

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305760

SCHIFFBARMACHUNG
VON FLÜSSEN
DURCH STAUTORE



SCHIFFBARMACHUNG VON FLÜSSEN DURCH STAUTORE

VON

Dr.-Ing. **SYMPHER** UND **HELMERSHAUSEN**
GEHELMER OBERBAURAT REGIERUNGSBAUMEISTER

MIT 11 TEXTABBILDUNGEN UND 2 TAFELN

F.N. 30745



BERLIN 1914

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.

Alle Rechte vorbehalten.

Sonderdruck aus der Zeitschrift f. Bauwesen,
Jahrgang 1914.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

III 33068

Akc. Nr. 2028/49

INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
Allgemeines	1
Beschreibung der Werra	3
Entwurf I. (Havestadt und Contag)	4
Entwurf II. (Umgearbeiteter Entwurf von Havestadt und Contag)	6
Entwurf III. (Torkanalisation)	7
Abmessungen und bauliche Einrichtungen	10
Stautore	12
Betriebsdauer	14
Ermittlung des H. S. W.	15
Hochwasserabführung	16
Abmessungen der Staustufen	17
Talsperren	18
Ausgleichweiher	19
Betriebsplan	20
Schaltschema für die Torbewegung	22
Anlagekosten	26
Kosten der Unterhaltung und des Betriebes	28
Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten	31
Einnahmen (außer Schifffahrtabgaben)	32
Gegenüberstellung der jährlichen Ausgaben von Ent- würfen II und III	34
Schifffahrtkosten und Frachtberechnungen	36
Landeskultur	42
Schlußbemerkung	42

Allgemeines.

Nicht nur der Schiffbarmachung der Flüsse durch Regulierung sind gewisse Schranken gezogen in der Wasserführung und dem Gefälle, auch die Kanalisierung kann praktisch nicht unbegrenzt stromaufwärts fortgesetzt werden. Mit wachsendem Gefälle steigt die Zahl der Schleusen, und mit diesen nehmen wiederum sowohl die Anlage- und Unterhaltungskosten als auch die Aufenthalte zu, welche für die Schifffahrt Zeit und Geld bedeuten. Unter Umständen wird daher die Schiffbarmachung des Flusses unmöglich und, wenn die örtlichen Verhältnisse oder mäßige Verkehrsmengen einen mit hohen Baukosten verbundenen Seitenkanal nicht rechtfertigen, muß von der Anlage eines Schifffahrtweges ganz abgesehen werden.

Diese Verhältnisse haben zu mehrfachen Vorschlägen geführt, kleinere Flüsse durch einfache Stauschleusen auch für größere Fahrzeuge benutzbar zu machen. In erster Linie kommt dabei eine Anregung in Frage, die der leider zu früh verstorbene bayerische Ministerialrat Heubach am 14. Mai 1897 im Zentralverein für Binnenschifffahrt gegeben hat. Danach soll der zu verbessernde Flußlauf durch den ganzen Flußquerschnitt sperrende Hubtore in kurze Abschnitte geteilt werden, wobei an jedem Tor oder an jeder Stauschleuse ein geringes Gefälle entsteht. Wird der Inhalt der oberhalb einer solchen Stauschleuse belegenen Flußhaltung so weit in die unterhalb belegene abgelassen, daß beide gleich hoch stehen, so kann das Tor gehoben werden und ein in der unteren Haltung befindliches zu Berg fahrendes Schiff ohne Aufenthalt in die obere Haltung eintreten. Wird dann das Tor wieder geschlossen und die obere Haltung durch Zufluß auf die Höhe der nächsten noch höheren Haltung gebracht, so kann das Schiff in gleicher Weise auch in diese gelangen

usw. Ähnlich würde sich die Talfahrt von Schiffen vollziehen. Man kann also auf diese Art einen kleineren Fluß durch zahlreiche, aber im einzelnen billige Stauschleusen kanalisieren, ohne daß die Schiffe durch die Benutzung von Kammerschleusen einen unerwünschten Aufenthalt erleiden. Voraussetzung ist allerdings die Innehaltung bestimmter Geschwindigkeiten der Schiffszüge, damit diese immer dann vor einem Tore eintreffen, wenn dieses geöffnet ist.

Als vor einigen Jahren die Frage auftauchte, die Werra von Münden bis Wernshausen zu kanalisieren, erinnerte der an erster Stelle genannte Verfasser sich des Heubachschen Planes und erörterte ihn u. a. mit dem Geheimen Baurat Havestadt, dem Mitinhaber der bekannten Baufirma Havestadt u. Contag, welche von dem „Verein zur Schiffbarmachung der Werra“ mit der Ausarbeitung eines Vorentwurfs beauftragt war. Havestadt brachte dem Gedanken große Beachtung entgegen und versuchte im Jahre 1907, ihn in einer Preisaufgabe der Akademie des Bauwesens weiter zu verfolgen. Dies ließ sich indes nicht verwirklichen, und so entstand der Vorentwurf für die Werrakanalisierung von Havestadt u. Contag in den üblichen Formen mit 46 einschiffigen Kammerschleusen auf 183 km Flußlänge. Nach den sonst üblichen Annahmen verursacht eine Einzelschleuse einem aus einem Dampfer und zwei Kähnen bestehenden Schleppzuge einen Aufenthalt, der an Zeit und Kosten einer Fahrtlänge von 8 km entspricht. 46 Schleusen verlängern also rechnerisch die auf der Werra 183 km betragende Entfernung von Münden bis Wernshausen um $8 \cdot 46 = 368$ km auf insgesamt 551 km. Da nun die Werra ohnehin viele Krümmungen aufweist und die Entfernung zwischen den genannten beiden Endorten in der Luftlinie nur 92 km, auf der kürzesten Bahnlinie nur 155 km beträgt, so sieht man, wie ungünstig die Schifffahrt durch den Einbau so vieler Schleusen beeinflusst wird. Hiernach würde an der Werra ein Fall vorliegen, wo ein Ersatz der Kammer — durch Stauschleusen am Platz sein könnte. Die Möglichkeit dazu ist daher an der Hand des von Havestadt und Contag bearbeiteten Kanali-

sierungsentwurfes nach dem ursprünglichen, aber im einzelnen weiter durchgebildeten Vorschlage Heubachs untersucht. Das Ergebnis möge — ohne damit zu der Frage der Zweckmäßigkeit der Schiffbarmachung der Werra selbst Stellung zu nehmen — im folgenden mitgeteilt werden, weil es in technischer Beziehung Interesse bieten dürfte und weil es erwünscht ist, die ganze Frage und ihre mögliche Lösung, sei es in der hier bearbeiteten, sei es in einer anderen Weise, zur Erörterung zu stellen.

Beschreibung der Werra.

Die Werra entspringt am Südwesthang des Thüringer Waldes in der Nähe von Eisfeld im Herzogtum Sachsen-Meiningen. Sie durchfließt die Talsenkung zwischen Thüringer Wald und Rhön-Gebirge, tritt dann zwischen Ringgau und Thüringer Wald hindurch in das Hessische Berg- und Hügelland ein, um zwischen Eichsfeld und Kaufunger Wald dem Zusammenfluß mit der Fulda bei Münden zuzustreben (Abb. 4 Bl. 2). An größeren Bächen nimmt die Werra in ihrem oberen Lauf oberhalb Wernshausen die Schleuse und Hasel, in ihrem unteren Lauf die Hörsel und Ulster auf. Das Niederschlagsgebiet umfaßt einen großen Teil der erwähnten Gebirge und beträgt bei Wernshausen, dem obersten Punkte der zu kanalisierenden Strecke, 1642 qkm und bei Hedemünden, 10 km oberhalb Münden, 5505 qkm. Das niedrigste Niedrigwasser ist für Wernshausen zu 2 cbm/Sek. und für Hedemünden zu 7,1 cbm/Sek. ermittelt; bei höchstem Hochwasser fließen an den genannten Orten 400 bzw. 800 cbm/Sek. ab. Der vorhandene Flußquerschnitt vermag bei Wernshausen bordvoll nur etwa 82 und bei Hedemünden etwa 240 cbm/Sek. abzuführen. Geht die Wasserführung darüber hinaus, so wird das ganze Tal überflutet, da Einschränkungen durch Deiche nur ganz vereinzelt vorkommen, jedenfalls aber nicht planmäßig durchgeführt sind. Von einem bestimmten Querschnitt kann kaum gesprochen werden, weil der Fluß durch tiefe Kolke, Uferabbrüche und felsige Erhebungen in der Sohle teilweise stark verwildert und unregelmäßig ist. Die Wasser-

spiegelbreiten bei mittlerem Wasserstand wechseln in der oberen Kanalisierungsstrecke zwischen 36 und 50 m, in der unteren zwischen 40 und 78 m. Dementsprechend verschieden sind auch die Wassertiefen, welche, abgesehen von den Kolken, Unterschiede bis zu 2 m aufweisen. Das Flußbett ist im allgemeinen ziemlich tief in die Talsohle eingeschnitten, so daß das Niedrigwasser, wie aus dem Längenschnitt (Bl. 1) ersichtlich, eine reichlich tiefe Lage zum Gelände hat. Das durchschnittliche Gefälle beträgt auf der Strecke Wernshausen — Münden 1:1400 bis 1:1600, die Einzelgefälle sind jedoch sehr verschieden und wechseln zwischen 1:222 und 1:4500. Diese Unregelmäßigkeit hat zum großen Teil ihren Grund in den zahlreichen Mühlenstauen. Die unterste Strecke Wanfried — Münden ist für kleinere Fahrzeuge, jedoch nur unter großen Schwierigkeiten, schiffbar. Die vielen Stauwerke, die starken Flußkrümmungen und die meist alten steinernen Brücken mit kleinen Durchflußöffnungen und starken Pfeilern erschweren den Hochwasserabfluß. Wenn auch für die Wiesen, die Hauptkulturart der eigentlichen Talsohle, die düngenden Hochwasser vorteilhaft sein können, so haben größere Fluten nicht selten ganze Ortschaften in Gefahr gebracht und großen Schaden angerichtet.

Namentlich mit Rücksicht auf die Lage des Niedrigwassers zur Geländehöhe scheint es auch im Interesse der Landeskultur zu liegen, wenn der Fluß nicht durch wenige größere Staue, sondern in der Art kanalisiert wird, daß durch viele Staue von geringer Höhe ein dem natürlichen Gefälle der Talsohle folgender, fast während des ganzen Jahres gleichbleibender Wasserstand gehalten wird, der etwa dem Mittelwasser des Flusses entspricht.

Entwurf I. (Havestadt und Contag).

Der Kanalisierungsentwurf von Havestadt und Contag sieht 46 Staustufen mit 132,5 m Gesamtgefälle vor. Das Einzelgefälle der Schleusen schwankt zwischen 1,7 und 4,2 m. Die Schleusen sind einschiffig und haben 10 m Breite und 67 m nutzbare Länge. Die durchschnittliche Staulänge be-

trägt 4 km. Der Flußquerschnitt soll bei 18 m Sohlen- und 28 m Wasserspiegelbreite bordvoll, entsprechend dem H. S. W. (höchster schiffbarer Wasserstand), eine Wassertiefe von 2,50 m haben. Doch konnte diese Forderung auf der obersten Strecke Wernshausen — Barchfeld wegen der geringen Wasserführung nicht erfüllt werden. Bei Normalstau beträgt die Wassertiefe unmittelbar unterhalb der Staustufen nur 1,50 m; die Schleusendempel sind so tief gelegt, daß die Flußsohle noch um 1 m vertieft werden kann. Die Unterkante der Brücken liegt mindestens 3 m über H. S. W. Die Wehre sind da, wo Neubauten erforderlich werden, als Walzenwehre ausgebildet, um den Flußquerschnitt bei Hochwasser möglichst schnell und vollkommen frei zu legen. Mit dem Wehr soll an den meisten Stellen eine Turbinenanlage zur Ausnutzung der Wasserkraft verbunden werden. Der Entwurf ist in den Längenschnitt (Bl. 1) in blau gestrichelten Linien eingetragen.

Die Kosten sind veranschlagt zu:

	Schiffbar- machung Mark	für 1 km Länge Mark	Kraftwerke (ohne Wehre) Mark	Zu- sammen Mark
a) Obere Strecke: Wernshausen — Hörschel, 72,2 km	15 950 000	221 000	1 725 000	17 675 000
b) Mittlere Strecke: Hörschel — Wanfried, 45,5 km	9 300 000	204 000	1 825 000	11 125 000
c) Untere Strecke: Wanfried — Münden, 63,75 km	13 750 000	216 000	3 450 000	17 200 000
d) Stichkanal nach Eisenach, 6 km	3 000 000	500 000		3 000 000
	42 000 000		7 000 000	49 000 000

Demnach soll die Kanalisierung der Werra allein, ohne Stichkanal nach Eisenach und ohne die Kraftwerke, etwa 215 000 Mark für das Kilometer kosten. Zum Vergleich möge erwähnt werden, daß die Kanalisierung der Mosel, deren Gefälle (0,32 m auf 1000 m) nur halb so groß ist wie dasjenige der Werra, auf etwa 308 000 Mark für das Kilometer veranschlagt ist.

Das Bestreben, die Baukosten möglichst niedrig zu halten, hat zu den oben beschriebenen Abmessungen geführt, die wohl

für kleinere Verhältnisse, nicht aber für eine leistungsfähige Schiffahrtstraße genügen. Es erscheint aber nach anderweiten Erfahrungen angebracht, entweder auf einen Ausbau der Werra ganz zu verzichten oder dem Ausführungsentwurf die Verhältnisse einer leistungsfähigen Wasserstraße für 600 t-Schiffe zugrunde zu legen, letzteres um so mehr, als gerade in jüngster Zeit der Gedanke, die Verbindung zwischen Weser und Main durch das Werratal zu leiten und damit die Werra zu einer Durchgangsstraße für die Großschiffahrt zu machen, lebhaft erörtert worden ist.

Entwurf II. Umgearbeiteter Entwurf Havestadt und Contag.

Der Entwurf Havestadt und Contag ist also zunächst, ehe an einen Vergleichsentwurf mit Stautoren herangetreten wurde, so umgearbeitet worden, daß er den erweiterten Anforderungen entspricht. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um folgende Abmessungen: Schleppzugschleusen 165 m lang und 10 m breit, Wassertiefe in den gestauten Haltungen mindestens 2,50 m, gestauter Flußquerschnitt zweischiffig mit etwa 62 qm Flächeninhalt und 34 m Wasserspiegelbreite unmittelbar unterhalb eines Tores, Durchfahrthöhe unter Brücken mindestens 4 m über H. S. W., Krümmungen möglichst nicht unter 500 m, in den Krümmungen Querschnittserweiterungen. In diesem Sinne ist zunächst eine Umarbeitung der oberen Strecke Wernshausen—Hörschel erfolgt und dann entsprechend auf die unteren Strecken angewandt worden. Eine Gegenüberstellung der Kosten für die obere Strecke nach Entwurf I und II möge zeigen, wie sich die Kostenvermehrung auf die einzelnen Arbeiten verteilt.

		Entwurf I	Entwurf II
		Mark	Mark
Tit. I.	{ Grunderwerb	726 000	1 442 000
	{ Abfindungen und Entschädigungen	824 000	1 300 000
„ II.	{ Erdarbeiten	3 140 000	7 200 000
	{ Uferbefestigungen	2 160 000	3 000 000
„ III.	Schleusen	7 055 000	9 371 000
„ IV.	Brücken	850 000	1 280 000
„ V.	Insgemein	1 195 000	1 807 000
		<hr/>	<hr/>
		15 950 000	25 400 000

Die Gesamtkosten der oberen, 71 km langen Strecke nach Entwurf II betragen also 25 400 000 Mark oder 357 000 Mark/km. Wie aus der Kostenzusammenstellung für Entwurf I auf S. 5 hervorgeht, sind bei reiner Schleusenkanalisierung die durchschnittlichen Kosten für alle drei Strecken fast dieselben. Es kann daher überschlägig auch bei Entwurf II angenommen werden, daß für die mittlere und untere Strecke durchschnittlich dieselben Kosten entstehen wie für die obere. Die Kosten für die ganze 180 km lange Strecke Wernshausen—Münden würden dann $180 \cdot 357 000 = \text{rd. } 64 000 000$ Mark betragen. Hierzu kommen noch die Kosten für den Stichkanal nach Eisenach, welche sich etwa in demselben Verhältnis vermehren werden, wie die Kosten für die Hauptstrecke, also auf $3 000 000 \cdot \frac{357}{215} = 5 000 000$ Mark.

Die Gesamtkosten des Entwurfes II belaufen sich dann auf 69 000 000 Mark, gegenüber 42 000 000 Mark des Entwurfes I.

Entwurf III. (Torkanalisierung).

Die allgemeinen Gesichtspunkte der Torkanalisierung nach der Heubachschen Anregung sind auf S. 1 erörtert worden. Im folgenden soll der Heubachsche Gedanke weiter entwickelt und auf die Verhältnisse der Werra angewandt werden.

Allgemeines. Der Betrieb einer solchen Anlage, wie er für die Werra in Frage kommt, möge zunächst an einem zu Tal fahrenden Schiffe A_1 erläutert werden. Dieses kann das Tor 1 passieren, wenn die Haltung 1 bis 2 gefüllt ist (vgl. Text-Abb. 1). Kurz nach der Durchfahrt wird 1 geschlossen und durch geringes Anheben des Tores 2 die Füllung a der Haltung 1 bis 2 in die Haltung 2 bis 3 abgelassen, wo sie alsdann den Platz b einnimmt. Bevor das Schiff an das Tor 2 gelangt, ist die Ausspiegelung zwischen den Haltungen 1 bis 2 und 2 bis 3 erfolgt, so daß das Schiff ohne Aufenthalt durch das geöffnete Tor 2 nach 3 weiterfahren kann. Kurz nach der Durchfahrt schließt sich 2; die Füllung b tritt an die Stelle c usw. So kann das Schiff mittels einer Haltungsfüllung — die Verluste abgerechnet —

ohne irgendeinen Aufenthalt zu Tal fahren, sofern die Fahrzeit der Füllungszeit angepaßt wird und die Tore sich entsprechend bewegen. Ein weiteres Schiff A_2 kann erst in einem Abstand

gleich der doppelten Torentfernung folgen.

Während nun A_1 nach Öffnung des Tores 4 von 3 nach 4 fährt und um eine Stufe sinkt, kann gleichzeitig ein zu Berg fahrendes Schiff B_1 , welches das Tor 5 durchfahren hat, von 5 nach 4 fahren und durch den Abfluß der

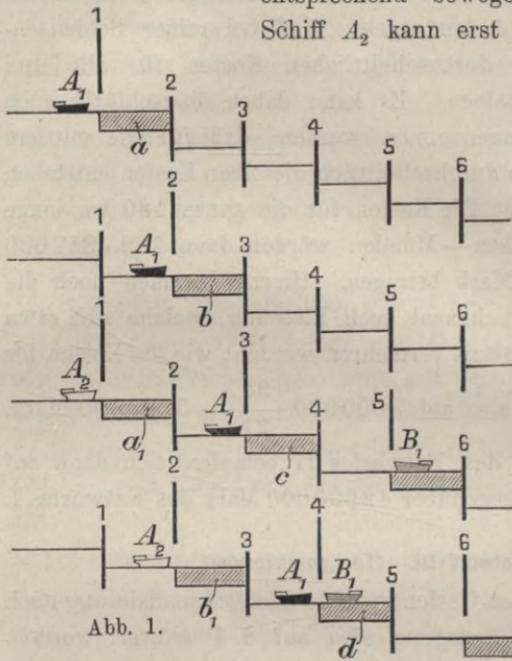


Abb. 1.

Füllung c nach d

um eine Stufe gehoben werden. Folgt A_2 dem Schiffe A_1 in der doppelten Torentfernung und in gleichen Abständen A_3 und A_4 usw. oder werden wenigstens dementsprechend die oberen Haltungen abwechselnd geleert und gefüllt, so wird auch B_1 ohne Aufenthalt zu Berg fahren können. Voraussetzung dabei ist aber, daß jedesmal in der Zeit, welche das Schiff zum Durchfahren einer Haltung benötigt, eine ganze Füllung von oben zufließen kann. Fließt mehr Wasser zu, als zum Schifffahrtsbetrieb nötig ist, so wird es durch Umläufe nebenbei abgeführt und, wenn dies nicht ausreicht, durch Anheben der Tore unter diesen hindurchgelassen. Die Anlage ist also dauernd in Betrieb, während sich die Schifffahrt je nach Bedarf einfügt.

Dem wechselnden Gefälle der Werratalsohle muß das Gefälle der Staustufen angepaßt werden, will man nicht zu

tief ins Gelände einschneiden oder mit dem Wasserspiegel möglichst nicht über das Gelände kommen. Es müßte also nötigenfalls an gewissen Punkten ein Gefällwechsel stattfinden, welcher entweder eine Längen- oder eine Höhenänderung der Staustufen und damit eine andere Zeiteinteilung des oben beschriebenen Betriebes bedingen würde. Diese Unregelmäßigkeiten, die für Betrieb und Schifffahrt hinderlich sein können, sind zu vermeiden durch Einschaltung längerer Zwischenhaltungen oder gewöhnlicher Schiffschleusen oder durch Verbindung dieser beiden. Text-Abb. 2 bis 4 veranschaulichen diese drei Möglichkeiten. In Text-Abb. 2 wird ein verhältnismäßig flaches Talgefälle durch zwei Tor-



Abb. 2.

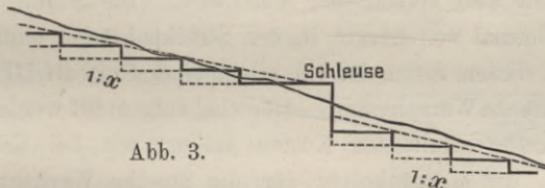


Abb. 3.

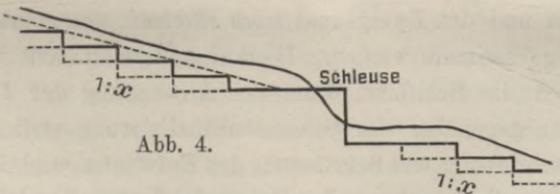


Abb. 4.

treppen von verhältnismäßig großem, aber untereinander gleichem Gefälle überwunden. Zwischen die unterste Stufe der oberen Treppe und die oberste Stufe der unteren Treppe ist eine Zwischenhaltung mit einer Spiegelhöhe eingeschaltet, die, solange die Wasserführung des Flusses sich nicht ändert, immer gleichbleibt. Text-Abb. 3 zeigt, wie ein steiles Talgefälle durch verhältnismäßig flache Tortreppen mit Zwischen-

schaltung einer Schleuse überwunden werden kann. In Text-Abb. 4 endlich wird ein steileres Zwischengefälle durch Einfügung einer Schleuse ausgeglichen, an die sich oben und unten längere Haltungen anschließen. Das größere Gefälle an den Schleusen wird zweckmäßig zur Kraftgewinnung für die Bewegung der Tore und die Beleuchtung ausgenutzt. Ohnehin befinden sich an den natürlichen Gefällbrechpunkten meistens Orte, die durch natürliche und künstliche Wehre auf gewisse Wasserstände eingerichtet sind, und größere Mühlenanlagen, welche auf diese Weise erhalten werden. Die Ober- und Unterkanäle der Schleusen können mit ihren breiten Vorhäfen als Sammelbecken dienen zum Ausgleich der mit diesem Betrieb verbundenen unregelmäßigen Wasserführung und zur Aufspeicherung während der Betriebspausen.

Die einzelnen zwischen je zwei Schleusen liegenden Strecken werden zweckmäßig unabhängig voneinander betrieben, da eine bestimmte Durchschleusungszeit nicht genau eingehalten werden kann, der Aufenthalt der Schiffe an den Schleusen also verschieden sein wird. Die Schiffe müssen sich jedesmal von neuem in den Streckenbetrieb einfügen.

In diesem Sinne ist ein allgemeiner Entwurf III für die obere Strecke Wernshausen — Hörschel aufgestellt worden. Aus den hierfür ermittelten Kosten sollen, wie bei Entwurf I und II, die Gesamtkosten für die Strecke Wernshausen — Münden und den Zweigkanal nach Eisenach sinngemäß überschlägig bestimmt werden. Hierauf soll untersucht werden, wie sich die Schiffahrtkosten bei Anwendung der Torkanalisation gegenüber der Schleusenkanalisation stellen. Bei der Beschreibung und Begründung des Entwurfes wird Gelegenheit sein, die Annahmen des Entwurfes I zum Vergleich heranzuziehen und im einzelnen zu erörtern.

Abmessungen und bauliche Einrichtungen.

Querschnitt. Der Querschnitt entspricht dem Inhalt nach ungefähr demjenigen des Ems-Weser-Kanals (Text-Abb. 5), und zwar in der ungestauten Haltung unmittelbar oberhalb des unteren, in der gestauten unmittelbar unterhalb

stichen, ganz erheblich vermehrt wurden. Die Verbreiterung erfolgt auf der dem Krümmungsmittelpunkt zugewendeten Seite und ist dem Halbmesser entsprechend abgestuft. Die Maße sind ungefähr dieselben wie beim Ems-Weser-Kanal, nämlich:

für $r = 280$ bis < 300	. . .	10 m
„ $r = 300$ „ < 350	. . .	9 „
„ $r = 350$ „ < 400	. . .	8 „
„ $r = 400$ „ < 500	. . .	7 „
„ $r = 500$ „ < 600	. . .	6 „
„ $r = 600$ „ < 700	. . .	5 „
„ $r = 700$ „ < 900	. . .	4 „
„ $r = 900$ „ < 1200	. . .	3 „
„ $r = 1200$ „ < 1500	. . .	2 „
„ $r = 1500$ „ < 2000	. . .	1 „

Schleusen. Die Schleusen sollen als Schleppzugschleusen gebaut werden und erhalten eine nutzbare Länge von 165 m (gegen 67 m im Entwurf I) und eine Breite von 10 m. Die Drempele sollen 50 cm unter dem tiefsten Punkt der Flußsohle, d. i. 3 m unter Normalwasser liegen, um einer späteren Vertiefung Rechnung zu tragen. Diese Abmessungen gestatten den Verkehr der auf dem Ems-Weser-Kanal und der Weser zulässigen Fahrzeuge von 65 bis 80 m Länge und 9 m Breite (ohne Scheuerleisten). Soll die Werra eine vollgültige Wasserstraße werden, dann darf sie den anschließenden Wasserwegen in den bestimmenden Abmessungen nicht nachstehen. Ober- und Unterkanäle sind als Vorhäfen mit reichlicher Breite und Länge ausgebildet, so daß sie die Versammlung und Bildung von Schleppzügen gestatten.

Brücken. Die Unterkante der Überführungen soll 4 m (gegen 3 m im Entwurf I) über dem höchsten schiffbaren Wasserstande liegen, die Durchfahrtsbreite bei Neubauten mindestens 24 m betragen. Bei vorhandenen Brücken, deren Höhenlage genügt, ist von Fall zu Fall entschieden, ob ihre Durchfahrtsweite (meistens zwei kleinere Öffnungen) genügt.

Stautore. Die Anordnung der Tore geht aus Abb. 1 bis 3 Bl. 2 hervor. Sie erhalten eine lichte Durchfahrtsweite von

24 m. Der Stau beträgt 40 cm auf der Strecke Wernshausen—Hörschel und 50 cm auf der Strecke Hörschel—Münden, so daß die Tore zeitweise einen Wasserdruck von 80 cm bzw. 1 m auszuhalten haben. Sie bestehen aus einer einzigen Schütztafel mit wagerechten, nach Unterstrom zu liegenden Versteifungsgitterträgern. Der ganze Wasserdruck wird auf die beiderseitigen Landpfeiler übertragen, in denen Kammern zur Aufnahme der Führungsschienen ausgespart sind. Über Pfeileroberkante werden diese Schienen durch Eisenbetongerüste aufgenommen, auf deren dem Wasser abgewendeter Seite die Gegengewichte laufen. Die Bewegung erfolgt durch einen in der Mitte der Tortafel auf dem Bedienungssteg aufgestellten Gleichstrommotor, welcher mittels einer wagerechten durchgehenden Welle auf die mit den Führungsschienen parallel laufende Zahnstange einwirkt. Der Motor hat nur den Wasserdruck und die auftretende Reibung zu bewältigen; das Torgewicht ist vollkommen ausgeglichen. Die Dichtung erfolgt dadurch, daß die Tortafel in der Sohle auf einer einbetonierten Schiene aufsitzt und sich an den Seiten nach Art der Rollschützen gegen die Pfeilernischen anlehnt. In den Landpfeilern sind weite (4 qm) Umläufe ausgespart, welche das überschüssige, nicht für den Schiffahrtsbetrieb nötige Wasser abführen sollen, solange der Fluß nicht mehr als etwa 20 cbm Wasser führt. Fließt mehr Wasser zu, so muß es durch entsprechendes Anheben der Tore unter diesen durchgelassen werden. Die Tore sind so stark gebaut, daß sie im Falle einer Unachtsamkeit im Bedienen bis 20 cm überströmt werden können. Ob die Umläufe ganz entbehrt werden können, soll noch an der Hand von Probeausführungen geprüft werden. Durch ausbalancierte Rollschützen, welche elektrisch oder von Hand zu bedienen sind, kann der Wasserdurchfluß geregelt und stets der erforderliche Stau gehalten werden. Um die Kosten möglichst niedrig zu halten, erfolgt die Gründung in der einfachsten Weise durch eine von Ufer zu Ufer laufende Doppelspundwand aus Eisenbeton, welche nach unten auseinanderpreizt und oben einen 70 cm starken Betonkern zur Aufnahme der Eisenschiene einschließt. Die Doppelspund-

wand greift durch die Landpfeiler hindurch noch ein Stück in das Ufer ein und soll das Bauwerk gegen Unterspülung schützen. Ein Tonkern, welcher in das Ufer einbindet und an Pfeiler und Spundwand anschließt, sichert den Pfeiler gegen Hinterspülung. Die Flußsohle ist oberhalb des Tores durch ein 5 m und unterhalb durch ein 10 m breites und 50 cm starkes Betonbett mit darüberliegendem Steinpflaster in Zementmörtel befestigt. Diese Sohlenbefestigung wird nach Unterstrom zu durch eine weitere Spundwand von $2\frac{1}{2}$ m Länge abgeschlossen. Wo der Baugrund das Schlagen der Doppelspundwand nicht gestattet — aus den Unterlagen ist ein Anhalt hierfür nicht zu gewinnen —, wo also, wie in engen Flußtälern mit steilen Hängen häufig, nicht tief unter der Sohle Fels ansteht, muß die Betonschwelle unter dem Tor unmittelbar auf diesen gegründet werden.

Betriebsdauer. Die Tore müssen solange in Tätigkeit treten, als die Wasserführung der Werra in dem neuen Gerinne die Tiefe von 2,50 m über dem tiefsten Punkt der Flußsohle nicht von selbst zu halten vermag. Die Tore werden also auf den unteren Strecken, welche geringeres Gefälle und größere Wasserführung haben, eher ihren Betrieb einstellen und geöffnet bleiben können, als die Tore auf den oberen Strecken. Nach dem beigegebenen Längenschnitt (Bl. 1) sind für die Strecke Wernshausen—Hörschel drei verschiedene Gefällverhältnisse angenommen, 1:1400, 1:1500 und 1:1600. Für diese Gefälle soll diejenige Wassermenge Q ermittelt werden, welche bei freiem Durchfluß noch eine Wassertiefe von 2,50 m ergibt.

$$\text{Allgemein ist } v = c \sqrt{R \cdot J} = \frac{Q}{F}$$

$$Q = c \cdot F \cdot \sqrt{R \cdot J}; \quad R = \frac{F}{u}$$

Nach Ganguillet und Kutter ist

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Für die Werra kann n zu 0,025 angenommen werden.
 $F = 61,7$ qm; n , der wasserbenutzte Umfang, = 34,382 m;
 $\sqrt{R} = 1,34$.

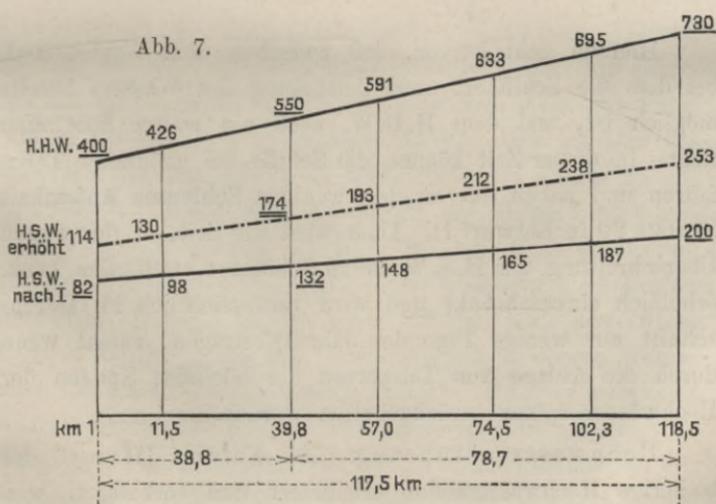
Dann wird für

Gefälle 1 : 1400: $\sqrt{J} = 0,0267$; $c = 44$; $Q = 97$ cbm.

Gefälle 1 : 1500: $\sqrt{J} = 0,0258$; $c = 44,4$; $Q = 95$ cbm.

Gefälle 1 : 1600: $\sqrt{J} = 0,025$; $c = 44,4$; $Q = 92$ cbm.

Ermittlung des H. S. W. Die dem höchsten schiffbaren Wasserstand entsprechende Wasserführung des Flusses konnte im Entwurf III anders angenommen werden als im Entwurf I, da der gewählte Querschnitt eine viel größere Wassermenge abzuführen vermag. Werden die im Entwurf I ermittelten Wassermengen für H. S. W. und H. H. W. in Ermanglung genauerer Unterlagen als richtig angenommen, so kann man die dem neuen Querschnitt entsprechende Wasserführung für H. S. W. ermitteln. Für die Pegelstellen bei Wernshausen, Heiboldshausen und Wanfried liegen diese beiden Wassermengen fest. Bei Heiboldshausen beträgt hiernach die Wassermenge für H. S. W. des Entwurfes I 132 cbm und für H. H. W. 550 cbm. Der Wassermenge von 132 cbm entspricht im Querschnitt des Entwurfes III eine Wassertiefe



von 3 m über Sohle. Wie aber aus dem Längenschnitt (Bl. 1) ersichtlich, ist der Querschnitt bei dieser Wassertiefe noch nicht bordvoll. Es kann und soll daher an dieser Stelle mit einem um 40 cm höheren H. S. W. gerechnet werden. Diesem Wasserstande entspricht eine Wassermenge von 174 cbm. In Text-Abb. 7 ist die neue H. S. W.-Linie eingetragen. Sie schneidet sich mit der H. H. W.- und der H. S. W.-Linie des Entwurfes I in dem gleichen Punkte der Nulllinie.

Hiernach ergeben sich folgende Wassertiefen bei H. S. W. für die einzelnen Strecken:

Strecke Wernshausen — Barchfeld:

$$Q = 130 \text{ cbm}; \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 4906 = F \cdot c \cdot \sqrt{R};$$

$$\text{Wassertiefe } h = 2,9 \text{ m.}$$

Strecke Barchfeld — Heiboldshausen:

$$Q = 174 \text{ cbm}; \quad h = 3,4 \text{ m.}$$

Strecke Heiboldshausen — Gerstungen:

$$Q = 193 \text{ cbm}; \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 7480 = F \cdot c \cdot \sqrt{R}; \quad h = 3,6 \text{ m.}$$

Strecke Gerstungen — Hörschel:

$$Q = 212 \text{ cbm}; \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 8480 = F \cdot c \cdot \sqrt{R}; \quad h = 3,8 \text{ m.}$$

Hieraus geht hervor, daß zwischen dem Wasserstand, bei dem die Schifffahrt ohne Anstauung des Wassers bereits möglich ist, und dem H. H. W. noch ein weiter Spielraum liegt. In dieser Zeit können die Schiffe bei geöffneten Toren fahren und haben nur an den wenigen Schleusen Aufenthalt (6 statt 20 in Entwurf I). Auch wird die Zeit, in der wegen Überschreitung des H. S. W. keine Schifffahrt stattfinden kann, erheblich eingeschränkt und wird voraussichtlich im Durchschnitt nur wenige Tage des Jahres betragen, zumal wenn durch die Anlage von Talsperren die höchsten Spitzen der Hochwässer später zurückgehalten werden.

Hochwasserabführung. Bei Entwurf III wird der bisherige Hochwasserabfluß erleichtert und verbessert, weil

der Flußquerschnitt an sich eine viel größere Wassermenge abführt, ohne Überflutung des Tales, und die meisten vorhandenen Staustufen mit ihren festen Wehren und Mühlengerinnen fortfallen. Der Fall, daß eine Hochwasserwelle die Tore geschlossen vorfinden könnte, ist ausgeschlossen, weil schon bei der geringen Menge von 97 cbm sämtliche Tore geöffnet werden müssen.

Bei kleinerer Wasserführung der Werra werden zunächst die Umläufe für die Abführung des nicht für den Schiffahrtbetrieb benötigten Wassers sorgen. Sie leisten bei voller Öffnung und 40 cm Überdruck etwa 20 cbm/Sek. Bei größeren Wassermengen müssen die Tore soweit angehoben werden, daß das überschüssige Wasser unter ihnen durchfließen kann. Die Tore werden dann stets nur bis zu einer bestimmten Stellung gesenkt, was dadurch zu erreichen ist, daß ein Anschlag am Führungsgerüst den Motor und damit die Torbewegung im gegebenen Augenblick ausschaltet. Der Betriebsplan für die Bewegung der Tore wird später erörtert.

Abmessungen der Staustufen. Anzahl und Höhe der Staustufen sind abhängig von dem Gefälle der Talsohle, dem zu erwartenden Wasserzufluß und der zuzulassenden Fahrgeschwindigkeit der Schiffe. Soll ein Schiff in ununterbrochener Fahrt zu Berg fahren können, so muß in der Zeit, in welcher es eine Haltung durchfährt, eine ganze Füllung von oben zufließen. Die Fahrgeschwindigkeit kann mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes nicht gut unter 4 km in der Stunde angenommen werden. Nun ist aber die Wasserführung der Werra in einem Teil des Jahres so gering, daß bei dieser Geschwindigkeit die Tore so nahe aneinander gelegt werden müßten, daß ein sicherer Betrieb nicht mehr möglich wäre und unverhältnismäßig hohe Kosten entstünden. Deshalb ist der ganze Entwurf nur zu verwirklichen, wenn durch den Bau von Talsperren im oberen Werragebiet für die trockenen Monate ausreichendes Zuschußwasser geliefert werden kann. Der Fassungsraum dieser Talsperren muß so groß bemessen sein, daß in ihnen der gesamte, in der trockenen Zeit nötige Zuschuß aufgespeichert werden kann.

Talsperren. Nach der Denkschrift von Dr.-Ing. Wolf (Hannover 1910) können mit einem Kostenaufwand von 10 780 000 Mark in sieben Stauweihern 32 185 000 cbm angesammelt werden. Neuere Bearbeitungen des Vereins für Schiffbarmachung der Werra haben ergeben, daß in zwei Talsperren, im Haseltal bei Ellingshausen und im Schönautal oberhalb Schwarza je 23 000 000 cbm, also zusammen 46 000 000 cbm aufgespeichert werden können. Die Kosten sollen sich auf 12 500 000 Mark belaufen, das sind etwa 27 Pf. für 1 cbm. Nach Innecken-Leppla sind fünf Stauweiher mit einem Fassungsraum von 63 800 000 cbm möglich bei einem Kostenaufwand von 19 600 000 Mark, also etwa 0,30 Mark/cbm. Mit diesen rd. 60 000 000 cbm Zuschuß möge im folgenden zunächst gerechnet werden.

Bei niedrigem Sommerwasser führt die Werra bei Wernshausen im Mittel etwa 7 cbm/Sek. Nach den Unterlagen des Entwurfes I muß mit dieser Wasserführung, welche zeitweilig sogar bis auf 2 cbm herabsinkt, während einer Zeit von etwa vier Monaten gerechnet werden. Nimmt man weiter an, daß 15stündiger Schifffahrtbetrieb eingerichtet wird, so würde bei Aufspeicherung dieses Zuflusses während der Ruhezeit ein natürlicher Zufluß von $7 \cdot \frac{24}{15} = 11$ cbm/Sek. zur Verfügung stehen. Hierzu kommt das Zuschußwasser aus den Stauweihern mit $\frac{60\,000\,000}{4 \cdot 30 \cdot 15 \cdot 3600} = \sim 9$ cbm/Sek. Der Gesamtzufluß würde also 20 cbm/Sek. betragen.

Bei 40 cm Stauhöhe, also $0,4 \cdot 1400 = 560$ m Staulänge, ist der anzufüllende Inhalt $= \frac{32,8 + 35,2}{2} \cdot 0,4 \cdot 560 = 7616$ cbm, einschl. Verdunstungs- und anderer Verluste $= \sim 8000$ cbm, die Füllungszeit $= \frac{8000}{20} = 400$ Sek., demnach die Schiffsgeschwindigkeit $= \frac{0,56}{400} \cdot 60 \cdot 60 = \sim 5$ km/Std.

Ermäßigt man diese Geschwindigkeit unter Beibehaltung der Stauhöhe, so ergibt sich eine geringere Zuschuß-

menge. Bei 4,2 km/Std. Geschwindigkeit ist die Füllungszeit $= \frac{0,56}{4,2} \cdot 60 \cdot 60 = 480$ Sek. und der Zufluß $= \frac{8000}{480} = \sim 16$ cbm/Sek., demnach der erforderliche Zuschuß aus den Stauweihern = 16 — 11 = 5 cbm/Sek.

Vorläufig mit diesem geringeren Zuschuß zu rechnen dürfte angebracht sein, da es nicht wahrscheinlich ist, daß sämtliche möglichen Talsperren sofort gebaut werden. Dem Zuschuß von 5 cbm/Sek. entspricht ein Fassungsraum von $4 \cdot 30 \cdot 15 \cdot 3600 \cdot 5 = 32\,400\,000$ cbm, der nach den obigen Angaben mit ziemlicher Sicherheit zu erreichen ist. Stehen größere Wassermengen zur Verfügung, so kann die Fahrgeschwindigkeit oder die tägliche Betriebszeit erhöht werden.

Reichen in besonders trockenen Sommern die angegebenen Wassermengen nicht aus, namentlich, wenn die Wasserführung unter 7 cbm/Sek. sinkt, so wird die tägliche Betriebszeit einige Wochen lang verkürzt. Z. B.:

Wasserführung	3	cbm/Sek.
Betriebszeit ermäßigt auf	9	Std./Tag
Natürlicher Zufluß $= \frac{3 \cdot 24}{9} =$	8	cbm/Sek.
Zuschuß aus den Talsperren $= \frac{5 \cdot 15}{9} =$	8,3	„

Zusammen $\sim 16,0$ cbm/Sek.

Auf der im Entwurf III behandelten „oberen Strecke“ ist die Höhe der Staustufen gleichbleibend mit 0,4 m angenommen und nur die Länge dem Gefälle entsprechend geändert, da die Wasserführung der unterhalb einmündenden Bäche aus den Unterlagen nicht zu ersehen ist. Sollte durch diese Bäche ein bestimmter Wasserzufluß gesichert sein, so könnte die Höhe der Staustufen, etwa unterhalb Vacha, vergrößert und die Torzahl ermäßigt werden. Auf der mittleren und unteren Strecke konnte die Stauhöhe auf 50 cm erhöht werden.

Ausgleichsweiher. Oberhalb Wernshausen ist ein Ausgleichsweiher, möglicherweise zugleich Sammelbecken anzulegen, der den Ablauf von 15 Std., also $16 \cdot 15 \cdot 3600$

= 864 000 cbm aufnehmen kann. Das von Innecken-Leppla an dieser Stelle vorgeschlagene Sammelbecken faßt 8 000 000 cbm bei 3 600 000 Mark Kosten.

Betriebsplan. Nachstehender Betriebsplan (Text-Abb. 8) gibt von links nach rechts die Fahrzeiten, Fahrlängen und die

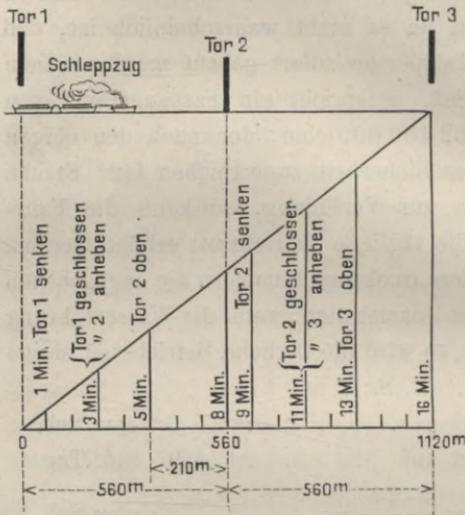


Abb. 8.

Bewegungszeiten für die Tore an. Der Schleppzug, 160 m lang, hat Tor 1 gerade durchfahren (Anfangsstellung, Länge 0 für das Ruder des zweiten Schleppkahns). Nach 1 Min. wird Tor 1, 3, 5 abwärts bewegt, nach 3 Min. sind sie geschlossen. In demselben Augenblick wird Tor 2, 4, 6 angehoben, damit der Ausgleich der beiden

Haltungen erfolgen kann. Theoretisch sind zum Ausgleich auf 4 cm nur $1\frac{1}{2}$ Min. erforderlich, wobei berücksichtigt ist, daß die Druckhöhe mit zunehmendem Ausgleich abnimmt. In Wirklichkeit wird aber der Ausgleich länger dauern, da das Zuströmen des Wassers aus der oberen Haltung und seine Verteilung auf die ganze Länge der unteren in den Formeln nicht berücksichtigt werden kann. Bestimmten Aufschluß hierüber können nur Versuche in der Wirklichkeit ergeben. Es ist aber anzunehmen, daß die 8 Min., welche voll für den Ausgleich zur Verfügung stehen, ausreichen werden. Nach 5 Min. ist die Hebung der Tore beendet. Der Schleppzug befindet sich mit der Spitze noch 50 m vor Tor 2. Nach 8 Min. hat der Schleppzug die Haltung 1 bis 2 durchfahren und befindet sich mit dem Ruder des zweiten Schiffes gerade hinter Tor 2.

Bedienung der Tore. Um einen ständigen Berg- und Talbetrieb zu ermöglichen, ist es erforderlich, daß die Haltungen stets paarweise ausgeglichen sind, wie in Text-Abb. 9 dargestellt ist. Die Motoren der Tore müssen so miteinander verbunden sein, daß die Tore der geraden Nummern stets die gleiche Bewegung gemeinsam ausführen und ebenso die Tore der ungeraden Nummern. Während die eine Torgruppe angehoben wird, senkt sich die andere. Die Stromschaltung muß an jedem Tore auf beiden Ufern mittels eines besonderen Schalthebels bewirkt werden können. Auch muß es möglich sein, die Stromzuführung für die ganze Strecke an jedem Tore zu unterbrechen. Die Bewegung der Tore kann dann, weitere Prüfung und die Ergebnisse von Versuchen

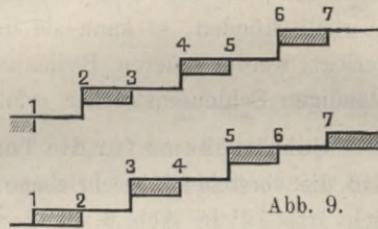


Abb. 9.

vorbehalten, in der Art erfolgen, daß ein Radfahrer die Schiffe begleitet. Dieser fährt dem Schleppzug voraus nach dem geöffneten Tor 1, schaltet die Stromzuführung aus und wartet, bis alle Schiffe unter dem Tor durchgefahren sind. Dann schaltet er den Strom ein, wodurch dieses Tor und alle anderen der gleichen Gruppe nieder-, die der anderen Gruppe in die Höhe gehen, und fährt an dem Schleppzug vorbei bis zu dem nunmehr geöffneten Tor 2. Der Ausgleich der Haltungen erfolgt während der Fahrt des Schleppzuges von 1 nach 2. Bei Tor 2 schaltet der Radfahrer zunächst wieder den Strom aus und wartet, bis das letzte Schiff unter dem Tor hindurchgefahren ist, um durch Einschaltung des Stromes das Herabgehen des Tores zu bewirken. Er hat also in der Folge nichts weiter zu tun, als die Tore hinter den Schleppzügen zu schließen. Die vorherige Ausschaltung des Stromes ist notwendig, damit nicht zur unrechten Zeit von dem Begleitmann eines anderen Schleppzuges, etwa eines zu Tal fahrenden, die Tore in Bewegung gesetzt werden. Für jede Teilstrecke zwischen zwei Schleusen müssen je nach der Länge mindestens zwei Radfahrer zur Verfügung stehen, einer für

die Berg- und einer für die Talfahrt. Der mit den zu Berg fahrenden Schiffen an der oberen Schleuse angekommene Radfahrer übernimmt auf der Rückfahrt die Begleitung des nächsten zu Tal fahrenden Schleppzuges. Jeder Schleppzug — ein Schlepper, zwei Anhänger — muß durch einen Radfahrer begleitet werden. Größere Zuglängen, etwa mehrere Schleppzüge hintereinander, dürfen nicht gebildet werden, da dann die Durchfahrtzeit unter den Toren zu lang und die Zeit für den Ausgleich der Haltungen zu kurz wird. Ist eine Torstrecke sehr lang, wie z. B. die unterste Werrastrecke oberhalb Münden, so kann sie in zwei oder mehr Abschnitte zerlegt werden, deren Bedienung wie diejenige der selbständigen Schleusenstrecken erfolgt.

Schaltschema für die Torbewegung. Um zu zeigen, daß die vorstehend beschriebene Art der Torbewegung möglich ist, ist in Abb. 6 Bl. 2 ein Schaltschema beigelegt, welches wir ebenso wie die folgenden elektrotechnischen Ausführungen der freundlichen Mitarbeit des Herrn Regierungsbaumeisters Stieglitz-Cassel verdanken. Das Schaltschema wird zwar bei der genaueren Ausarbeitung noch Änderungen und Ergänzungen erfahren müssen. So sind der Einfachheit und Klarheit halber die Selbstanlasser vor den Motoren fortgelassen. Immerhin erhellt daraus, daß die scheinbar schwierigen Bedingungen, welche bei der Torbewegung zu erfüllen sind, durch einfache Handgriffe erledigt werden können.

Die Bedingungen für das Schaltschema sind folgende:

1. Die Motoren der Tore müssen so miteinander verbunden sein, daß die Tore der geraden Nummern stets die gleiche Bewegung gemeinsam ausführen und ebenso die Tore der ungeraden Nummern.

2. Einer Senkbewegung der Tore mit gerader Nummer soll gleichzeitig eine Hubbewegung der Tore mit ungerader Nummer entsprechen.

3. Die Bewegung der Tore soll an jedem Tore selbst eingeleitet werden können, und zwar so, daß das jeweils bediente Tor und alle anderen der gleichen Gruppe sich

senken, während das Heben der anderen Torgruppe durch Schaltung zwangsläufig erfolgt.

4. Es muß möglich sein, die Stromzuführung an jedem Tore für die ganze Strecke zu unterbrechen.

5. Die Unterbrechung der Stromzuführung und die Einleitung der Torbewegung soll von jedem Ufer aus erfolgen können.

In dem Schaltschema sind fünf Tore angenommen. Der Schleppzug fährt in Richtung I bis V und hat gerade Tor III verlassen. Der Begleitmann hat durch Heben des Schaltehebels in Stellung 3 (Text-Abb. 10) den Strom eingeschaltet und die Senkung des Tores III eingeleitet. Die gleiche Bewegung macht Tor I und V, während Tor II und IV in die Höhe gehen. Der Betätigungsschalter ist doppelpolig mit drei Stellungen, Betriebs-, Ausschalt- und Senkstellung. Der Begleitmann wartet nun so lange, bis Tor III geschlossen oder

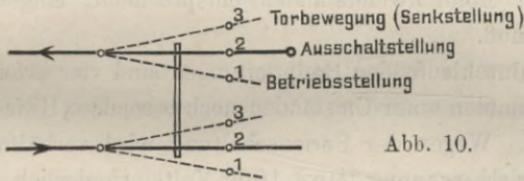


Abb. 10.

durch Betätigung des Endausschalters angehalten ist. Dann bringt er den Schalter über Stellung 2 in die Betriebsstellung 1, überholt seinen Schleppzug und fährt ihm voraus nach Tor IV, welches er geöffnet vorfindet. Hier stellt er den Hebel von 1 auf 2, wodurch der Strom ausgeschaltet wird, wartet, bis der Schleppzug das Tor durchfahren hat und wiederholt dann die oben beschriebenen Handgriffe. Senkt sich das Tor, wenn der Hebel auf 3 gestellt ist, nicht, so befindet sich an einer anderen Stelle der Torstrecke noch ein Schleppzug unter dem betreffenden Tore. Die Senkbewegung tritt erst ein, wenn auch dort auf Stellung 3 geschaltet ist.

In der Endstellung des Tores muß der Motor abgestellt werden. Dies geschieht durch Endschalter, welche selbsttätig den Umschalter durch Anheben des Gegenarmes von

der Senkstellung in die Ausschaltstellung zurückführen. Hierdurch wird erreicht, daß die nicht betätigten Schalter der Tore I, II, IV und V von dem Endschalter nicht berührt und daher nicht beeinflußt werden. Dies ist notwendig, weil sonst der Stromlauf für die nächste Torbewegung von anderen Stellen aus gestört würde. Die Endschalter werden verstellbar an den Toren angebracht und für die augenblickliche Wasserführung eingestellt. Für gewöhnlich gehen sie an den fest auf den Torgerüsten sitzenden Schaltern und deren Gegenhebel (Endschalterbetätigung) vorbei. Nur an dem gerade bedienten Tor wird durch die Stellung des Schalters auf 3 der ganze Schalter so weit seitlich gerückt, daß er in die Ebene des Endschalters kommt und von diesem betätigt werden kann. Beim Umschalten in die Betriebsstellung rückt der Schalter wieder in seine frühere Lage.

Die Betriebsstellung gestattet infolge Kurzschluß den durchlaufenden Stromfluß, der durch geeignete Widerstände (W), den Motorenwiderständen entsprechend, eingeschränkt werden muß.

An durchlaufenden Hauptleitungen sind vier erforderlich. Hierzu kommen unter Umständen noch besondere Hilfs-Signalleitungen. Wegen der Serienschaltung wird verhältnismäßig hohe Betriebsspannung (etwa 1000 Volt) erforderlich werden.

Die Bedingung 5 ist auf dem Schaltschema nicht besonders dargestellt. Sie kann dadurch erfüllt werden, daß auf jeder Uferseite ein Schalter, wie oben beschrieben, angebracht wird. Die Schaltung an jedem Tor wird dann so sein wie in Text-Abb. 11.

Wenn die eine Torgruppe zum Durchlassen des überschüssigen Wassers nicht ganz geschlossen wird, so wird die andere Gruppe um dasselbe Maß weniger gehoben. Trotzdem muß unter dem angehobenen Tor stets die erforderliche Höhe von 4 m über dem Spiegel der ausgeglichenen Haltung sein. Die Torgerüste sind dementsprechend höher zu bauen.

In dem Betriebsplan war angenommen, daß die Tore der einen Gruppe erst in die Höhe gehen sollten, wenn die Tore der anderen Gruppe bereits geschlossen sind, um zu

beweisen, daß ausreichend Zeit für diese Bewegung zur Verfügung steht. Es kann aber vielleicht damit gerechnet werden, daß auch die gleichzeitige Bewegung sämtlicher Tore

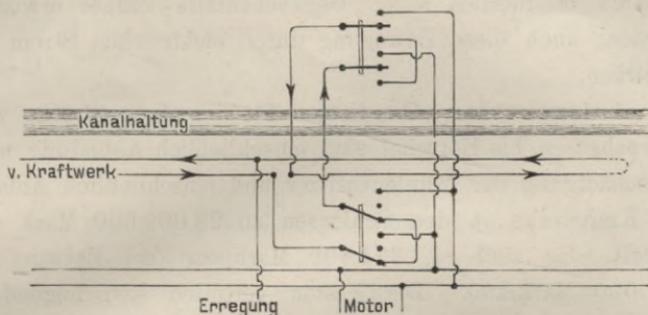


Abb. 11.

Wasserverluste nicht zur Folge hat. Bei der Länge der Haltungen wird die Ausgleichswelle möglicherweise erst an dem nächsten Tore ankommen, wenn dieses bereits geschlossen ist. Versuche werden in dieser Hinsicht noch die erforderliche Klärung geben können. Die Tore sind mit Signalen, ähnlich denen der Eisenbahn (bei Nacht Lichter), derart zu verbinden, daß jederzeit ersichtlich ist, ob sie geschlossen oder geöffnet sind.

Die Einstellung der an den Toren angebrachten Endschalter erfolgt derart, daß zunächst durch Versuche festgestellt wird, bis zu welcher Lage die Tore bei den verschiedenen Wasserführungen (Pegelständen) herabgelassen werden dürfen, damit der erforderliche Stau von 40 bzw. 50 cm gehalten werden kann. Die diesen Torstellungen (Wassermengen, Pegelständen) entsprechenden Stellungen der Endschalter werden gleichfalls ein für allemal festgelegt, so daß bei einem bestimmten Pegelstand die Endschalter einer Torstrecke von den Streckenradfahrern gleichmäßig eingestellt werden können.

Für die immerhin selten vorkommende Einzelbewegung der Tore dient vorläufig ein Handantrieb, welcher nach Auskuppelung des Motors auf die Vorgelegewelle wirkt. Wenn die Wasserführung in der Werra so groß ist, daß ohne Stau

die erforderliche Schiffahrtstiefe vorhanden ist, müssen sämtliche unten befindlichen Tore auf diese Weise angehoben werden. Auch kann die Einzelbewegung für Instandsetzungsarbeiten erforderlich sein. Gegebenenfalls könnte erwogen werden, auch diese Bewegung durch elektrischen Strom zu bewirken.

Anlagekosten. Die Kosten für die obere Strecke von Wernshausen bis Hörschel sind einschließlich Abfindung und Entschädigung der Mühlenbesitzer und einschließlich Anlage der Kraftwerke an den Schleusen zu 23 000 000 Mark ermittelt, das sind rd. 324 000 Mark/km (bei Entwurf II 357 000 Mark/km). Die Kosten verteilen sich folgendermaßen auf die einzelnen Arbeiten:

Tit. I.	{	Grunderwerb	1 322 000	Mark
		Abfindungen und Entschädigungen	1 978 000	"
" II.	{	Erdarbeiten	6 000 000	"
		Uferbefestigungen	3 000 000	"
" III.		Schleusen, Wehre und Kraftwerke	3 575 000	"
" IV.		Tore 101 · 45 000 =	4 545 000	"
" V.		Brücken	1 200 000	"
" VI.		Insgemein	1 380 000	"
			<hr/>	
			23 000 000	Mark.

Für die beiden folgenden Strecken ist angenommen, daß Grunderwerb, Bodenbewegung und Brückenbaukosten im Verhältnis dieselben bleiben. Nur die Zahl der Schleusen und Tore ist verschieden und die Entschädigung für die Mühlenbesitzer. Auf der unteren Strecke sind z. B. nur 6,8 m Mühlengefälle zu beseitigen gegen 17 m auf der oberen Strecke, und Entschädigung für Wasserentziehung ist überhaupt nicht zu zahlen.

Mittlere Strecke:

Tit. I.	{	Grunderwerb	851 865	Mark
		Abfindungen und Entschädigungen	468 135	"
" II.	{	Erdarbeiten	3 865 875	"
		Uferbefestigungen	1 934 125	"
" III.		Schleusen, Wehre und Kraftwerke	1 400 000	"
" IV.		Tore 54 · 45 000 =	2 430 000	"
" V.		Brücken	780 000	"
" VI.		Insgemein	770 000	"
			<hr/>	
			12 500 000	Mark.

Untere Strecke:

Tit. I.	{ Grunderwerb	1 173 060	Mark
	{ Abfindungen und Entschädigungen	756 940	"
" II.	{ Erdarbeiten	5 323 500	"
	{ Uferbefestigungen	2 676 500	"
" III.	Schleusen, Wehre und Kraftwerke	1 555 000	"
" IV.	Tore 77·45 000 =	3 465 000	"
" V.	Brücken	1 071 000	"
" VI.	Insgemein	979 000	"
		<hr/>	
		17 000 000	Mark.

Für den 6 km langen Stichkanal nach Eisenach sind dieselben Kosten eingesetzt wie für Entwurf II, da des sehr steilen Gefälles wegen (etwa 1 : 500) die Torkanalisation hier nicht durchführbar ist, also 5 000 000 Mark.

Die Gesamtkosten für Entwurf III betragen demnach 57 500 000 Mark. Hierzu kommen noch die Kosten der Talsperren mit rd. 9 500 000 Mark, so daß die Schiffbarmachung der ganzen Strecke von Münden bis Wernshausen einschließlich Anlage der Kraftwerke die Summe von 67 000 000 Mark erfordert gegenüber 69 000 000 Mark des Entwurfes II ohne Talsperren und Kraftwerke. Durch die beiden letztgenannten Anlagen würden sich die Kosten für Entwurf II noch um 16 500 000 Mark erhöhen, durch den Bau der Talsperren allein um 9 500 000 Mark.

Die technische Durchführbarkeit der reinen Schleusenkanalisation hängt nicht unbedingt von der Anlage von Talsperren und Kraftwerken ab. Auch die geringste Wasserführung in der Werra — 2 cbm/Sek. — reicht noch aus, um außer Deckung der Verluste für Verdunstung und Versickerung das Schleusungswasser für einen Jahresverkehr von etwa 4 000 000 t sicherzustellen. Es ist aber klar, daß die Entziehung einer derartigen Wassermenge den Mühlenanlagen empfindlichen Schaden bringen und sie zeitweise gänzlich still legen würde. Auch die Landwirte dürften Einspruch erheben, wenn für die Bewässerung ihrer Ländereien gerade in der trockenen Jahreszeit kein oder nur ungenügendes Wasser aus Rücksicht auf die Schifffahrt abgegeben würde. Die Erbauung von Talsperren erscheint also auch für die reine Schleusen-

kanalisierung im allgemein wirtschaftlichen Interesse geboten, um so mehr, als sie gleichzeitig einen wirksamen Schutz gegen die gefährlichen Hochwasser im Werratal bieten, deren Abfluß durch Einbau der vielen Staustufen nicht erleichtert werden dürfte. Der Ausbau der Kraftwerke kommt erst in zweiter Linie in Frage, würde aber bei der ungleichen Wasserführung der Werra und der erheblichen Wasserabgabe an die Schifffahrt ohne Anlage von Talsperren gleichfalls wirtschaftlich schwer zu verwirklichen sein.

In dem Ergebnis des Kostenvergleiches der drei Entwürfe:

Entwurf I		Entwurf II		Entwurf III
ohne Talsperren	mit Talsperren	ohne Talsperren	mit Talsperren	
42 000 000	51 500 000	69 000 000	78 500 000	67 000 000

müssen deshalb die Kosten des Entwurfes III — 67 000 000 Mark —, welche Talsperren und Kraftwerke in sich einschließen, den 78 500 000 Mark des Entwurfes II gegenübergestellt werden. Die Torkanalisation würde also 11 500 000 Mark billiger werden als die reine Schleusenkanalisation, wobei unberücksichtigt bleiben möge, daß bei der Torkanalisation die Anlage von 10 Kraftwerken — 1 950 000 Mark — mitveranschlagt ist, durch welche elektrischer Strom für die Bewegung der Tore und Schleusen und darüber hinaus auch für andere Zwecke erzeugt werden kann.

Kosten der Unterhaltung und des Betriebes.

Die allgemeinen Verwaltungskosten, welche aus der Einrichtung der erforderlichen Aufsichts- und Verwaltungsbehörden erwachsen, werden für beide Kanalisierungsarten ungefähr dieselben sein. Die Kosten des eigentlichen Betriebes, wie die Beaufsichtigung und Bedienung der Bauwerke, und diejenigen der Unterhaltung sind verschieden.

Man kann annehmen, daß für jede Schleuse mit Wehranlage ein Schleusenmeister und zwei Bedienungsleute und, wenn ein Kraftwerk vorhanden ist, noch ein Maschinist erforderlich sind. Die Bedienung der Torstrecken erfolgt durch

Radfahrer. Wird jedem dieser Radfahrer eine Strecke von etwa 10 km zugewiesen, so kann er den Hin- und Rückweg (je 2 Std.) zweimal am Tage machen und hierbei zwei Schleppzüge zu Berg und zwei zu Tal begleiten. Nimmt man, wie üblich, an, daß die Hinfahrt mit voller, die Rückfahrt mit $\frac{1}{5}$ Fracht erfolgt, so kann 1 Radfahrer täglich $480 \cdot 2 \cdot 2 = 1920$ t und an 270 Betriebstagen $1920 \cdot 270 = 518400$ t im Jahr befördern. Bei 2 Radfahrern (Mindestbestand) steigert sich diese Leistung auf rd. 1 000 000 t.

Im folgenden sollen die Betriebs- und Unterhaltungskosten der ganzen Strecke Wernshausen-Münden einschließlich des Stichkanals nach Eisenach nach beiden Kanalisierungsarten (Entwurf II und III) für einen Verkehr von 1, 2, 3 und 4 Mill. Tonnen gegenübergestellt werden:

Entwurf II.

1. Unterhaltung der Strecke, 180 km Hauptkanal, 6 km Stichkanal, je 1500 $\mathcal{M} = 186 \cdot 1500$ 279 000 \mathcal{M}
2. Unterhaltung der Bauwerke, 0,4 vH. der festen Teile und 1 vH. der beweglichen Eisenkonstruktionen (bewegliche Wehrteile).

Für die obere, 71 km lange Strecke beträgt Tit. III u. IV des Kostenüberschlages (Schleusen, Wehre und Brücken, S. 6) $9371000 + 1280000 = 10651000$ \mathcal{M} oder 150 000 \mathcal{M}/km . Die beweglichen Teile der 49 Wehre sind zu je 40 000 \mathcal{M} zu veranschlagen. Daher Kosten von Tit. III u. IV für die ganze 180 km lange Strecke:

$$180 \cdot 150000 - 45 \cdot 40000 + 2340000 \text{ (Stichkanal)} \\ = 27540000 \mathcal{M}$$

für die festen und

$$45 \cdot 40000 + 160000 \text{ (Stichkanal)} = 1960000 \mathcal{M}$$

für die beweglichen Teile.

$$\begin{array}{rcl} \text{Unterhaltungskosten: } 27540000 \cdot \frac{0,4}{100} & & 110160 \text{ „} \\ \text{„} & 1960000 \cdot \frac{1}{100} & 19600 \text{ „} \end{array}$$

3. Betrieb der Schleusen und Wehre:

$$49 \text{ Schleusenmeister, Gehalt 1400 bis 2000, im Mittel } 1700 \mathcal{M} = 49 \cdot 1700 83300 \text{ „}$$

$$49 \cdot 2 = 98 \text{ Bedienungsleute} = 98 \cdot 1200 117600 \text{ „}$$

4. Unterhaltung und Betrieb der Baggergeräte und

$$\text{Dampfschiffe 100000 „}$$

$$\begin{array}{r} \text{Im ganzen: } 709660 \mathcal{M} \\ = \text{rd. } 709700 \mathcal{M}. \end{array}$$

Entwurf III.

Die Verteilung der Radfahrer auf die Strecke Wernshausen-Münden (Mindestbestand für 1 Mill. Tonnen Verkehr) kann in folgender Weise geschehen:

Torstr. 1, Herrenbreitungen-Allendorf, 15 Tore, rd. 10 km, 2 Radfahrer,				
" 2, Allendorf-Tiefenort,	11	"	8	2
" 3, Tiefenort-Vacha,	16	"	11	2
" 4, Vacha-Lengers,	14	"	9	2
" 5, Lengers-Berka,	16	"	11	2
" 6, Berka-Hörschel,	29	"	20	4
" 7, Hörschel-Treffurt,	38	"	30	6
" 8, Treffurt-Wanfried,	15	"	14	3
" 9, Wanfried-Albungen	21	"	17	3
" 10, Albungen-Unterrieden	30	"	25	5
" 11, Unterrieden-Münden,	27	"	20	4
	232 Tore,		35 Radfahrer.	

a) Verkehr 1 Mill. Tonnen im Jahr:

1. Unterhaltung der Strecke, wie bei Entwurf II. . . 279 000 *M*

2. Unterhaltung der Bauwerke:

0,4 vH. der festen Teile.

1 vH. der beweglichen Eisenkonstruktionen.

6 vH. der Maschinenanlagen (einschl. Erneuerung).

5 vH. der Leitungsanlagen (einschl. Erneuerung).

Die beweglichen Teile der Wehre sind zu je 40 000 *M*, die Maschinenanlagen der Kraftwerke zu je 100 000 *M*, diejenigen der Tore zu je 3 000 *M*, die Eisenkonstruktionen der Tore zu je 8 000 *M* und die Leitungsanlagen zu 3 000 *M* für jedes Tor zu veranschlagen.

Kosten der festen Teile:

Obere Strecke:

Tit. III: 3 575 000 — 6(120 000 + 40 000) 2 615 000 *M*

Tit. IV: 101 · 31 000 3 131 000 "

Tit. V 1 200 000 "

Mittlere Strecke:

Tit. III: 1 400 000 — 320 000 1 080 000 "

Tit. IV: 54 · 31 000 1 674 000 "

Tit. V 780 000 "

Untere Strecke:

Tit. III: 1 555 000 — 320 000 1 235 000 "

Tit. IV: 77 · 31 000 2 387 000 "

Tit. V 1 071 000 "

15 173 000 *M*

Stichkanal: 2 340 000 "

17 513 000 *M*

Unterhaltungskosten: 17 513 000 · $\frac{0,4}{100}$ 70 052 *M*

Seitenbetrag 349 052 *M*

	Übertrag 349052 <i>ℳ</i>	
Kosten der beweglichen Eisenkonstruktionen:		
Wehre: 10 · 40000	400000 <i>ℳ</i>	
Tore: 232 · 8000	1856000 "	
	Stichkanal: 160000 "	
	2416000 <i>ℳ</i>	
Unterhaltungskosten: 2416000 · $\frac{1}{100}$		24 160 "
Kosten der Maschinenanlagen:		
Kraftwerke: 10 · 100000	1000000 <i>ℳ</i>	
Tore: 232 · 3000	696000 "	
	1696000 <i>ℳ</i>	
Unterhaltungskosten: 1696000 · $\frac{6}{100}$		101 760 "
Kosten der Leitungsanlagen:		
232 · 3000	696000 <i>ℳ</i>	
Unterhaltungskosten: 696000 · $\frac{5}{100}$		34 800 "
		509 772 <i>ℳ</i>
	= rd.	509 800 "
3. Betrieb der Schleusen, Kraftwerke, Wehre und Tore:		
14 Schleusenmeister: 14 · 1700		23 800 "
10 Maschinisten: 10 · 1700		17 000 "
14 · 2 = 28 Bedienungsleute und 35 Radfahrer, zusammen 63 · 1200		75 600 "
4. Unterhaltung und Betrieb der Baggergeräte und Dampfschiffe		
		100 000 "
		726 200 <i>ℳ</i>
b) Verkehr 2 Mill. Tonnen im Jahr:		
Es erhöhen sich nur die unter a) 3. eingesetzten Betriebskosten um 35 · 1200 = 42 000 <i>ℳ</i> . Also Gesamtunterhaltungskosten		768 200 "
c) Verkehr 3 Mill. Tonnen im Jahr:		
Gesamtunterhaltungskosten		810 200 "
d) Verkehr 4 Mill. Tonnen im Jahr:		
Gesamtunterhaltungskosten		852 200 "

Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten.

Im folgenden soll der für die Schleusenkanalisierung günstige Fall angenommen werden, daß dort keine Talsperren erbaut werden, während diese bei dem Torkanal unter allen Umständen erforderlich sind, dann allerdings auch Einnahmen aus Wasserkraft liefern. Ohne Berücksichtigung dieser Einnahmen ergibt sich dann folgende Zusammenstellung:

Entwurf II.

Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals

69 000 000 zu $4\frac{1}{2}$ vH. 3 105 000 Mark

Entwurf III.

Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals

67 000 000 zu $4\frac{1}{2}$ vH. 3 015 000 „

Einnahmen (außer Schifffahrtabgaben). Außer den Schifffahrtabgaben sind besondere Einnahmen nur bei der Torkanalisation aus der Anlage der Talsperren zu erwarten. Da diese Talsperren in erster Linie der Erhöhung des Niedrigwassers in den vier trockenen Monaten Juli bis Oktober dienen sollen und der Kosten wegen so knapp bemessen werden müssen, daß sie am Ende dieser Zeit bis auf einen geringen eisernen Bestand entleert sein werden, so kann zunächst an eine volle Ausnutzung der verfügbaren Wasserkräfte nicht gedacht werden. Um aber zu zeigen, daß immerhin eine beschränkte Ausnutzung möglich ist und hieraus nicht unerhebliche Einnahmen erzielt werden können, sollen im folgenden die beiden Talsperren im Haselgebiet auf die Möglichkeit der Gewinnung von Wasserkraft untersucht werden. Die Angaben stützen sich auf die Untersuchungen von Dr.-Ing. Wolf, Innecken und Leppla, die sich im wesentlichen decken.

Die Talsperre bei Schwarza schließt die Täler der Schönau und Christes an ihrer Vereinigungsstelle ab. Das Niederschlagsgebiet umfaßt 150 qkm. Die größte Stauhöhe beträgt 30 m, der Inhalt des gefüllten Beckens 15 000 000 cbm. Die Kosten sind auf 4 000 000 Mark veranschlagt. Das Kraftwerk wird zweckmäßig für 1200 PS Höchstleistung ausgebaut und kann im Monat bei 10-stündigem täglichem Betriebe 240 000 K.W.-Stunden leisten. Das weitere ist aus Zusammenstellung I ersichtlich.

Die durchschnittliche Gesamtleistung im Jahre beträgt demnach 2 500 000 K.W.-Stunden.

Die Talsperre bei Ellingshausen im Haseltal wird aus einem Niederschlagsgebiet von 328 qkm gespeist und nimmt

Zusammenstellung I.

Monat	Zufluß cbm/Sek.	Monatl. Zufluß cbm	Monatl. Abfluß cbm	Inhalt des Beckens am Ende des Monats cbm	Mittleres Nutz- gefälle m	Verfügbare Gesamtleistung in K.W.-Std.	Leistung bei Aus- bau auf 1200 PS in K.W.-Std.
Januar	2,40	6 428 000	7 000 000	6 182 000	19,7	255 000	240 000
Februar	2,24	5 806 000	7 000 000	4 988 000	18,3	240 000	240 000
März	3,98	10 657 000	8 000 000	7 645 000	19,4	287 000	240 000
April	5,36	13 893 000	9 000 000	12 538 000	24,4	400 000	240 000
Mai	3,62	9 696 000	8 000 000	14 234 000	28,3	420 000	240 000
Juni	1,83	4 743 000	4 977 000	14 000 000	29,6	273 000	240 000
Juli	0,79	2 116 000	5 500 000	10 616 000	27,6	280 000	240 000
August	0,69	1 848 000	5 500 000	6 984 000	22,8	232 000	232 000
September	1,02	2 644 000	5 500 000	4 108 000	18,1	184 000	184 000
Oktober	1,43	3 830 000	5 500 000	2 438 000	13,9	140 000	140 000
November	1,70	4 406 000	4 500 000	2 344 000	11,8	98 000	98 000
Dezember	3,70	9 910 000	5 500 000	6 754 000	16,6	170 000	170 000
		75 977 000	75 977 000		20,9	2 979 000	2 504 000

das aus der Sperre bei Schwarza abfließende Wasser auf. Die größte Stauhöhe beträgt 17 m, das Becken faßt bei voller Füllung 23 000 000 cbm. Die Kosten ohne Kraftwerk sind gleichfalls auf 4 000 000 Mark veranschlagt. Das Kraftwerk soll auf 1500 PS ausgebaut werden und leistet im Höchsfalle monatlich 300 000 KW-Stunden. Das einzelne ergibt sich aus Zusammenstellung II.

Die größte durchschnittliche Gesamtleistung im Jahre beträgt rd. 3 100 000 K.W.-Stunden.

Rechnet man als Reingewinn, abzüglich der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals und der Abschreibung, nur 1 Pf. für die abgegebene K.W.-Stunde — Betrag, der von den Einnahmen der Edertalsperre dem Ems-Weser-Kanal zugeführt werden soll —, so ergibt sich für beide Sperren eine Rein-Einnahme von 56 000 Mark.

Der Zuschuß zur Erhöhung des Niedrigwassers in der Werra während der vier trockenen Monate beträgt (vgl. die Tabellen) aus der Schönausperre $4 \cdot 5\,500\,000 - (2\,116\,000 + 1\,848\,000 + 2\,644\,000 + 3\,830\,000) = 11\,562\,000$ cbm und aus der Haselsperre $4 \cdot 13\,500\,000 - (2\,491\,000 + 2\,140\,000 + 3\,162\,000 + 4\,580\,000) = 19\,677\,000$ cbm, zusammen also 31 239 000 cbm oder in 1 Sek. 3 cbm. Bei 15stündigem Schiffahrtbetrieb entspricht dies einem Zuschuß von rd. 5 cbm/Sek., genügt also, wie oben nachgewiesen wurde, den gestellten Forderungen. Besondere Rücksicht auf einen Hochwasserschutzraum brauchte bei Bestimmung der monatlichen Beckenfüllungen nicht genommen zu werden, weil in den Zahlen für die monatlichen Zuflüsse etwaige Hochfluten bereits enthalten sind. Der Ausgleich für das ungleichmäßig abgelassene Triebwasser erfolgt durch Ausgleichweiher, für welche ein Betrag von 1 500 000 Mark vorgesehen ist.

Gegenüberstellung der jährlichen Ausgaben. Nunmehr läßt sich eine Gegenüberstellung der jährlichen Ausgaben unter Berücksichtigung der Zins- und Tilgungsbeträge sowie der Einnahmen aus Wasserkraft machen.

Zusammenstellung II.

Monat	Zufluß ohne Schönau-sperre cbm/Sek.	Monatlicher Zufluß ohne Schönau-sperre cbm	Monatlicher Zufluß aus der Schönau-sperre cbm	Gesamtzufluß cbm	Abfluß cbm	Inhalt des Beckens am Ende des Monats cbm	Mittleres Nutz-gefälle m	Verfügbare Gesamt-leistung in K. W. - Std.	Leistung bei Ausbau auf 1500 PS in K. W. - Std.
Januar	2,85	7 603 000	7 000 000	14 603 000	14 000 000	7 997 000	9,9	257 000	257 000
Februar	2,66	6 895 000	7 000 000	13 895 000	14 000 000	7 892 000	10,0	260 000	260 000
März	4,72	12 642 000	8 000 000	20 642 000	16 000 000	12 534 000	11,2	332 000	300 000
April	6,35	16 459 000	9 000 000	25 459 000	18 000 000	19 993 000	14,2	473 000	300 000
Mai	4,30	11 517 000	8 000 000	19 517 000	17 000 000	22 510 000	16,3	513 000	300 000
Juni	2,17	5 625 000	4 979 000	10 604 000	10 114 000	23 000 000	16,9	317 000	300 000
Juli	0,93	2 491 000	5 500 000	7 991 000	13 500 000	17 491 000	15,9	400 000	300 000
August	0,81	2 140 000	5 500 000	7 640 000	13 500 000	11 631 000	13,5	337 000	300 000
September	1,22	3 162 000	5 500 000	8 662 000	13 500 000	6 793 000	10,7	268 000	268 000
Oktober	1,71	4 580 000	5 500 000	10 080 000	13 500 000	3 373 000	7,9	200 000	200 000
November	2,02	5 236 000	4 500 000	9 736 000	9 000 000	4 109 000	6,9	115 000	115 000
Dezember	4,40	11 785 000	5 500 000	17 285 000	14 000 000	7 394 000	8,5	220 000	220 000
				166 114 000	166 114 000		11,8	3 692 000	3 120 000

Jährliche Ausgaben.

	Entwurf II	Entwurf III			
	Fast unab- hängig von der Verkehrs- größe <i>M</i>	Jahresverkehr			
		1000000 t <i>M</i>	2000000 t <i>M</i>	3000000 t <i>M</i>	4000000 t <i>M</i>
Betriebs- und Unter- haltungskosten . . .	709 700	726 200	768 200	810 200	852 200
4 $\frac{1}{2}$ vH. Zinsen und Tilgung	3 105 000	3 015 000	3 015 000	3 015 000	3 015 200
Zusammen:	3 814 700	3 741 200	3 783 200	3 825 200	3 867 000
ab Einnahmen aus Kraftwerken	—	56 000	56 000	56 000	56 000
Insgesamt:	3 814 700	3 685 200	3 727 200	3 769 200	3 811 200

Hiernach betragen nicht nur die Anlagekosten der Tor-
kanalisierung weniger als die der Schleusenkanalisierung,
sondern auch die jährlichen Ausgaben, und zwar sind sie
anfangs, wenn der Verkehr gering ist, ebenfalls verhältnis-
mäßig niedrig und steigen erst allmählich mit wachsenden
Gütermengen annähernd auf den gleichen Betrag wie bei der
Schleusenkanalisierung. Auch bei den ungünstigen Verhält-
nissen der Werra werden also unter allen Umständen die im
folgenden nochmals im einzelnen nachzuweisenden großen
Vorteile für den Schifffahrtverkehr und die Landeskultur ohne
Steigerung der Ausgaben erreicht.

Schifffahrtkosten und Fracht. Um die drei Ent-
würfe auch in bezug auf die Wirtschaftlichkeit vergleichen
zu können, sollen im folgenden zunächst die reinen Schiff-
fahrtkosten (Streckenkosten) auf der Teilstrecke Münden—
Wernshausen für die Entwürfe I, II und III vergleichsweise
festgestellt und sodann für die beiden hauptsächlich in Be-
tracht kommenden Verkehrswege Herne—Wernshausen und
Wernshausen—Bremerhaven die gesamten Frachtkosten des
Wasserweges für die Entwürfe I, II und III ermittelt und
den entsprechenden Eisenbahnfrachten gegenübergestellt wer-
den. Dabei sollen für den Weg Herne—Wernshausen zwei
Fälle untersucht werden, erstens, wenn die Schiffsladung in

Herne dem zu erwartenden Weserwasserstand angepaßt wird, und zweitens, wenn mit voller 600 t-Ladung¹⁾ bis Minden gefahren und dort entsprechend dem Weserwasserstand erleichtert wird.

Als Normalschiff wird das 600 t-Schiff mit 9 m Breite und 1,50 m Tiefgang¹⁾ und derjenige Wasserstand in der Weser in die Rechnung eingeführt, wie er sich nach Erbauung der Talsperren an der Eder und Diemel voraussichtlich einstellen wird. Das 1,75 m tief gehende 600 t-Schiff von 8 m Breite würde ungünstigere Ergebnisse haben.

Weiter wird vorausgesetzt, daß die Beförderung in Schleppzügen mit zwei Anhängern erfolgt und daß Tag- und Nachtbetrieb stattfindet bei 270 Betriebstagen im Jahr. Es soll durchweg mit einer Fahrgeschwindigkeit von 5 km/Std. gerechnet werden.

Der Aufenthalt an den Schleusen wird für die Berechnung der reinen Schifffahrtkosten in Kilometer umgerechnet, und zwar für die Schleusen des Entwurfes I zu 8 km, für die Schleppzugschleusen zu 3,5 km und die Schachtschleusen zu 6 km. Für die Abgabenberechnung sind die wirklichen Entfernungen maßgebend.

Als Güter kommen für den Weg Herne—Wernshäusen die Kohle und für den Weg Wernshäusen—Bremerhaven das Kali fast ausschließlich in Frage, also beides Güter der niedrigsten Tarifklasse der westlichen Wasserstraße. Diese unterliegen auf dem Ems-Weser-Kanal von Herne bis Münden einer Abgabe von 0,5 Pf.²⁾/tkm, auf der Weser einer solchen von 0,02 Pf./tkm, und zwar von Bremen bis zur Allermündung voll, von da bis Hameln zu 85 vH. und von

1) Leer 0,30 m, $\frac{1}{4}$ beladen 0,60 m, $\frac{1}{2}$ beladen 0,90 m, $\frac{3}{4}$ beladen 1,20 m, voll beladen 1,50 m Tiefgang.

2) Auf dem Rhein-Weser-Kanal soll Kali nur die Hälfte der Abgaben der niedrigsten Tarifklasse V bezahlen, weil andernfalls der Wasserweg kaum in Betracht kommen würde. Ein gleiches Vorgehen auf der Werra und Weser ist kein wirtschaftliches Erfordernis und würde die Ertragsfähigkeit und Berechtigung der Werrakanalisierung wesentlich beeinträchtigen.

hier bis Münden zu 70 vH. Für die kanalisierte Werra wird die gleiche Abgabe wie auf dem Ems-Weser-Kanal, also 0,5 Pf./tkm angenommen.

Der Berechnung der Schifffahrtkosten sind die bekannten Sympherschen Formeln zugrunde gelegt. Maßgebend für diese Kosten sind die Wasserverhältnisse auf der Weser von Hameln bis Münden nach Erbauung der Talsperren. Hiernach berechnen sich die Schifffahrtkosten folgendermaßen:

2 Vierteljahre	mit $\frac{3}{4}$ Ladung	= 4 Teile	zu	$\frac{140}{n} + 0,63 = \frac{560}{n} + 2,52$
1 Vierteljahr	" $\frac{3}{4}$ "	= 3 "	"	$\frac{100}{n} + 0,42 = \frac{300}{n} + 1,26$
1 "	" $\frac{4}{4}$ "	= 4 "	"	$\frac{90}{n} + 0,30 = \frac{360}{n} + 1,20$
zus.: 11 Teile				$= \frac{1220}{n} + 4,98$
1 Teil = rd.				$\frac{110}{n} + 0,45$ Pf./tkm.

Aus dieser Zusammenstellung geht ferner hervor, daß ein 600 t-Schiff der bezeichneten Art mit Rücksicht auf die Wasserstände in der Weser unterhalb Münden durchschnittlich jährlich mit

$$\frac{2 \cdot 300 + 1 \cdot 450 + 1 \cdot 600}{4} = \text{rd. } 400 \text{ t}$$

beladen werden kann. Im Durchschnitt von Hin- und Rückfahrt kann daher mit einer wirklichen Beladung eines Schiffes von $\frac{400 + 80}{2} = 240$ t gerechnet werden.

A. Reine Schifffahrtkosten (Streckenkosten) auf der Teilstrecke Münden — Wernshausen.

Hierfür kommen nur die im zweiten Teil der obigen Formel angegebenen Streckenkosten in Frage, da es sich um durchgehende Güter handelt, bei welchen Liegekosten (für die Zeit des Ladens und Löschens) auf der Strecke Münden — Wernshausen nicht in Rechnung zu stellen sind.

Länge nach Entwurf III	180 km
Zuschlag für 10 Schleusen je 3,5 km	35 „
	<hr/>
	zusammen 215 Betriebskilometer.
Länge nach Entwurf II	181 km
45 Schleusen je 3,5 km (ohne die in Münden)	157,5 „
	<hr/>
	zusammen 339 Betriebskilometer.
Länge nach Entwurf I	181 km
45 Schleusen je 8 km	360 „
	<hr/>
	zusammen 541 Betriebskilometer.
Schiffahrtkosten nach Entw. III	$215 \cdot 0,45 = 97 \text{ Pf.} = 0,97 \text{ \$/t}$
(Streckenkosten) „ „ II	$339 \cdot 0,45 = 153 \text{ „} = 1,53 \text{ „}$
„ „ „ I	$541 \cdot 0,45 = 243 \text{ „} = 2,43 \text{ „}$

Danach betragen die reinen Schiffahrtkosten auf der Strecke Münden—Wernshausen für durchgehende Güter bei Entwurf III nur 63 vH. derjenigen bei Entwurf II und nur 40 vH. derjenigen bei Entwurf I.

B. Gesamtfrachtkosten auf dem Wasserwege und auf der Eisenbahn:

I. Herne-Wernshausen.

1. Entfernungen auf dem Wasserweg.

Herne-Minden	209,0 km,
Schleuse Münster	3,5 „
Schleuse Minden	6,0 „
Minden-Hameln	71,0 „
Schleuse Hameln (nach Erbauung der geplanten Schleppzugschleuse)	3,5 „
Hameln-Münden	135,0 „
Schleuse Münden	3,5 „
Münden-Wernshausen	180,0 „
10 Schleusen je 3,5 km	35,0 „
	<hr/>
nach Entwurf III	646,5 km.
45 — 10 = 35 · 3,5	122,5 „
	<hr/>
	769,0 km
+ 1 km Mehrlänge	1,0 „
	<hr/>
nach Entwurf II	770,0 km.
45 · 4,5	202,5 „
	<hr/>
nach Entwurf I	972,5 km.

2. Entfernungen auf der Eisenbahn.			
Herne - Wernshausen	360,0 km.		
3. Frachtkosten auf dem Wasserweg.			
a) Die Schiffe leichtern nicht in Minden.			
Schiffahrtkosten: 110 + 647 · 0,45 Pf.	4,01	ℳ/t.	
Nebenkosten, Hafengebühr	0,30	"	
Versicherung	0,10	"	
Abgaben auf dem Ems - Weser - Kanal: 209 · 0,5 Pf.	1,05	"	
Abgaben auf d. Weser: $\left(\frac{85}{100} \cdot 71 + \frac{70}{100} \cdot 135\right)$ 0,02 Pf.	0,03	"	
Abgaben auf der Werra: 180 · 0,5 Pf.	0,90	"	
nach Entwurf III	6,39	ℳ/t.	
123,5 · 0,45	0,56	"	
nach Entwurf II	6,95	ℳ/t.	
202,5 · 0,45	0,91	"	
nach Entwurf I	7,86	ℳ/t.	
b) Die Schiffe leichtern in Minden.			
Schiffahrtkosten auf dem Kanal: 0,90 + 219 · 0,3 Pf.	1,56	ℳ/t.	
dgl. auf Weser und Werra: 428 · 0,45 Pf.	1,93	"	
Hafengebühr und Versicherung	0,40	"	
Hafen- und Aufenthaltsgebühren in Minden	0,30	"	
Abgaben, wie unter a	1,98	"	
nach Entwurf III	6,17	ℳ/t.	
	0,56	"	
nach Entwurf II	6,73	ℳ/t.	
	0,91	"	
nach Entwurf I	7,64	ℳ/t.	
4. Frachtkosten auf der Eisenbahn, 360 km.			
Ausnahmetarif 2 (Rohstoffe)	8,50	ℳ/t.	
Zechenanschlußfracht	0,10	"	
	8,60	ℳ/t.	

Hiernach ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Frachtkosten Herne-Wernshausen für eine Tonne Kohlen in Mark:

Entwurf I	Entwurf II	Entwurf III	Eisenbahn
a) Ohne Leichterung in Minden.			
7,86	6,95	6,39	8,60
b) Mit Leichterung in Minden.			
7,64	6,73	6,17	8,60.

Die Frachtkosten auf dem Wasserwege stellen sich also für Fall 3 a nach Entwurf I 8,6 vH., nach Entwurf II 19,2 vH. und nach Entwurf III 25,7 vH. billiger als die Frachtkosten auf der Eisenbahn. Für Fall 3 b erhöhen sich diese Sätze auf 11,2, 21,7 und 28,2 vH.

II. Wernshausen - Bremen.

1. Entfernungen auf dem Wasserweg.

Wernshausen - Münden	180,0 km,
10 Schleusen je 3,5 km	35,0 "
Schleuse Münden	3,5 "
Münden - Hameln	135,0 "
Schleuse Hameln (nach Erbauung der geplanten Schleppzugschleuse)	3,5 "
Hameln - Allermündung	190,0 "
Allermündung - Bremerhaven	109,0 "
Schleusen Dörverden und Hemelingen	7,0 "
nach Entwurf III	663,0 km.
	123,5 "
nach Entwurf II	786,5 km.
	202,5 "
nach Entwurf I	989,0 km.

2. Entfernungen auf der Eisenbahn.

Wernshausen - Bremerhaven	443,0 km.
-------------------------------------	-----------

3. Frachtkosten auf dem Wasserweg.

Schiffahrtkosten: $110 + 663 \cdot 0,45$	4,08 \mathcal{M}/t ,
Hafengebühr und Versicherung	0,40 "
Abgaben auf der Werra	0,90 "

Abgaben auf der Weser:

$\left(\frac{70}{100} \cdot 135 + \frac{85}{100} \cdot 190 + \frac{100}{100} \cdot 41 \right) 0,02$ Pfg.	0,06 "
nach Entwurf III	5,44 \mathcal{M}/t .
	0,56 "
nach Entwurf II	6,00 \mathcal{M}/t .
	0,91 "
nach Entwurf I	6,91 \mathcal{M}/t .

4. Frachtkosten auf der Eisenbahn.

Ausnahmetarif 3 (Kali)	8,70 \mathcal{M}/t ,
Zechenanschlußfracht	0,10 "
	8,80 \mathcal{M}/t .

Hiernach ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Frachtkosten Wernshausen-Bremen für eine Tonne Kali in Mark:

Entwurf I	Entwurf II	Entwurf III	Eisenbahn
6,91	6,00	5,44	8,80.

Die Frachtkosten auf dem Wasserweg stellen sich demnach nach Entwurf I 21,4 vH., nach Entwurf II 31,7 vH.

und nach Entwurf III 38,1 vH. billiger als auf der Eisenbahn.

Außer der Frachtverbilligung kommt zugunsten des Entwurfes III noch die nicht unwesentliche Zeitersparnis bei der Beförderung der Güter in Betracht. Der Geldwert dieser Zeitersparnis ist, soweit dieselbe die Schiffahrtkosten beeinflusst, in den Frachtsätzen zum Ausdruck gebracht. Für den Kaufmann wird aber nicht selten bei der Wahl des Verkehrsweges neben den Frachtpreisen die Zeit ausschlaggebend sein, in welcher die Beförderung möglich ist. Bei einer stündlichen Geschwindigkeit von 5 km werden für die Befahrung der Werrastrecke nach Entwurf II 25 Std. und nach Entwurf I 41 Std. mehr gebraucht, als nach Entwurf III.

Es ist also nach obigen Darlegungen zu erwarten, daß auf die nach Entwurf III kanalisierte Werra mehr Güter von der Eisenbahn übergehen werden, als wenn sie nach Entwurf I oder II ausgebaut wird.

Landeskultur. Die Vorteile des Entwurfs III gegenüber den anderen beiden Entwürfen hinsichtlich der Landeskultur sind sehr erheblich und teilweise (s. S. 4 u. 17) bereits hervorgehoben. Es möge zusammenfassend darauf hingewiesen werden, daß sich bei Entwurf III nur 10 gegenüber 45 Schleusen mit Wehren in dem Flusse befinden und daß sämtliche anderen Stauwerke beseitigt werden sollen. Hierdurch und infolge der Vergrößerung des Flußquerschnittes wird der Hochwasserabfluß, dessen Spitzen ohnehin durch die Talsperren gemildert werden, ganz bedeutend erleichtert. Durch die vielen kleinen Staue tritt auch gegenüber dem jetzigen Zustande eine Verbesserung der Wasserverhältnisse ein, indem der gewöhnliche Flußwasserstand fast gleichmäßig etwa 1 m unter Talgelände bleibt. Eine Versumpfung oder zu starke Wasserentziehung, wie sie bei Entwurf I und II mit ihren wenigen und starken Gefällen zu befürchten wäre, tritt also nicht ein.

Schlußbemerkung. Diese Gegenüberstellungen zeigen, daß die Torkanalisation, auf die Werra von Wernshausen bis Münden angewandt, vor der reinen Schleusenkanalisation

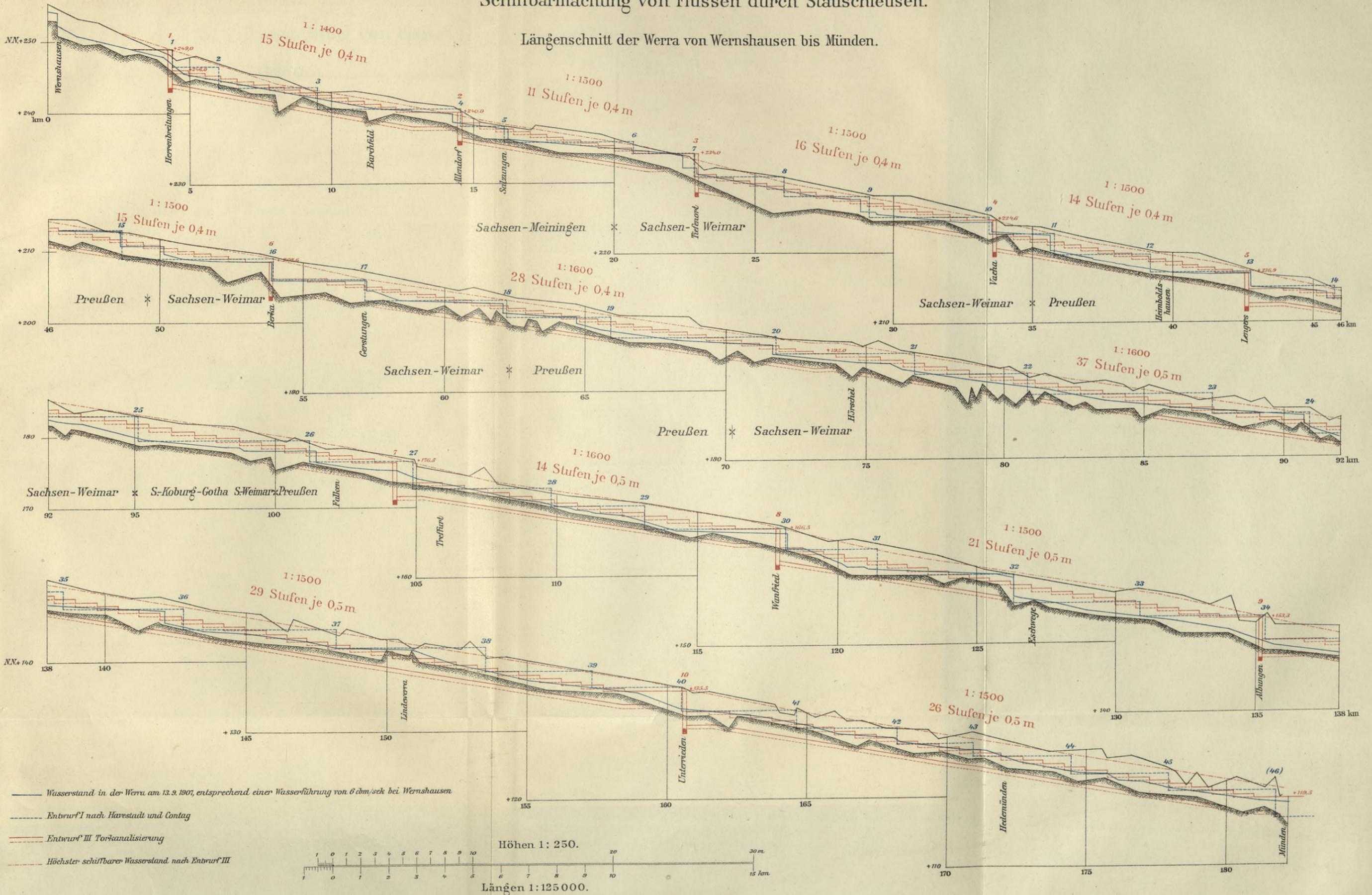
wesentliche Vorteile zu haben scheint. Sie ist sowohl in der Anlage wie in den jährlichen Ausgaben billiger, die Fahrzeit der Schiffe und die Schifffahrtkosten sind geringer, der voraussichtliche Verkehr und die aus den Schifffahrtabgaben zu erwartenden Einnahmen sind größer. Außerdem bringt sie dem Werratal Verbesserung der Vorflut und Schutz gegen die Hochwassergefahren. Ein Nachteil ist der, daß ein zwangsläufiger Betrieb notwendig ist, der sich erst in der wirklichen Ausführung bewähren muß. Versuche in kleinerem Umfange müssen hier zunächst klärend wirken. Es wird vielleicht möglich sein, sie bei dem geplanten und bereits genehmigten erweiterten Ausbau der Aller anzustellen. Erwünscht sind ferner eine sachliche Kritik und Verbesserungsvorschläge sowohl in wasserbaulicher wie elektrotechnischer Beziehung. Vorher möchten auch wir eine Ausführung im großen noch nicht empfehlen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.

Schiffbarmachung von Flüssen durch Stauschleusen.

Längenschnitt der Werra von Wernshausen bis Münden.



Schiffbarmachung von Flüssen durch Stauschleusen.

Abb. 1-3. Stauator.

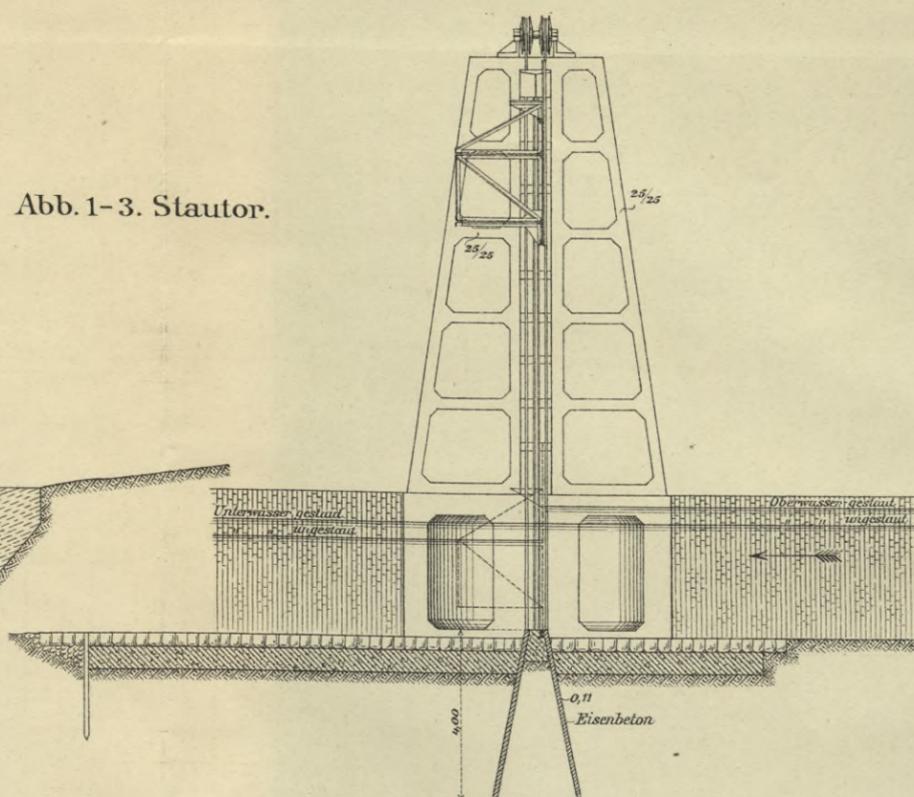
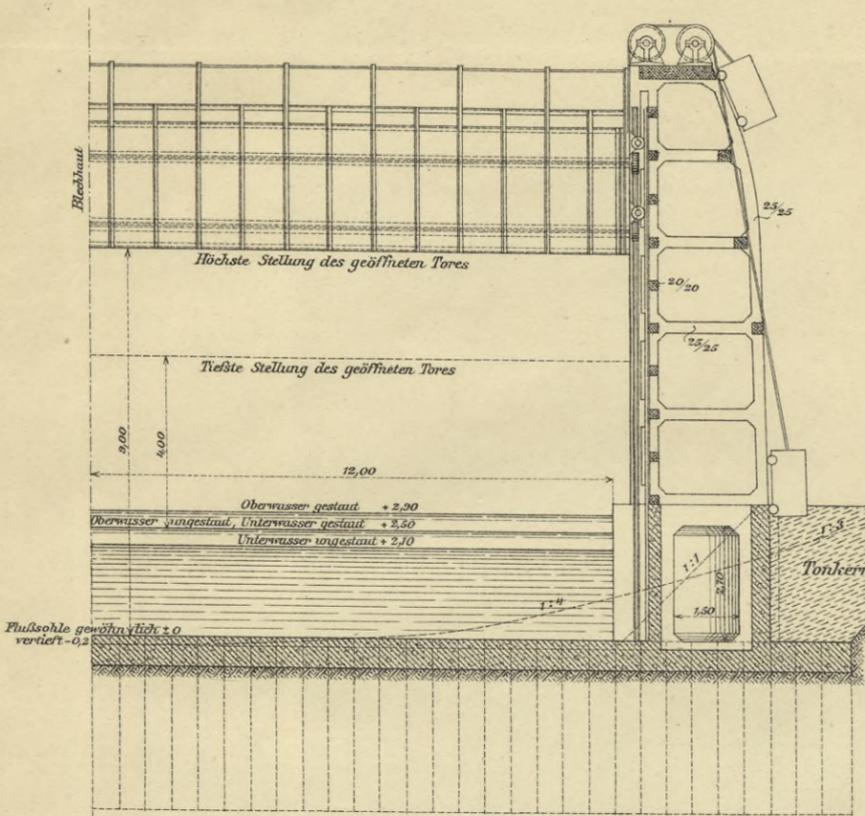


Abb. 1. Längenschnitt.

Abb. 2. Schnitt a-b.

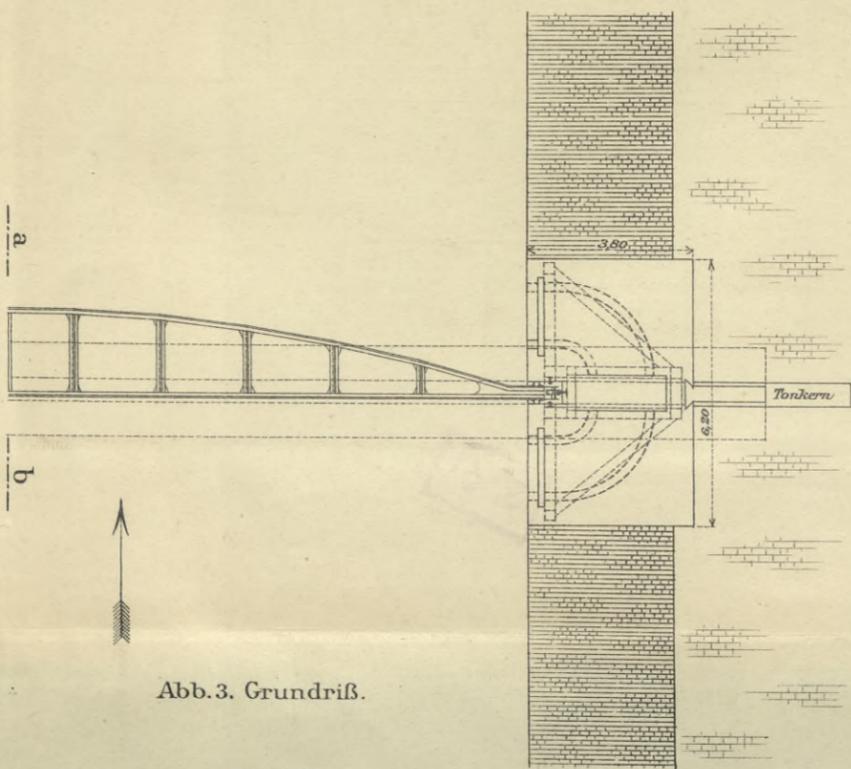


Abb. 3. Grundriß.

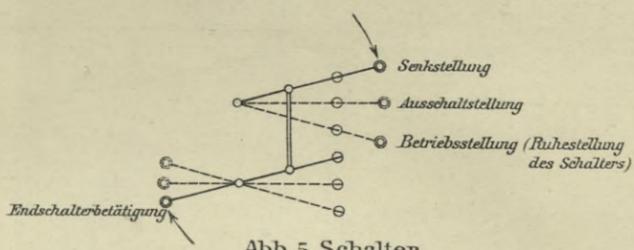
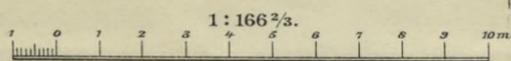


Abb. 5. Schalter.

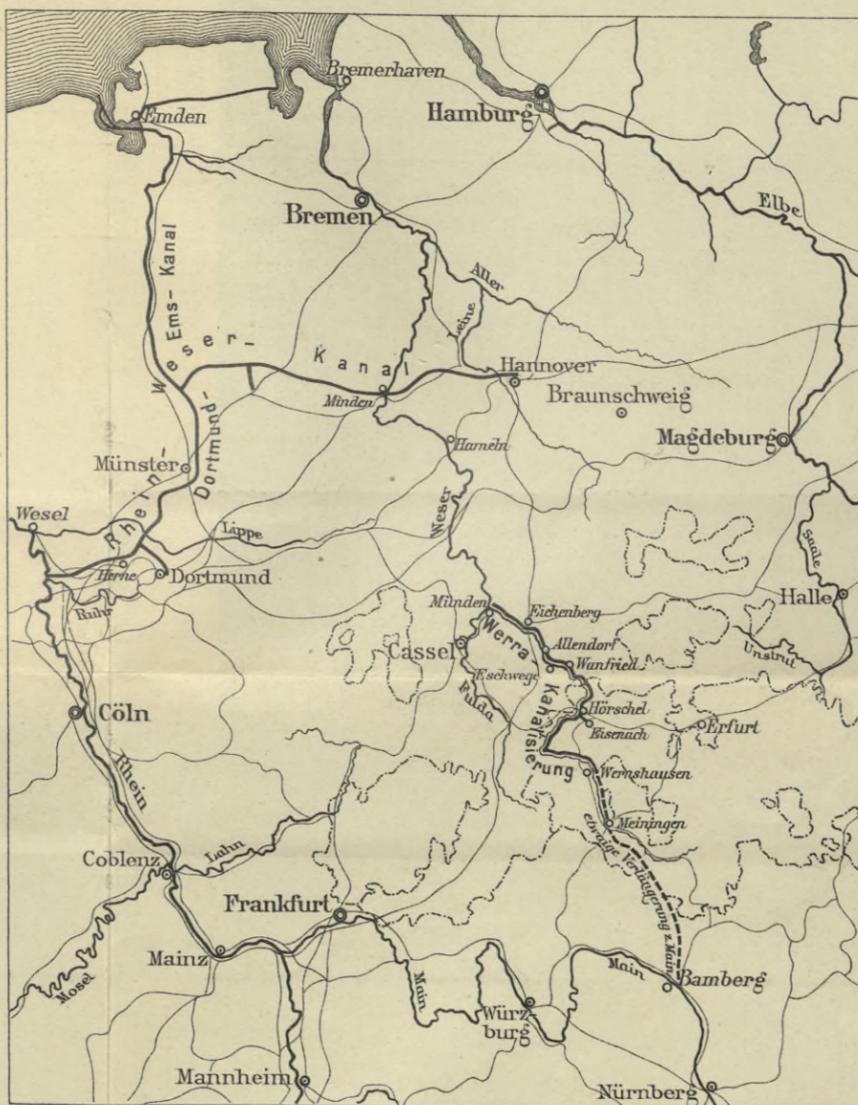


Abb. 4. Übersichtskarte der Werra.

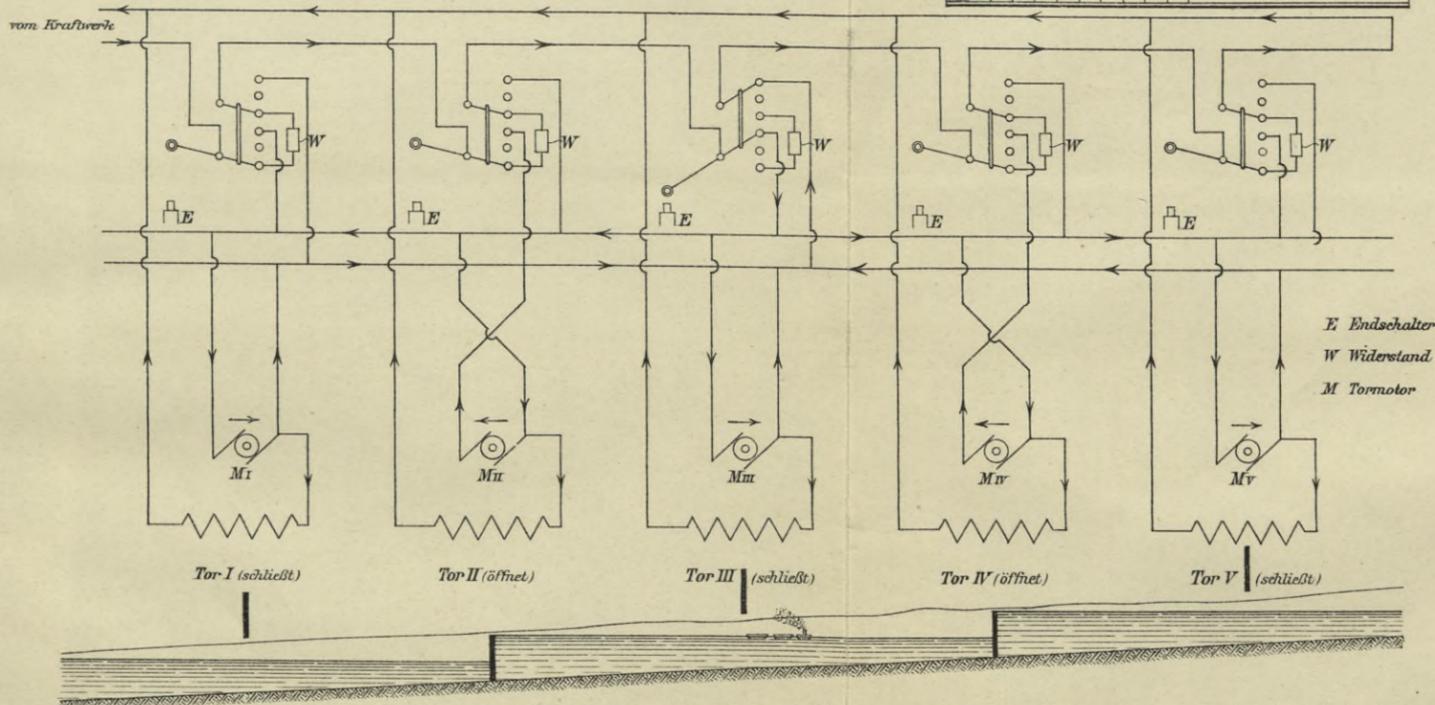
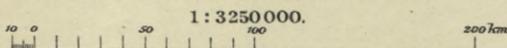


Abb. 6. Schaltschema für 5 Tore.

S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33068

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305760