Die Rheinregulierung Strassburg-Basel nach dem schweizer. Projekt vom September 1921

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 8

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-38137

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

aussetzungen als richtig bewiesen, ohne dass eine willkürliche Annahme gemacht wurde.

Die Giltigkeit der obigen Ableitung ist daran geknüpft, dass die Schaufeln bis zum Ende desjenigen Bereiches, in dem die Vermischung des Strahles mit dem Totwasser stattfindet, als gerade betrachtet werden dürfen. Bei den Schaufelsystemen der Turbinen ist diese Annahme in der Regel nicht hinreichend erfüllt. Sie ist erfüllt für die Turbine mit unendlich vielen Schaufeln, die man der Berechnung ja auch in anderer Hinsicht, sei es ausdrücklich oder stillschweigend, zu Grunde legt, sodass durch jenen Umstand die Nützlichkeit der obigen Betrachtungen nicht aufgehoben wird. Da bei der Turbine mit unendlich vielen Schaufeln der Mischungsvorgang sich in einem verschwindend kurzen Stück des Schaufelkanals abspielt, bleiben die Gleichungen auch bei sich drehendem Laufrade giltig, sofern man unter v_o die Relativgeschwindigkeit des zuströmenden Wassers vor dem Eintritt in den Bereich der Laufradschaufeln und unter α_o den auf die Relativgeschwindigkeit bezogenen Winkel versteht.

München, im Dezember 1921.

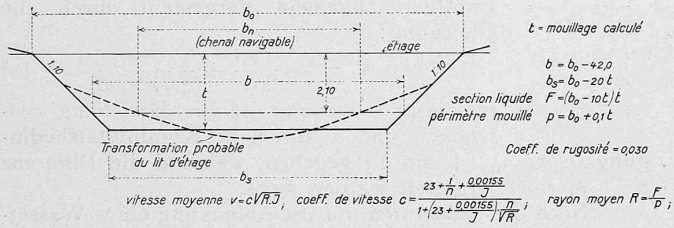


Abb. 7. Normalprofil im Inflexionspunkt (Uebergang).

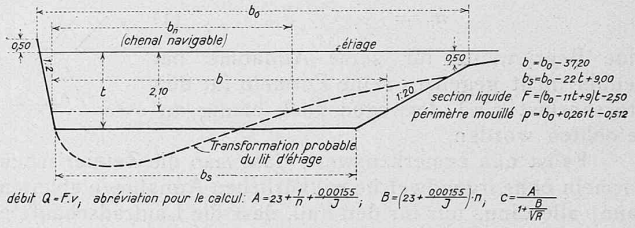


Abb. 8. Normalprofil im Scheitel der Krümmungen.

Die Rheinregulierung Strassburg-Basel
nach dem schweizer. Projekt vom September 1921.

(Schluss von Seite 76.)

„Die erforderliche Breite der Fahrwasserrinne ist nun keineswegs identisch mit der Sohlenbreite des Niederwasserbettes. Das Niederwasser wird nur soweit durch die seitlichen Buhnenfelder zusammengedrängt, als dies zur Erzielung der angestrebten Fahrwassertiefe notwendig ist. Innerhalb dieses künstlich verschmälerten Niederwasserbettes, dessen Sohle auch weiterhin beweglich bleibt, soll sich die Fahrwasserrinne von selbst herausbilden und dauernd erhalten, und zwar — wenn die Regulierung erfolgreich ist — mit der angestrebten Breite und Mindestwassertiefe und mit der in den Plänen angegebenen Grundrissform. Dabei ist weder vorausgesetzt noch anzunehmen, dass sich etwa innerhalb des neuen Niederwasserbettes eine gleichmässige Wassertiefe und ein vollständig ausgeglichenes Gefälle einstellen werde. Die neuen Kolke und neuen Uebergänge sollen aber in mässigen Grenzen und vor allem in ihrer Lage zum Flusslauf stabil bleiben. Es ist klar, dass die hydraulische Berechnung eines derartigen Flussgerinnes mit stark wechselnder, der Menge nach unbekannter Geschiebeführung für sich allein keine ausreichend zuverlässigen Resultate liefern kann. Aus dieser Erkenntnis heraus sind denn auch bei der Ermittlung der Breitenabmessungen des Niederwasserbettes unterhalb Strassburg hydraulische Rechnungen zwar durchgeführt, die endgültigen Breiten aber nicht allein auf Grund von hydraulischen Formeln, sondern auch unter Herbeiziehung eines umfangreichen, am natürlichen Niederwasserbett gewonnenen Beobachtungsmaterials *gewählt* worden. Diese Wahl ist von Honsell mit Recht als der schwierigste Teil der Projektierungsarbeiten bezeichnet worden. Dass sie im wesentlichen zutreffend erfolgt ist, zeigt der Erfolg der Regulierungsarbeiten. Für die Rheinstrecke Strassburg-Basel wird durch diese Tatsache die Ermittlung der Breitenabmessungen des Niederwasserbettes ganz wesentlich erleichtert. Bei der Gleichförmigkeit des Stromcharakters unter- und oberhalb Strassburg lassen sich die Breitenabmessungen der obern Regulierungsstrecke ausreichend zuverlässig aus denjenigen der untern Strecke ableiten und zwar mit Hilfe der Formel für die gleichförmige Wasserbewegung.

Was zunächst die Begrenzung des Niederwasserbettes anbetrifft, so sind im vorliegenden Projekt die gleichen Normalien [Abbildung 16, Km. 9,120 und Abbildung 20 Km. 81,250] zur Anwendung gebracht worden wie auf der Regulierungsstrecke unterhalb Strassburg. Massgebend sind die beiden Normalprofile in den Inflexions-Punkten und im Scheitel der Krümmungen [Abbildungen 7 und 8]. In den Zwischenstrecken gehen dieselben allmählich ineinander über. . . . . Durch die Tieferlegung der Buhnenköpfe auf der konvexen Seite der Stromkrümmungen wird der namentlich von Girardon geforderten Vergrösserung der Wasserspiegelbreite in den Krümmungen Rücksicht getragen.

Die Anwendung der Fliessformel erfordert die Kenntnis der Abflussmenge. Dem vorliegenden Projekt ist eine Niederwassermenge von 500 m³/sek zugrunde gelegt worden. Sie war im Mittel der 10jährigen Periode 1904/1913 an 318 Tagen im Jahr vorhanden und durchfliesst nach den Messungen des eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft die baselstädtische Rheinstrecke gegenwärtig (Winter 1920/1921) bei einem Wasserstand von — 0,07 m am Limnigraph zu Basel. . . . . Den hydraulischen Berechnungen zum Regulierungsprojekt unterhalb Strassburg ist seinerzeit eine Niederwassermenge von 500 m³/sek bei Strassburg mit allmählicher Zunahme derselben auf 600 m³/sek bei Sondernheim zugrunde gelegt worden. Für die durchgeführten Vergleichsrechnungen ist angenommen worden, dass einer Abflussmenge von 500 m³/sek auf der Rheinstrecke

Section km badois.	Débit Q m³/sec	Pente superf. J ‰	Profils aux inflexions b m	b_s m	v m/sec	t m	aux sommets de courbure b m	b_s m	v m/sec	t m
Régularisation exécutée 1907/14										
184,1—174,3	550	0,410	132,9	114,7	1,268	3,01	137,7	121,0	1,268	2,86
174,3—157,3	540	0,457	128,9	112,9	1,310	2,90	133,7	119,0	1,311	2,77
157,3—135,5	535	0,541	126,4	113,4	1,380	2,75	131,2	119,6	1,380	2,63
135,5—127,5	515	0,563	121,0	108,6	1,394	2,72	125,8	115,0	1,393	2,59
127,5—123,6	505	0,602	118,0	106,6	1,421	2,67	122,8	113,2	1,421	2,54
Strasbourg-Bâle Projet IX. 1921										
121,7—105,0	500	0,675	108,7	96,7	1,500	2,70	113,5	103,6	1,498	2,55
105,0—95,0	500	0,750	103,0	91,0	1,571	2,70	107,8	98,0	1,570	2,55
95,0—70,0	500	0,818	98,5	86,5	1,631	2,70	103,3	93,6	1,632	2,54
70,0—40,0	500	0,860	96,2	84,2	1,668	2,70	101,0	91,5	1,666	2,53
40,0—20,0	500	0,924	92,7	80,7	1,720	2,70	97,5	88,0	1,721	2,53
20,0—15,0	500	1,020	88,0	76,0	1,795	2,70	92,8	83,6	1,796	2,52
15,0—4,0	500	1,099	86,0	74,6	1,848	2,67	90,8	82,2	1,849	2,49
Chenal navig. naturel près Bâle										
1,150—0,300	516	0,969	78 ÷ 100		1,612					

Basel-Strassburg eine gleichwertige Abflussmenge von 505 m³ unterhalb Strassburg entspricht mit stufenweiser Zunahme derselben auf 560 m³/sek bis Sondernheim. Einem Pegelstand von — 0,07 in Basel entsprach im Winter 1920/21, abgeleitet aus den amtlichen Pegel-Tabellen, ein solcher von 1,60 in Strassburg, und es beträgt somit bei den obigen Abflussmengen die zwischen Sondernheim und Basel angestrebte Wassertiefe rund 2,10 (2,00 m beim Strassburger Pegel 1,50). Alle diese Zahlen sind naturgemäss mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, die aber nicht so gross sein kann, dass sie die aus denselben abgeleiteten Resultate wesentlich zu beeinflussen vermöchte.

Die hydraulische Rechnung ergibt nun für das 33,9 km lange künstliche Niederwasserbett zwischen Söllingen und Kehl eine mittlere Wassertiefe von 2,75 m bis 2,67 m im Inflexionsprofil und von 2,62 bis 2,53 m im Scheitelprofil. Diese Tiefenmasse sind dann der

Ermittlung der Breitenabmessungen des Niederwasserbettes zwischen Strassburg und Basel zugrunde gelegt worden in der Annahme, dass sich auch oberhalb Strassburg die angestrebte Minimal-Wassertiefe von 2,10 einstellen werde, wenn die theoretisch berechneten mittleren Wassertiefen im Niederwasserprofil die gleichen sind, wie unterhalb Strassburg. Die wirklichen Wassertiefen werden sich übrigens um so mehr den berechneten nähern, je mehr die Geschiebe-Führung nach der Verbauung der Erosionsstrecke zurückgeht. Eine Gewähr hierfür liegt auch darin, dass die auf gleicher Grundlage berechnete Abflussmenge im natürlichen, wenig Geschiebe führenden Niederwasserbett direkt unterhalb Basel (das für die Schiffahrt vollständig ausreicht) ein mit der Messung gut übereinstimmendes Resultat ergeben hat (516 m³/sek statt 500 m³/sek auf der 814 m langen Strecke zwischen elsäss. Km. 1,150 bis 0,300).

Die Breite des Niederwasserbettes, gemessen zwischen den Buhnenköpfen, hat sich nach der vorstehend beschriebenen Methode am untern Ende der Regulierungsstrecke (bei Km. 121,7) zu 153,5 m und am obern Ende derselben bei bad. Km. 4,0 zu 128,0 m ergeben. Die Breitenmasse der Zwischenstrecke, sowie diejenigen der Regulierungsstrecke Sondernheim - Strassburg sind im schematischen Grundriss auf Abb. 1 [S. 71] enthalten. Auch in der obersten Sektion der neuen Regulierungsstrecke, zwischen Rheinweiler und Märkt, ist die kleinste Breite des Niederwasserbettes in 2,10 m Wassertiefe mit 86 m immer noch 8 m grösser als die angestrebte Fahrwasserbreite (78 m). Es besteht somit auch in diesem obersten Strom-Abschnitt die Möglichkeit, das Niederwasserbett noch weiter zu verschmälern (durch Verlängerung der Buhnen), sofern dies etwa später wünschbar werden sollte.

V. Baumethode und Bauzeit.

Im Stromabschnitt Sondernheim-Strassburg wird der Lauf des künstlichen Niederwasserbettes in der Hauptsache durch Buhnen festgehalten, d. h. durch quer zum Flusslauf liegende, von den beiden Ufern gegen die Strommitte vorgebaute Dämme, deren Köpfe die Begrenzung des Niederwasserbettes bilden. Mit Leitwerken kommt das Niederwasser nur da in Berührung, wo dessen Bett am Ufer anliegt. Die gleiche Baumethode ist grundsätzlich auch im vorliegenden Projekt für die Niederwasser-Regulierung zwischen Strassburg und Basel vorgesehen worden. Querbauten haben gegenüber Längsbauten den Vorteil, dass sie eine elastischere Linienführung des Niederwasserbettes ermöglichen, nachträgliche Aenderungen an dessen Breitenabmessungen erleichtern und die Bauausführung sicherer und einfacher gestalten. Ist die Breite des künstlichen Bettes im ersten Ausbau vorsichtigerweise etwas zu gross gewählt worden, so lässt sich dieselbe — ohne dass bestehende Bauobjekte aufgegeben werden müssten — unschwierig nachträglich durch Verlängerung der Buhnen verschmälern. Beim Baubeginn kann durch den Einbau einzelner Buhnen und Buhnenfelder das Niederwasser leichter in das gewünschte Tracé gedrängt und dort bis zum Nachrücken der übrigen Arbeiten (Erstellung weiterer Buhnen, Baggerungen) festgehalten werden als mit Leitwerken, die im unfertigen Zustand mehr vom Hochwasser gefährdet sind. Die Wasserführung ist allerdings bei Verwendung von Leitwerken günstiger, die Strömung regelmässiger als bei Verwendung von Buhnen, bei welchen die Begrenzung des Niederwasserbettes lediglich durch Punkte, die Buhnenköpfe, erfolgt. Mit zunehmender Verlandung der Zwischenräume zwischen den einzelnen Buhnen wird dieser Nachteil aber allmählich verschwinden.

Die *Buhnen* erhalten im Querschnitt eine Kronenbreite von zirka 3 m und seitlich Böschungen mit der Neigung 1:2 [Abb. 10 und 11]; oberhalb Breisach soll der Querschnitt mit Rücksicht auf die grössere Strömung etwas verstärkt werden. Die Neigung des Buhnenfusses und des Buhnenrückens wechselt je nach der Lage der Buhnen im geschlängelten Niederwasserbett. Bei der Wahl des Abstandes benachbarter Buhnen kann lediglich auf die Erfahrung abgestellt werden. Er ist, wie unterhalb Strassburg, bei den längern Buhnen nicht grösser als das 1½fache der Buhnenlänge angenommen worden, letztere gemessen zwischen der Buhnenwurzel und dem Buhnenfuss in der angestrebten Wassertiefe. Wo das Wasser vom Ufer abgedrängt werden muss, sind die Buhnen etwas enger gestellt worden als da, wo sich dasselbe dem Ufer wieder nähert. Die beidufrigen Buhnenköpfe sollen einander im Interesse einer besseren Wasserführung möglichst gegenüber stehen; durchwegs kann aber diese Regel nicht eingehalten werden, da sonst die Abstände der Buhnen zu unregelmässig ausfallen würden. Auf dem konkaven Ufer stromabwärts vom Krümmungsscheitel liegen die Buhnen rechtwinklig zur Begrenzung des Niederwasserbettes, auf dem konvexen Ufer stromabwärts vom Scheitel bilden sie mit dem Uferbau einen rechten Winkel. Sie liegen somit ungefähr rechtwinklig, bezw. etwas inklinant zur Fliessrichtung im Niederwasserbett.

Ausser Buhnen sind auch *Grundschwellen* erforderlich, in normaler Bauart zum Abbau von Nebenrinnen und zur Verhinderung allzu tiefer Kolke in der Fahrwasserrinne; in grösseren Dimensionen in der Erosionsstrecke [Abb. 12].

Selbständige *Leitwerke* sind nicht vorgesehen. Soweit das Niederwasserbett einseitig an einem Ufer anliegt, bildet das bestehende, mit verstärktem und verbreitertem Vorfuss versehene Uferbauwerk selbst das Leitwerk [Abbildung 13].

Das *Baumaterial,* aus dem die Buhnen und die gewöhnlichen Grundschwellen hergestellt werden, ist das gleiche wie es schon vor Jahrzehnten bei der Rheinkorrektion und später bei der Rhein-Regulierung unterhalb Strassburg zur Verwendung gekommen ist: sandfreier Kies, Bruchsteine, Faschinenholz und Bindedraht für die Herstellung der Senkwürste; Baggergut für den Kern der Buhnen; Bruchsteine für Steinwürfe am Fuss der Buhnen und Grundschwellen und für die Bekrönung der Buhnen. Daneben soll in ausgiebiger Weise auch starkes Drahtgeflecht zur Anfertigung der Senkwürste verwendet werden, hauptsächlich um den Baufortschritt von der rechtzeitigen Anlieferung des Faschinenholzes möglichst unabhängig zu machen. Faschinenholz ist zwar in grösseren Beständen in den Uferzonen beidseitig des Rheines vorhanden, es ist aber vielleicht doch nicht in ausreichender Menge rechtzeitig erhältlich. Nähere Angaben über die allfällig verfügbaren Holzbestände liegen zurzeit noch nicht vor. Auch unterhalb Strassburg sind eine grosse Anzahl Buhnen mit Senkwürsten aus Bruchsteinen und Drahtgeflecht-Umhüllung abgedeckt worden. Ein im Winter 1920/21 vorgenommener Augenschein hat gezeigt, dass dieselben sich auch heute noch in gutem Zustande befinden, zerrissene Drahtgeflechte konnten

Normalien der Strombauten.

Masstab 1 : 600.

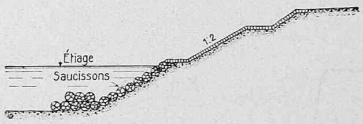


Abb. 13. Uferleitwerk mit verstärktem Vorfuss.

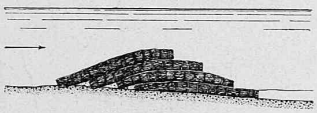


Abb. 9. Grundschwelle nach Honsell.

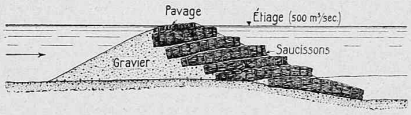


Abb. 10. Buhne nach Honsell.

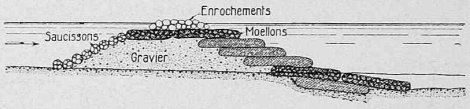


Abb. 11. Buhne mit Drahtsenkwürsten.

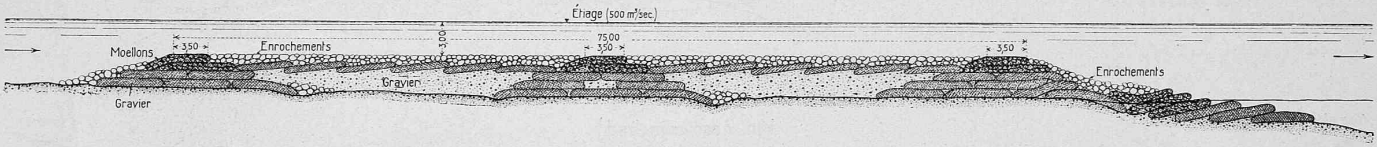


Abb. 12. Querschnitt einer grossen Grundschwelle in der Erosionstrecke unterhalb Istein (vergl. Abb. 14 und 15, Seite 87).

nicht bemerkt werden. In grösserem Umfange sind Drahtgeflechte zur Herstellung von Buhnen in den Jahren 1910 bis 1917 bei der Regulierung der Ostrawitza, eines bei Hochwasser und bei zirka 5 ‰ Gefälle bis zu 1000 m³/sek führenden Wildflusses an der schlesisch-mährischen Grenze, verwendet worden .... Die Anfertigung der Drahtsenkwürste, d. h. die Füllung der Drahtnetze mit ausgesiebtem Baggermaterial, Kieselbollen oder Bruchsteinen erfolgt rationeller fabrikmässig am Ufer. Die Drahtsenkwürste erhalten mit Rücksicht auf ihre geringere Längssteifigkeit eine etwas kleinere Länge als die mit Faschinen angefertigten Senkwürste.

Die aus Senkwürsten hergestellten Bauobjekte stellen keine starren Gebilde dar, sie setzen sich im Laufe der Zeit und müssen nachträglich erhöht oder — wo dies zulässig erscheint — von Anfang an mit vergrösserter Höhe erstellt werden. Bei Verwendung von Senkwürsten mit Drahtgeflecht-Umhüllung dürfte das Setzen wesentlich kleiner ausfallen. Senkwurstbauten besitzen anderseits aber auch den grossen Vorteil, dass ihr innerer Zusammenhang nicht so rasch verloren geht, wenn Teile derselben (etwa die Buhnen-Köpfe) bei Sohlenvertiefungen und Unterkolkungen sich senken.

Ueber die Widerstandsfähigkeit der vorgeschlagenen Bauobjekte und Baumaterialien gegen den Wasserangriff, über ihr Verhalten mit zunehmendem Alter usw. stehen nicht allein die im allgemeinen günstigen Erfahrungen am regulierten Rhein unterhalb Strassburg, wo die Wassergeschwindigkeit kleiner ist, zur Verfügung; es kann auch auf die Erfahrungen an den viel ältern Uferbauten der Rheinkorrektion in der Rheinstrecke Strassburg-Basel selbst abgestellt werden. Die Zusammenfassung und Eindämmung des vielfach verzweigten und verwilderten alten Rheinlaufes in ein einziges Bett ist damals fast ausschliesslich vermittelst Faschinen- und Senkwurstbauten und Steinschüttungen erfolgt, und wenn auch seither Unterhaltungsarbeiten nicht ausgeblieben sind, so haben die Uferbauwerke doch ihren Zweck erfüllt, und Wassereinbrüche in grösserem Umfange sind nicht eingetreten. Buhnenfelder sind nun allerdings dem Wasserangriff in noch grösserem Masse ausgesetzt als Uferbauwerke, solange wenigstens die Zwischenräume zwischen den einzelnen Buhnen noch nicht verkiest sind. Man wird deshalb darnach trachten müssen, die Auflandung da, wo sie sich in genügendem Masse nicht von selbst einstellt, durch geeignete Massnahmen zu beschleunigen. In der Schweiz sind in dieser Hinsicht an der Aare gute Erfahrungen gemacht worden mit kurzen, von der Unterseite der Buhnen flussabwärts gerichteten Längsdämmen (sog. „Anhängseln"). Mit laufenden Unterhaltungsarbeiten wird aber auch bei sorgfältiger Ausführung der Bauobjekte stets zu rechnen sein und man wird vorsichtigerweise die Kosten derselben nicht niedrig einschätzen dürfen.

Die *grossen Grundschwellen* in der Erosionsstrecke, die die allgemeine Sohlensenkung zum Stillstand bringen müssen, sind in besonders kräftiger Bauart vorgesehen. Unmittelbar unterhalb der Stromschnelle bei Istein erhalten sie eine Kronenbreite von insgesamt 75 m und bestehen aus drei einzelnen, aus Senkwürsten hergestellten Schwellen, deren Zwischenräume mit Baggermaterial ausgefüllt werden [Abb. 12]. Zum Schutze gegen den Wasserangriff wird die Kiesfüllung mit einer aus Drahtsenkwürsten, bezw. Draht-Matratzen und Bruchsteinen zusammengesetzten Abdeckung versehen. Die oberste Lage der Steinwürste, sowie die Steinmatratzen sollen nicht einfach ins Wasser abgeworfen, sondern durch eine geeignete Vorrichtung von Schiffen aus versetzt werden. Die Bruchsteinlage wird soweit erforderlich mit Hilfe einer zwischen Schiffen eingebauten Taucherglocke auf die vorgesehene Höhe abgeglichen. Die an den exponierten Stellen versenkten Draht-Senkwürste sind mit grossen Bruchsteinen gefüllt, die übrigen mit Grobkies oder Kieselbollen. Sollte wider Erwarten bei einem aussergewöhnlichen Hochwasser die Bruchsteindeckung der Schwelle teilweise verloren gehen, so werden die dann blossgelegten schweren Steinmatratzen dem Wasserangriff so lange Stand halten können, bis die Bruchsteindeckung wieder ergänzt worden ist. Der gänzliche Verlust einer derartigen Grundschwelle muss auch dann als ausgeschlossen erscheinen, wenn etwa der flussabwärtige Fuss unterkolkt werden sollte. Die in den Kolk nachstürzenden Stein- und Senkwurstmassen werden denselben rasch zum Stillstand bringen können.

Im ganzen sind auf der zirka 40 km langen Erosionsstrecke zwischen der Isteiner Schwelle und Breisach 25 bis 30 grosse Grundschwellen vorgesehen. Mit zunehmender Entfernung von Istein und abnehmendem Gefälle soll die Kronenbreite vermindert und die Bauart vereinfacht werden. Bei Breisach, wo die Sohlenerosion ausläuft, dürften einfache Grundschwellen aus Senkwurstbau ausreichen. Ob auch ausserhalb der eigentlichen Erosionsstrecke (oberhalb Istein und unterhalb Breisach) — infolge der abnehmenden Geschiebeführung — einige Grundschwellen notwendig werden, wird sich erst später zeigen, erscheint aber zum vornherein nicht unwahrscheinlich.

Dass in nicht allzu grossen Abständen eingebaute kräftige Grundschwellen die allgemeine Sohlensenkung aufzuhalten vermögen, wird wohl kaum bezweifelt werden, dagegen wird man die Frage

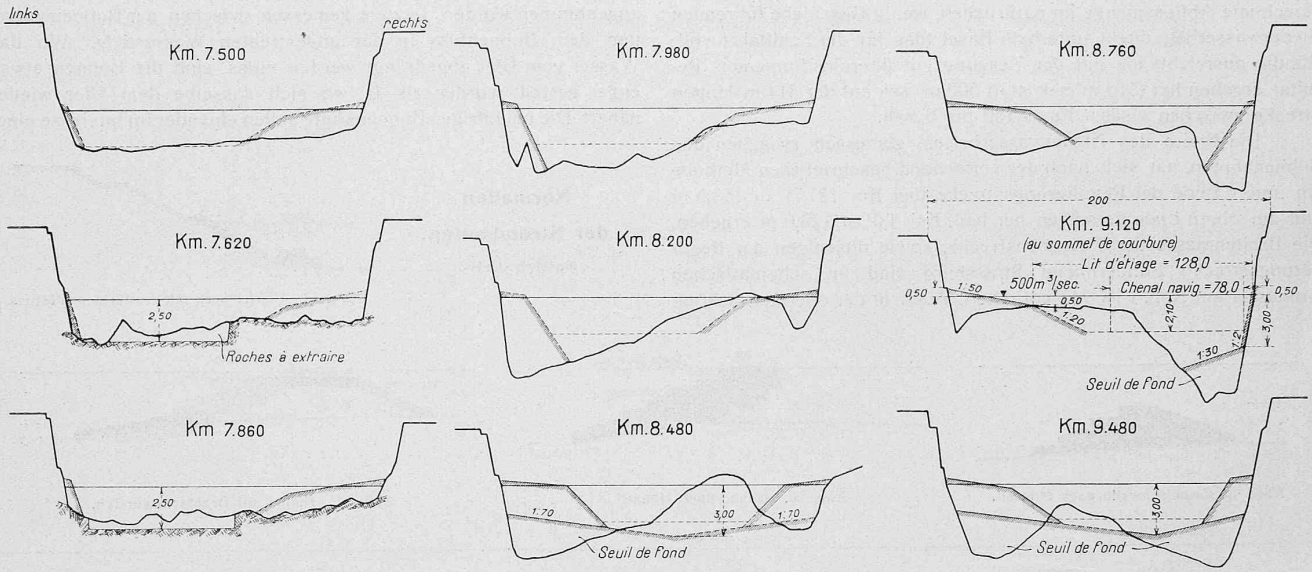


Abb. 16. Typische Querprofile zu Abb. 14 und 15, Regulierungstrecke bei Istein. — Breiten 1 : 4000, Höhen 1 : 400.

Abb. 17. Querprofil in unüberhöhtem Masstab 1 : 1000 durch die Isteiner Schwelle bei bad. Km. 7,660.

aufwerfen müssen, ob sich nicht zwischen den einzelnen Schwellen zu tiefe, den Bestand der Einschränkungsbauten gefährdende Kolke herausbilden werden, die weitere Einbauten notwendig machen. Nun sind aber schon im ersten Ausbau, wie unterhalb Strassburg, kleinere Grundschwellen überall da nicht zu umgehen, wo die Fahrwasserrinne in bereits vorhandene, zu tiefe Kolke zu liegen kommt. Ob dieselben aber auch bei der gesteigerten Erosionskraft des Wassers ausreichen werden, lässt sich nicht mit Sicherheit voraus-

die Wasserführung günstig beeinflussen, indem sie die Spiegelsenkung über derselben auf eine grössere Länge verteilt und damit Wirbelströmungen unterhalb der Schwelle entgegenwirkt. Die Kronen der grossen Grundschwellen sind an den Rändern des Niederwasserbettes in 2,40 m und in dessen mittlerem Teil in 3,00 m Tiefe unter dem Niederwasserspiegel angenommen worden, sodass auch bei einer kleinen Spiegelsenkung über derselben die angestrebte Wassertiefe von 2,10 m immer noch vorhanden ist.

Die Rhein-Regulierung Strassburg-Basel nach dem schweizer. Projekt vom September 1921.

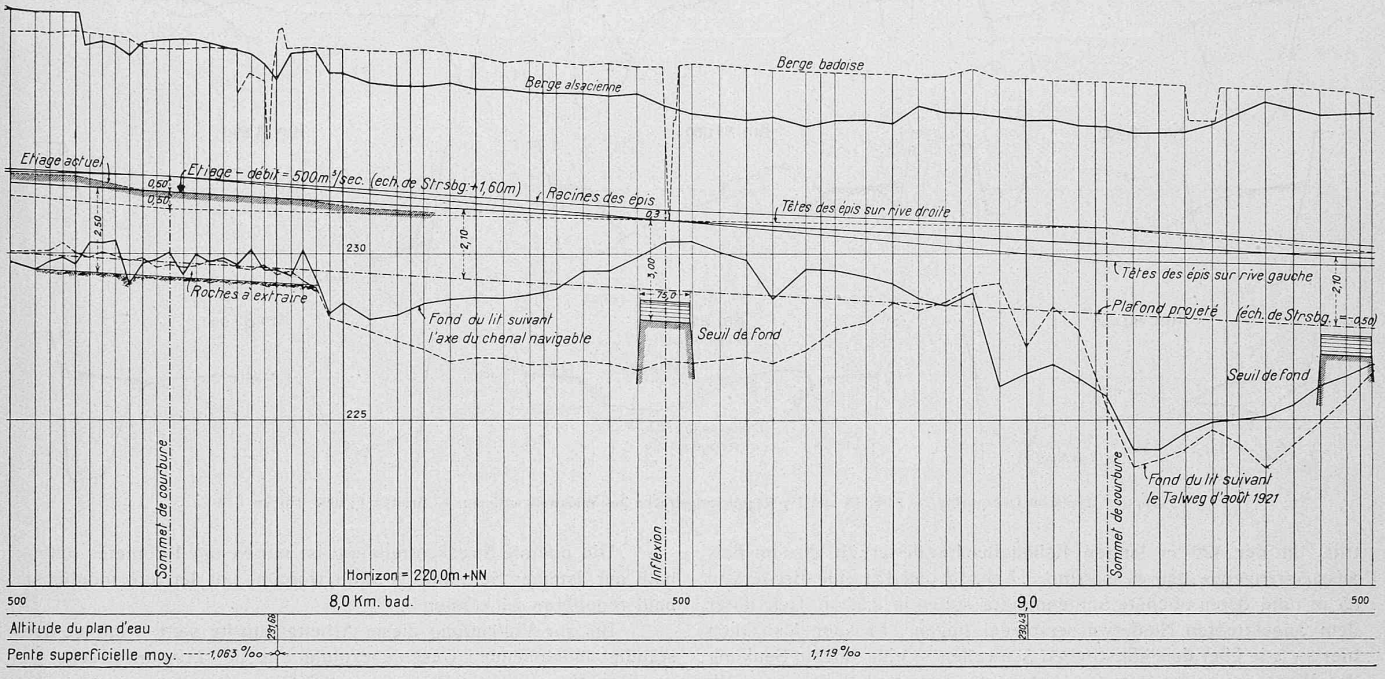


Abb. 15. Längenprofil-Ausschnitt, von bad. Km. 7,5 bis 9,5, aus der Erosionstrecke unterhalb Istein. — Längen 1 : 10 000, Höhen 1 : 200.

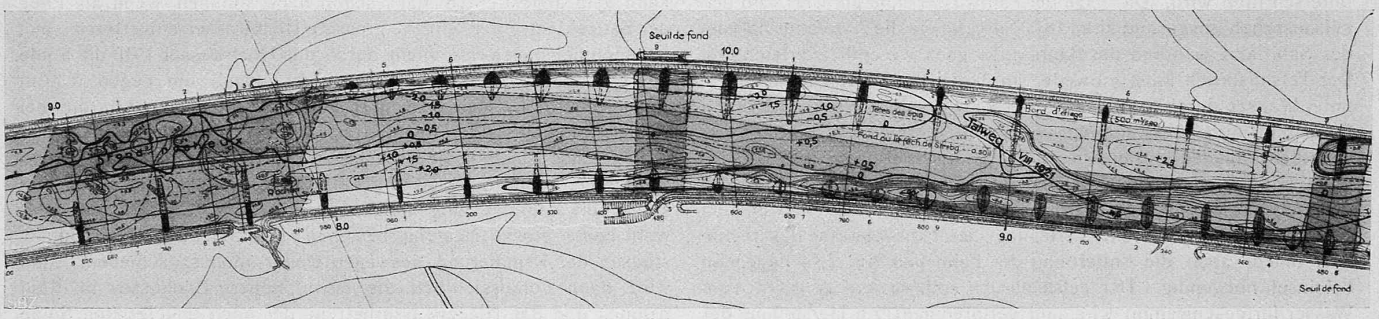


Abb. 14. Grundriss obiger Strecke, 1 : 10 000. Die Höhenkurve 0 begrenzt die gegenwärtige Fahrwassertiefe von 2,10 m bei N. W. von 500 m³/sek.

sehen, und es ist nicht ausgeschlossen, dass an besonders ungünstigen Stellen die kleinen Grundschwellen im Laufe der Zeit vermehrt werden müssen. Eine nicht zu unterschätzende Gewähr dafür, dass dies aber in grösserem Umfange nicht erforderlich werden dürfte, gibt die Beschaffenheit des Flussbettes oberhalb der natürlichen Schwelle bei Istein. Auf dieser Strecke erfolgt der Wasserabfluss unter Verhältnissen, wie sie später auch unterhalb Istein eintreten werden (geringe Geschiebeführung), und dort ist heute das natürliche Niederwasserbett am regelmässigsten ausgebildet, die Fahrwassertiefen sind von Istein aufwärts bis ans Ende der Regulierungsstrecke die günstigsten auf der ganzen Rheinstrecke Strassburg-Basel.

Ein vollständig ausgeglichenes Gefälle wird sich auf der Erosionsstrecke nicht erreichen lassen, es sei denn, das die Zwischenräume der Grundschwellen vollständig ausgefüllt und erosionssicher abgedeckt werden. Es wird sich vielmehr ein leicht treppenförmiger Verlauf des Wasserspiegels einstellen mit verstärktem Gefälle über den Schwellen und Gefällsverflachungen in den Zwischenhaltungen. Für die Schiffahrt kann dies kein Nachteil sein, sofern nur überall ausreichende Wassertiefen und keine allzu unregelmässigen Strömungen vorhanden sind. Die grosse Kronenbreite der Grundschwellen wird

In den Plänen [Abb. 14 bis 20] ist die vorstehend beschriebene Baumethode für die beiden Stromstrecken bei Schönau (bad. Km. 82,5 bis 78,5) und bei Istein (bad. Km. 10 bis 7) zur Darstellung gebracht worden.

Das Stromstück bei *Schönau* ist ein Ausschnitt aus der Rheinsektion, deren Regulierung erst erfolgen sollte, nachdem sich die Sohle etwas gesenkt hat (am Ende der Bauzeit). Das Niederwasserbett wird sich dann mit einem geringeren Aufwand an Baggerarbeiten in das neue Tracé verlegen lassen, als bei den heutigen Sohlenverhältnissen. Der angestrebte Niederwasserspiegel ist aus dem Längenprofil [Abb. 6, S. 75] herübergenommen worden und liegt am Pegel Weisweil 0,59 m tiefer als der gegenwärtige.

Das Stromstück bei *Istein,* im obersten Teil der Erosions-Strecke gelegen, zeigt den Einbau von zwei grossen Grundschwellen und den Durchbruch der Kalksteinschwelle. Die projektierte Fahrwasserrinne fällt angenähert mit dem heutigen Talweg zusammen. Um die Stromschnellen mit bei Niederwasser insgesamt etwa 0,5 m Höhe zum Verschwinden zu bringen wird der Oberwasserspiegel um zirka 0,30 m gesenkt, der Unterwasserspiegel um zirka 0,20 m gehoben. Der angestrebte Niederwasserspiegel, dessen ausgeglichenes

Gefälle zirka 1,1‰ beträgt, ist wiederum dem Gesamtlängenprofil entnommen worden. Die beiden grossen Grundschwellen sind in 500 m und 1500 m Abstand von der natürlichen Schwelle vorgesehen und besitzen die bereits früher erwähnten Abmessungen und Kronenhöhen. Die weiter stromabwärts gelegenen Grundschwellen sollen jeweils etwas unterhalb des Scheitels der Krümmungen eingebaut werden, wo erfahrungsgemäss die grösste Kolkwirkung auf-

2. Von Breisach aufwärts bis unterhalb Istein (bad. Km. 13, Länge der Strecke = 42 km).
3. Von bad. Km. 13 aufwärts, Durchbruch der Isteiner Kalkstein-Schwelle und Vortrieb des neuen Niederwasserbettes soweit rheinaufwärts, als dies die Beschaffenheit des Strombettes notwendig macht, also voraussichtlich etwa bis bad. Km. 3 (Länge der Strecke = 10 km).

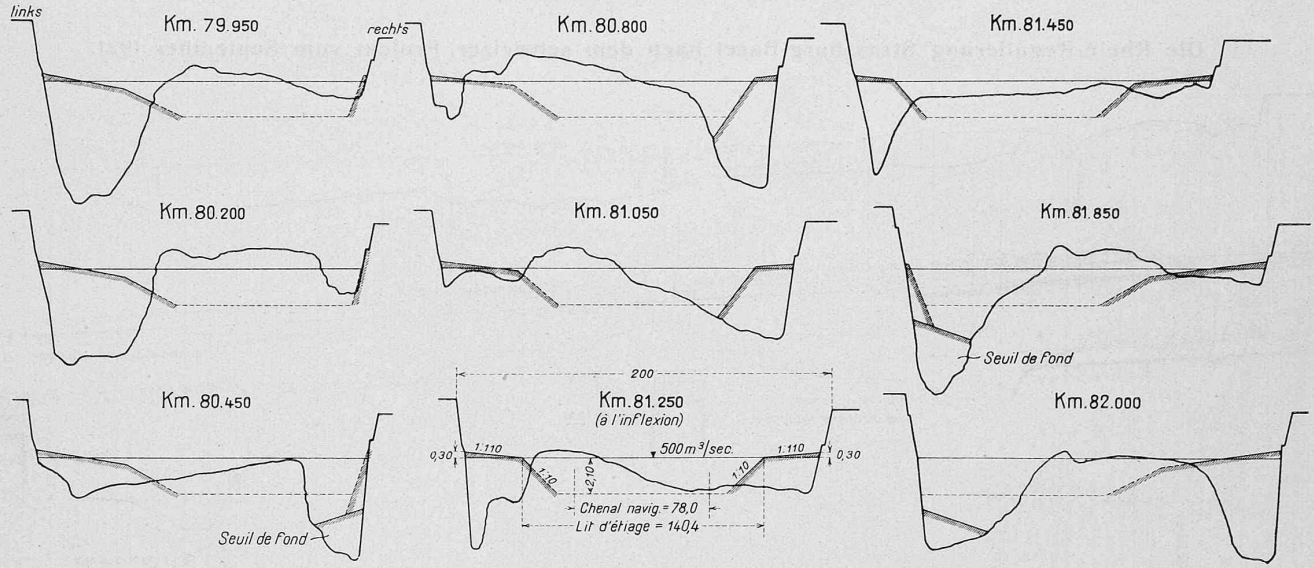


Abb. 20. Typische Querprofile zu Abb. 18 und 19, Regulierungstrecke bei Weisweil-Schönau. — Breiten 1 : 4000, Höhen 1 : 400.

tritt. In der 420 m langen Kalksteinschwelle erhält die im Fels auszusprengende Fahrwasserrinne [Abb. 16 und 17] eine Breite von 85 m, und deren höchste Sohlenpunkte sollen in 2,50 m Tiefe unter dem angestrebten Niederwasserspiegel liegen. Es kann also auch hier — wie über den künstlichen Schwellen — eine leichte Senkung des Wasserspiegels eintreten (infolge von Sohlenkolken unterhalb der Schwelle), ohne dass die angestrebte Wassertiefe von 2,10 m unterschritten wird. Die Lage der Fahrwasserrinne am Ufer wird den Felsausbruch (insgesamt zirka 18000 m³), sowie die Aufrechterhaltung der Schiffahrt während der Bauperiode ganz wesentlich erleichtern. Der Felsausbruch kann entweder im Trocknen hinter Fangdämmen, unter Wasser durch Sprengung oder schwere Fallmeisel, oder durch Sprengung unter Verwendung von mobilen, zwischen Schiffen eingebauten Taucherglocken (wie im Binger Loch) erfolgen. In letzterem Falle können die schwimmenden Taucherglocken auch zum Abgleichen des Steinbelags der grossen Grundschwellen Verwendung finden. Die provisorische Verlegung des Fahrwegs auf das rechte Ufer macht auch die Entfernung der beim bad. Km. 7,94 liegenden Felsinsel notwendig. Der Felsausbruch soll, soweit er nicht vom Wasser fortgeschwemmt wird und verloren geht, zur Herstellung der Grundschwellen und Buhnen, sowie für Steinwürfe verwendet werden.

Der Einbau des künstlichen Niederwasserbettes erfolgt am rationellsten stromaufwärts, damit die am jeweiligen obern Ende der Arbeitsstrecke gelösten Kiesmassen möglichst ohne künstliche Nachhilfe (Baggerungen) im neuen, gestreckteren Bett abfliessen und sich auch seitlich in den Buhnenfeldern anlagern können. Beim umgekehrten Arbeitsvorgang — Vortrieb des Niederwasserbettes stromabwärts — wären Kiesverstopfungen am untern Ende der Arbeitsstrecke und damit erhöhte Kosten für Baggerungen zu befürchten. Damit ist aber nicht gesagt, dass mit den Arbeiten lediglich am untern Ende der Regulierungsstrecke (bei Strassburg) begonnen werden könne und dass dieselben von dort aus lückenlos stromaufwärts vorgetrieben werden müssen. Wenn die Regulierung zwischen Strassburg und Basel in ihrem Gesamtumfang möglichst beschleunigt werden soll, so kann mit den Arbeiten in drei Stromabschnitten gleichzeitig eingesetzt werden:

1. Von Strassburg (Abzweigung des kleinen Rheins bad. Km. 121,7) stromaufwärts bis oberhalb der Schiffbrücke Gerstheim-Ottenheim (bad. Km. 98, Länge der Strecke = 24 km); dann unter vorläufiger Auslassung der zirka 23 km langen Auflandungsstrecke von bad. Km. 75 (Weisweil) aufwärts bis Breisach (bad. Km. 55, Länge der Strecke = 20 km).

Die oberste Streckentrennung ist nur wenige Kilometer unterhalb der Isteiner Schwelle gewählt worden, um letztere möglichst bald regulieren zu können.

Bis zur Vollendung dieser Arbeiten dürfte sich — infolge der ständig abnehmenden Geschiebezufuhr aus der Erosionsstrecke — die Flussohle zwischen Rheinau und Schönau bereits etwas gesenkt haben. In welchem Umfange, lässt sich nicht voraussehen. Sie kann dem angestrebten Mass schon nahe kommen, wenn am Ende der Bauzeit der obern Strecke grössere Hochwasser eingetreten sind, ist doch beispielsweise allein durch das Hochwasser 1910 die Sohle bei Ottenheim, allerdings nur vorübergehend, um gegen 0,30 m gesenkt worden. Man wird in diesem Falle ohne Zögern die bei Ottenheim eingestellten Regulierungsarbeiten wieder aufnehmen und das fehlende 23 km lange Zwischenstück mit beschleunigtem Tempo schliessen. Aber auch wenn die erhoffte Sohlensenkung ausbleiben sollte, etwa infolge lang andauernder Niederwasserperioden, wird wohl keine grosse Neigung bestehen, die Erstellung des Schlussstückes der Regulierung deswegen weiter hinauszuschieben. Man wird dann voraussichtlich die etwas höhern Baukosten in Kauf nehmen und das Niederwasserbett in der noch ungesenkten Sohle festlegen. Hierzu werden wohl einzelne Buhnen und Buhnenserien — etwa durch aufgebrachte Bruchsteinlagen, die später wieder weggenommen werden können — etwas höher als planmässig erstellt werden müssen. Mit zunehmender Sohlensenkung in der neuen Fahrwasserrinne wären dann sukzessive auch die Buhnenfüsse zu verlängern.

Kommt die Regulierung nach dem vorstehenden Bauprogramm zur Ausführung, so ist für die Gesamtbauzeit die insgesamt 67 km lange Strecke Strassburg-Breisach massgebend. Die 42 km lange Strecke Breisach-Istein dürfte allerdings kaum in wesentlich kürzerer Zeit vollendet werden können, da sie wegen des Einbaus der grossen Grundschwellen einen beträchtlich grösseren kilometrischen Arbeitsaufwand erfordert.

In der 85 km langen Regulierungsstrecke Sondernheim-Strassburg, in der laut dem Entwurfe Honsell gleichzeitig in zwei Strom-Abschnitten von 51 und 34 km Länge gearbeitet worden ist, konnte das Niederwasserbett im Zeitraum von 7 bis 8 Jahren im Rohen fertig erstellt werden. Nimmt man an, dass der gleiche Baufortschritt auch in der Regulierungsstrecke Strassburg-Breisach (deren Stromcharakter mit demjenigen unterhalb Strassburg grosse Aehnlichkeit besitzt) erreicht werden kann, so ergibt sich für den Rohausbau der gesamten Regulierungsstrecke Strassburg-Basel eine

Bauzeit von ungefähr zehn Jahren. Für die Vollendungsarbeiten — die Sicherung der bestehenden Bauwerke (Bekrönung der Buhnen u. a. m.), das Einziehen weiterer Buhnen und Grundschwellen, Baggerungen — wäre dann wie unterhalb Strassburg ein weiterer Zeitaufwand von einigen Jahren erforderlich.

Was die Aufrechterhaltung der Schiffahrt während der Bauzeit anbetrifft, so wird dieselbe zweifellos zeitweise durch die Bau-

Hierzu kommen für die Strecke Strassburg-Basel:

25 bis 30 grosse Grundschwellen mit Senkwurstbau	600 000 m³ zu 6 M	. . . .	3 600 000 M
Steinschüttung	200 000 m³ zu 10 „	. . . . .	2 000 000 „
Abgleichen der Kronen	100 000 m² zu 4 „	. . . . .	400 000 „
Felsausbruch Istein	18 000 m³ zu 25 „	. . . . .	450 000 „
		zusammen =	6 450 000 M

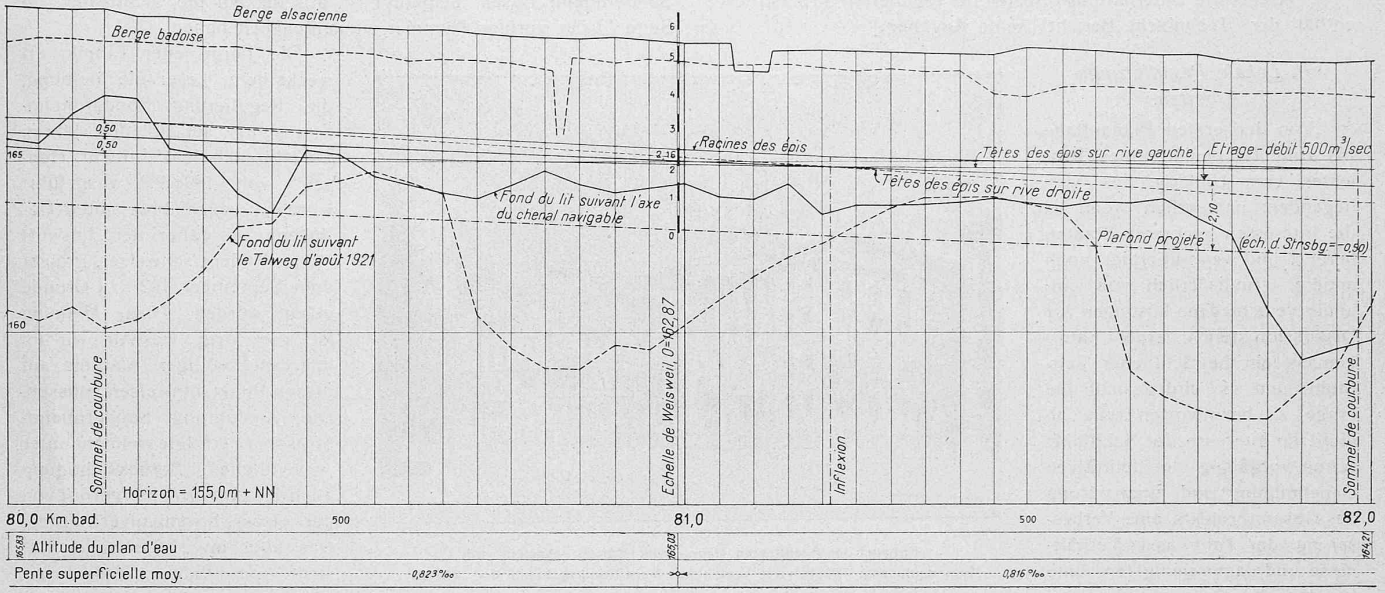
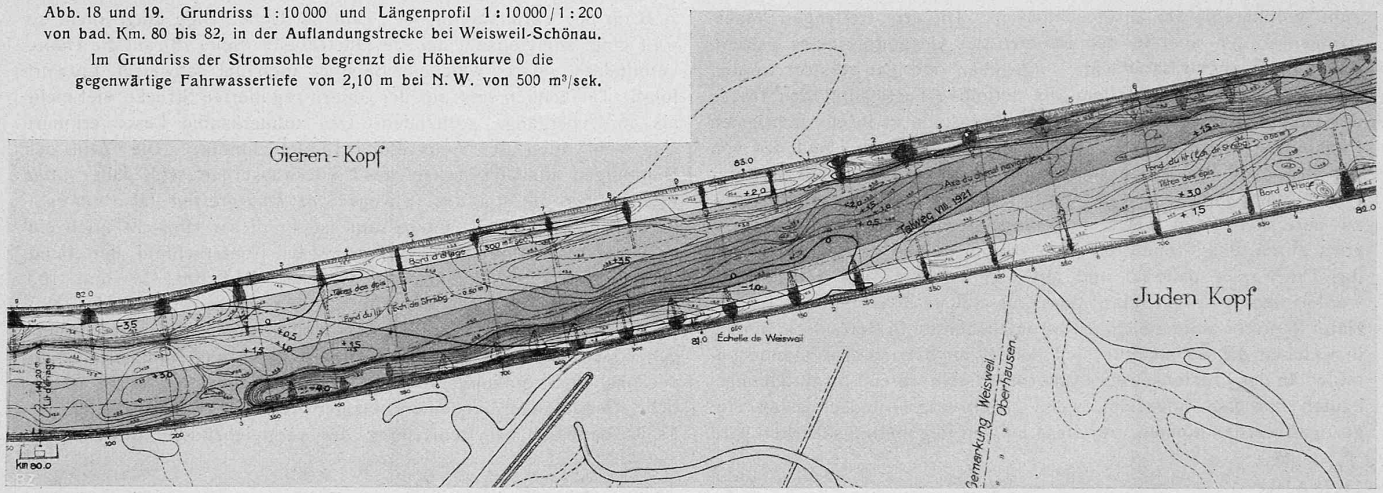


Abb. 18 und 19. Grundriss 1 : 10 000 und Längenprofil 1 : 10 000 / 1 : 200 von bad. Km. 80 bis 82, in der Auflandungstrecke bei Weisweil-Schönau.

Im Grundriss der Stromsohle begrenzt die Höhenkurve 0 die gegenwärtige Fahrwassertiefe von 2,10 m bei N. W. von 500 m³/sek.



arbeiten erschwert werden, und es liegen die Verhältnisse oberhalb Strassburg insofern ungünstiger als unterhalb, als die Strombreite der obern Strecke bis zu 50 m kleiner ist. Anderseits dürfte die stärkere Strömung oberhalb Strassburg die Offenhaltung der provisorischen Fahrwasserrinne eher erleichtern."

VI. Die Baukosten.

„Für die Ableitung der *vorkriegszeitlichen Baukosten* der Regulierungsstrecke Strassburg-Basel lassen sich die effektiven Baukosten des *Stromkilometers* an Hand der Honsellschen Voranschläge [für Sondernheim-Strassburg] wie folgt aufteilen:

Senkwurstbau	78 % =	125 000 M
Baggerarbeiten inkl Hinterfüllung der Buhnen	14 % =	22 000 „
Bauaufsicht und Bauleitung	8 % =	13 000 „
Total	=	160 000 M"

Die Ausführung der 85 km langen Strecke Sondernheim-Strassburg beanspruchte (1907 bis 1914) rd. 13,6 Mill. Mark. Unter Berücksichtigung der Abweichungen der obern von der untern Strecke werden die kilometr. Kosten oberhalb Strassburg abgeleitet wie folgt:

Senkwurstbau 125 000 M + 30 %	163 000 M
Baggerarb. inkl. Hinterfüll. d. Buhnen u. Grundschwellen	22 000 „
Bauaufsicht	13 000 „
Total	198 000 M

„Die Gesamtkosten der Regulierung der 118,7 km langen Rheinstrecke Strassburg-Basel (bad. Km. 121,7 bis Km. 3,0, wo die Einschränkungsbauten zu Ende gehen) ergeben sich somit zu

118,7 km zum 198 000 M	23 500 000 M
Grosse Grundschwellen, Felsausbruch bei Istein	6 450 000 „
Total	29 950 000 M

und die Kosten pro Stromkilometer zu 252 000 M.

Die kilometrischen Kosten der Stromregulierung wären demnach oberhalb Strassburg etwa 57 % höher als unterhalb.

Die Ableitung der heutigen Kosten aus den Vorkriegskosten kann bei den immer noch ausserordentlich unstabilen Lohnverhältnissen und Materialpreisen nur mit grösstem Vorbehalt erfolgen. Nach den gemachten Erhebungen betrug im Herbst 1921 in Baden der Stundenlohn eines Tiefbauarbeiters etwa das 15-fache gegenüber vor dem Kriege, die Gehälter der Angestellten sind durchschnittlich auf etwa das 10-fache gestiegen. Der Kohlenpreis ist momentan etwa 30 mal höher. Die Kosten des Senkwurstbaues und der Steinschüttung richten sich nahezu ausschliesslich nach den Arbeitslöhnen; bei den Baggerarbeiten spielt auch der Kohlenpreis eine wichtige Rolle. Auf Grund dieser Zahlen lassen sich die Gesamtkosten der Regulierung bei den heutigen Lohnansätzen und Materialpreisen wie folgt schätzen:

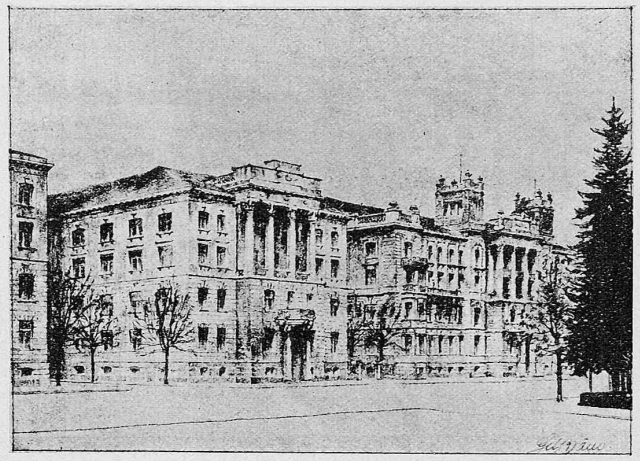
Senkwurstbau inkl. Steinschüttungen	25 348 000 M × 15 =	380 200 000 M
Baggerarbeiten und Felsausbruch	3 061 000 „ × 15 =	45 900 000 „
Bauaufsicht und Bauleitung	1 543 000 „ × 10 =	15 400 000 „
		441 500 000 M

Dass dieser Aufstellung über die heutigen Preise aber lediglich orientierender Wert beigemessen werden darf, soll hier nochmals betont werden."

[Ueber die Unterhaltungs-Kosten der regulierten Stromstrecken enthält der „Technische Bericht" keine Angaben.]

VII. Lokale Regulierungs-Arbeiten.

„Von der ersten Planauflage bis zum Baubeginn eines Projektes vom Umfang des vorliegenden, namentlich wenn es die Interessen mehrerer Staaten berührt und wenn überdies noch andere, grundsätzlich von einander verschiedene Lösungen zur Diskussion stehen, vergeht naturgemäss ein beträchtlicher Zeitraum, und es wird deshalb die Frage zu beantworten sein, ob nicht im Interesse der Schiffahrt schon vorgängig der definitiven Genehmigung und Finanzierung des Gesamtprojekts eine Verbesserung der Fahrwasser-Verhältnisse und damit wenigstens eine etwelche Verlängerung der jährlichen Schiffahrtsdauer erreicht werden kann. Dies erscheint nicht zum vornherein als ausgeschlossen. Die zu treffenden Massnahmen sollten aber in den Rahmen des Gesamtprojektes passen, damit nicht später Bauobjekte aufgegeben oder gar zerstört werden müssen. Dazu ist vor allem die definitive Festlegung des Tracés der zukünftigen Schiffahrtsrinne — wenigstens in ihren wichtigsten Punkten — notwendig. Ist sie erfolgt, so wäre an Hand des von den Strombaubehörden gesammelten Beobachtungsmaterials, weiterer Flussbettaufnahmen, den Beobachtungen der Schiffskapitäne usw. zu untersuchen, in welchen besonders ungünstigen Strompartien etwa durch den Einbau einzelner Buhnenfelder und Baggerungen das Fahrwasser dauernd und mit vergrösserter Tiefe festgehalten werden kann. Es ist klar, dass für solche Massnahmen lokaler Natur in erster Linie diejenigen Stromabschnitte in Betracht kommen, in welchen die Stromsohle sich bereits im Beharrungszustande befindet. In der Erosionsstrecke unterhalb Istein wären Einschränkungsbauten nur dann angezeigt, wenn gleichzeitig Grundschwellen eingezogen werden können. An diese lokalen Regulierungsarbeiten wird man aber keine allzu grossen Hoffnungen knüpfen dürfen, ihr Einfluss auf die Fahrwasserverhältnisse in den anschliessenden Strecken lässt sich nicht mit Sicherheit voraussehen, und es können eventuell sehr bald Ergänzungsbauten notwendig werden."



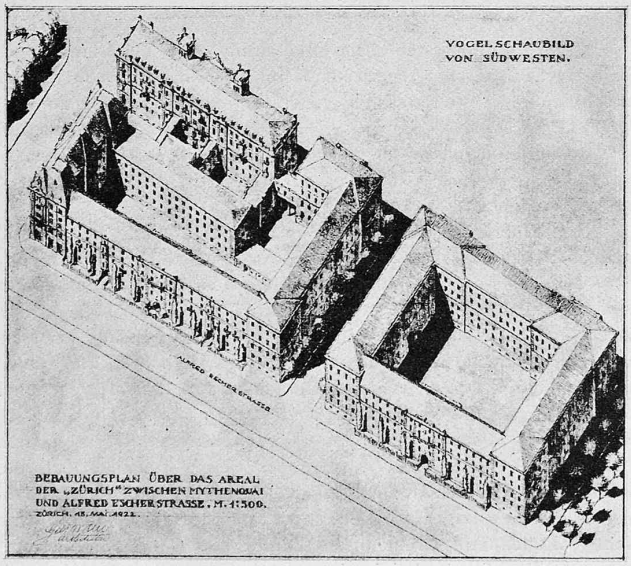
Entwurf der Architekten *Gebr. Bräm*, Zürich. Ansicht vom Mythenquai aus. Rechts das bestehende Verwaltungsgebäude der „Zürich".

*

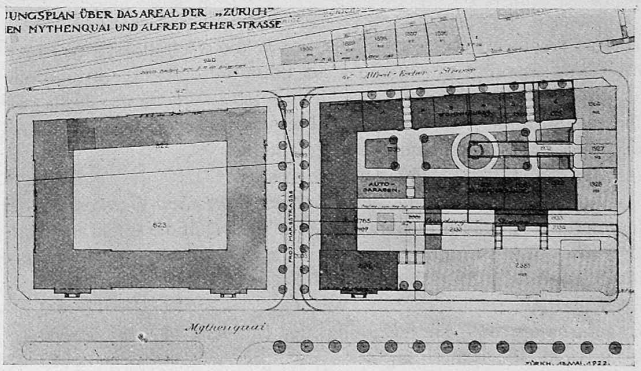
[Damit schliesst der amtliche „Technische Bericht", dem noch die Zusammenstellung der „Hauptdaten über die Rheinstrecke Sondernheim-Basel" beigefügt ist, aus der wir die wichtigsten auf Seite 73 der vorigen Nummer wiedergegeben haben.

Die Form jener Tabelle erweckt beim Leser die Meinung, die Regulierung Sondernheim-Strassburg sei in den Jahren 1907/14 nach dem „Entwurf Honsell" von 1896/97 ausgeführt worden; wegen ihres guten Gelingens sei daher der „Entwurf Honsell" dem schweizer. Projekt vom September 1921 zu Grunde gelegt worden. Diese Meinung ist aber irrig, weshalb wir im Interesse völliger Klarheit auf diesen Punkt hinweisen müssen. Die Ausführung Sondernheim-Strassburg erfolgte vielmehr unter wesentlicher Berücksichtigung auch des *Entwurfs Willgerodt* von der elsäss. Strombauverwaltung, was aber im „Technischen Bericht" des Eidgen. Wasserwirtschaftsamtes nicht gesagt wird.[1])

Dies zu wissen ist insofern nicht unwesentlich, als Willgerodt z. B. in der Verminderung der Zahl der Uebergänge lange nicht so weit ging, wie Honsell, der sie laut Tabelle (Seite 73) auf die Hälfte vermindern wollte, welchem Beispiel auch der schweizer. Entwurf folgt. Tatsächlich sind auf der untern regulierten Strecke viel mehr als 46 Uebergänge vorhanden. Der aufmerksame Leser erinnert sich wohl auch der Aeusserung Kupferschmids: „Die Zahl der Windungen und Uferwechsel des Niederwasserbettes ist daher *nicht viel kleiner* als die des Talweges *im korrigierten* (also unregulierten! Red.) Bett."[2]) Interessant ist in dieser Hinsicht auch ein Vergleich der Abbildungen 38 und 39 bei Kupferschmid, betreffend die durchgeführte Regulierung zwischen bad. Km. 159 und 163 (Bd. LXXVII, Seiten 274 und 275) mit den schweizerischen Projektplänen Abbildung 18 (Strecke Weisweil-Schönau auf der vorhergehenden Seite) und Abbildung 3 (Seite 73 voriger Nummer), wo in der flachen Stromkurve von bad. Km. 113,5 bis 118,5 sechs natürliche Uebergänge auf einen einzigen reguliert werden sollen. — Es ist demnach bei Beurteilung der vergleichenden Hinweise auf den Entwurf Honsell als bautechnisches Vorbild für die Regulierung oberhalb Strassburg etwelche Vorsicht geboten.]



Entwurf der Architekten *Gebr. Bräm*. — Vogelschaubild aus Südwesten.



Ueberbauungs-Plan für das Areal der „Zürich" in Zürich.
Entwurf der Architekten *Gebr. Bräm*, Zürich. — Masstab 1 : 2500.

[1]) Vielleicht bezieht sich die beiläufige einmalige Erwähnung eines „ergänzten Honsellschen Entwurfes vom Febr. 1901", der bezügl. seiner um rd. 30 % erhöhten Baukosten benützt wurde, hierauf?

[2]) Vgl. Band LXXVII, Seite 273 Spalte links unten (11. Juni 1921).