da zwischen denselben große Stromtiefen lagen. Hier wurden nicht nur die großen Stromtiefen mit Grundschwellen bis zu 2,50 m unter Niedrigwasser verbaut, sondern auch auf den Uebergangsstrecken durch geneigt liegende Schwellen, deren Wurzel auf 1,60 m unter N.W., also höher gelegt wurde, eine allmähliche Führung des Stromes von einem zum andern Ufer in Aussicht genommen.

Schlussbetrachtung. Die vorhergehenden Beispiele lassen die von den Grundschwellen erwartete Wirkung erkennen. Es steht fortan die Erfahrung für uns fest, daß diese Schwellen keine störenden Wallungen an der Oberfläche hervorrufen, wie man fürchten konnte, daß vielmehr sehr oft die Stauwelle, die ihre Lage verräth, kaum bemerkbar ist. Die Verlandung der Zwischenfelder zwischen den Grundschwellen macht sich deutlich bemerkbar, aber wir können noch nicht sagen, ob die vollständige Verlandung lange Zeit erfordern wird. Voraussetzung ist dabei, daß die Schwellen ziemlich nahe an einander liegen, etwa in 100 m Abstand, damit die Sohle vollständig und regelmäßig verlandet. Die Erfahrung wird das weitere lehren. Auf den Strecken, wo bereits Grundschwellen erbaut sind, ist unbestreitbar festgestellt, daß die oberhalb gelegenen starken Gefälle verringert worden sind, was übrigens nicht zweifelhaft sein konnte. Die Wiederherstellung des Gefälles in dem Kolk und die Besserung der Stromschnellen ist also ein bestimmter Erfolg dieser Bauweise. Die Verwendung der Grundschwellen ist in einer großen Zahl von Fällen das einzige Hilfsmittel, um die Ungleichheiten der Querschnitte zu verbessern und die schmale tiefe Rinne an einbuchtenden Ufern zu beseitigen. Schliesslich wird die Verbesserung der Uebergänge von einem zum andern Ufer, und damit eine der schwierigsten Fragen der Regulirung durch zweckmäßige Anordnung von Grundschwellen auf beiden Ufern oberhalb und unterhalb derselben mit Sicherheit lösbar. All diese Vortheile sind mit mäßigen Kosten erreichbar, was begreiflich erscheint, wenn man bedenkt, daß die Grundschwellen im allgemeinen 4,0 m tiefer liegen als die Krone der gewöhnlichen Dämme. Es darf nicht in höherem Grade für ungewöhnlich gelten, daß man das Strombett regelmäßig auszubilden strebt, als wenn man den

Ausbau der Ufer in Vorschlag bringt. Für die Rhone wie für jeden andern Fluß mit beweglicher Sohle hat die Erfahrung gelehrt, daß die Unbeständigkeit der Sohle für die endgültige Verbesserung eines der größten Hindernisse ist. Die Deutschen haben dies seit langer Zeit eingesehen und haben mit den Grundschwellen an ihren Flüssen eine täglich vollkommener werdende Regelmäßigkeit erreicht.

An der Rhone, wo die Tiefenwechsel viel fühlbarer sind und wir bisweilen unterhalb hoher Schwellen tiefe Kolke von nahezu 20 m finden, haben diese Regulirungsarbeiten eine ganz andere große Bedeutung, ohne größeren Schwierigkeiten zu begegnen. Wir werden in Stande sein, auf allen Punkten, wo sich übergroße Tiefen einstellen, den Wasserspiegel bis zur festgesetzten Höhe zu heben und denselben durch Grundschwellen, die gleichsam das Gerippe des endgültigen Flußbettes herstellen, festzuhalten. Wir können sogar, und müssen demzufolge auch, in diesem neu geschaffenen Flußbett von vorherein die Linie der größten Tiefen eintragen und die Uebergänge von einem zum andern Ufer vorzeichnen, wie dies der Ingenieur du Boys beim Entwurf der Regulirung zwischen Morlon und Beauchastel gethan hat. Auf allen Uebergängen, wo wir diese Regulirungsweise anwenden, werden wir hinsichtlich des Flußbettes einen Gewinn zu erwarten haben. In dieser Weise erreichen die Deutschen einen vollen Erfolg. Die so erreichten Verbesserungen verbürgen in sich Dauer und Bestand. Es leuchtet ein, daß wir durch regelmäßiger Gestaltung der Strömung die störenden Ursachen und die verheerenden Wirkungen verringern. Wir haben übrigens bereits erkennen können, wie sehr unsere neuerdings ausgeführten niedrigen Längswerke geringeren Angriff zu erleiden haben, als unsere alten Werke. Mit noch größerem Rechte wird dies von den Grundschwellen auf der Sohle des Flußbettes zu erwarten sein. Werden die Grundschwellen unserem Vorschlage gemäß angelegt, so bilden sie eine Reihe von auf einander folgenden Hindernissen, welche die verheerende Wirkung des Wassers beständig vertheilen derart, daß jede einzelne Schwelle nur ein schwaches Gefälle und eine kleine Wirkung auf sich zu nehmen hat. Das Hochwasser, das auf hohe Werke so lebhaften Angriff ausübt, wird auf die Grundschwellen gerade die geringste Wirkung üben, da die Schwellen überströmten Grundwehren gleichen, deren Stauwirkung um so geringer zu werden pflegt, je höher das Wasser ansteigt, während sie bei Hochwasser fast vollständig verschwindet.

Zeichnerische Darstellung der elastischen Durchbiegung der Bogenträger.

Vom Baurath Adolf Francke in Herzberg am Harz.

(Alle Rechte vorbehalten.)

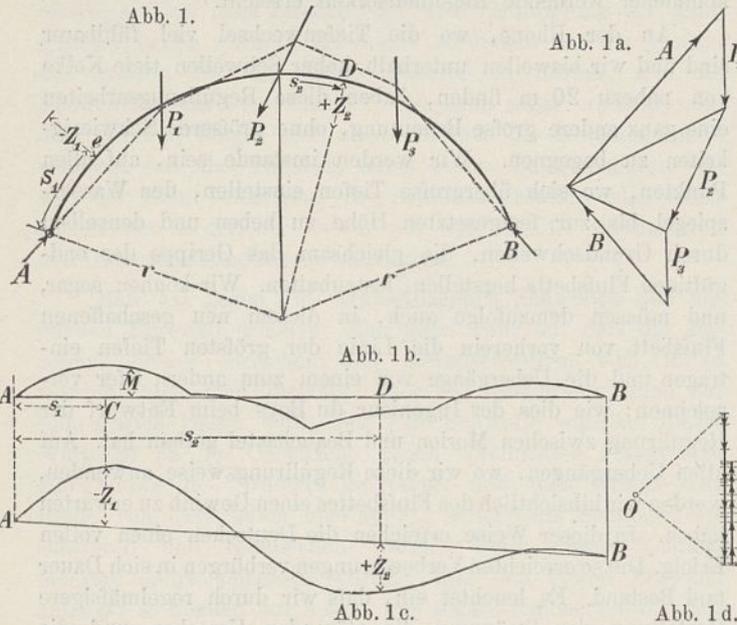
Bezeichnen wir mit s die jeweilige Entfernung eines Bogenachsenpunktes vom Ursprung, gemessen in der Bogenachse, mit z die durch Belastung hervorgerufene elastische Durchbiegung des Bogenpunktes, gemessen in Richtung des Krümmungshalbmessers r , mit M das innere Biegemoment, so gilt die Differentialgleichung 1) $EJ \frac{d^2 z}{ds^2} = -M$, in welcher wir $M = F_{(s)}$ als Abhängigkeit von s betrachten können. Durch Vergleichung dieser Gleichung mit der entsprechenden, für den geraden Balken gültigen Gleichung erkennen wir, daß diese Gleichung 1) $EJ \frac{d^2 z}{ds^2} = -M = -F_{(s)}$ mit der

Gleichung 1a) $EJ \frac{d^2 y}{dx^2} = -M = -F_{(x)}$ übereinstimmend ist,

wenn die Zeichen z und y , s und x vertauscht werden. Die Gleichungen 1 und 1a stellen übereinstimmende Differentialgleichungen dar.

Trägt man für den geraden Balken das Biegemoment M als Belastungshöhe p an jeder Stelle x auf, verbindet diese Belastungen durch ein Seilpolygon des wagerechten Schubes EJ , so erhält man, als zeichnerisches Ergebnis zweifacher Integration der Differentialgleichung 1a, die elastische Durchbiegung y , (z) für jede Stelle x , (s) als Abstand der Schlußlinie vom Polygon.

Streckt man daher den Bogen und führt, indem man für jede Stelle s , (x) das Biegemoment M des Bogens als Belastungshöhe annimmt, die entsprechende Zeichnung aus, so erhält man die zeichnerische Darstellung der elastischen Biegung z desselben.



In Abb. 1 betrachten wir als Beispiel einen Kreisbogen mit zwei Kämpfgelenken, welcher durch drei Einzelkräfte P_1, P_2, P_3 , Abb. 1a, belastet sei.

In Abb. 1b streckten wir den Bogen gerade und belasteten ihn an jeder Stelle mit der Lasthöhe M und erhielten, Abb. 1c, 1d, durch das zugehörige Seilpolygon die elastische Durchbiegung z_1, z_2 für jede Stelle s_1, s_2 .

Für $\frac{J}{Fr^2}$ verschwindend, wird der Flächeninhalt der Abb. 1c $\int z ds = r \int z d\omega = 0$.

Die zeichnerische Darstellung der Abb. 1c bietet daher zugleich ein Prüfungsmittel dar für die richtige Ermittlung und fehlerlose Berechnung der Widerlagerkräfte A, B der Abb. 1.

In Umkehrung des Ermittlungsweges der Darstellung der Kräftevertheilung im Bogen kann man daher die Darstellung 1c benutzen zur lediglich zeichnerischen Bestimmung der Bogenkräfte bei Ausschluss jeder Rechnung. Zieht man Abb. 1 den Kräftezug zunächst willkürlich, so zwar, daß derselbe durch die Gelenkpunkte A, B verläuft, so wird hierbei die zugehörige Darstellung 1c die Bedingung des Verschwindens des Flächeninhaltes im allgemeinen zunächst nicht erfüllen, und man wird erkennen, ob und wie der erste Strahl A des Kräftezuges zu drehen ist, um die Erfüllung dieser Bedingung und damit die richtige Kräftevertheilung zu erhalten.

Auch dann, wenn es sich nicht um einen Kreisbogenträger, sondern, bei sprungweise veränderlichem Krümmungshalbmesser r , um einen Korbogen, oder, bei stetig veränderlichem r , um einen beliebig geformten Bogen handelt, kann man die eben beschriebene rein zeichnerische Ermittlung der Kräftevertheilung zur Ausführung bringen, indem man für die Darstellung des Flächeninhaltes der Abb. 1c die Forderung $\int \frac{z ds}{r} = 0$ zur Erfüllung bringt, wobei man also zeichnerisch die Höhe z der Fläche der Abb. 1c im Verhältniß $r_0:r$ umzurechnen hat, wenn r_0 einen bestimmten festen, r den jeweiligen, nicht festen, Krümmungshalbmesser der betreffenden Bogenstelle bedeutet.

Berichtigung.

In der Abhandlung „Der Kaisersteg über die Spree bei Oberschöneweide“ in Heft I bis III dieses Jahrganges ist auf Seite 72, Zeile 10 von unten zu lesen:

$$\frac{y}{f} = \frac{x^2}{l^2} \frac{1 + 2 \frac{xa}{x} \frac{x^n}{(n+1)(n+2)l^n}}{1 + 2 \frac{xa}{x} \frac{1}{(n+1)(n+2)}} \quad \text{statt} \quad \frac{y}{f} = \frac{x^2}{l^2} \frac{1 + 2 \frac{xa}{x} \frac{x^{n+2}}{(n+1)(n+2)l^{n+2}}}{1 + 2 \frac{xa}{x} \frac{1}{(n+1)(n+2)}}$$

Es ist also $m = n$.