Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 24

Artikel: Technische Grundlagen zur Beurteilung schweizer. Schiffahrtsfragen
Autor: Kupferschmid, K.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-37273

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Technische Grundlagen zur Beurteilung schweizerischer Schiffahrts-Fragen. — Wohnhaus Hirt-Suter in Biel. — Die Eisenerze der Juraformation im Schweizer Jura. — Les usines hydro-électriques du Guadiaro. — Amt für Wasserwirtschaft des Schweizer. Departement des Innern. — Miscellanea: Zur Verstaatlichung der Seetalbahn. Schweizerische Bundesbahnen. Verein deutscher Ingenieure. Eidgenössische Technische Hochschule Die älteste deutsche Dampfmaschine im Deutschen Museum zu München. Neue Eisenbahnlinie Venedig-München. Internationales Bureau der Telegraphen-Union. Die Roheisenerzeugung in den Vereinigten Staaten im Jahr 1920. — Konkurrenzen: Reformierte Kirche in Arbon. Pfarrhaus und Kirchgemeindehaus in Straubenzell. — Vereinsnachrichten: Zürcher I.- & A.-V. Stellenvermittlung.

Band 77. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 24

Technische Grundlagen zur Beurteilung schweizer. Schiffahrtsfragen.

(Fortsetzung von Seite 263.)

Eine Niederwasser-Regulierung kombiniert mit Seitenkanal zur Kraftgewinnung, also einen Kompromiss zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Lösungen, hat Dr. Ing. *H. Bertschinger* (Zürich) studiert. Der Vollständigkeit halber, und weil auch ein negatives Ergebnis zur Abklärung beiträgt, erwähnen wir auch diesen Vorschlag, über den Dr. Bertschinger in einem Vortrag vor der Liberalen Partei in Basel am 7. Februar d. J. gesprochen hat, und den er wie folgt skizziert [1]): „Schiffahrt auf dem Rhein, gespiesen mit dem halben Niederwasser [min. 200 bis 220 m^3/sek, *Red.*]; die andere Hälfte des Niederwassers wird einem Seitenkanal, der ausschliesslich der Kraftgewinnung dient und unterhalb Basel abzweigt, um oberhalb Strassburg wieder einzumünden, zugeführt. Sofern die Wassermenge im Rhein grösser wird als 1000 m^3/sek [B. P. + 1,0 *m*, *Red.*], gelangt der Ueberschuss im Rheinbett zum Abfluss. Die hierzu gehörenden Bauten bestehen für die Kraftgewinnung aus 120 *km* Seitenkanal, acht Turbinenhäusern, einem Stauwehr; für die Schiffahrt aus einer Schleuse 170 × 25 *m* und 120 *km* Niederwasser-Regulierung. Bei der Teilung des Niederwassers auf schiffbaren Rhein und auf Kraftwerk-Seitenkanal ist eine zehnjährige Bauzeit notwendig für die Niederwasser-Regulierung. Diese ergibt zufolge Einengnng ein viel kleineres Profil als heute; es könnte das Hochwasser nicht mehr vom Rhein allein aufgenommen werden. Dies bedingt, dass die Regulierung erst nach Erstellung des Kraftwerkkanals, der eine Entlastung zu gewähren hat, vorgenommen werden kann. Stückweise Regulierung ist aber wertlos, wie sich an der Rhone gezeigt hat. Die Bauzeit dürfte Jahrzehnte in Anspruch nehmen und der Erfolg bliebe doch aus." —

Die bezüglichen Baukosten berechnet Dr. Bertschinger auf etwa 1220 Mill. Fr. (wovon rund 1100 Mill. für Kraftwerkanlagen und 120 Mill. Fr. für Schiffahrtsanlagen), die (3000 stündige) Kraftleistung auf 1280 Mill. *kWh* zu 10 Cts./*kWh*, und die Schiffahrtleistung des auf Halb-N.-W. regulierten Rheins auf 2,4 Mill. *t* im Jahr.

Nachdem aber Dr. Bertschinger selbst diese kompromissliche Lösung nicht empfiehlt, beschränken wir uns auf deren Registrierung, indem wir bezüglich der weitern Vergleichstudien Dr. Bertschingers, die ihn schliesslich [2]) zur Befürwortung der durch Baggerungen zu unterhaltenden Regulierung unter Verzicht auf Kraftnutzung führen, auf die genannte, ziffernreiche Quelle verweisen.

Abgesehen vom negativen Erkenntniswert vorstehenden Lösungsversuches mit Teilung des Niederwassers zeigt er, wie schwer es für Fernerstehende, also ohne genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse ist, Regulierungs- und Schiffahrtsfragen einer Stromstrecke vom Charakter des Oberrheins zwischen Basel und Strassburg zu behandeln. Es scheint uns deshalb angebracht, hierüber zunächst einmal einem gründlichen Kenner der Stromstrecke, dem auch schweizerischerseits anerkannten Fachmann Dr. Ing. *K. Kupferschmid*, das Wort zu erteilen, dem erst kürzlich in den Ruhestand getretenen langjährigen Mitglied der badischen Oberdirektion des Wasser- und Strassenbaues in Karlsruhe, zugleich Rheinschiffahrtsinspektor und Staatskommissar der badischen Schifferschulen.

[1]) Autoreferat in «Basler Nachr.», 1. Juni d. J., Nr. 226 und 227.

[2]) Allerdings unter nur teilweise zutreffenden Voraussetzungen.

Die Schiffbarmachung des Oberrheins zwischen Strassburg und Basel.

von Dr. Ing. *Karl Kupferschmid*, Oberbaurat a. D., Karlsruhe.

Die Schiffbarmachung des Oberrheins von Strassburg bis Basel beschäftigt neuerdings wieder die Oeffentlichkeit in hervorragendem Masse. Die Erörterungen in der Tagespresse und in den Fachblättern befassen sich aber vorwiegend mit ihrer politischen und volkswirtschaftlichen Seite, während die bau- und schiffahrtstechnische Seite, die doch ebenso wichtig, wenn nicht wichtiger ist, bisher kaum gestreift worden ist. Ich entspreche daher gerne dem Wunsch der Redaktion, mich zu diesen Fragen auf Grund meiner Erfahrungen ebenfalls zu äussern.

Der Stromzustand.

Zum Verständnis der Schiffbarmachungspläne ist einiges über den derzeitigen Zustand des Stromes und die auf ihm betriebene Schiffahrt vorauszuschicken.

Der im vorigen Jahrhundert korrigierte Strom zeigt innerhalb der vollständig ausgebauten Ufer bei Niederwasser in ziemlich gleichmässigen Abständen abwechselnd an den Ufern anliegende Kiesbänke, zwischen ihnen sich schlängelnd den Talweg, in dem die Tiefe da am grössten ist, wo er an die Ufer anfällt, am kleinsten dagegen auf den Uebergängen (Schwellen) von einem Ufer zum anderen; dem entsprechend im Längenschnitt eine Folge von Woogen mit schwachem und Furten mit starkem Gefäll, jene an den Talweganfällen, diese auf den Uebergängen, und die Stromsohle ununterbrochen in einer Bewegung, die sich bei Niederwasser auf den Talweg und seine nächste Umgebung beschränkt, mit steigendem Wasser ausbreitet und bei Hochwasser stürmisch über die ganze Breite des Bettes verläuft. Bei langdauernden Niederwassern legen sich die Kolke mehr und mehr an die Ufer, die Uebergänge werden schroffer, sodass ihre Richtung die Stromaxe mitunter sogar im rechten Winkel schneidet. Anhaltende Mittelwasser, namentlich die normal verlaufenden Sommeranschwellungen strecken den Talweg, er legt sich in den Kolken weniger hart an die Ufer und die Uebergänge schneiden die Stromaxe unter spitzem Winkel. Nach dem Ablauf eines Hochwassers zeigt sich die Schlangenlinie des Talwegs vielfach gestört, häufig haben sich Nebenrinnen gebildet und die Kiesbänke sind hier verschleift, dort erhöht, mitunter sogar aufeinander geschoben. Das aus Talweg, Kolken, Schwellen und Kiesbänken bestehende Gebilde wandert also unter fortwährender Veränderung stromabwärts. Die im Jahr zurückgelegte Strecke beträgt je nach dem Verlauf der Wasserstand-Bewegungen durchschnittlich etwa 300 bis 600 *m*.

Diese Erscheinungen haben letzten Endes ihre Ursache darin, dass das mit der Rheinkorrektion in erster Reihe angestrebte Ziel — die Sicherung des Ufergeländes gegen die Ueberschwemmungen und die Besserung der Gesundheitsverhältnisse der Uferanwohner — nur durch eine Tieferbettung des Stromes und diese wiederum, ausser durch eine starke Kürzung des Laufes mittels Durchstichen, nur durch die Zusammenfassung der Nieder- und Mittelwasser sowie der gewöhnlichen Sommeranschwellungen in *einem* Bett erreichbar schien.

Die erwartete Wirkung ist auch eingetreten, aber nicht in der ganzen Strecke von Basel bis Strassburg, sondern nur bis gegen Sasbach. Das Mass der Tieferbettung seit Anfang der 1860er Jahre, um welche Zeit der Strom bereits im korrigierten Bette lag, beträgt heute bei Bellingen und Rheinweiler gegen 5 *m* bei Breisach etwa 0,5 *m*. Abwärts Sasbach dagegen hat die von früher

vorhandene Verschüttung des Strombettes noch zugenommen, sie beträgt jetzt zwischen Weisweil und Ottenheim etwa 1 *m* und läuft bei Altenheim aus. Sie ist teils auf die Abnahme des Gefälls, namentlich von Weisweil abwärts, teils auf die Zunahme der Breite des Bettes zurückzuführen, die bis zur Mündung des Leopoldkanals 200 *m*, von hier bis Ichenheim 225 *m* und weiter bis Kehl 250 *m* misst, wodurch der Strom einen Teil der Kraft verliert, die notwendig wäre, um die ihm von oberstrom zutreibenden Geschiebemassen weiterzuführen. *Die Geschiebemassen* kommen aber in der Hauptsache nicht, wie vielfach angenommen wird, aus der Stromstrecke oberhalb Basel oder aus den in den Rhein mündenden Zuflüssen, sondern *entstammen der Tieferbettung des Rheins unterhalb Basel.* Diese ist aber noch nicht am Ende angekommen, schreitet viel mehr in jüngster Zeit rascher fort als früher; *man hat es also auch heute noch zwischen Basel und Strassburg mit einem in der Umbildung begriffenen Strom zu tun.*

Die *Kiesbänke* bestehen aus einem Gemisch von Sand und Kies mit Geschiebestücken von einem grössten Durchmesser bis zu etwa 15 *cm.* Sie reichen bis etwa 2 *m* über Niederwasser. Die *Kolke* weisen Tiefen bis 8 *m* unter Niederwasser auf; auf den *Uebergängen* geht die Tiefe bei Niederwasser bis auf 0,35 *m* zurück. Die *Ufer* sind beiderseits bis auf die von den Kolken erreichten Tiefen in widerstandsfähiger Weise befestigt.

Der *Untergrund* des Bettes wird von Basel bis etwas unterhalb der Hüninger Schiffbrücke von festem blauen Septarienthon gebildet, der auf 1,5 *m* bis 2,5 *m* unter Niederwasser heraufreicht. In dem überlagernden Geröll des Diluviums finden sich vereinzelt nicht sehr widerstandsfähige Nagelfluhbänke und Blöcke. Bei Istein, von bad. *Km.* 8,0 aufwärts auf eine Erstreckung von 440 *m* liegt eine Schwelle aus Jurakalk über die ganze Breite des Bettes in der Sohle teilweise zu Tage.[1]) Gegenüber dem Isteiner Klotz und bei Gross-Kembs am linken Ufer ist in Tiefen von etwa 9,5 und 5,5 *m* unter Niederwasser tertiärer Kalkstein, bei Bellingen rechts in einer Tiefe von etwa 6,5 *m* unter Niederwasser blauer Thon festgestellt. Im Uebrigen besteht das Bett bis auf grosse Tiefen, 20 *m* und mehr unter Niederwasser, aus diluvialem Kies und Sand.

Das *Ufergelände* ist in Folge der Tieferbettung des Stromes von Basel bis gegen Breisach auf der rechten Seite der Hochwassergefahr fast vollständig entrückt; am linken, im allgemeinen etwas tiefer liegenden Ufer besteht diese zwar noch, ist aber gegen früher wesentlich gemindert. Der mit der Korrektion erstrebte Zweck ist hier also erreicht. Abwärts Breisach dagegen hat infolge der Hebung des Bettes die Hochwassergefahr zugenommen und die Hochwasser des letzten Jahrezehnts, insbesondere jenes von 1910 haben zwischen *Weisweil und Ottenheim* Höhen erreicht, die man früher nicht gekannt hat. *Eine Absenkung dieser Hochwasser ist bei der Schiffbarmachung dringend geboten* (vergl. die Längenprofile Abbildung 36 und 37).

Auf das *Grundwasser,* das als mächtiger Strom vom Gebirge her die Niederung durchzieht und sich mit seiner Oberschicht in den Rhein ergiesst, hat die Korrektion in einer für die Uferanwohner nicht erwünschten Weise eingewirkt. Im Bereich der Tieferbettung ist eine ziemlich weit in das Land hineinreichende Senkung desselben eingetreten, die, namentlich im oberen Teil, durch eine Austrocknung des Bodens bemerkbar wurde, und es nötig machte, die aus ihm schöpfenden Brunnen zu vertiefen. *Mit Rücksicht hierauf ist hier eine weitere Tieferbettung des Stromes nicht erwünscht.* Im Bereich der Verschüttung dagegen wird das Grundwasser, namentlich während der mehrere Monate dauernden Sommeranschwellung zurückgestaut, wobei es auf die tiefer liegenden Geländeflächen als sogenanntes Druckwasser austritt und an den Feldfrüchten Schaden anrichtet. *Die nach starken Sommeranschwellungen immer wiederkehrenden sehr eindringlichen Klagen sowohl aus den badischen Orten Weisweil, Oberhausen, Niederhausen, Kappel, Ottenheim wie auch aus den gegenüberliegenden elässischen Ortschaften in der Presse und der Volksvertretung machen es zur Pflicht, in dieser Strecke bei der Schiffbarmachung auf eine Tieferbettung des Stromes um mindestens 1,2 m abzuheben.*

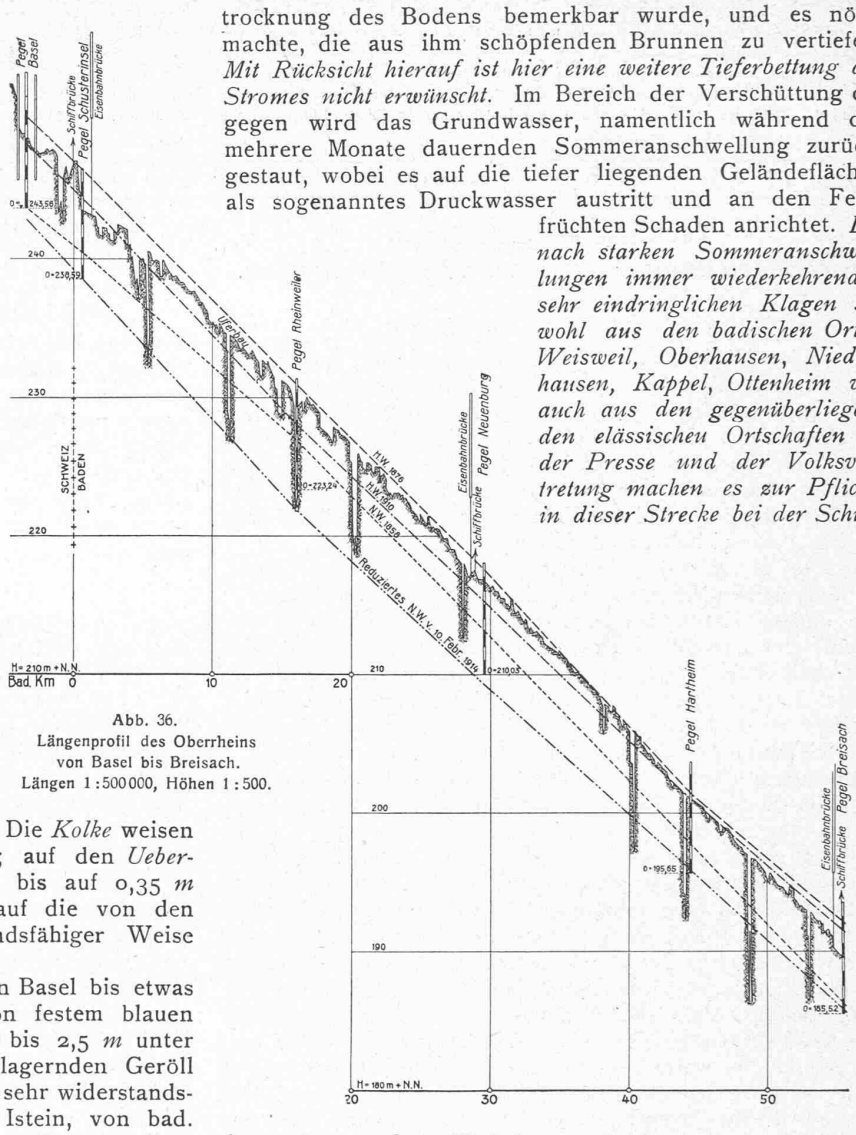


Abb. 36.
Längenprofil des Oberrheins von Basel bis Breisach.
Längen 1:500000, Höhen 1:500.

Das mittlere Stromgefälle beträgt bei Niederwasser im obersten Teil bis gegen Bellingen 1,06 ‰ — bei Hüningen sogar 1,11 ‰ — von da bis Neuenburg 0,95 ‰, bis Weisweil (*Km.* 78) 0,89 ‰, bis Kappel-Rheinau (*Km.* 92) 0,81 ‰, bis Ischenheim (*Km.* 106) 0,76 ‰, bis Marlen (*Km.* 116) 0,70 ‰ und bis Kehl 0,613 ‰.

Diese Gefällsfolge wird aber nicht von Bestand sein, da, wie die fortschreitende Tieferbettung oberhalb Sasbach erkennen lässt, die Stromkraft hier im Verhältnis zur Masse und Grösse des Geschiebes noch zu gross ist. Bei welchem Gefälle sich das Gleichgewicht einstellen wird, lässt sich nicht sagen, jedenfalls aber wird dieses Gefälle um ein Beträchtliches kleiner sein als das heutige. Dies lässt darauf schliessen, dass, wenn der Strom weiterhin in seinem derzeitigen Zustand gelassen würde, mit der Entstehung zunächst einer Schnelle, später sogar eines Wasserfalles an der Felsbarre bei Istein zu rechnen wäre. Das dadurch entstehende Schiffahrthindernis kann durch einen Umgehungskanal mit eingebauter Schleuse nicht behoben werden, da das endgültige Schleusengefälle von vornherein nicht bekannt ist, und wiederholte Nachtiefungen der zu Anbeginn nicht genügend tief angelegten Schleuse als unausführbar gelten können. *Diesem Misstand kann nur entweder durch eine rechtzeitige Festhaltung der Stromsohle weiter unterhalb mittels eingebauter Grundschwellen, oder durch Einstauung der Felsbarre mittels Kanalisierung des Stromes vorgebeugt werden.* Es erscheint wichtig hierauf hinzuweisen, *da die Isteiner Felsschwelle bei weiterem Zuwarten der Schiffahrt schon in Bälde ein Ende bereiten wird.*

[1]) Vergl. Näheres auf Seite 262 von Nr. 23. *Red.*

Die *Zuflüsse* des Schwarzwaldes spielen im Regime des Rheins nur bei Hochwasser, wobei sie dem Strom stets voraus eilen, eine Rolle. Geschiebe führen sie dem Rhein in nennenswerter Menge nicht zu, und ihre Niederwassermengen sind so gering (zusammen einige m^3) dass sie bei der Frage, ob Regulierung oder Kanalisierung, ausser Betracht bleiben können. Die Vogesenflüsse werden von der nahezu parallel zum Rhein verlaufenden und erst unterhalb Strassburg in den Rhein mündenden Ill aufgenommen.

Die *Schiffahrt* wird bei Wasserständen von $+2{,}4$ *m* am Strassburger Pegel aufgenommen und bei einem Stand von 4,0 bis 4,2 *m* der starken Strömung und der Gefährlichkeit der Fahrt wegen eingestellt. Die durchschnittliche Dauer der jährlichen Schiffahrtsperiode beträgt etwa 180 Tage. An durchschnittlich 24 Tagen ist die Durchfahrt durch die Kehler Brücken wegen ungenügender lichter Höhe erschwert. Während dieser Zeit wird die Durchfahrt zu Berg entweder mit Schraubenbooten bewirkt oder die Kähne werden von den oberhalb der Brücken bleibenden Räderbooten an langen Schleppsträngen durchgeholt. Zu Tal nehmen die Kähne, die nicht tief genug gehen, Wasserballast auf, den sie im Strassburger und Kehler Hafen wieder auswerfen. Als Schlepper werden Seitenradboote von 550 bis 1000 *PS*, ein Heckradboot von 250 *PS* und Schraubendampfer von 250 *PS* verwendet. In neuester Zeit sind Heckradboote mit 800 *PS* in Dienst gestellt worden. Die Kähne haben in der Mehrzahl eine Tragfähigkeit von 600 bis 1000 *t*, vereinzelt bis zu 450 und 1293 *t*. Ihre durchschnittliche Beladung hat 1913 zu Berg 51,2 %, zu Tal 28,2 % betragen.

Die Regulierung Sondernheim-Strassburg.

Bei der Gleichartigkeit der Stromverhältnisse ober- und unterhalb von Strassburg liegt es nahe, für die Regulierung der Strecke Strassburg-Basel die seit 1907/08 ausgeführte Regulierung zwischen Sondernheim und Strassburg zum Vorbild zu nehmen.

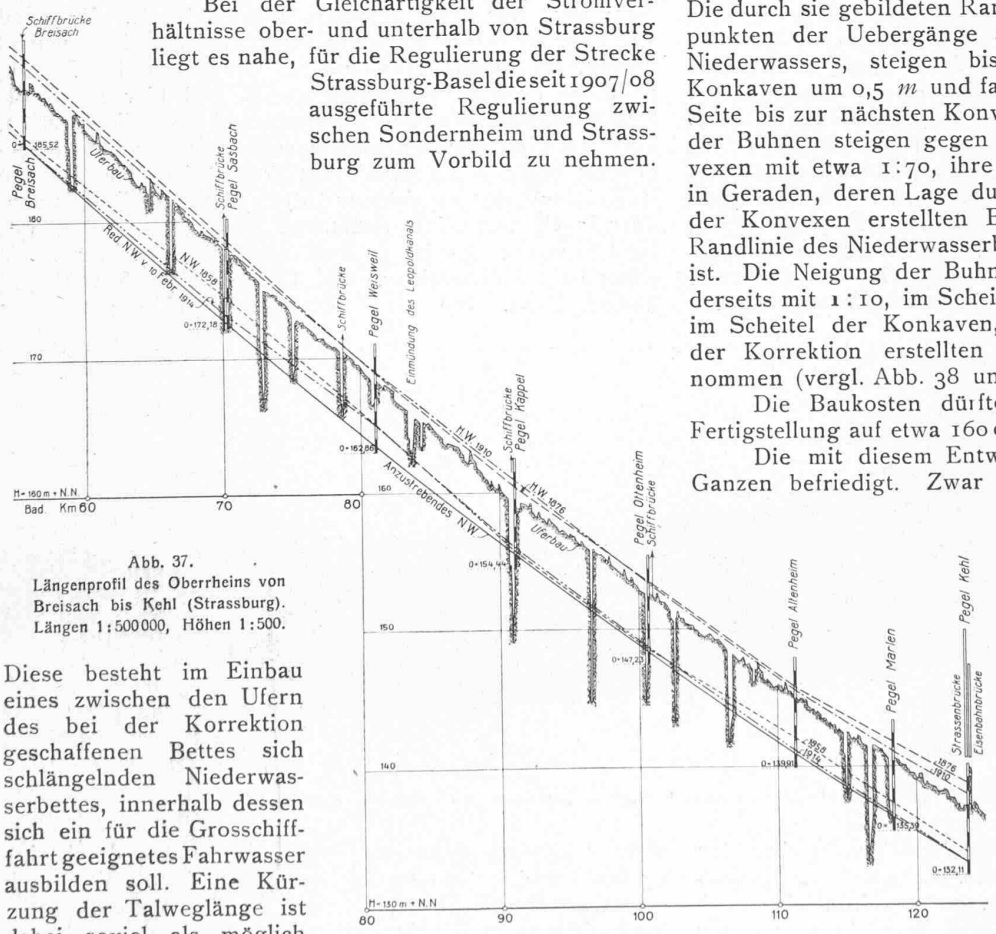


Abb. 37.
Längenprofil des Oberrheins von Breisach bis Kehl (Strassburg).
Längen 1:500000, Höhen 1:500.

Diese besteht im Einbau eines zwischen den Ufern des bei der Korrektion geschaffenen Bettes sich schlängelnden Niederwasserbettes, innerhalb dessen sich ein für die Grosschiffahrt geeignetes Fahrwasser ausbilden soll. Eine Kürzung der Talweglänge ist dabei soviel als möglich vermieden worden, um einer Vermehrung des Gefälles und einer dadurch verursachten von unten nach oben vorschreitenden Tieferbettung der Niederwasserrinne vorzubeugen. Die Zahl der Windungen und Uferwechsel des Niederwasserbettes ist daher nicht viel kleiner als die des Talwegs im korrigierten Bett. Die Linienführung im Grundriss ist derart, dass das Niederwasserbett im allgemeinen in den Stromkrümmen am konkaven Ufer anliegt, im übrigen waren die örtlichen Verhältnisse, wie die Linienführung der Korrektion, die Mündungen der Zuflüsse, die Schiffbrücken, die Rücksicht auf vorhandene oder später zu erwartende Häfen und Anlandstellen u. A. massgebend. Die Zugslinie der Fahrwasseraxe ist aus Stücken von Lemniskaten zusammengesetzt.

Die Breiten- und Höhenabmessungen des Querschnitts des Niederwasserbettes sind so gewählt, dass im bordvollen Profil das gemittelte Niederwasser abfliesst. Als solches war im Entwurf die dem Stand von 1,5 *m* am Cölner Pegel entsprechende Wasserhöhe von 3,0 *m* am Pegel Maxau in der Strecke von Sondernheim bis zur Murgmündung (Km. 174) und von 2,0 *m* am Strassburger Pegel in der Strecke von der Murgmündung bis Strassburg angenommen; letztere Zahl ist aber bereits 1908 mit Rücksicht auf die seit der Aufstellung des Entwurfes (1896/97) eingetretene Tieferbettung des Stromes bei Strassburg von der die Ausführung der Regulierung überwachenden Regierungskommission auf 1,50 *m* herabgesetzt worden. Die Wasserbreite des bordvollen Niederwasserbetts misst bei Sondernheim 180 *m* und nimmt entsprechend der Zunahme des Gefälls und der Abnahme der Abflussmenge bis Strassburg auf 160 *m* ab. Die Tiefe des Fahrwassers bei bordvollem Niederwasserbett wurde zu 2,0 *m* festgesetzt, seine Breite unter Berücksichtigung der stärksten Stromkrümmen unterhalb der Murg zu 92 *m*, oberhalb zu 88 *m* ermittelt. Das Niederwasserbett ist also nahezu doppelt so breit als das angestrebte Fahrwasser.

Das Niederwasserbett wird durch die Köpfe felderweise von den Ufern aus vorgebauter Buhnen begrenzt. Die durch sie gebildeten Randlinien liegen in den Inflexionspunkten der Uebergänge auf der Höhe des gemittelten Niederwassers, steigen bis zum Scheitel der nächsten Konkaven um 0,5 *m* und fallen nach der entgegengesetzten Seite bis zur nächsten Konvexen um 0,5 *m*.[1]) Die Rücken der Buhnen steigen gegen das Ufer im Scheitel der Konvexen mit etwa 1:70, ihre Wurzeln an den Ufern liegen in Geraden, deren Lage durch den Schnitt der im Scheitel der Konvexen erstellten Buhne mit dem Ufer und die Randlinie des Niederwasserbetts in der Konkaven bestimmt ist. Die Neigung der Buhnenköpfe ist am Uebergang beiderseits mit 1:10, im Scheitel der Konvexen mit 1:20 und im Scheitel der Konkaven, übereinstimmend mit der bei der Korrektion erstellten Uferböschung, mit 1:2 angenommen (vergl. Abb. 38 und 39, Seiten 274/275).

Die Baukosten dürften sich bis zur vollständigen Fertigstellung auf etwa 160 000 Mark für den *km* belaufen[2])

Die mit diesem Entwurf erzielten *Erfolge* haben im Ganzen befriedigt. Zwar fehlen im Talweg an der Tiefe von 2,0 *m* an wechselnden Stellen da und dort noch bis zu 20 *cm*, auch ist diese Tiefe in der Breite von 88 bis 92 *m* nicht überall, namentlich an den Stellen nicht vorhanden, wo das Fahrwasser am Ufer anliegt, und vornehmlich ist es die oberste Strecke, die noch solche Mängel aufweist. Indes darf nicht übersehen werden, dass in dieser die Führung des Niederwasserbettes durch ungünstige, weil zu lange Hafen- und Fluss-Mündungen unterbrochen wird, und es ist zu hoffen, dass diese Mängel durch Kürzung der Mündungen und, soweit

[1]) Eine Feinheit, die sich darauf stützt, dass der Wasserspiegel in den Konkaven höher liegt als in den Konvexen, für die Beurteilung der Gesamtwirkung der Regulierung aber ohne Bedeutung ist.

[2]) Allen Kostenangaben liegen die Preise von 1913/14 zu Grunde.

dann noch nötig, durch eine nachträgliche Feinregulierung behoben werden können.

Die Schiffahrt hat aus der Regulierung dieser Strecke fraglos Vorteile gehabt; die jährliche Schiffahrtszeit ist eine längere und die Ausnützung des Kahnraumes eine vollkommenere geworden. Die Einwirkung auf die Höhe der Frachten ist aber nicht so gross wie vielfach angenommen wird. Bei Kohlen ist *zwischen Mannheim und Strassburg* eine Frachtermässigung als Folge der Regulierung überhaupt nicht eingetreten und bei Getreide und sonstigen Gütern dürfte sie 1913/14 nur etwa 12 bis 15 % betragen haben.[1]) Dies ist auch erklärlich, wenn man bedenkt, dass sowohl die Fahrzeiten wie die Schleppkosten die gleichen geblieben sind wie vor der Regulierung. Im übrigen kann von einer Erörterung der Ursachen dieser Tatsache abgesehen werden.

Dagegen muss Stellung genommen werden, wenn die mit der Regulierung erzielten Erfolge in der Oeffentlichkeit aufgebauscht werden; so, wenn gesagt wird, dass die Schiffahrt jetzt in Folge der Regulierung das ganze Jahr bis Strassburg voll betrieben werde und 2000 *t* Kähne anstandslos dahin gelangen können. Gewiss, es kann das ganze Jahr, sofern nicht Hochwasser, Eis oder Nebel es verbieten, bis Strassburg-Kehl gefahren werden, aber die Beladung der Kähne muss mit dem Wasserstand wechseln. Das war aber auch schon vor der Regulierung so, nur ist das Mass der Beladung damals kleiner und weniger lohnend gewesen als heute. Und was die 2000 *t* Kähne angeht, so gehen solche 2,60 bis 3,0 *m* tief, erfordern also bei voller Beladung ein Fahrwasser von 2,90 bis 3,30 *m*, wie es nach der Regulierung im Jahr kaum an 7 bis 5 Monaten vorhanden ist. Im Jahre 1912, also fünf Jahre nach Inangriffnahme der Regulierungsarbeiten existierten nach dem Schiffsregister auf dem ganzen Rhein 58 solcher Kähne, wovon 46 niederländische und englische und nur 12 deutsche, und es ist bezeichnend, dass die Mannheimer Reedereien, die doch den Verkehr nach Strassburg vorwiegend bewältigen, keine solche Kähne haben. In Wirklichkeit bleiben diese grossen Kähne am Niederrhein. Wenn heute überhaupt mit grösseren Kähnen als früher nach Strassburg gefahren wird — die obere Grenze liegt etwa bei 1800 *t* — so hat dies nur zu einem Teil seinen Grund in der Verbesserung des Fahrwassers durch die Regulierung, mehr dagegen in der Erkenntnis, dass der grössere Kahntyp auch bei Niederwasser und nur teilweiser Beladung wirtschaftlicher arbeitet als die bei gleicher ausgenutzter Tragfähigkeit tiefer gehenden kleinern Kähne. Neben den verhältnismässig nicht zahlreichen, vorwiegend dem Kohlentransport dienenden grossen Kähnen verkehren aber noch alle möglichen Grössen bis zu etwa 600 *t* herab und die mittlere und als wirtschaftlich und technisch zweckmässigste erachtete Grösse liegt etwa bei 1300 *t*. Ein Kahn von 2300 *t* Tragfähigkeit, der *einmal* die Fahrt nach Strassburg gemacht hat, kann keinen Masstab für die Leistungsfähigkeit dieses Teiles der Rheinwasserstrasse abgeben.

Die Bergzüge werden heute im allgemeinen von Räderbooten, bei guten Wasserständen auch von Schraubenbooten, diese mitunter zu zweien vorgespannt, geführt. Im Anhang befinden sich zwischen Mannheim und Karlsruhe meist drei, seltener vier Kähne, wovon in Karlsruhe oder Lauterburg einer oder zwei abgeworfen werden. (Vgl. Uebersichtsprofil Abbildung 1 in Nr. 20.) Die Fahrt geht sodann mit zwei Kähnen bis Strassburg; es kommt aber auch vor, dass noch bei Greffern (bad. Km. 152, bezw. 37,5 *km* oberhalb Karlsruhe) ein Kahn abgelegt wird, der dann am folgenden Tag mit dem Schlepper nachgeholt wird. Die Fahrtdauer der Schleppzüge beträgt durchschnittlich zwischen Mannheim und Karlsruhe (65 *km*) zu Berg 10 bis 12 Stunden, zu Tal $3^1/_2$ Stunden, zwischen Karlsruhe und Strassburg (65 *km*) zu Berg 12 bis 13 Stunden, zu Tal $3^1/_2$ Stunden. die Fahrgeschwindigkeit zu Berg zwischen Mannheim und Strassburg im Mittel 5,3 *km* in der Stunde. Auf die geschleppte Tonne Nutzlast werden zwischen Mannheim und Karlsruhe (Gefälle 0,15 bis 0,30 ‰) durchschnittlich 0,29, zwischen Karlsruhe und Strassburg (0,34 bis 0,66 ‰) 0,50 ind. *PS* der Bootsmaschine gerechnet.

Die Regulierung Strassburg-Basel.

Bei der Regulierung dieser Strecke ist in erster Reihe festzuhalten, dass die Tieferbettung des Stromes zwischen Basel und Sasbach nicht weiter schreiten darf, zwischen Sasbach und Altenheim dagegen eine Tieferbettung angestrebt werden muss, die an den höchsten Stellen der Verschüttung mindestens 1,2 *m* beträgt (vergl. Längenprofil Abbildung 36).

Durch diese beiden Forderungen erscheint hier die Aufgabe gegenüber derjenigen in der Strecke Sondernheim-Strassburg wesentlich erweitert und erschwert. Während sich dort der Strom bereits in einem Gleichgewichtszustand befand, auf dessen Erhaltung bei der Entwurfbearbeitung peinliche Sorgfalt verwendet wurde, soll hier durch die Regulierung erst ein neuer Stromzustand geschaffen werden, von dem nicht einmal anzunehmen ist, dass er dem Gleichgewicht entsprechen wird. Ein Vorbild für eine derartige Regulierung gibt es nicht und die hydrauliche Berechnung oder auch nur eine Schätzung des Querschnitts des Niederwasserbettes ist solange unmöglich, als der massgebendste Abflussfaktor, das Gefälle, sich fortwährend ändern kann. Sie wird erst dann zu Hilfe genommen werden können, wenn das Gefälle des Stromes durch eine systematische Verbauung des Niederwasserbettes mit Grundschwellen festgelegt ist, die sich in der oberen Strecke nach dem heutigen, in der unteren nach dem mit der Regulierung anzustrebenden Zustand zu richten hätte. Diese Grundschwellen müssen, wenn sie nicht die Schiffahrt erschwerende Wasserbewegungen verursachen sollen, nach den an der Rhone gemachten Erfahrungen mindestens 2,5 *m* unter den niedersten schiffbaren Wasserstand oder etwa

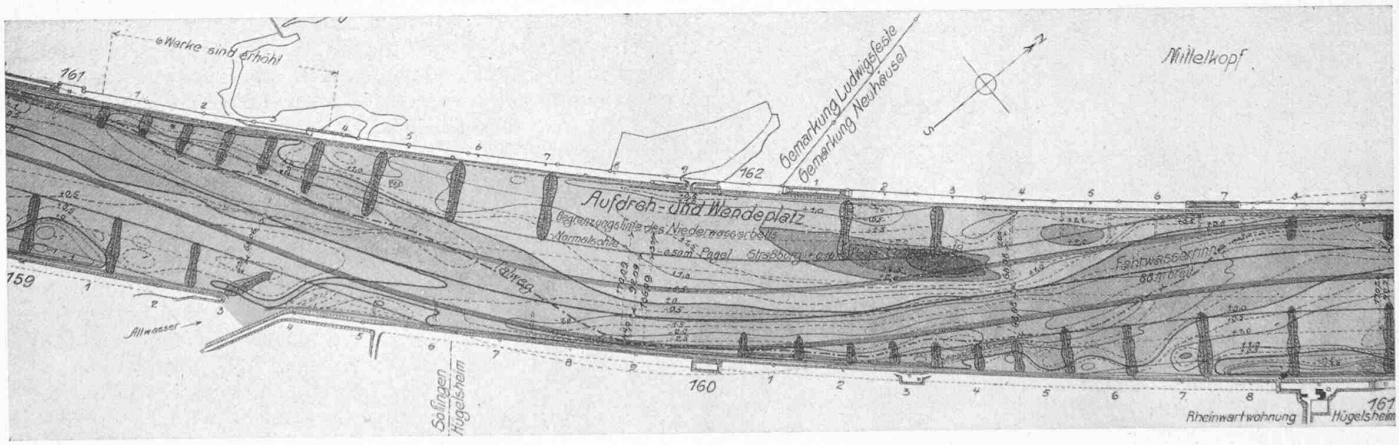


Abb. 38. Rhein-Regulierungstrecke bad. Km. 159 bis 161. — Masstab 1 : 10000. — Tiefenkurve ± 0 = Höhe der angestrebten Normalsohle.

[1]) Die heutigen Frachtverhältnisse können weil abnormal nicht zum Vergleich herangezogen werden.

3,0 *m* unter das gemittelte Niederwasser gelegt werden. Um den Stromstrich vom konkaven Ufer wegzubekommen und die Ausbildung des Querschnitts nach dem konvexen Ufer zu fördern, empfiehlt es sich, sie vom Ufer aus mit etwa 1:20 fallen zu lassen.

Die *Fahrwassertiefe* wird gleich derjenigen in der Strecke Sondernheim-Strassburg, d. h. zu 2,0 *m* bei einem Stand von + 1,50 *m* am Strassburger Pegel anzunehmen sein, damit die Gleichwertigkeit mit dieser Strecke gewahrt ist. Dem Stand von + 1,50 *m* am Strassburger Pegel entspricht als gleichwertig, abgeleitet aus Pegelbeobachtungen von 1906 bis 1910 nach der damaligen Höhenlage der Sohle, + 0,10 *m* am Basler Pegel und eine Abflussmenge bei Basel von 405 m^3/sek. Bei Strassburg ist die gemittelte Niederwassermenge bei + 1,5 *m* am Kehler Pegel 1907 bis 1909 zu 410 m^3/sek *gemessen* worden. Der Zuwachs würde also nur 5 m^3 betragen. Es ist aber zu beachten, dass damals schon dem Rhein am linken Ufer entnommen wurden: bei Hüningen 11 m^3, bei Breisach 6 m^3 und bei Gerstheim 20 m^3, zusammen 37 m^3/sek. Der Zufluss bis Strassburg beträgt also in Wirklichkeit 37 + 5 = 42 m^3/sek oder auf den *km* Lauflänge 42:123 = 0,34 m^3/sek. Weiter war schon während des Krieges von Elsass-Lothringen eine Steigerung der bei Hüningen entnommenen Wassermengen auf 30 m^3/sek beansprucht worden und voraussichtlich wird Frankreich, auch wenn der linksrheinische Kanal nicht zur Ausführung kommt, diese Menge auf Grund des Friedensvertrages ebenfalls verlangen. Es muss also mit folgenden Abflussmengen gerechnet werden:

bei Hüningen mit 405—30 m^3/sek = ...			375	m^3/sek
bis unterhalb Breisach	(375 + 54 · 0,34 — 6)	mit	375 bis 387	„
bis unterhalb Ottenheim	(387 + 48 · 0,34 — 20)	mit	387 bis 383	„
bis Marlen	(383 + 14 · 0,34)	mit	383 bis 388	„
bis Kehl	(388 + 7 · 0,34)	mit	388 bis 391	„

Die *Breite* des durch die Regulierung zu schaffenden *Fahrwassers* muss so gross sein, dass zwei sich begegnende Schleppzüge auch in der am stärksten gekrümmten Stromstrecke (814 *m* Halbmesser) ohne Gefahr an einander vorbeikommen. In der Bergfahrt ist mit einem grossen Räderboot und zwei auf zwei Längen gehängten Kähnen, in der Talfahrt mit einem grossen Räderboot und zwei auf eine Länge gehängten Kähnen zu rechnen. Der Bergzug benötigt 40 *m*, der Talzug 25 *m* Breite; rechnet man hierzu noch den Spielraum an den Fahrwasserrändern und zwischen den beiden Schleppzügen mit zusammen 15 bis 20 *m*, so ergeben sich als kleinste Breite des zu schaffenden Fahrwassers 80 bis 85 *m*. Im übrigen kann die Gestaltung des Niederwasserbettes aus der Strecke Sondernheim-Strassburg herübergenommen werden.

Für die rechnerische Ermittelung der Breite des Niederwasserbettes, die von Unterstrom gegen Oberstrom abnehmen muss, liegt die kritische Stelle am Endpunkt bei Hüningen. Wird zur Vereinfachung der Rechnung angenommen, dass die Rücken der Grundschwellen horizontal liegen, so ergeben sich an diesem Endpunkt für die Scheitel der Stromkrümmen nach der Ganguillet und Kutter'schen Formel mit $a = 1 : 900 = 1{,}1\,^0/_{00}$ und $n = 0{,}03$ folgende zusammengehörige Werte:

$F = 210{,}00\,m^2$; $p = 103{,}78\,m$; $r = 2{,}023$; $a = 57{,}7$; $b = 0{,}732$
$K = 38{,}1$; $U = 1{,}79\,m$; $Q = 376\,m^3/sek$ (s. Abbildung 40).

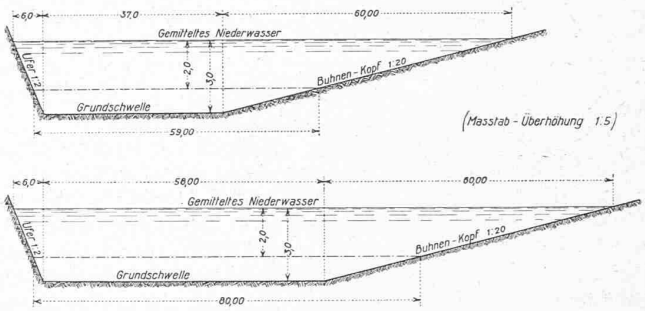
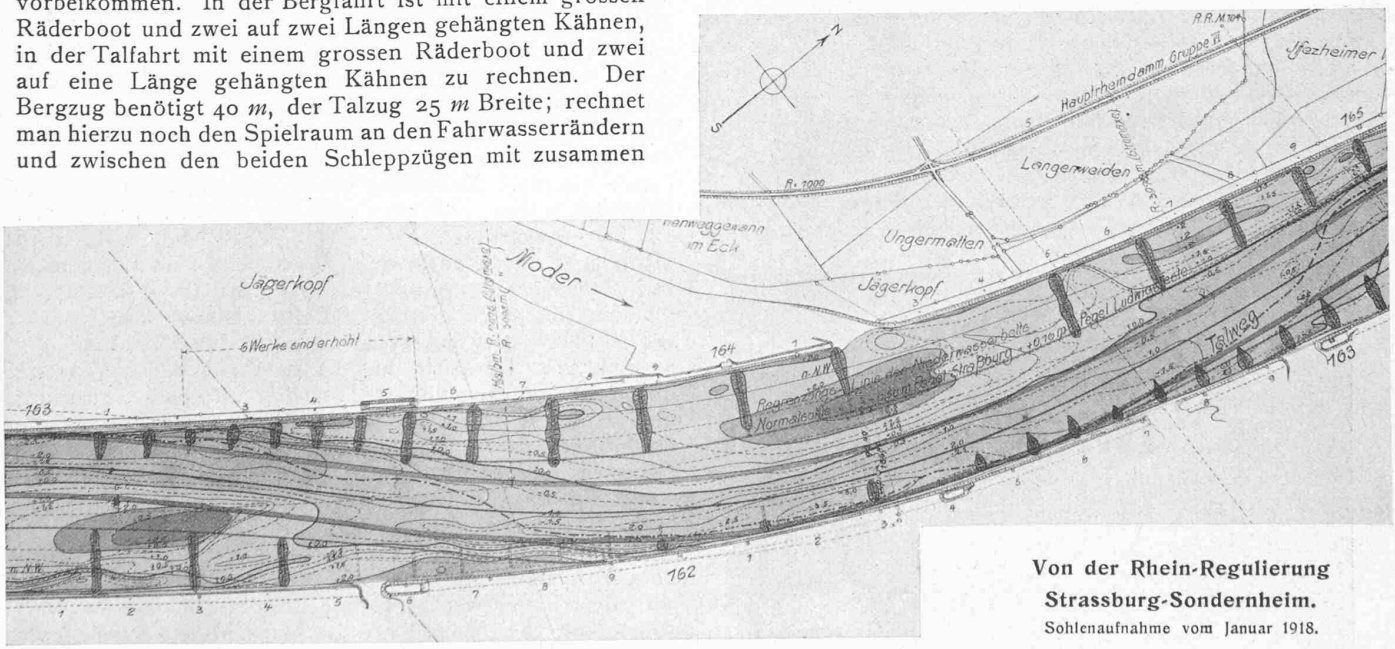


Abb. 40 (oben) und Abb. 41 (unten).

In der verschütteten Strecke wären die Gefälle zu Grund zu legen, die sich nach der angestrebten Tieferbettung einstellen werden. Wird versuchsweise $a = 1:1630 = 0{,}61\,^0/_{00}$ angenommen, so ergeben sich folgende Werte:
$F = 273{,}00\,m^2$; $p = 124{,}78\,m$; $r = 2{,}188$; $a = 58{,}8$; $b = 0{,}765$
$K = 38{,}76$; $U = 1{,}415$; $Q = 386\,m^3/sek$ (s. Abbildung 41).
D. h. das Gefälle muss bis auf den bei Marlen vorhandenen Wert zurückgehen, wenn mit der zur Verfügung stehenden Wassermenge ein Abflussquerschnitt erhalten werden soll, der in 2 *m* Tiefe etwa 80 *m* Breite aufweist.

Dieses Ergebnis kann nicht überraschen, da statt der für die Schiffahrt benötigten Wassertiefe von nur 2 *m* in Wirklichkeit eine solche von 3 *m* geschaffen werden muss, von der der unterste Meter nicht ausgenutzt werden kann.

Die einer solchen hydraulischen Berechnung anhaftenden Mängel werden nicht verkannt und nicht übersehen, dass die Voraussetzungen, unter denen sie zutrifft, nicht stets und überall erfüllt sein können. Insbesondere ist nicht anzunehmen, dass die Sohle in den Räumen zwischen den Grundschwellen auf der Höhe dieser Schwellen und eben liegen wird. Kolkbildungen in diesen Räumen können aber nur eine weitere Einschränkung des Fahrwassers in der Breite zur Folge haben, also die Richtigkeit des gezogenen Schlusses nicht beeinträchtigen. Das gleiche Er-



Von der Rhein-Regulierung Strassburg-Sondernheim.
Sohlenaufnahme vom Januar 1918.

Abb. 39. Rhein-Regulierung-Strecke bad. Km. 161 bis 163. — Masstab 1:40000. — Tiefenkurve ± 0 = Höhe der angestrebten Normalsohle.

gebnis ist zu erwarten, wenn die Grundschwellen statt horizontal mit 1:20 geneigt angelegt werden.

Weiter soll die Unstimmigkeit nicht verschwiegen werden, die hinsichtlich der Wassermenge bei Kehl gegenüber der Annahme in dem Entwurf für die Regulierung Sondernheim-Strassburg besteht. In diesem Entwurf waren 500 m^3/sek angenommen, welche Zahl, auch wenn man berücksichtigt, dass damals die seitliche Ableitung von 20 m^3 bei Gerstheim noch nicht bestanden hat, gegenüber dem Ergebnis der mit Sorgfalt ausgeführten Messungen von 1907/1909, fraglos zu gross ist. Es ist denn auch in dem Entwurf erwähnt, dass die Berechnungen für die Strecke zwischen dem Strassburger und Kehler Hafen nur 452 m^3/sek ergeben hätten. Würde an dieser Zahl festgehalten und von ihr die Menge von $19 + 20 = 39$ m^3/sek abgezogen, die Frankreich erst künftig bei Hüningen ableiten will und die damals bei Gerstheim noch nicht abgeleitet wurde, so würden noch 413 m^3/sek oder 27 m^3/sek mehr bleiben, als oben angenommen sind. Damit würde sich ein Gefälle von $1:1430 = 0{,}070\,‰$ ergeben, wie es zwischen Marlen und Ichenheim vorhanden ist, d. h. *es könnte lediglich in Frage kommen, ob die Regulierung Sondernheim-Strassburg noch bis Ichenheim fortgesetzt und die oben anschliessende Strecke kanalisiert wird.*

Für die Schiffahrt würde dadurch nichts gewonnen. Die zu Berg und zu Tal gehenden Schleppzüge müssten hier umgespannt werden, wobei an Stelle der Räderboote Schraubenboote und umgekehrt zu treten haben und Zuladungen und Leichterungen möglich sein müssen. Es müsste also hier ein Schutz- und Umschlagshafen und eine Reede vorhanden sein. Solche neu zu schaffen wäre aber schwierig und der Aufwand hierfür stünde fraglos ausser Verhältnis zu den Vorteilen, die dieses kurze Stück Regulierung bringen könnte. *Es läge also selbst in diesem Falle nahe, die Kanalisierung schon bei den nur 17 km unterhalb gelegenen Häfen Strassburg und Kehl beginnen zu lassen, wo diese Voraussetzungen erfüllt sind, und auf die Fortsetzung der Regulierung oberhalb Strassburg zu verzichten.*

Wollte man trotz dieses Ergebnisses an der Regulierung Strassburg-Basel festhalten, so müsste mit einem Fahrwasser, das bis Basel entweder bei 80 m Breite auf eine Tiefe von 1,5 m und weniger oder bei 2,0 m Tiefe auf eine Breite von 60 m und weniger abnimmt, d. h. mit einer wesentlich minderwertigeren Wasserstrasse gerechnet werden.

Die mehrfach geäusserte Meinung, dass die Regulierung bis Basel in einem Zuge ausgeführt werden könne, trifft nicht zu. Die Forderung, wonach der Strom in der verschütteten Strecke um ein erhebliches Mass tiefer zu betten

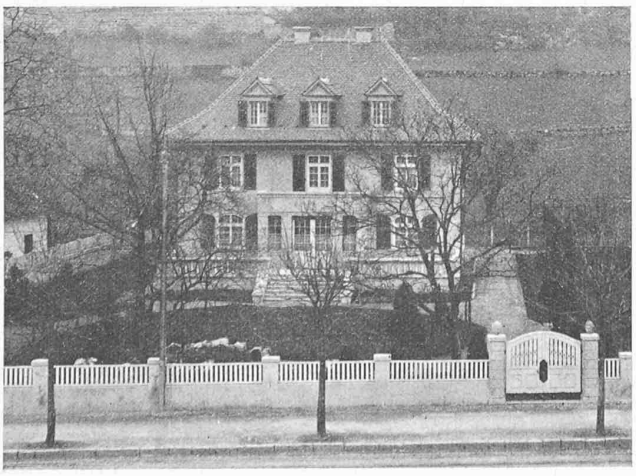


Abb. 3. Haus Hirt-Suter in Biel. Hauptfront.

ist, kann nur dadurch erfüllt werden, dass zunächst die Geschiebezufuhr von Oberstrom zum Stillstand gebracht wird, damit in ihr die bisher durch den Transport verbrauchte Stromkraft für die Erosionsarbeit frei wird. Sodann wäre zuzuwarten, bis unter dem verstärkten Angriff der Strömung die Tieferbettung auf das erstrebte Mass eingetreten ist. Diese Pause müsste, nach den hinsichtlich der Geschiebebewegung im Rhein gemachten Wahrnehmungen, unter Nachhilfe mit Baggerungen etwa sechs bis acht Jahre dauern. Sie wäre von dem Zeitpunkt ab zu rechnen, wo die Geschiebebewegung aus der oberen Strecke nachlässt und erst nach ihrem Ablauf könnte mit dem Einsetzen der Regulierungswerke in der untern Strecke begonnen werden.

*

Schliesslich seien über *Bauzeiten und Baukosten* für solche Regulierungen noch einige Worte gestattet, da hierüber vielfach falsche Vorstellungen zu herrschen scheinen.

Vor allem wird übersehen, dass dem Strom für den Uebergang aus dem korrigierten in den regulierten Zustand überhaupt eine gewisse Zeit gelassen werden muss; gewalttätige Einwirkungen auf ihn haben sich stets schwer gerächt. Sodann nötigen der Bezug der Baumaterialien, die kurze Bauzeit während des Jahres und die schlechten Fahrwasserverhältnisse während derselben, endlich die an das Personal und die Arbeiter zu stellenden Anforderungen zur Verteilung der Bauarbeiten auf einen längeren Zeitraum.

Um welche *Materialmengen* es sich handelt, mag aus der Tatsache ersehen werden, dass auf der 84 *km* langen Strecke Sondernheim-Strassburg zu Anfang 1918 insgesamt rund vier Millionen Faschinen und 600 000 m^3 Steine verbaut waren. Der Bezug dieser Materialien von Plätzen, die weit ab vom Rhein liegen, ist ausgeschlossen, wenn die Kosten nicht ins Ungemessene wachsen sollen. Die Faschinen, zu denen sich nur bestimmte Holzarten von gewisser Stärke eignen, können nur aus den Rheinwaldungen unter Einhaltung eines Wirtschaftsplanes gewonnen werden und für den Bezug der Steine kommen nur die Vogesen mit Anfuhr auf dem Hüninger und Breisacher Kanal und die Vorberge des Schwarzwaldes mit Anfuhr auf Landfuhrwerken in Betracht. Als *Bauzeit* sind in der Hauptsache nur die Niederwasserperioden, d. h. das Spätjahr und der Winter zu rechnen, und in dieser Zeit sind die Fahrwasser-Verhältnisse so schlecht, dass die Fahrt mit Schleppdampfern, also die Fahrt zu Berg ganz ausgeschlossen ist und die Zufuhr der Baumaterialien nur zu Tal mit kleinen Schiffen von 10 bis 15 *t* Tragfähigkeit erfolgen kann. Die Führung dieser Schiffe und die Beaufsichtigung der Arbeiten auf dem Strom erfordert mit den Stromverhältnissen durchaus vertraute, in langjähriger Uebung geschulte Leute, die heute nur noch in geringer Zahl vorhanden sind. Diese Verhältnisse liegen oberhalb Strassburg noch ungünstiger, als sie es unterhalb waren, und wenn man dort mit einer Bauzeit von 14 Jahren gerechnet hat — in Wirklichkeit wäre auch nicht mehr zu leisten gewesen — so wird man sicher nicht zu hoch greifen, wenn man oberhalb Strassburg die Bauzeit für den Kilometer Strecke mit der gleichen Dauer, d. h. mit $14:84 = 0{,}17$ Jahre, ansetzt und diese Zahl auf 0,2 abrundet mit Rücksicht auf die durchgehende Verbauung der Sohle mit Grundschwellen, die unterhalb Strassburg nur vereinzelt notwendig wurde. Von der Bauzeit würde erfahrungsgemäss etwa die Hälfte vergehen, bis sich eine Besserung des Fahrwassers gegenüber dem bisherigen Zustand einstellt.[1]) Hiernach wären für die obere 70 *km* lange Strecke bis Sasbach 14 Jahre Bauzeit nötig, wovon sieben Jahre, während denen die Schiffahrt kaum in dem bisherigen Umfang und nur unter erschwerenden Umständen aufrecht erhalten werden könnte. Sodann hätte eine Pause von etwa sieben Jahren bis zur Inangriffnahme der 53 *km* langen unteren Strecke zu folgen, für die als Bauzeit zehn Jahre, wovon fünf Jahre als die Schiffahrt erschwerend, anzunehmen wären.

Die Baukosten dürften mit Rücksicht auf die oberhalb Strassburg schon im Frieden höheren Löhne und Materialpreise und die Verbauung mit Grundschwellen nicht unter 240 000 Mk./*km* anzunehmen sein. (Schluss folgt.)

[1]) In den ersten Jahren nach Beginn der Bauarbeiten zwischen Sondernheim und Strassburg verschlechterte sich das Fahrwasser zunächst so sehr, dass von den Schiffahrttreibenden das Regulierungsunternehmen vielfach als verfehlt bezeichnet wurde.