



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000304093

x
350

DIE
REGULIRUNG DES RHEINSTROMS
ZWISCHEN BINGEN UND ST. GOAR.

VON

UNGER,
WASSERBAUINSPEKTOR.

MIT EINER KUPFERTAFEL.

F. M. 27540



BERLIN 1897.

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.

45.42
61

REGIERUNG DES RHEINLANDES
NACHDRUCK VERBOTTEN

Sonderdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1897.

Nachdruck verboten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW
IV 34505



Der Rhein unterscheidet sich in der Strecke zwischen Bingen und St. Goar bezüglich seiner wasserbaulichen Verhältnisse sehr wesentlich von den meisten anderen schiffbaren Stromläufen Deutschlands. Das Strombett ist in der genannten Stromstrecke in einen felsigen Untergrund eingeschnitten, und dieser Umstand sowie das hierauf beruhende sehr starke Gefälle bewirken zunächst, daß sich nur wenig Gelegenheit zur Ablagerung von Sand und Kies bietet und daß also insofern die Schifffahrtsverhältnisse günstige sind. In früheren Zeiten haben allerdings in besonders unregelmäßig ausgebildeten Theilen des Stromschlauches gelegentlich wohl auch Versandungen des Fahrwassers stattgefunden. Dem ist aber bereits vor Jahrzehnten durch den Einbau von Bühnen und Parallelwerken erfolgreich entgegengewirkt worden, und daher kommen heutzutage, abgesehen von einem Seitenarme bei Caub, der für die Bergfahrt benutzt wird und dessen sachgemäßer Ausbau zur Zeit betrieben wird, schädliche Kiesablagerungen in dem eigentlichen Fahrwasser kaum noch vor. Dagegen erschwert das felsige Strombett durch Hindernisse anderer Art die Schifffahrt in hohem Grade. Die Gewalt des Stromes hat es zwar vermocht, im Laufe der Jahrhunderttausende den ehemals geschlossenen Gebirgszug, der heute als Taunus und Hunsrück den Strom auf beiden Seiten begrenzt, zu durchbrechen und das Flußbett tiefer und tiefer in die entgegenstehenden, harten Gebirgsmassen einzuschneiden; jedoch läßt dieses große Werk einer ungeheueren Naturkraft in seiner Gestaltung die Regelmäßigkeit vermissen, deren der Mensch bei seinen Verkehrswegen bedarf. Die durchbrochenen Gesteinsmassen sind von sehr ungleicher Härte und Schichtung; sie konnten daher den Angriffen des Stromes nicht überall den gleichen Widerstand entgegensetzen. Während an der einen Stelle das weichere Gestein bis zu großer Tiefe ausgewaschen ist, haben sich dicht daneben härtere Felsschichten trotz der unausgesetzten abschleifenden Wirkung des Wassers und der Geschiebe und trotz der vernichtenden Gewalt der gewaltigen Eisgänge in größerer Höhe erhalten. So kommt es, daß die Flußsohle außerordentlich zerklüftet ist, und daß hochgelegene Felsbänke und besonders zahlreiche vereinzelte Felsspitzen das Fahrwasser in Tiefe und Breite höchst nachtheilig beschränken. Bei den Regulierungsarbeiten in der Felsenstrecke des Rheins handelt es sich heutzutage hauptsächlich um die Beseitigung dieser zu schädlicher Höhe emporragenden Felsen. Die preussische Regierung läßt diese Arbeiten in geringerem Umfange bereits seit den dreißiger Jahren betreiben. In den letzten Jahren aber ist, dem wachsenden Bedürfnisse der Schifffahrt entsprechend, ein großer Baubetrieb eingerichtet worden. Dabei sind große Schwierigkeiten technischer Natur zu überwinden, weil das zu beseitigende

Gestein zum Theil ganz außerordentlich hart und zerklüftet ist, weil es vielfach von einer reißenden Strömung überfluthet wird, und weil der bereits bestehende riesige Schiffsverkehr durch den Baubetrieb nicht gestört werden darf. Nähere Mittheilungen hierüber sind von dem Verfasser in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1896 S. 97 u. f., bereits gemacht worden. Die aufzuwendenden Geldmittel sind den außerordentlichen Schwierigkeiten des Baubetriebes entsprechend sehr bedeutend, und daher mußte bei Aufstellung der Bauentwürfe großer Werth darauf gelegt werden, daß die Masse des abzuräumenden Gesteins bei gleichzeitiger zweckmäßiger Lage des auszubauenden Fahrwassers möglichst gering sei. Zu diesem Zweck waren daher ganz besonders genaue Untersuchungen über die Gestaltung des Flußbettes erforderlich und dies umso mehr, als auch für den Baubetrieb selbst die sonst übliche Art der Stromverpeilungen nicht genügte, da bei derselben, wie die Erfahrung gelehrt hat, die zahlreichen über das Strombett vertheilten kleineren Felsspitzen größtentheils nicht aufgefunden werden.

Aber auch in anderer Hinsicht waren Erwägungen anzustellen und Untersuchungen vorzunehmen, wie sie sonst bei den Stromregulirungen, die zu Nutzen der Schifffahrt bei uns in Deutschland bisher ausgeführt worden sind, wohl nur in den seltensten Fällen erforderlich gewesen sein dürften. Bei den meisten Regulirungen ist eine geringe Vermehrung der Strömung im allgemeinen nicht als Nachtheil zu bezeichnen; im Gegentheil wirken die angewandten Hilfsmittel meist dadurch, daß sie eine Verstärkung der Strömung und damit eine Erschwerung für die Sinkstoffablagerung herbeiführen. In der Felsenstrecke des Rheins dagegen sind Gefälle und Strömung heute schon so stark, daß sie bei der Bergfahrt nur mit großer Mühe überwunden werden und daß sie andererseits auch eine nicht unbedeutende Gefahr für den Schifffahrtsbetrieb bilden. Treten doch nur zu oft infolge des Zerreißen der Schleppstränge und anderer Brüche Schiffsunfälle ein, und nehmen doch heutzutage noch auf der stärksten Stromschnelle zwischen Afmannshausen und Bingen die Schleppzüge in den meisten Fällen Pferdevorspann, obgleich wir bereits Schleppdampfer von 1250 indicirten Pferdekräften auf dem Rhein haben.

Es wäre ein großer Fehler gewesen, wenn man bei der Regulirung einer derartigen Stromstrecke nicht Bedacht darauf genommen hätte, die Vermehrung der Strömung, die bei Vergrößerung der Wassertiefe im Fahrwasser und bei Verminderung der Unebenheiten in der Flußsohle nun einmal nicht ganz zu vermeiden ist, nach Möglichkeit zu beschränken. Hierauf war Rücksicht zu nehmen bei Entscheidung der Frage, welche Lage dem Fahrwasser in dem breiten Strombette gegeben werden

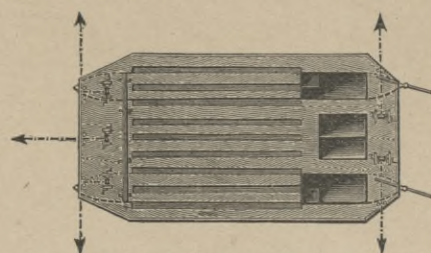
solle, sowie auch bei dem Ausbau des Fahrwassers selbst. Anordnungen, die auf Vermehrung der Strömung hinwirken konnten, mußten thunlichst vermieden werden, auch war in Erwägung zu ziehen, ob man nicht durch Ausgleich der Gefälle die Schiffswiderstände verringern könne. Eine richtige Beantwortung dieser Fragen war nur bei einer genauen Kenntniss der vorliegenden Stromverhältnisse möglich, während es andererseits für den mit der Aufstellung der Bauentwürfe beauftragten Baubeamten nicht leicht war, in dem kurzen zur Verfügung stehenden Zeitabschnitte alle in Betracht kommenden Eigenthümlichkeiten des in ein zerklüftetes Felsenbett eingezwängten wilden Stromes kennen zu lernen, bezw. die den eigenartigen Verhältnissen angepaßten Bauentwürfe dem ferner stehenden Beurtheiler gegenüber erschöpfend zu begründen. Zur Aufklärung dieser Stromverhältnisse sind deshalb weitere umfangreiche Vorarbeiten und zwar insbesondere ausgedehnte Geschwindigkeitsmessungen ausgeführt worden.

Begonnen wurde mit diesen Vorarbeiten im Herbste des Jahres 1890. Damals hatte das Fahrwasser in der betrachteten Stromstrecke bei dem gemittelten Niedrigwasserstande von 1,20 m am Pegel in Bingen eine Tiefe von 1,30 m; seine Breite war stellenweis sehr gering, und es kamen sehr starke Krümmungen vor, wodurch die Schifffahrt erheblich erschwert und gefährdet wurde. Der Zweck der beabsichtigten Regulirung war, eine Fahrwassertiefe von 2,00 m bei dem genannten Wasserstande und eine durchschnittliche Breite des Fahrwassers von 120 m herbeizuführen; auch sollte dem Fahrwasser, soweit es ohne unverhältnißmäßig hohe Kosten anging, eine gestreckte Richtung gegeben werden. Die große Breite von 120 m wurde für erforderlich gehalten, weil auf dem Rhein ein außerordentlich starker Schiffsverkehr stattfindet, und weil insbesondere auch die zahlreichen zu Thal treibenden Flöße viel Raum beanspruchen.

Die Peilungen. Wie bereits bemerkt worden ist, konnte die Aufnahme der Flußsohle in der sonst üblichen Weise, d. h. mittels Peilleine und Peilstangen in einzelnen Querschnitten für den hier vorliegenden Zweck nicht als genügend erachtet werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei diesem Verfahren die zahlreichen über das Strombett vertheilten kleineren Felsspitzen nur zum Theile gefunden werden, was leicht erklärlich ist. Denn wenn man die einzelnen Peilstiche der besonderen Verhältnisse halber auch recht nahe zusammenlegen wollte, so würde auf jeden einzelnen Peilstich doch immer noch eine verhältnißmäßig große Fläche kommen, und es wäre ein Zufall, wenn die an einem bestimmten Punkte hinabgestoßene Peilstange gerade die höchste Erhebung dieser Fläche träfe. Aber auch dann, wenn an diesem Punkte eine scharfe Felsspitze emporragt, ist es ungewiß, ob sie von der Peilstange getroffen wird, vielmehr scheint häufig in solchen Fällen die heftige Strömung, die vor jedem schroffen Hindernisse seitlich ausweicht, die Peilstange gleichfalls nach der Seite und an dem Gestein vorbei mit sich zu reißen. Man hat die Unsicherheit dieses Verfahrens bei der Verpeilung der Felsen am Rheine schon vor langer Zeit erkannt, und es sind daher vollkommenere und für den vorliegenden Zweck geeignetere Peilgeräthe, nämlich das Peilgerüst und der Peilrahmen erfunden worden. Derartige Vorrichtungen standen sonach, als mit den hier zu beschreibenden Vorarbeiten im Jahre 1890 begonnen wurde, in hinreichender Zahl zur Verfügung. Die Einrichtung dieser rheinischen Peilgerüste und Peilrahmen dürfte bereits in weiteren Kreisen bekannt sein, jedoch sollen dieselben

des besseren Verständnisses halber hier noch einmal kurz beschrieben werden.

Das Peilgerüst besteht aus zwei eisernen Schiffen von 20 m Länge, die durch quer darüber in 4 m Entfernung liegende eiserne



Grundriss des Peilgerüsts.

Träger fest verbunden sind. Darauf ruht ein Bohlenbelag, in dem sich neun Längsschlitze befinden, wie dies in nebenstehender Abbildung angedeutet ist. Die Schlitze sind etwas über 10 m lang

und 1 m von einander entfernt. Zwei derselben liegen über den Schiffen, und es befinden sich daselbst in den Schiffskörpern entsprechende längliche Aussparungen. Man kann sonach innerhalb der Schlitze nach Belieben mit der Peilstange arbeiten. Mittels fünf auf dem Vorderdeck und an beiden Seiten befindlicher Ankerwinden wird das Peilgerüst in der Weise festgelegt, daß eine Ankerkette stromaufwärts und zwei nach jeder Seite zu liegen kommen. Auf dem Hinterdeck dienen verschiedene Buden zum Aufenthalt für den Aufseher und die Arbeiter und zur Aufbewahrung von Gerätschaften. Die genaue Einrichtung des Peilgerüsts auf der zu vermessenden Stelle wird mit Hilfe von Richtstangen, die auf dem Peilgerüst und am Ufer aufgestellt sind, und unter Anwendung von Peildrahtseilen zur Messung der Entfernung vom Ufer bewerkstelligt. Bei jeder einzelnen Stellung wird eine Fläche von 10 m Länge und Breite verpeilt, und zwar werden Peilnetze von 1,00 m Maschenweite aufgenommen. Ist die Messung beendet, so geht das Peilgerüst um 10 m seitwärts oder stromabwärts in die Nachbarstellung über. Man kann aus den in solcher Weise gewonnenen Aufnahmen den Rauminhalt der über Stromsohle emporragenden Felsen ziemlich genau berechnen, und das Peilgerüst ist sonach eine gute, oder vielmehr eine geradezu unentbehrliche Vorrichtung, wenn die Beseitigung von Felsen unter Wasser an Unternehmer vergeben und nach dem Rauminhalt der zu beseitigenden Felsmassen bezahlt wird.

Die Rheinstrombauverwaltung hat ihre Peilgerüste früher zu solchen Zwecken verwandt, und in neuester Zeit hat eine Nachbildung des Rheinischen Peilgerüsts bei der Regulirung der Donau oberhalb des „Eisernen Thores“ in gleicher Weise Verwendung gefunden. Man hat dort, weil die Strömung noch etwas stärker ist als im Rhein und weil man auch bei höheren Wasserständen arbeiten wollte, sich genöthigt gesehen, von der Anwendung gewöhnlicher Peilstangen, wie sie bei dem Rheinischen Peilgerüst verwandt worden sind, Abstand zu nehmen, und eine mechanische Peilvorrichtung erfunden, mittels deren starke eiserne Röhren, die zwischen Führungsrollen beweglich sind, in lothrechter Richtung auf die Flußsohle gesenkt werden. Hierdurch ist ohne Zweifel eine Verbesserung des Peilgerüsts erzielt und eine größere Genauigkeit erreicht worden. Eine genaue Beschreibung dieses von G. Luther in Braunschweig erbauten neuen Peilgerüsts findet sich in der „Zeitschrift Deutscher Ingenieure“ Jahrgang 1895.

Bei den neuerdings im Rhein auszuführenden Vermessungen handelte es sich nun aber nicht darum, Unterlagen für die Abrechnung mit Unternehmern zu gewinnen, weil die Bauausführungen im staatlichen Selbstbetriebe stattfinden, sondern es

sollten vielmehr die über Normalsohle emporragenden Felsen aufgesucht werden, um danach die Bauentwürfe aufzustellen und den Baubetrieb regeln zu können, und da zeigte sich bei Anwendung des Peilgerüsts bald, daß dasselbe für derartige Zwecke nicht geeignet ist. Zunächst kommen bei Anwendung dieser Vorrichtung, wenn auch in geringerem Grade, ähnliche Ungenauigkeiten vor, wie bei den gewöhnlichen Peilungen: es werden nicht alle Felsspitzen gefunden; sodann aber geht die Arbeit auch zu langsam vorwärts, zumal sie durch die überaus lebhaft auf dem Rhein sehr häufige Störungen erleidet. Die zu untersuchende Stromstrecke von Bingen bis St. Goar ist 27 km lang, und in dieser ganzen Strecke mußte der Strom in dem größeren Theile seiner Breite verpeilt werden. Es wäre kaum möglich gewesen, diese Arbeit in der zur Verfügung stehenden Zeit mit dem Peilgerüst auszuführen, ganz abgesehen von den ganz außerordentlichen Geldopfern, die erforderlich geworden sein würden. Ganz bedeutend besser eignete sich zu diesem Zwecke der Peilrahmen. Derselbe ist in derjenigen Bauart, wie er gegenwärtig auf dem Rhein angewandt wird, auf der angehefteten Kupfertafel Abb. 3 bis 6 dargestellt.

Wie bei dem Peilgerüst, so sind auch hier zwei eiserne Schiffe durch darüber gelegte eiserne Träger und einen Bohlenbelag fest mit einander verbunden. Die Schiffe sind 16 m lang, 1,7 m breit und 2 m von einander entfernt. Auf dieser schwimmenden Unterlage ist ein eisernes Gerüst, bestehend aus vier Böcken z und einem sie verbindenden Längsverbände aufgestellt. An diesem Gestell ist die eigentliche Peilvorrichtung, der sogenannte Rahmen, mittels dünner Drahtseile l aufgehängt. Der Rahmen besteht aus einem wagrecht liegenden \sqcup -Eisen s und aus drei röhrenförmigen Hängestangen r . Die Drahtseile l , an welchen er aufgehängt ist, laufen über Rollen k nach dem Hintertheil der Trageschiffe und sind dort an dem Gegengewicht Q befestigt, welches sich in dem Kasten h auf und ab bewegen kann. Auf diese Weise ist der Rahmen derartig in die Schwebe gebracht, daß er trotz seines Gewichtes von 600 kg durch einen einzigen Arbeiter gehoben und gesenkt werden kann. Während der Arbeit wird der Rahmen so tief in das Wasser eingetaucht, daß die Unterkante des wagerechten \sqcup -Eisens gerade in der Höhe der Normalsohle liegt. Fährt man nunmehr mit der Vorrichtung quer über den Strom, so stößt der Rahmen gegen die über Normalsohle emporragenden Unebenheiten der Flußsohle an, und diese können, wären sie auch noch so klein, bemerkt und eingemessen werden. Damit der Rahmen nach dem jeweiligen Wasserstande genau auf Normalsohlentiefe eingestellt werden kann, befindet sich an jeder Hängestange eine Schelle o , die verschoben und an beliebiger Stelle festgeschraubt werden kann. Diese Schellen lagern sich auf hölzernen Stützklötzen p , welche auf dem Bohlenbelag des Peilrahmens angebracht sind, sodafs der Rahmen nicht feststeht, sondern frei beweglich pendeln kann. Damit die Schellen ohne Mühe und genau eingestellt werden können, ist an den Hängestangen eine Metereinteilung angebracht; damit der Rahmen dem Drucke des Stromes mehr Widerstand bieten kann, wird er unten durch eine Vorhalterkette w gehalten. — Zur weiteren Ausrüstung des Peilrahmens gehören drei Ankerwinden: eine Hauptankerwinde c für das stromaufwärts gerichtete Hauptankerkabel und zwei Seitenankerwinden d . Diese Winden sind sämtlich zur Aufnahme von Drahtseilen eingerichtet und haben daher nicht die sonst üblichen gekrümmten Trommeln, sondern solche von gerader cylindrischer Form.

Hinter der Hauptankerwinde ist zur sicheren Handhabung des Hauptankerkabels eine hölzerne Büding e angebracht, um welche das Kabel herumgeschlungen werden kann. Außerdem sind die erforderlichen Führungsrollen b für die Ankerdrahtseile vorhanden. Auf dem Hintertheile der Trageschiffe endlich befindet sich eine Bude f für den mit der Leitung des Peilbetriebs betrauten Aufseher und eine Bude g für die Arbeiter.

Bei Ausführung der Peilungen fragt es sich zunächst, bis zu welcher Tiefe der Rahmen bei dem jeweiligen Wasserstande in das Wasser einzutauchen ist. Dieselbe Ermittlung muß bei dem Baubetriebe häufig wiederholt werden, und sie ist insbesondere bei der Sprengung der Felsen mittels der Taucherschächte von der größten Wichtigkeit. Es schien aus verschiedenen Gründen zweckmäfsig bei den Peilungen in dieser Hinsicht dasselbe Verfahren einzuführen, wie bei dem Betriebe der Taucherschächte, worüber der Verfasser im Jahrgange 1896 der Zeitschrift für Bauwesen, Seite 97 u. f., bereits Mittheilung gemacht hat.*) Bei den Taucherschächten handelt es sich darum, ob die von der Taucherglocke überdeckten Felsen ganz oder nur theilweise über Normalsohle liegen, bezw. um wie viel sie die Normalsohle überragen, und wie tief demnach die Bohrlöcher gebohrt werden müssen. Es lag ursprünglich der Gedanke nahe, diese Aufgabe in der Weise zu lösen, daß zunächst die Höhenlage der Normalsohle an jeder einzelnen Stromstelle zahlenmäfsig festgestellt werde, daß sodann bei jeder einzelnen Schachtlage die Höhe der auf dem Felsen aufstehenden Taucherglocke mit Hilfe von Nivellirinstrumenten ermittelt und endlich von der Glocke aus die Höhe der Felsen eingemessen werde. Bei näherem Eingehen auf die Sache zeigte sich aber, daß ein derartiges Verfahren im vorliegenden Falle praktisch undurchführbar ist. Zunächst ist es überhaupt schwierig, die Höhenlage der ideellen Normalsohle mit der hier wünschenswerthen Genauigkeit zahlenmäfsig zu bestimmen. Der Rhein weist nämlich in der Felsenstrecke vielfach bedeutende Seitengefälle auf, und da sowohl der Strom selbst, als auch die herzustellende Schiffahrtsrinne von namhafter Breite sind, hätten diese Seitengefälle bei Berechnung der Normalsohlenhöhen nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Infolge dessen wären außerordentlich umfangreiche Vorarbeiten nothwendig geworden. Für das Einnivelliren der Taucherschächte wäre eine gröfsere Anzahl von Feldmessern und Feldmessergehilfen erforderlich gewesen; denn es läfst sich nicht vermeiden, daß die Schächte während des Betriebes mehr oder weniger weit aus einander liegen, während andererseits, wenn keine Arbeitsstörungen eintreten sollen, die Nivellements zu jeder Zeit, sei es bei Tag oder Nacht, sofort ausgeführt werden müssen, sobald ein Schacht eine neue Lage einnimmt. Während der Nachtstunden wären ferner sehr umständliche Beleuchtungs- vorrichtungen für die Vermessungsarbeiten nothwendig gewesen, und bei schlechtem Wetter, Nebel, Wind, Regen und Schnee hätten die Nivellements bei den hier in Betracht kommenden grofsen Entfernungen überhaupt nicht mit genügender Genauigkeit ausgeführt werden können.

Es ist daher von der Anwendung des Nivellirinstrumentes ganz abgesehen und die Höhenlage der Felsen lediglich mit Hilfe zweckmäfsig gelegener Pegel ermittelt worden. Die Wasserstände, bei welchen die Felsensprengungen im Rheine

*) Unger, Die Felsensprengungen im Rheinstrome zwischen Bingen und St. Goar. Mit 1 Doppeltafel und Abbildungen. 4^o. 1896. 3 *N.* (Sonderdruck aus Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1896.)

ausgeführt werden, schwanken ungefähr um 2 m. Mehrfache Untersuchungen haben gezeigt, daß innerhalb solcher Grenzen auf Entfernungen bis zur $1\frac{1}{2}$ fachen Strombreite hin das Wasser ziemlich gleichmäßig steigt und fällt. Man kann also, wenn an irgend einem Punkte die Tiefe vom Wasserspiegel bis zur Normalsohle festgestellt ist, annehmen, daß in dem angegebenen Umkreise die Normalsohle überall in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel liegt. Zur Ermittlung dieser Tiefe an einzelnen Stellen eignet sich am besten der Pegel. Man hat daher die ganze zu regulirende Stromstrecke mit zahlreichen Baupegeln besetzt, welche in der Regel nicht über 1000 m von einander entfernt sind, zum Theil aber auch noch bedeutend näher zusammenstehen und zwar insbesondere da, wo das Flußbett sehr unregelmäßig ausgebildet ist und schroffe Gefällwechsel vorhanden sind. An jedem dieser Pegel ist auf Grund zahlreicher Beobachtungen von Wasserständen, welche dem für die Regulirung maßgebenden Wasserstande von 1,20 m am Pegel in Bingen nahe liegen, die Höhenlage der Normalsohle bestimmt. Man kann also jederzeit und an jeder Stelle des Stromes die herzustellende Wassertiefe mit genügender Genauigkeit und in einfachster Weise berechnen, wenn man den Wasserstand an dem nächstgelegenen Pegel abliest. Befindet sich das Arbeitsfeld im mittleren Drittel zwischen zwei Pegeln, so werden beide beobachtet, und wenn sich nach ihnen verschiedene Wassertiefen ergeben, wird das Mittel aus diesen beiden Zahlenwerthen als richtig angesehen. Dieses Verfahren ist sehr bequem und von durchaus hinreichender Genauigkeit für den vorliegenden Zweck. Mehrfache zur Prüfung seiner Genauigkeit ausgeführte Nivellements haben nur unbedeutende Abweichungen ergeben. Es ist daher sowohl bei den Peilungen als auch beim Baubetrieb durchweg in dieser Weise verfahren worden.

Bei der Arbeit mit dem Peilrahmen läßt man diesen mittels der drei Drahtseile, an denen er verankert ist, und unter Zuhilfenahme des Steuerruders in der Weise quer über den Strom gieren, daß die vordere Hängestange des Rahmens sich innerhalb einer im Gelände abgesteckten, quer zum Strome gerichteten Linie bewegt. Diese Richtungslinien werden in Abständen von etwa 10 m angeordnet und somit das Strombett in 10 m breite Querstreifen zertheilt. Bei jeder Querfahrt über den Strom wird ein solcher 10 m breiter Streifen verpeilt. Dabei hat man der Sicherheit halber dem wagerechten \perp -Eisen des Peilrahmens, also dem eigentlichen Peilkörper, eine Länge von 12 m gegeben, damit dasselbe auf jeder Seite noch um 1 m über den zu verpeilenden Streifen hinausragt, sodafs kleine Abweichungen von der festgesetzten Fahrlinie ohne nachtheilige Folgen sind. Anfänglich wurden die Richtungslinien parallel zu einander und genau in 10 m Abstand verlegt. Später ist man dazu übergegangen, sie rechtwinklig zum Stromstrich anzuordnen, weil die Lage des Peilrahmens sich der Stromrichtung anpaßt, und weil es wünschenswerth ist, daß der Rahmen annähernd rechtwinklig zu der Richtung liegt, in welcher er fährt. Dieses Verfahren hatte außerdem auch den Vortheil, daß die Profillinien, welche bei den älteren Peilungen benutzt worden waren und welche im Gelände sowohl wie auf den Stromkarten festgelegt sind, Verwendung finden konnten, wodurch die Vermessungen wesentlich erleichtert wurden. Bei diesem neuen Verfahren sind die Richtungslinien in der Regel nicht mehr parallel, sondern etwas geneigt zu einander, was jedoch keine praktischen Nachteile hat. Ihre mittlere Entfernung beträgt 10 m. Bei der

Arbeit werden die Richtungslinien an beiden Stromufern durch Stangen bezeichnet, und damit keine Irrthümer darüber entstehen können, welche Stangen zusammen gehören, werden immer nur zwei Linien gleichzeitig ausgesteckt und die Stangen mit kleinen Fähnchen von abwechselnd rother und weißer Farbe versehen. An jedem Ufer befinden sich zwei Arbeiter, welche die Linien ausstecken, und diese richten den Peilrahmen während seiner Fahrt fortgesetzt so ein, daß die vordere Hängestange in der gerade zu befahrenden Richtung bleibt. Der Peilrahmen ist, wie bereits bemerkt wurde, stromaufwärts und nach den beiden Seiten durch Drahtseile verankert. Für die stromaufwärts liegende Hauptverankerung ist ein Drahtseil und keine Kette gewählt, weil diese schwerer sein müßte und deshalb mehr auf der Flußsohle aufliegen würde, weil sie ihrer Gliederung zufolge leichter an den Felsspitzen hängen bliebe, und weil der Peilrahmen aus diesen Gründen an der Kette nicht so gut gieren würde, wie an dem Drahtseile. Es ist ferner ein Drahtseil ohne Hanfseele gewählt, weil solches bei gleicher Festigkeit einen geringeren Querschnitt hat als die sonst üblichen Drahtseile und daher dem Strome eine geringere Fläche bietet, wodurch gleichfalls die Beweglichkeit des Peilrahmens gefördert wird. Der Umfang der verwandten Drahtseile beträgt 40 mm und die Länge der Verankerung bis zu 500 m. Damit bei einer solchen Länge das Drahtseil nicht auf die Flußsohle zu liegen kommt, sondern frei beweglich bleibt, wird es in der Regel durch 1 bis 2 Bucht-nachen unterstützt. Zur seitlichen Verankerung und gleichzeitigen Ermittlung der Entfernung des Peilrahmens von den an den Ufern befindlichen Vermessungslinien werden sogen. Peildrahtseile von 20 mm Umfang benutzt. Dieselben sind in Entfernung von 4,975 m durch Knoten eingetheilt, sodafs sie unter dem Einflusse der beim Gebrauche eintretenden starken Zugspannungen eine ziemlich genaue Eintheilung auf je 5 m haben.

Die Theilungsknoten waren anfänglich aus eingeflochtenem Kupfer und Messingdraht hergestellt, und zwar wurden diese beiden Metalle abwechselnd verwandt, um das Zählen der Knoten bei der Messung zu erleichtern. Es hat sich jedoch gezeigt, daß unter der Einwirkung des Wassers zwischen dem Kupfer oder Messing einerseits und dem verzinkten Stahldraht der Drahtseile andererseits galvanische Vorgänge stattfinden, infolge deren der Stahldraht rostig und brüchig wird, sodafs die Drahtseile verhältnißmäßig rasch unbrauchbar werden. Aus diesem Grunde werden die Knoten zur Zeit aus demselben Drahte hergestellt, wie die Drahtseile. Die 25 m-, 50 m- und 100 m-Theilung wird während der Arbeit außerdem auch durch aufgebundene Zeichen von verschiedenfarbigem Bindfaden gekennzeichnet und so eine sichere und bequeme Ablesung der Entfernungen gewährleistet. Die beschriebenen Drahtseile werden in vorzüglicher Beschaffenheit durch das Haus Felten u. Guilleaume in Mülheim a. Rh. geliefert. Ihre Befestigung an Land geschieht in der Weise, daß starke, unten zugespitzte Rundeisen in den Boden eingetrieben und um diese die Drahtseile mehrfach herumgeschlungen werden. Die Linien, von welchen aus gemessen wird, werden dabei so gewählt, daß die Messungen, welche sich später bei der Bauausführung vielfach wiederholen, möglichst einfach sind und von gewöhnlichen Arbeitern ohne weiteres ausgeführt werden können. In diesem Sinne besonders geeignete Vermessungslinien bilden die Stützmauern der an beiden Stromufern gelegenen Eisenbahnen, ebendasselbst befind-

liche Strafsengeländer, Kanten der Uferpflasterungen und dergleichen. Sind solche überaus bequeme, unveränderliche Linien im Gelände nicht vorhanden, so werden die Verbindungslinien der an den Stromufern eingebauten Marksteine und Festpunkte benutzt.

Der Peilrahmen fährt also in der geschilderten Weise quer über den Strom, sodafs die vordere Hängestange des Rahmens sich innerhalb einer der abgesteckten Richtungslinien bewegt, und er befährt dabei mit dem wagrechten \perp -Eisen jedesmal einen Flussstreifen von ungefähr 10 m Breite. An jeder Sohlenerhebung, die über die Höhenlage des \perp -Eisens emporragt, mufs der Rahmen anstofsen. Man bemerkt jeden derartigen Stofs, auch wenn er von sehr geringer Stärke war, sofort, wenn man die Hand an eine der Hängestangen des Rahmens anlegt. Das Trageschiff wird dann alsbald mittels der Seitenankerwinden festgelegt und seine Entfernung von der am benachbarten Ufer gelegenen Vermessungslinie an dem Peildrahtseile abgelesen. Zu dem Zwecke steht an der betreffenden Drahtseilwinde ein Mann, der schon während der Fahrt die aufgewundenen oder ablaufenden Knoten zählt und bei jedem Knoten die betreffende Zahl laut ausruft. Ist in solcher Weise die Grenze der in schädlicher Höhe liegenden Massen ermittelt, so wird der Rahmen gehoben und, während das Trageschiff weiterfährt, öfter wieder auf die Flusssohle gesenkt. Die Höhe, bis zu der sich die schädlichen Massen über Normalsohle erheben, wird dabei in einfachster Weise erhalten, indem man, während der Rahmen auf der Sohle aufsteht, die Höhe der Stützsellen o über den Lagerklötzen p misst (Abb. 6). Mit Hilfe von Sondireisen wird gleichzeitig festgestellt, ob der Untergrund aus Felsen, Gerölle oder Kies besteht. Fällt der Rahmen beim Senken wieder in tiefes Wasser, so wird rückwärts gefahren, bis er wieder gegen das Hindernis anstößt, und somit auch die anderseitige Grenze desselben ermittelt. Ist solchermassen das Strombett in der erforderlichen Breite befahren, so läfst man von dem Hauptankerkabel soviel ablaufen, dafs das Trageschiff stromabwärts in die benachbarte Richtlinie treibt; die an den Ufern befindlichen Arbeiter nehmen die Enden der Peildrahtseile auf und befestigen sie schleunigst in dieser neuen Linie, darauf beginnt die Arbeit von neuem. Die Ergebnisse der Peilungen werden sofort zeichnerisch aufgetragen und zwar im Mafsstabe 1:500 auf Netzpapier von 2 mm Maschenweite. Dabei wird der Einfachheit halber die am Ufer gelegene Vermessungslinie stets als eine Gerade aufgetragen, gleichgültig, ob sie beliebige Knickpunkte hat, oder ob sie gar gekrümmt ist, wie z. B. bei Verwendung von Mauerkanten. Die Richtungslinien werden so angenommen, als ob sie alle rechtwinklig zur Vermessungslinie lägen und durchweg 10 m von einander entfernt wären. Man erhält so allerdings vollständig verzerrte Bilder von der Gestaltung der Flusssohle; sie sind aber sehr übersichtlich, und es kann alles erforderliche ohne Anwendung von Mafsstäben auf ihnen eingetragen und wieder aus ihnen entnommen werden, was besonders bei ihrer späteren Anwendung als Bauzeichnung sehr zweckmäfsig ist. Fehler, wie sie sonst beim Abgreifen mit dem Zirkel, bei Anwendung mangelhafter Mafsstäbe und durch das Verziehen des Papiers eintreten, sind hier ausgeschlossen. Auf diesen Peilplänen wird aufser der Lage und Gestaltung der in schädlicher Höhe lagernden Massen vermerkt, ob sie aus Felsen, Gerölle, Kies oder Sand bestehen und bis zu welcher Höhe sie über Normalsohle emporragen.

Aus obigem geht hervor, dafs der Peilrahmen in erster Linie dazu dient, jedes auch noch so kleine Schifffahrtshindernis aufzufinden, sowie Gestaltung und Lage seines Umrisses zu ermitteln, bezw. den Flächeninhalt seines Grundrisses festzustellen. Insbesondere der letztere Zweck ist bei Aufstellung der Bauentwürfe wichtig, denn die Kosten der Felsenbeseitigung sind bei den am Rhein vorliegenden Verhältnissen nicht so sehr vom Rauminhalte der schädlichen Felsmassen abhängig, als vielmehr von der Gröfse ihrer Grundfläche. Die Aufschlüsse, die der Peilrahmen über die Höhenlage der Felsen giebt, sind weniger genau, als bei der Arbeit mit dem Peilgerüst, aber sie genügen als Unterlage für die Untersuchung des Einflusses, den die Beseitigung der fraglichen Felsen auf die bestehenden Stromverhältnisse voraussichtlich ausüben wird. Auch für die Bauausführung selbst, sofern dieselbe im staatlichen Selbstbetriebe erfolgt, sind die mit dem Peilrahmen aufgenommenen Peilpläne durchaus genügend.

Wenn sonach der Peilrahmen zur Erreichung des erstrebten Zweckes vollständig genügt, so hat er anderseits auch den sehr grofsen Vorzug, dafs er sehr rasch arbeitet. Es wurden auf dem Rhein im Jahre 1895 mit einem Peilrahmen in 176 Arbeitstagen, trotz der vielen Störungen, welche die Arbeit durch die Schifffahrt erleiden mufste, eine Fläche von 1735450 qm aufgenommen, also täglich 9860,5 qm. Zur Vornahme dieser Arbeiten waren erforderlich: ein Aufseher, ein Vorarbeiter, vier Mann für die Hülfeleistungen am Lande, sechs Mann in den Buchtnachen und zehn Mann zur Handhabung des Peilrahmens und der Drahtseilwinden, zu gelegentlicher Verlegung der Verankerung, zum Ausfahren der Peildrahtseile und dergleichen; also im ganzen 22 Personen.

Die mit dem Peilrahmen gemachten Aufnahmen stellen, wenn sie zu Papier gebracht sind, die schädlichen Felsgruppen nicht genau ihrer Gestaltung nach dar, sondern es ergeben sich Linienzüge mit rechtwinkligen Knickpunkten, welche die Felsflächen umhüllen. Abb. 1 stellt eine Stromkarte im Mafsstab 1:7500 dar, in der solche Aufnahmen eingetragen sind, und zwar ist die Stromstrecke am Bingerloch unterhalb Bingen dargestellt. Zum Verständnifs dieser Karte ist zu bemerken, dafs sich dortselbst zwei Fahrwasser befinden, das Bingerlochfahrwasser von 2,00 m Tiefe bei Niedrigwasser und das zweite Fahrwasser von 1,50 m Tiefe. Die entsprechenden Tiefenlinien von 0,80 m und 0,30 m am Binger Pegel sind mit schraffirtem Rand versehen.

Es mag hier noch bemerkt werden, dafs die auf dem Rheine verwandten Peilrahmen früher anders eingerichtet waren, und dafs die oben beschriebene, von dem Verfasser eingeführte Bauart erst seit einigen Jahren im Gebrauche ist. Vorher wurde ein Rahmen verwandt, der aus leichten eisernen Röhren zusammengesetzt war. Derselbe war nicht an Drahtseilen aufgehängt, also auch nicht durch ein Gegengewicht entlastet, sondern er mufste von den Arbeitern ohne mechanische Hilfsmittel frei gehoben werden. Dabei waren neben dem Eigengewichte bedeutende Reibungswiderstände zu überwinden, zumal sich der Rahmen während des Gebrauches gewöhnlich in kurzer Zeit verbog, und so kam es, dafs für die Handhabung des Rahmens zwölf Arbeiter nothwendig waren. Bei dem neuen Rahmen genügen drei Arbeiter, der Betrieb ist also ein bedeutend sparsamer geworden. Der leichtere Rahmen hatte aufserdem den Nachtheil, dafs es schwierig war, ihn während des Gierens, wobei er

vielfach von der Strömung seitlich gefasst wird, in senkrechter Lage zu halten; und zwar war dies um so mehr der Fall, je höher der Wasserstand war, je tiefer also der Rahmen eingetaucht werden mußte. Der neue Rahmen dagegen hält sich infolge seines größeren Gewichtes ganz von selbst in annähernd lothrechter Lage, er arbeitet aus diesem Grunde, und weil er sich nicht verbiegt, genauer, und es kann bei ihm die Zeit weit besser ausgenutzt werden, d. h. man kann mit ihm auch bei mittleren Wasserständen arbeiten, während früher im Interesse der Genauigkeit der Arbeit nur bei kleineren Wasserständen gepeilt wurde. Die Peilungen schreiten infolge dessen heutzutage rascher fort als früher, und sie werden auch mit geringeren Kosten ausgeführt.

Die Messung der Geschwindigkeit des Wassers. Wie bereits bemerkt wurde, hatten die ausgeführten Geschwindigkeitsmessungen in erster Linie den Zweck, die mit der Aufstellung und Prüfung der Bauentwürfe betrauten Baubeamten mit den Eigenthümlichkeiten des Stromes möglichst genau bekannt zu machen. Daher haben auch in dieser Hinsicht die Vorarbeiten einen ganz anderen Verlauf genommen, als bei anderen Flufsregulirungen. In der Regel handelt es sich hierbei bekanntermassen um die Ermittlung der Wassermenge, die der Strom in der Zeiteinheit abführt, um die Bestimmung von Festwerthen für die Geschwindigkeitsformeln u. dgl. Es genügt daher in den meisten Fällen, wenn diese Untersuchung in einigen wenigen Querschnitten ausgeführt wird. Anders lagen dagegen die Verhältnisse in der Felsenstrecke des Rheins. Hier sollte bei den wichtigeren Stromschnellen ein Bild gewonnen werden, wie sich die Strömung ihrer Stärke nach auf die betrachtete Stromstrecke vertheilt, an welchen Stellen die stärkste Strömung sich befindet und wo ruhigeres Wasser vorhanden ist, welche Ausdehnung die Stromflächen mit starker Strömung haben u. dgl. Es ist selbstverständlich, daß man, um einen solchen Zweck zu erreichen, sich nicht auf die Vermessung einiger Querschnitte beschränken durfte, sondern daß die Untersuchungen auf die ganze betrachtete Stromstrecke ausgedehnt werden mußten. In welchem großen Umfange diese Messungen thatsächlich ausgeführt worden sind, dürfte daraus hervorgehen, daß in der Stromstrecke zwischen Bingen und Alsmannshausen (am sogenannten Bingerloch) auf einer Länge von 1,7 km die Wassergeschwindigkeit in 2900 Punkten gemessen worden ist.

Zur Ausführung der Messungen wurden dieselben Querschnittslinien benutzt wie bei den Peilungen; und zwar wurden, je nachdem das Flußbett mehr oder weniger unregelmäßig ausgebildet und demnach ein rascherer oder langsamerer Wechsel in der Stärke der Strömung zu erwarten stand, Querschnitte in Abständen von 20, 40 oder 100 m gewählt. In den Querschnitten selbst wurden die Messungen in Entfernungen von je 5,00 m ausgeführt, weil in der Richtung quer zum Strom die Geschwindigkeit viel rascher wechselt, als in der Längsrichtung. Wenn sonach die Zahl der Punkte, in welchen gemessen wurde, eine große und die Arbeit dementsprechend eine recht umfangreiche war, gestaltete sich andererseits die Ausführung derselben im Vergleiche zu den gewöhnlichen Messungen zur Bestimmung der Wassermenge insofern wieder einfacher, als es nicht erforderlich war, die Geschwindigkeit in verschiedener Wassertiefe zu messen; es genügte vielmehr zur Gewinnung übersichtlicher Strömungsbilder vollständig, wenn die Oberflächengeschwindigkeit an den einzelnen Messungspunkten bekannt war. Auf die Ermittlung

der Oberflächengeschwindigkeit hat man sich daher im allgemeinen beschränkt.

Von besonderer Wichtigkeit war auch die Wahl geeigneter Meßgeräthe, und in dieser Beziehung wurde mit der Beschaffung des von Dr. A. Frank in München erfundenen, von der Firma G. Falter u. Sohn ebendasselbst zu beziehenden Oberflächen-Geschwindigkeitsmessers von Anfang an ein sehr glücklicher Griff gethan. Dieser einfache und dabei sehr zweckmäßige Geschwindigkeitsmesser dürfte vielen Wasserbauingenieuren noch wenig bekannt sein; eine kurze Beschreibung desselben mag daher hierunter am Platze sein. Er ist in den Abbildungen 7 bis 9 dargestellt. Seine bemerkenswertheste Eigenthümlichkeit besteht darin, daß er nicht an einem Nachen oder dergleichen befestigt zu werden braucht, sondern selbständig schwimmt. Zu diesem Zwecke sind zwei cylinderförmige Schwimmkörper *A* aus dünnem Blech vorhanden und durch drei eiserne Bänder *B* mit einander verbunden. Von dem mittleren Bande aus geht senkrecht nach oben eine Glasröhre *C* und nach unten eine Messingröhre *D*, die durch je vier Drähte gegen die Schwimmvorrichtung verspannt sind. Die Messingröhre taucht beim Schwimmen etwa 40 cm ins Wasser und ist stromaufwärts mit einer Anzahl von kleinen Löchern versehen, durch die das Wasser eindringt und, der Stärke der Strömung entsprechend, in die Glasröhre mehr oder weniger hoch einsteigt. Seitwärts von der Glasröhre ist auf einem Blechstreifen *E* eine Eintheilung angebracht, auf der man je nach der Höhe des Wasserstandes in der Glasröhre die Wassergeschwindigkeit unmittelbar ablesen kann. Die Ablesungen werden dadurch erleichtert, daß man in der Glasröhre auf dem Wasserspiegel ein roth gefärbtes Korkkugelchen schwimmen läßt. Während der Anwendung des Geschwindigkeitsmessers auf dem Rhein wurde zwischen Glas- und Messingröhre noch ein Zwischenstück aus Gummi angebracht, weil die Glasröhre infolge des heftigen Stromangriffes an der Befestigungsstelle des öfteren zerbrach. Für die Anwendung des Frankschen Geschwindigkeitsmessers hat sich am Rhein das folgende Verfahren als zweckmäßig erwiesen. An geeigneter Stelle wird ein Fahrzeug verankert, auf dem sich zwei Peildrahtseilwinden befinden. In der Regel wurde hierzu ein Peilrahmen verwandt. Von diesem Fahrzeuge aus werden Peildrahtseile nach den beiden Ufern gespannt, in derselben Weise wie bei den Peilungen. Als Richtungslinien dienen hierbei wieder die mehrfach erwähnten Profillinien. An dem straff gespannten und erforderlichenfalls durch Buchtnachen unterstützten Peildrahtseil wird ein Nachen mittels eines kurzen Tauses und einer Rolle befestigt, sodaß man alsdann unter Anwendung des Steuerruders bequem über den Strom hin- und herfahren kann, wie man bei schmälern Flüssen auch mit der Gierponte an quergespannten Drahtseilen zu fahren pflegt. Seitwärts von dem Nachen ist der frei im Strom schwimmende Geschwindigkeitsmesser mittels einer Leine und Oese gleichfalls an dem Drahtseil beweglich angebracht. Derselbe wird von dem Nachen aus durch eine weitere Leine so gelenkt, daß er bei der Fahrt quer über den Strom stets 5 m hinter dem Nachen zurückbleibt. Sobald der Nachen an einem Knoten des Peildrahtseiles angelangt ist, wird angehalten; der Geschwindigkeitsmesser befindet sich dann gerade an dem vorhergehenden Knoten, also so reichlich von dem Nachen entfernt, daß der durch letzteren erzeugte Stau auf den Geschwindigkeitsmesser nicht mehr einwirken kann. Während nun an dem Meßgeräth die Geschwindigkeit abgelesen wird, was auf

5 m Entfernung mit bloßem Auge ohne weiteres geschehen kann, mißt man in dem Nachen mit der Peilstange die Wassertiefe, sodafs also gleichzeitig mit der Geschwindigkeitsmessung die Gestaltung des Strombettes aufgenommen wird. So wird von einem Knoten des Drahtseils zum anderen vorgegangen, bis der Strom in seiner ganzen Breite vermessen ist. Sobald dies geschehen, befährt man den betreffenden Stromquerschnitt zur größeren Sicherheit noch einmal rückwärts, und wenn an einzelnen Punkten die beiden Messungsergebnisse schlecht zusammen stimmen, wird daselbst nochmals gemessen. Trotz dieses vorsichtigen Verfahrens gingen die Messungen sehr rasch vorwärts. Nachdem die gesamte Hilfsmannschaft, die aus zwanzig Personen bestand, einmal eingearbeitet war, sodafs jeder wufste, was er zu thun hatte, wurde mit einem Geschwindigkeitsmesser täglich an ungefähr 250 Punkten die Geschwindigkeit je zweimal gemessen, also gegen 500 Messungen ausgeführt. Für jeden, der die Arbeit mit dem hydraulischen Flügel kennt, bedarf es keiner Erörterung darüber, dafs ein so rascher Fortschritt der Messungsarbeiten bei Anwendung dieses Meßgeräthes auch nicht annähernd hätte erreicht werden können, zumal auf dem Rhein die Arbeit wegen der überaus lebhaften Schifffahrt sehr häufig unterbrochen werden muß, was insbesondere deshalb sehr störend ist, weil in vielen Fällen die Peildrahtseile erst wieder von neuem ausgefahren werden müssen. Allerdings liefert der hydraulische Flügel genauere Messungsergebnisse, als alle auf dem Grundsatz der Pitotschen Röhre beruhenden Geschwindigkeitsmesser; aber auf eine sehr große Genauigkeit der einzelnen Messungen kam es im vorliegenden Falle keineswegs so sehr an, wie etwa bei Messungen zur Bestimmung der Wassermenge. Die Genauigkeit des Frankschen Geschwindigkeitsmessers genügte vielmehr vollständig für die erwünschte Klarstellung der Stromverhältnisse, und man kann sagen, dafs bei der zur Verfügung stehenden Zeit die fraglichen Messungen ohne das Franksche Meßgeräth in dem stattgehabten Umfange überhaupt nicht hätten ausgeführt werden können.

Damit die gefundenen Messungsergebnisse in zweckdienlicher Weise ausgenutzt werden konnten, mußten sie übersichtlich zusammengestellt werden. Zu dem Zweck sind die ermittelten Geschwindigkeiten in den Stromkarten an den einzelnen Messungsstellen eingetragen und sodann nach Maßgabe dieser Zahlen Curven von gleicher Geschwindigkeit gebildet, in derselben Weise, wie man auf Höhenplänen die Schichtencurven einzeichnet (vgl. Abb. 2). Die Flächen zwischen den Geschwindigkeitslinien wurden schraffirt angelegt und zwar um so dunkler, je größer die Geschwindigkeit daselbst war. Auf diese Weise sind ungemein übersichtliche Strömungsbilder gewonnen worden. Derartige Aufnahmen wurden in den Stromstrecken Bingen-Afsmannshausen und Bacharach-Caub ausgeführt, woselbst sich die stärksten Stromschnellen befinden und das Flussbett ganz besonders zerklüftet und unregelmäßig ausgebildet ist. In der ersten Stromstrecke haben zwei Aufnahmen stattgefunden, nämlich bei kleineren und mittleren Wasserständen, in der zweiten Strecke wegen Mangels an Zeit nur eine bei mittleren Wasserständen. Die gewonnenen Strömungsbilder sind bei Aufstellung der Bauentwürfe von großem Vortheil gewesen, insbesondere aber dürften sie die Prüfung der Entwürfe bei den höheren Baubehörden erleichtert haben; denn wenn es schon für den an Ort und Stelle befindlichen Baubeamten schwierig war, die äußerst verwickelten Stromverhältnisse in der zur Ver-

fügung stehenden Zeit zur Genüge kennen zu lernen und demnach die zweckentsprechenden Maßregeln in Vorschlag zu bringen, so wäre für diejenigen Baubeamten, die nur gelegentlich einzelner kurzer Strombefahrungen zur Anschauung der örtlichen Verhältnisse gelangten, eine durchgreifende Beurtheilung der vorgelegten Bauentwürfe geradezu unmöglich gewesen, wenn diesen Entwürfen nicht so sehr eingehende Nachweise über die Natur des Stromes beigelegt hätten.

Anderweitige Vorarbeiten. Es ist selbstverständlich, dafs im Anschluß an die umfangreichen Geschwindigkeitsmessungen auch genaue Aufnahmen des Stromgefälles stattfinden mußten, und auch hier zeigte sich sehr bald, dafs den Eigenenthümlichkeiten der Stromstrecke Rechnung getragen und bei den Nivellements in etwas ungewöhnlicher Weise verfahren werden mußte. Die längs der beiden Stromufer aufgenommenen Nivellements zeigten nämlich des öfters starke, zusammengedrückte Gefälle, die lediglich von der unregelmäßigen Ausbildung des felsigen Flussbettes in der Nähe des Ufers herrührten, während in den gegenüberliegenden Strecken des Fahrwassers offenbar ganz andere Gefällverhältnisse bestanden. Diese Nivellements konnten daher nicht dazu verwandt werden, um den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Gefälle innerhalb des Fahrwassers aufzuklären, und es schien erwünscht, das Gefälle längs solcher Vermessungslinien zu ermitteln, die vom Ufer entfernt innerhalb des Fahrwassers gelegen waren. Diese Aufgabe ist in einfachster und durchaus befriedigender Weise mittels schwimmender Nivellirlatten gelöst worden. Zwei Baumstämme von 20 cm mittlerer Stärke und 5 m Länge wurden in einem Abstände von 1,6 m durch eine leichte Zwischenverbindung zu einem Flosse vereinigt und auf diesem eine 6 m hohe Nivellirlatte aufgestellt, deren Kopf durch Drähte mit dem Flosse verbunden und verankert war. Die Latte hatte geviertförmigen Querschnitt und auf jeder ihrer vier Seiten eine Metereintheilung mit dem Nullpunkte in Wasserspiegelhöhe. Diese Meßvorrichtung wurde von einem im Strome an geeigneter Stelle verankerten Nachen aus mittels einer Leine gelenkt und durch Nachlassen dieser Leine allmählich aus einem Stromquerschnitt in den anderen gebracht; vom Ufer aus wurde sie in diesen Querschnitten eingerichtet, und alsdann die Ablesungen mittels des Nivellirinstrumentes ausgeführt. Diese schwimmenden Nivellirlatten haben sich sehr gut bewährt; ihre Schwankungen in lothrechtem Sinne waren selbst bei starkem Wellenschlage sehr gering, und man brauchte die Grenzen dieser regelmäßig wiederkehrenden Schwankungen nur abzulesen, um aus ihnen als Mittelwerth die wirkliche Wasserhöhe zu erhalten. Auf diese Weise sind mehrfache zweckentsprechende Längennivellements in verhältnißmäßig kurzer Zeit ausgeführt worden.

Eine Vergleichung dieser Nivellements mit den oben beschriebenen Strömungsbildern liefs an manchen Stellen den Zusammenhang zwischen Strömung und Gefälle, wie er in den gebräuchlichen Geschwindigkeitsformeln ausgedrückt ist, vermischen, und zwar insbesondere da, wo auf kurze Längen sehr starke Gefälle zusammengedrängt sind, also in den eigentlichen Stromschnellen; die gemessenen Geschwindigkeiten waren daselbst viel kleiner, als man bei den sehr starken Gefällen hätte erwarten sollen. Es dürfte dies hauptsächlich darauf zurückzuführen sein, dafs die Einwirkung dieser starken Gefälle auf die strömenden Wassermassen nur von kurzer Dauer ist. Die Geschwindigkeitsformeln, die in der Praxis verwendbar sind, be-

ziehen sich bekanntermassen alle auf denjenigen Zustand, in dem die bewegende Kraft gerade gleich den Bewegungswiderständen ist, also auf eine gleichförmige Bewegung. Wenn nun die strömenden Wassermassen aus einem schwächeren Gefälle in ein stärkeres übergehen, so ist dieser Gleichgewichtszustand zunächst nicht vorhanden, vielmehr wächst unter dem Einflusse der verstärkten beschleunigenden Kraft vorerst die Geschwindigkeit; gleichzeitig vergrößern sich aber auch die Bewegungswiderstände, und zwar letztere verhältnismässig rascher als erstere, sodass nach einer gewissen Zeit wieder Gleichgewicht eintreten muss. Ist aber eine Stromschnelle von kurzer Länge, wirkt also das vermehrte Gefälle nur kurze Zeit auf die strömenden Wassermassen ein, so wird der Zustand der gleichförmigen Bewegung auch nicht annähernd erreicht werden, und es können alsdann auch nicht diejenigen Beziehungen zwischen Gefälle und Strömung bestehen, wie man sie sonst im allgemeinen findet. Auch anderweite Unregelmässigkeiten in der Gestaltung des Stromschlauches, wie man sie bei Stromschnellen mit felsigem Untergrund findet, wie die Zerklüftung der Sohle, der rasche Wechsel in der Breite des Stromes und dergl. wirken in hohem Masse verzögernd auf die Bewegung der Wassermassen ein und lassen die bei den Messungen gemachten Beobachtungen erklärlich erscheinen. Bei Aufstellung der Regulirungsentwürfe sind diese Wahrnehmungen von grossem Werthe gewesen, sie haben im Verein mit anderen Beobachtungen zu der Erkenntniss geführt, dass es bei der Regulirung derartiger Stromschnellen nicht immer vortheilhaft ist, so, wie bei anderen Flusregulirungen, den Stromschlauch möglichst regelmässig auszubilden und das Gefälle auszugleichen, sondern dass es unter Umständen richtiger ist, wenn an den bestehenden Stromverhältnissen möglichst wenig geändert wird. Bei Besprechung der Regulirungsentwürfe selbst wird hierauf näher einzugehen sein.

Bei näherer Betrachtung der Vermessungsergebnisse zeigten sich fernerhin auch manche scheinbaren Widersprüche zwischen der gefundenen Stromstärke, dem Gefälle und der gelegentlich beobachteten Geschwindigkeit der zu Berg fahrenden Schiffe. Dies führte bei weiterem Eingehen auf die Sache zu den folgenden Betrachtungen. Als Mass für die Schiffswiderstände, die bei der Bergfahrt in einem Strome zu überwinden sind, nimmt man in der Regel die Stärke der entgegenstehenden Strömung an, und aus der Strömung sind ohne Zweifel auch die stärksten Schiffswiderstände herzuleiten. Mit der Strömung im engsten Zusammenhange steht das Gefälle, sodass auch aus der Grösse der Gefälle in der Regel ein Massstab für die Schiffswiderstände sich ergibt. Bei Ueberwindung des Gefalles ist aber auch noch in anderem Sinne Arbeit zu verrichten, indem die Schiffslast beim Fortschreiten in der Stromrichtung entsprechend gehoben werden muss. So sind z. B. bei einem Gefälle von 1:500, wie solche in der Felsenstrecke des Rheines öfter vorkommen, bei einem Gesamtgewichte eines Schleppzuges von 5000 Tonnen und einer Geschwindigkeit von 1 m in der Secunde, zu der Bewegung in lothrechttem Sinne 133 effective Pferdekkräfte nothwendig. Bei Beobachtungen der Strom- und Schiffahrtsverhältnisse zeigte es sich, dass an manchen Stellen mit starker Strömung die Bergfahrt auffallend rasch von statten ging. Dies waren solche Stellen, an denen sich verhältnismässig geringe Gefälle und verhältnismässig grosse Tiefen befanden. Das geringere Gefälle musste nach obigem auf eine Beschleunigung der Fahrt hinwirken; aber die thatsächlich vor-

handene grosse Fahrgeschwindigkeit liess sich hieraus allein nicht erklären, und man fand bei näherem Eingehen auf die Sache bald, dass der Einfluss der grösseren Wassertiefen ein sehr bedeutender sein müsse. Es ist bekannt, dass bei Schiffahrtsanälen das Verhältniss zwischen den Flächeninhalten des Schiffsquerschnittes und des Canalquerschnittes von grosser Bedeutung für die Grösse der Schiffswiderstände ist. Bei der Flussschiffahrt, wo man es in der Regel mit namhaften Fahrwasserbreiten zu thun hat, wird dagegen auf diese Verhältnisse in der Regel weniger Bedacht genommen; nach vorstehendem scheint es aber geboten, auch bei der Regulirung der Flüsse zu Schiffahrtszwecken gelegentlich derartige Erwägungen anzustellen. Die Rheinschiffe sind bis zu 11 m breit und haben ganz flache Böden; bei der Fahrt scheinen ganz bedeutende Reibungswiderstände zu entstehen, wenn zwischen einer solchen grossen Bodenfläche und der Flusssohle nur eine dünne Wasserschicht sich befindet. Manche Erscheinungen, die bei dem Schiffahrtsbetriebe auftreten, finden hierdurch ihre Erklärung, so z. B. die bekannte Thatsache, dass Grundschwellen mit hochgelegener Krone bei den Schiffen so unbeliebt sind. Befährt ein Schleppzug ein mit solchen Grundschwellen besetztes, sonst aber tiefes Wasser, so wird er eine gute Fahrt machen, so lange die Schiffe sich über den Tiefen befinden; kommt aber eins der Schiffe über eine Grundschwelle mit hochliegender Krone, so treten daselbst plötzlich sehr starke Schiffswiderstände auf, und die Fahrt des fraglichen Schiffes wird sich daher auf einmal bedeutend vermindern. Der Schleppdampfer dagegen ist infolge seiner unverminderten Dampfkraft und insbesondere infolge der lebendigen Kraft seiner Massen vielleicht bestrebt, die alte Geschwindigkeit beizubehalten. Der Schleppstrang erleidet hierbei eine ganz andere und viel grössere Beanspruchung, als bei der gewöhnlichen Fahrt, und wird daher leicht zerrissen, wie die Erfahrung dies auch lehrt.

Die vorstehenden Beobachtungen und Erwägungen liessen es räthlich erscheinen, die Schiffahrtsverhältnisse in den Stromschnellen noch weiterhin aufzuklären, und es haben daher unmittelbare Messungen der Fahrgeschwindigkeit der Schleppzüge stattgefunden. Zunächst wurden einzelne der auf der Strecke verkehrenden Schleppzüge herausgegriffen und ihre Geschwindigkeit beobachtet. Hierdurch wurden jedoch keine brauchbaren Ergebnisse erzielt. Die Schleppzüge fahren nämlich in der Regel durch die starken Stromschnellen nicht mit gleichmässiger Maschinenkraft hindurch. Bevor sie an die schwierigsten Stellen herankommen, wird vielfach mit geringerer Kraft gefahren, es werden die Kesselfeuer geputzt und andere Vorbereitungen getroffen, um sodann die Fahrt durch die eigentliche Stromschnelle mit möglicher Ausnutzung des Dampfkessels unter Volldampf ausführen zu können. So kam es vor, dass die Schleppzüge an solchen Stellen, an denen die Fahrt erfahrungsgemäss sehr bequem ist, nicht rascher fuhren, als an den schwierigsten Durchgängen. Um zweckdienlichere Messungen ausführen zu können, wurde daher aus einem staatlichen Dampfer und mehreren kleineren Schiffsgefässen ein Schleppzug eigens für die Versuche gebildet und mit demselben verschiedene Bergfahrten in der Weise ausgeführt, dass das Dampfventil zwischen Kessel und Maschine stets in derselben Stellung blieb und der Dampfdruck im Kessel möglichst auf gleicher Höhe erhalten wurde. Behufs Ausführung der Messung wurden einzelne Stromquerschnitte mit Fähnchen von verschiedener Farbe bezeichnet, und indem der Beobachter seitwärts

von dem Schleppzug am Ufer mitging oder auch gelegentlich mitlief, las er an einer Secundenuhr genau den Zeitpunkt ab, an welchem der Schleppzug die einzelnen Stromquerschnitte durchfuhr. Es war dabei der ungefähre Schwerpunkt des Schleppzuges durch eine Flagge bezeichnet und derjenige Zeitpunkt als maßgebend betrachtet, in dem diese Flagge sich im beobachteten Querschnitte befand. Aus dem Unterschiede zweier aufeinander folgenden Ablesungen und der Entfernung der betreffenden Querschnitte konnte die Fahrgeschwindigkeit in den einzelnen Stromabschnitten berechnet werden. Je nachdem die Fahrgeschwindigkeit größer oder kleiner war, wurden die Beobachtungsquerschnitte 100, 50 oder 20 m auseinander gelegt. Die nach den Ablesungen berechneten Fahrgeschwindigkeiten wurden in den oben erwähnten Geschwindigkeitsplänen (Abb. 2) seitwärts von dem Stromschlauch in der Form eines staffelförmigen Streifens zeichnerisch dargestellt. Sie haben sehr zur Vervollständigung dieser Geschwindigkeitspläne beigetragen und die Brauchbarkeit derselben wesentlich erhöht.

Schlussbemerkungen. Es erübrigt noch näher darauf einzugehen, in welcher Weise die oben beschriebenen Vorarbeiten bei Aufstellung der Bauentwürfe nutzbar gemacht worden sind. Andererseits aber muß es als wünschenswerth bezeichnet werden, daß bei Besprechung dieser Bauentwürfe die ganze Felsenstrecke des Rheins im Zusammenhange behandelt werde; dies ist zur Zeit aber noch nicht möglich, weil die Vorarbeiten noch nicht in der ganzen Ausdehnung der Felsenstrecke vollendet und die Bauentwürfe dementsprechend zum Theil noch nicht fertiggestellt sind. Der Verfasser wird sich gestatten, hierauf später zurückzukommen.

Der Baubetrieb in der betrachteten Stromstrecke ist im Jahrgang 1896 der Zeitschrift für Bauwesen S. 97 u. f. beschrieben worden. Die Masse des unter Wasser gesprengten und zu Tage geförderten Gesteins betrug nach den daselbst gemachten Angaben am Schlusse des Jahres 1894 97863 cbm. Von dieser Zeit an bis zum 21. November 1896 wurden weitere 96388,43 cbm gefördert, auch lagerten noch 50000 cbm Sprenggut im Strom und harrten der Baggerung. Die Gesamtmasse der bis dahin gesprengten Felsen belief sich sonach auf rund 250000 cbm. Um einen Maßstab für die Beurtheilung dieser Massen zu geben, sei hier auf die Felsensprengungen in der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin hingewiesen. In dem bei Verdingung dieser Arbeiten im Jahre 1890 zu Grunde gelegten Kostenanschlage waren die unter Wasser zu sprengenden Felsmassen folgendermaßen angegeben:

1. in der Stromstrecke bei Stenka	7400 cbm
2. bei Kozla Dojke	65800 „
3. „ Izlas-Tachtalia-Greben-Milanowar	46800 „
4. „ Jucz-Columbina	32000 „
5. Verschiedene kleinere Felsgruppen	10000 „
6. am Eisernen Thor	246000 „
zusammen	408000 cbm.

Nun sind, wie bekannt, die Sprengungen am Eisernen Thor zwischen den dortselbst ohnedies herzustellenden Parallelwerken im trockenen ausgeführt worden; es bleiben somit noch 162000 cbm unter Wasser zu sprengen. Die im Rhein unter Wasser ausgeführten Felsensprengungen scheinen demnach von größerer Bedeutung zu sein, als diejenigen in der Donau.

Bei dem vorgeschrittenen Stande der Arbeiten lassen sich nunmehr auch die Kosten derselben genauer übersehen. In der

Zeit vom 1. April 1890 bis 30. September 1896 haben die folgenden Ausgaben stattgefunden:

1. an Arbeitslöhnen, für Betriebsmaterialien, Unterhaltung von Maschinen und Geräthschaften, kurz für alles, was zu dem eigentlichen Baubetriebe gehört	1862533,01 <i>ℳ</i>
2. für Beschaffung von neuen Maschinen, Fahrzeugen und dergleichen	1109836,56 „
3. für Vermessungsarbeiten, Bauleitung und Bauaufsicht	241926,26 „
zusammen	3214295,83 <i>ℳ</i>

Das gesprengte Gestein, das in derselben Zeit zu Tage gefördert wurde, belief sich auf 121099,70 cbm; außerdem lagerten damals gegen 60000 cbm im Strom, die noch zu baggern waren, sodafs im ganzen rund 180000 cbm zu rechnen sind. In den angegebenen Kosten ist auch die Baggerung von 113000 cbm Gerölle und Kies mit einbegriffen. Nimmt man an, daß hierfür ebensoviel aufgewandt worden sei, als die Baggerung der noch im Strome liegenden 60000 cbm gesprengten Gesteins kosten wird, so sind von den Kosten des eigentlichen Baubetriebes zu rechnen für Sprengen und Abräumen von

1 cbm Fels $\frac{1862533,01}{180000} = 10,35 \text{ } \mathcal{M}$ Die für Neubeschaf-

fung von Maschinen, Fahrzeugen und dergleichen verausgabten 1109836,56 *ℳ* müssen auf einen längeren Zeitraum vertheilt werden, weil die betreffenden Geräthschaften auch weiterhin werden Verwendung finden können. Soviel bekannt, sind bisher die Bagger, Taucherschächte und ähnlichen größeren Baumaschinen der Rheinstrombauverwaltung durchweg weit über zwanzig Jahre im Betriebe gewesen, bevor sie unbrauchbar wurden. Daher möge angenommen werden, daß die obige Bausumme in einem Zeitraum von zwanzig Jahren zu tilgen sei und, daß der in Berechnung zu ziehende Zinsfuß 3 v. H. betrage. Die jährliche Ausgabe für die Neubeschaffungen ergibt sich alsdann zu rund 75000 *ℳ* und für die Zeit vom 1. April 1890 bis 30. September 1896 zu $75000 \times 6\frac{1}{2} = 487500 \text{ } \mathcal{M}$, also auf 1 cbm zu Tage geförderten Gesteins zu $\frac{487500}{180000} = 2,71 \text{ } \mathcal{M}$.

Eigentlich sollte dieser Betrag noch etwas herabgesetzt werden, da die betreffenden Baumaschinen seither neben ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung bei der Regulirung der Felsenstrecke vielfach auch zu anderen Arbeiten im Bereiche der Rheinstrombauverwaltung herangezogen worden sind. Wird aber hiervon Abstand genommen, so berechnen sich die Kosten für die Sprengung und Abräumung von 1 cbm Fels auf $10,35 + 2,71 = 13,06 \text{ } \mathcal{M}$. Nach der im Jahre 1888 im Ministerium der öffentlichen Arbeiten herausgegebenen Denkschrift über den Rhein betragen die Ausgaben für die gleiche Arbeitsleistung

in den Jahren 1830/32	588,7 <i>ℳ</i>
„ „ „ 1841/49	437,2 „
„ „ „ 1850/66	76,0 „
„ „ „ 1866/77	30,7 „
„ „ „ 1877/78	34,2 „
„ „ „ 1878/79	37,5 „
„ „ „ 1879/80	34,9 „
„ „ „ 1880/81	27,8 „
„ „ „ 1881/82	32,7 „
„ „ „ 1882/83	29,9 „
„ „ „ 1883/84	37,8 „
„ „ „ 1884/85	39,5 „
„ „ „ 1885/86	37,6 „
„ „ „ 1886/87	86,6 „

Die neuerdings erzielten Kostenaufwendungen sind sonach sehr günstige. Dies ergibt sich auch beim Vergleiche mit den anderwärts ausgeführten Arbeiten ähnlicher Art. Allerdings beziehen sich, soweit in dieser Richtung zahlenmäßige Angaben bekannt geworden sind, diese auf die Masse der gewachsenen, noch nicht gesprengten Felsen, während hier die Masse des gebaggerten, also bereits aufgelockerten Gesteins angegeben ist. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dafs bei den Felsensprengungen im Rhein bei weitem nicht alles Sprenggut zu Tage gefördert wird, ein grofser Theil desselben wird bei der Sprengung in die benachbarten Tiefen geschleudert und bleibt dort liegen, andere Massen gehen bei der Baggerung und unter dem Einflusse der reifsenden Strömung in gleicher Weise verloren; so brauchte an solchen Stellen, wo vereinzelt Felsen aus tiefem Wasser emporragten, vielfach überhaupt nichts abgeräumt zu werden, sondern durch die Sprengung wurde die Normalsohle ohne weiteres erreicht.

Bei Beurtheilung des angegebenen Preises sind ferner die folgenden durch örtliche Verhältnisse bedingten Erschwerungen des Baubetriebes in Betracht zu ziehen. Die Arbeiten müssen meist in reifsender Strömung ausgeführt werden. In der oberen Hälfte der Felsenstrecke ist das zu sprengende Gestein ein Quarzit von ganz auferordentlicher Festigkeit. Es ist vorgekommen, dafs bei Herstellung von 1 m Bohrlochlänge 94 Bohrer aus bestem Bohrstahl verbraucht wurden. Weil der Strom an beiden Ufern mit zahlreichen Ortschaften und einzeln stehenden Gebäuden besetzt ist, war vielfach die Anwendung von starken Dynamitladungen unzulässig. Der sehr lebhaftes Schiffsverkehr auf dem Rhein, der durch die Regulierungsarbeiten in keiner Weise behindert werden soll, giebt zu zahlreichen Störungen des Baubetriebes Veranlassung.

Alle diese Umstände wirken auf Verzögerung und Vertheuerung der Arbeiten hin.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Abb. 1. Peilplan der Stromstrecke zwischen Bingen und Assmannshausen. 1:7500.

Abb. 3-6. Peilrahmen.

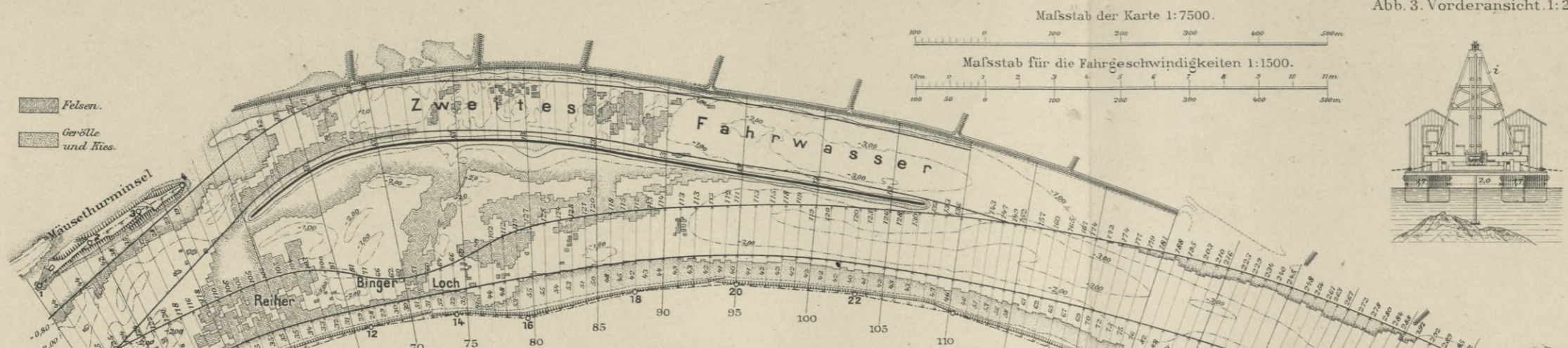
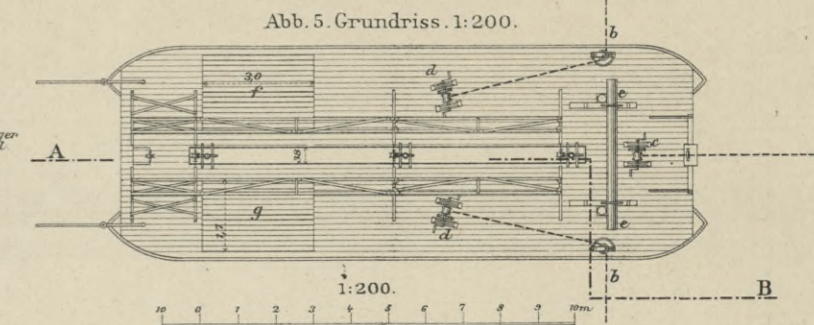
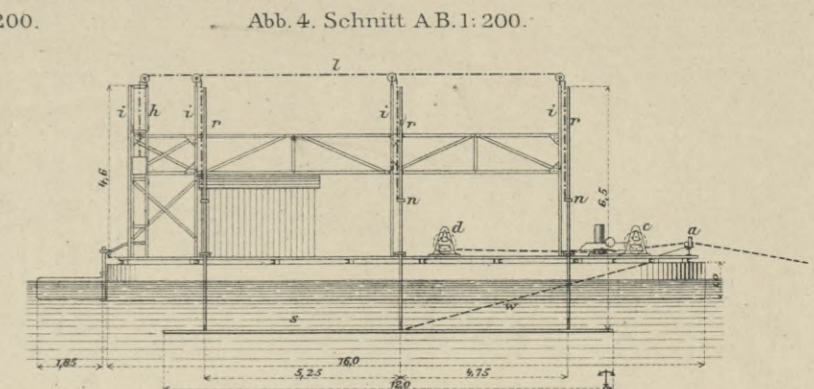
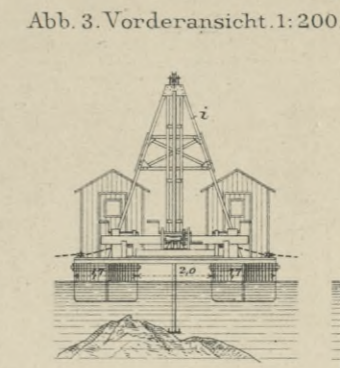
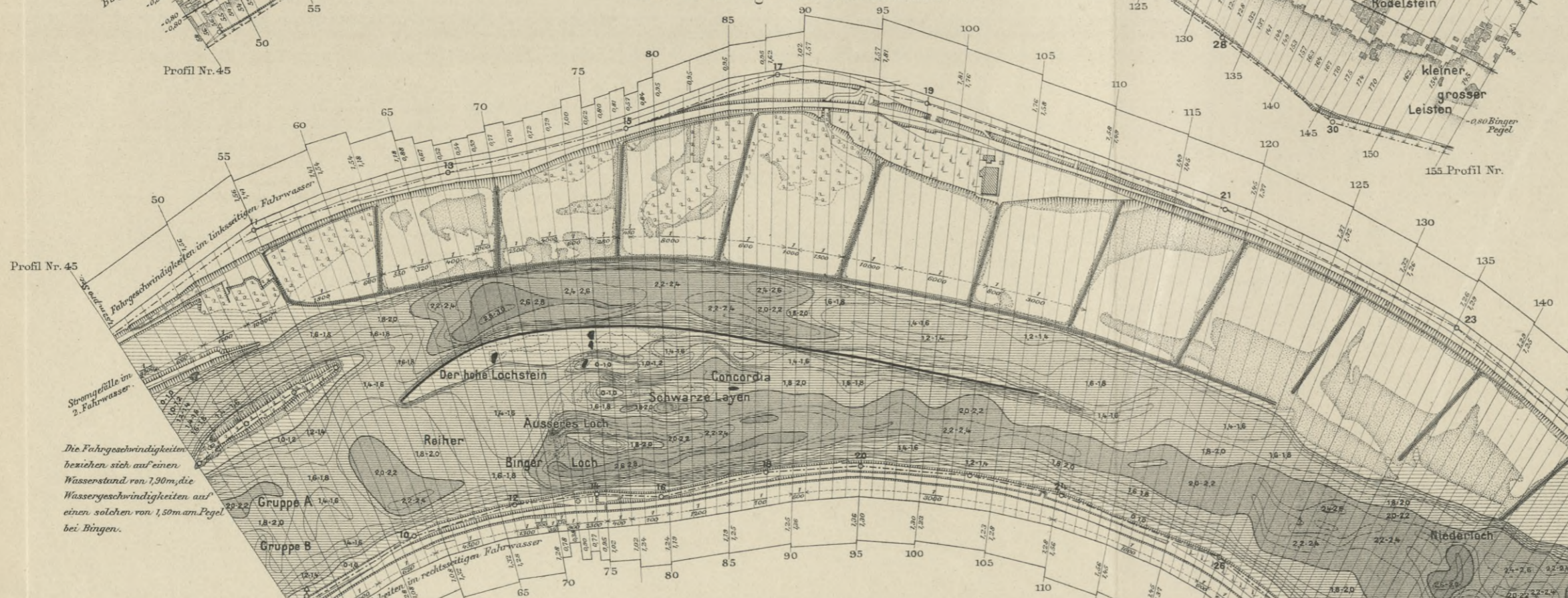


Abb. 2. Geschwindigkeitsplan der Stromstrecke zwischen Bingen und Assmannshausen.



a Rollenstuhl für die Hauptankerrolle. b Rollenstuhl für die Seitenankerrolle. c Hauptankerwinde. d Seitenankerwinden. e Büding f Raum f. d. Peilmeister. g Raum für die Arbeiter. h Kastengerüst zur Führung des Gegengewichtes. i Böcke zur Aufnahme der Leitrollen k für die Drahtseile l und zur Aufhängung des Peilrahmens m. n Befestigung der Peilrahmenrohre r an den Drahtseilen. o Das Rohr umschliessende, auf jeweilige Normalschleife verstellbare Schellen. p Stützklötze für den eingestellten Peilrahmen. s Die t-Schiene d. Peilrahmens.

Abb. 6. Peilrahmen und Kastengerüst mit Gegengewicht. 1:50.

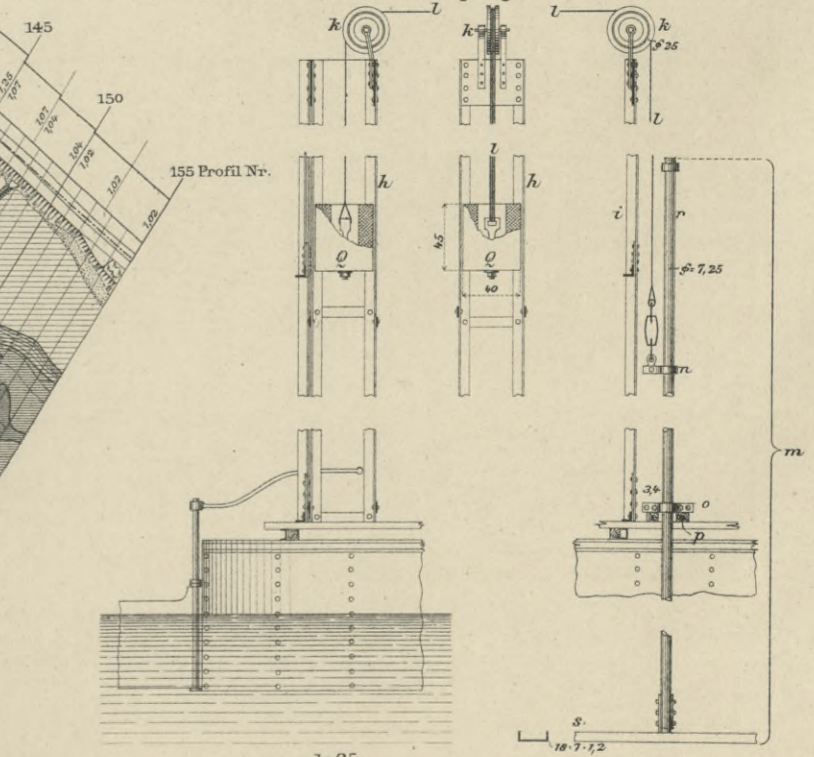
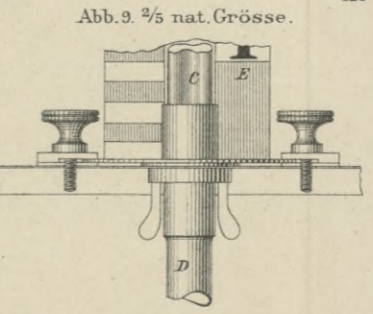
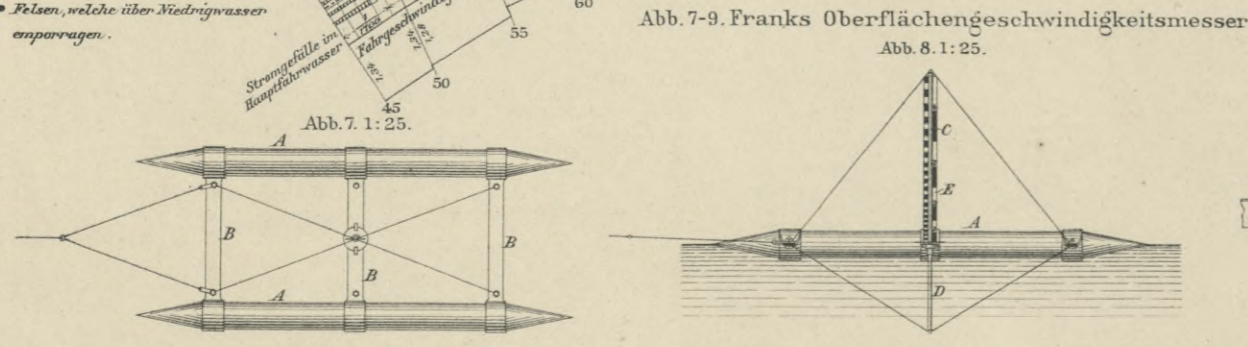


Abb. 7-9. Franks Oberflächengeschwindigkeitsmesser.



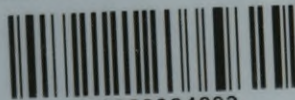
S.01.

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

IV 34505
L. inw.

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000304093