



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300316





# Südwestdeutsche Wirtschaftsfragen.

Veröffentlichungen des Vereins zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen der Saarindustrie und der Südwestlichen Gruppe des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller

Herausgegeben von Dr. Alexander Tille.

XXXXXXXXXX Heft 11. XXXXXXXXXXXXX

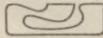
---

## Schiffsbetrieb und Schleusengröße auf kanalisierten Flüssen

Von

P. Werneburg.

675  
*F. Nr. 27797*



Kommissionsverlag der Buchhandlung C. Schmidtke  
Saarbrücken.  
1907.

~~*F. 3.*~~  
~~*166*~~

xx  
797



III-306848

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKOW

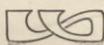
~~III 16277~~

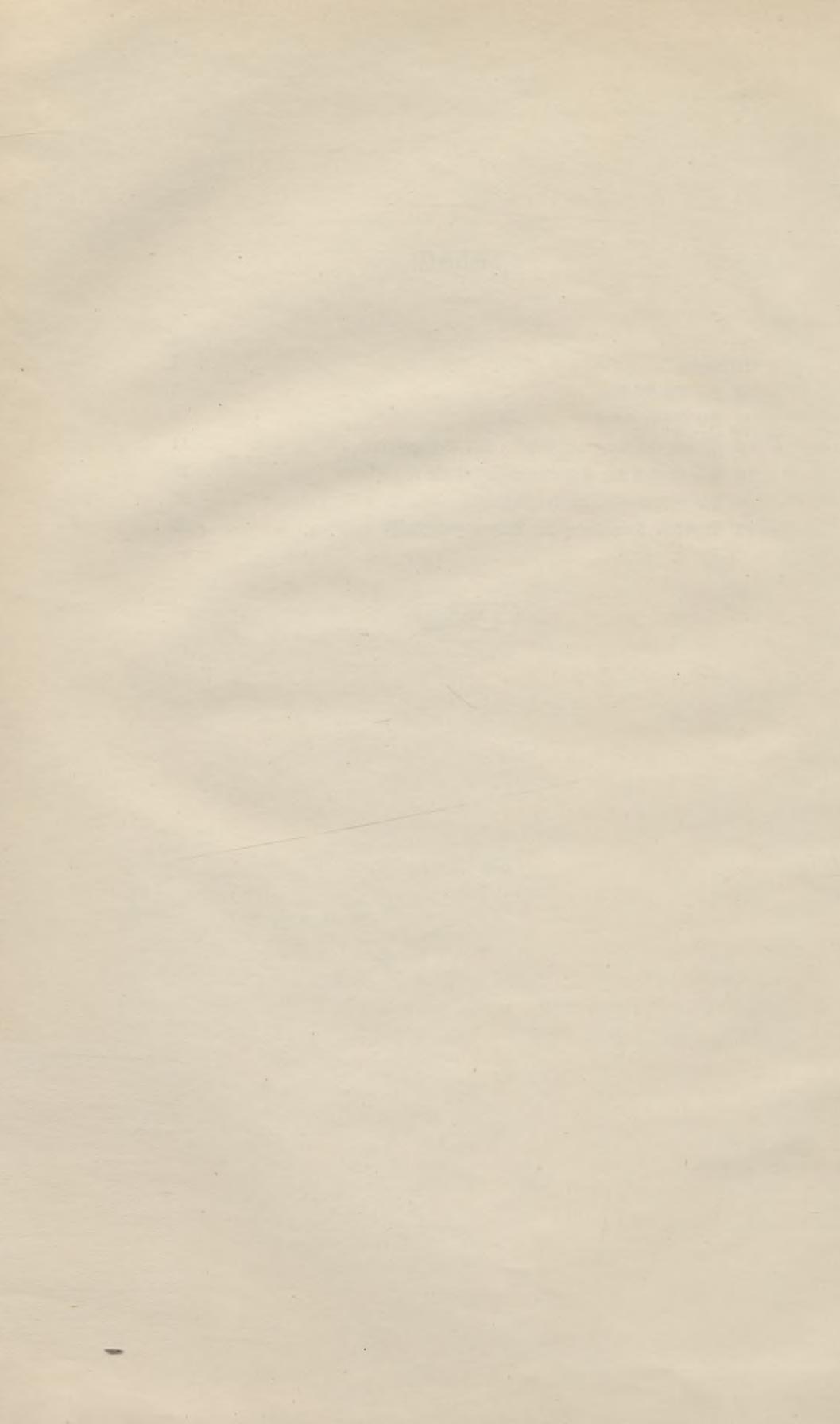
BPK-3 127/2018  
Ak. Nr. ~~8/11/50~~

## Inhalt.



	Seite
Einleitung . . . . .	1
I. Die Schiffskosten . . . . .	3
II. Die Schlepptkosten . . . . .	8
III. Zusammenstellung der Schiffs- und Schlepptkosten . . . . .	11
IV. Der Einfluß der Schleusengröße auf die Frachtkosten . . . . .	19
V. Die Leistungsfähigkeit der Schleusen . . . . .	30
VI. Praktische Anwendung der Rechnungsergebnisse . . . . .	33







## Schiffsbetrieb und Schleusengröße auf kanalisierten Flüssen.

**D**ie Frage des zweckmäßigsten Schiffsbetriebes auf kanalisierten Flüssen und damit zusammenhängend die der vorteilhaftesten Schleusengrößen ist bereits vielfach mehr oder weniger zutreffend behandelt worden; ihre richtige Beantwortung ist von so großer Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit und Rentabilität einer Wasserstraße, daß es der Mühe lohnt, die hierzu erforderlichen, langwierigen Berechnungen anzustellen und aus ihnen die zur Beantwortung führenden Folgerungen zu ziehen.

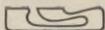
Dieser Untersuchung sollen die Verhältnisse der zu kanalierenden Mosel und Saar zugrunde gelegt werden; selbstverständlich können aber die Ergebnisse derselben ebenso gut auf andere Wasserstraßen unter Berücksichtigung der für diese maßgebenden besonderen Verhältnisse Anwendung finden.

Als zweckmäßigster Schiffsbetrieb soll derjenige gelten, der unter den verschiedenen, für die betreffende Wasserstraße möglichen Betrieben bei gleicher Leistung die geringsten Verfrachtungskosten für die Verkehrseinheit (1 Tonnenkilometer = tkm) erfordert. Legt z. B. ein einzelnes Schiff mit 900 t Durchschnittsladung dieselbe Wegstrecke im Jahre zurück wie drei zu einem Zuge verbundene 300-t-Schiffe, so ist die Leistung beider Betriebsarten gleich; die Verfrachtungskosten und der Vergleich derselben untereinander werden also darüber Aufschluß geben, welche der beiden Betriebsarten die geringsten Kosten erfordert und somit die wirtschaftlich vorteilhafteste ist.

Werden nun derartige Berechnungen und Vergleiche für möglichst zahlreiche verschiedene Betriebsarten durchgeführt, so muß sich herausstellen, welche von allen möglichen Betriebsarten für die betreffende Wasserstraße die billigste, also die vorteilhafteste überhaupt ist.

Diese Berechnung ist hier unter Annahme von 3 verschiedenen Schiffsgrößen für eine größere Anzahl von Betriebsarten gemacht. Ohne Einfluß auf ihr Ergebnis sind diejenigen mit der Wasserfracht verbundenen Kosten, die alle Betriebe in gleichem Maße belasten, wie z. B. die Lösch- und Ladekosten und die Kanalabgabe; sie dürfen demnach hier zunächst unberücksichtigt bleiben, müssen aber selbstverständlich mit in Rechnung gestellt werden, sobald die Bestimmung der tatsächlichen Wasserfrachtkosten infrage kommt, wie dies auch bei den am Schluß dieser Abhandlung angeführten Beispielen geschehen ist.

Es sind also hier nur die laufenden Schiffskosten und die Schleppkosten der verschiedenen Betriebsarten zu ermitteln und zusammenzustellen, und zwar kommen für beide zunächst nur die Selbstkosten in Betracht.



## I. Die Schiffskosten.

Für die Schleppschiffe sind folgende drei Größen der Berechnung zugrunde gelegt:

1. ein Schiff, das bei 1,8 m Tiefgang eine Ladefähigkeit von 900 t hat — hier kurz „A=Schiff“ genannt;
2. ein Schiff, das bei gleichem Tiefgang 600 t trägt — „B=Schiff“; und
3. ein Schiff mit 300 t Ladefähigkeit bei ebenfalls 1,8 m Tiefgang — mit „C=Schiff“ bezeichnet.

Sämtliche Schiffe sollen aber auch für einen größeren Tiefgang und zwar bis 2,2 m benutzbar sein.

Von diesen drei Schiffsgrößen hat das A=Schiff eine Länge von 80,0 m und eine größte Breite von 9,5 m; als mittlere Wasserlinienfläche des eingetauchten Schiffskörpers ist die Größe von  $0,92 \cdot 9,5 \cdot 80,0 = 700$  qm angenommen, so daß also jeder Vergrößerung der Eintauchung von 1 cm eine größere Ladung von 7 t entspricht. Der Leertiefgang ist zu 0,5 m angesetzt; das A=Schiff trägt demnach bei:

1,8 m Eintauchung	$(180-50) \cdot 7 =$	rund 900 t;
2,0 m „	$(200-50) \cdot 7 =$	„ 1050 t;
2,2 m „	$(220-50) \cdot 7 =$	„ 1200 t.

Das B=Schiff hat 65,0 m Länge und 8,0 m Breite. Bei dem Leertiefgang von ebenfalls 0,5 m und einer mittleren Wasserlinienfläche von rund 470 qm beträgt die Mehrladung auf einen Centimeter Mehrtiefe 4,7 t. Dieses Schiff kann also bei:

1,8 m Tiefgang	$(180-50) \cdot 4,7 =$	rund 600 t;
2,0 m „	$(200-50) \cdot 4,7 =$	„ 700 t;
2,2 m „	$(220-50) \cdot 4,7 =$	„ 800 t laden.

Das C=Schiff soll bei 45,0 m Länge, 5,5 m Breite und einem Leertiefgang von gleichfalls 0,5 m eine mittlere Wasserlinienfläche von 230 qm haben; die Tragfähigkeit ist daher hier bei:

1,8 m Tiefgang (180—50) . 2,3 = rund 300 t;  
 2,0 m " (200—50) . 2,3 = " 350 t, und  
 2,2 m " (220—50) . 2,3 = " 400 t.

Als Anschaffungskosten der Schiffe nebst Ausrüstung sind:

für das A-Schiff 900 . 55 = rund 50 000 M;  
 " " B-Schiff 600 . 60 = " 36 000 "  
 " " C-Schiff 300 . 67 = " 20 000 " angelegt.

Diese Preise sind selbstverständlich nur als angenäherte Mittelpreise anzusehen; ihre Höhe wird wesentlich von der jeweiligen Konjunktur und von der Größe der gemachten Bestellung (Anzahl der neu zu bauenden Schiffe) abhängen; da aber bei der Bestimmung der Betriebskosten nur Hundertteile der Schiffsbeschaffungskosten infrage kommen, können die hier genommenen Zahlen unbedenklich als genügend zutreffend für die Bestimmung der jährlichen Betriebskosten gelten. — Im übrigen ist die Einzelberechnung dieser Kosten zur Vermeidung von Wiederholungen hier entbehrlich; vielmehr genügt der Hinweis auf die bereits im Heft 6 Seite 24 der Südwestdeutschen Wirtschaftsfragen in der Zusammenstellung VII angegebene ähnliche Berechnung für das 600-t-Schiff (B-Schiff). Die dort gemachten Kostenannahmen sind jedoch hier zumteil etwas erhöht, es ist nämlich die Verzinsung von 4 auf 5 Vomhundert, und der Tilgungsbetrag auf 3½ Vomhundert heraufgesetzt. Die unter 6 angeführten „kleineren Ausgaben“ endlich sind um einen angemessenen Betrag für Verwaltungskosten vermehrt, weil hier ein großer Reedereibetrieb inbetracht kommt, während dort in erster Linie der Betrieb mit Einzelschiffen ins Auge gefaßt war. Hiernach stellen sich die jährlichen Betriebskosten (Schiffskosten) für das B-Schiff auf 8400 M und nach gleicher Berechnung für das A-Schiff auf 11000 M und das C-Schiff auf 5300 M.

Diese Beträge müssen nun, wenn die Kosten der Verfrachtungseinheit (tkm) ermittelt werden sollen, auf die jährliche Leistung der Schiffe verteilt werden, deren Größe von der Ladefähigkeit des Schiffs und von der Länge des im Jahre (mit Ladung) zurückgelegten Weges abhängt.

Die Ladefähigkeit eines Schiffs wird durch seine Hauptabmessungen, insbesondere durch den zulässigen Tiefgang, bedingt; hierüber sind bezüglich der drei inbetracht gezogenen Schiffsgrößen die erforderlichen Angaben bereits oben gemacht. Die Ladung soll aus Erz (Minette) bestehen, das von der Obermosel nach dem Industriegebiet der Ruhr verfrachtet wird, und aus Koks, der von

der Ruhr aus den umgekehrten Weg durchläuft. Für die Koksladung kann als größte Fahrtiefe des Schiffs nur das Maß von 2,0 m infrage kommen, weil infolge des geringen Gewichtes derselben (etwa der Hälfte des Gewichtes geschütteter Steinkohlen) bei einer  $2\frac{1}{2}$  m hohen Aufstapelung des Koks über Deck ein größeres als das dem Tiefgang von 2,0 m entsprechende Gewicht nicht geladen werden kann.

Als Gewichtsverhältnis der Bergfracht zur Talfracht ist hier das von 3 : 2 angenommen. Ob dieses Verhältnis sich später genau einstellen wird, ist für die vorliegenden Berechnungen ohne wesentliche Bedeutung, da auch bei etwas anderen, wenn nur ähnlichen Verhältnissen, fast dieselben Rechnungsergebnisse eintreten müssen wie die hier berechneten. Für den Schiffsbetrieb hat das Verhältnis 3 : 2 zur Folge, daß ein Schiff drei Ladungen in der einen Richtung (Koks-zuberg) und nur zwei Ladungen in der anderen Richtung (Erz-zutal) zu befördern hat. Dieser Mangel an Talfracht kann nun bei Annahme eines gleichen Tiefgangs von 2,0 m durch drei verschiedene Arten des Schiffsbetriebes ausgeglichen werden, nämlich 1. dadurch, daß von drei Schiffen zwei stets mit voller Hin- und Rückfracht fahren, das dritte dagegen stets mit voller Bergfracht, aber leer zurückfährt; 2. daß sämtliche Schiffe mit voller Bergfracht, jedoch nur mit  $\frac{2}{3}$  Talfracht fahren, und 3. daß sämtliche Schiffe von drei Reisen zwei mit voller Berg- und Talfracht, die dritte dagegen mit voller Bergfracht machen, aber leer zutal fahren. Von diesen Betriebsmöglichkeiten ist die hier zuletzt genannte als die wahrscheinlichste angesehen und inbetracht gezogen worden, ohne daß behauptet werden soll, daß nicht auch zuzeiten und unter gewissen Verhältnissen eine der anderen Arten mit Vorteil betrieben werden könnte.

Außer der Ladefähigkeit des Schiffs ist, wie schon gesagt, der im Jahre zurückgelegte Reisedweg für die Kosten der Frachtbeförderung maßgebend; je größer dieser Weg, desto geringer sind die Frachtkosten. Die Länge dieses Reisedwegs hängt nun bei Annahme einer bestimmten, mittleren Fahrgewindigkeit ab, 1. von der Länge der auf der betreffenden Wasserstraße im Jahre überhaupt vorhandenen Fahrzeit; 2. von der Länge der tatsächlichen Fahrzeit des Schiffs, d. h. derjenigen Zeit, die nach Abzug der für Löschen, Laden, Warten auf Ladung usw. verwendeten, hier kurz mit „Liegzeit“ „Z“ bezeichneten Zeit von der zu 1. genannten Gesamtfahrzeit übrig bleibt und zum Fahren verwendet wird. Je kürzer bei

bestimmter jährlicher Fahrzeit die Liegezeit ist, desto größer wird der zurückgelegte Fahrweg und um so billiger die Frachtbeförderung sein. Die möglichste Verkürzung der Liegezeit muß also zu einem Geringstmaß der Frachtkosten führen und daher mit allen Mitteln angestrebt werden.

Die Gesamtfahrzeit eines Jahres ist nun selbstverständlich nicht nur bei verschiedenen Flüssen, sondern auch bei derselben Wasserstraße je nach den Witterungsverhältnissen von sehr verschiedener Dauer; sie kann für die Mosel im Mittel zu 290 Tagen angenommen werden, wobei also für die durch Hochwasser und Eis verloren gehende Fahrzeit 75 Tage gerechnet sind.

Als Reisedweg sind zunächst die Rheinstrecke Ruhrort-Koblenz mit 190 km und die Moselstrecke Koblenz-Diedenhofen mit 267 km Länge den Berechnungen zugrunde gelegt. Für die Bergfahrt auf dem Rhein wurden 2 Tage; auf der Mosel unter Berücksichtigung der auf die Schleisungen zu verwendenden Zeit bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 5 km in der Stunde 7 Tage; für die Talfahrt bei 8 km in der Stunde auf der Mosel und etwa 14 km auf dem Rhein 4 Tage für die erstere und 1 Tag für die letztere Strecke angenommen. Die gesamte Fahrzeit einer Hin- und Rückreise beträgt somit:  $2 + 7 + 4 + 1 = 14$  Tage.

Die Liegezeit ist, um hierdurch ihren Einfluß auf die Frachtkosten besonders ersichtlich zu machen, in vier verschiedenen Längen in Rechnung gesetzt. Der Fahrzeit für eine Reise (Hin- und Rückfahrt) mit Ladung müssen zwei solcher Liegezeiten hinzugerechnet werden, während auf eine Reise mit beladener Hin- und leerer Rückfahrt nur eine Liegezeit entfällt. Der Nachteil der letzteren Verfrachtungsart wird durch diese Verkürzung der Reisezeit wenigstens zumteil ausgeglichen.

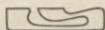
Als längste Liegezeit ( $Z = 1$ ) wurde hier die nach § 29 des Binnenschiffahrtsgesetzes vom 15. Juli 1895 als zulässig bestimmte Lösch- und Ladezeit angesehen, die für ein Schiff

von 300 t Ladung je	8	Tage	
" 400 t	"	"	10 "
" 500 t	"	"	12 "
" 600 t	"	"	13 "
" 700 t	"	"	14 "
" 800 t	"	"	15 "
" 900 t	"	"	16 "
" 1000 t	"	"	17 " und
über 1000 t	"	"	18 " beträgt.

Die drei übrigen Liegezeiten sind in Bruchteilen dieser längsten Liegezeit angenommen worden, nämlich zu  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{6}$  Z, welche Annahme selbstverständlich eine willkürliche ist und ebenso richtig in anderer Weise gemacht werden könnte, wobei nur zu beachten sein wird, daß nur das Verhältnis der Fahrzeit (Nutzzeit) zur Liegezeit maßgebend ist. Je größer die erstere, oder was dasselbe, je geringer die letztere, um so geringer werden sich die auf 1 tkm entfallenden Schiffskosten stellen. Auf dem Rhein ist z. B. die übliche Liegezeit für Massengüter etwa =  $\frac{2}{3}$  Z; für die kanalisierte Mosel und Saar wird dagegen eine Liegezeit von höchstens  $\frac{1}{3}$  Z herbeizuführen sein, wenn diese zukünftigen Wasserstraßen dem Wettbewerb der Eisenbahn standhalten sollen.

Als gewöhnliche tägliche Leistung (10 Arbeitsstunden) eines Krans wurden beim Löschen von Koks 120 t, beim Löschen von Erz 200 t vorausgesetzt, während die Leistung eines Rippers beim Laden von Koks zu 200, von Erz zu 300 t angenommen ist. Soll eine kürzere Liegefrist, z. B. Z =  $\frac{1}{6}$ , eingehalten werden, so ist entweder die tägliche Arbeitszeit entsprechend zu verlängern, oder es sind gleichzeitig zwei oder mehr Krane zu benutzen.

Hiernach lassen sich für jede Schiffsgröße die im Jahre mit Ladung auszuführenden Reisen und damit auch die Länge des zurückgelegten Weges in Kilometern bestimmen. Die Jahreskosten des betreffenden Schiffsbetriebes geteilt durch die Anzahl der Tonnenkilometer ergibt dann die gesuchten laufenden Schiffskosten für einen Tonnenkilometer.



## II. Die Schleppkosten.

Nachdem die hier angewendete Berechnungsart der jährlichen Schiffskosten vorstehend angegeben ist, sind noch die Schleppkosten der verschiedenen Schiffsbetriebe zu bestimmen. Vorausgesetzt wird hierbei zunächst, daß auf der Mosel Schleppzüge bis zu drei Anhangsschiffen des A- und B-Schiffs und bis zu fünf Anhängen des C-Schiffs fahren können. Eine Verminderung der für jedes einzelne Schleppschiff erforderlichen Schleppkraft, die nach den Versuchen von „de Mas“ (Recherches expérimentales sur le matériel de la Batellerie, Heft II) beim Schleppen in Zügen mit gekreuzten Schlepptrossen erzielt werden kann, ist hier nicht berücksichtigt; vielmehr wurde die auf dem Rhein übliche Verbindungsart, bei der jedes einzelne Anhangsschiff durch eine besondere Schlepptrasse an den Dampfer angehängt ist, auch für die Mosel angenommen. Bei dieser Verbindungsart tritt erfahrungsgemäß keine Verminderung der erforderlichen Schleppkraft ein. Es ist somit hier die für die Kosten ungünstigere Verbindungsart der Schleppzüge gewählt, woraus jedoch nicht gefolgert werden soll, daß die andere Art der Verbindung für die Mosel und Saar unanwendbar wäre.

Auch der Unterschied in der Größe der erforderlichen Schleppkraft für die Berg- und Talfahrt ist zunächst nicht berücksichtigt; die berechneten Werte gelten also nur für die Fahrt im stillen Wasser; zur Anwendung auf die Fahrt im fließenden Wasser muß daher zuvor eine entsprechende Umrechnung gemacht werden, wie bei den später angeführten Beispielen verschiedener Reisen auch geschehen ist.

Die Selbstkosten des Schleppbetriebes können nun ohne weiteres den im Heft 5 Seite 9—11 der Südwestdeutschen Wirtschaftsfragen mitgeteilten Berechnungen entnommen werden. Sie wurden für die vorliegenden Untersuchungen noch ergänzt durch Hinzufügung eines größeren Schleppdampfers von 250 effektiven Pferdestärken, dessen Betriebskosten in gleicher Weise wie die anderen zu 0,120 Pf

für einen Tonnenkilometer berechnet sind. Die Schleppkosten betragen demnach bei Anwendung eines Dampfers

D <sub>1</sub>	(63 effektive PS)	=	0,213	Ps/tkm
D <sub>2</sub>	(113 " " )	=	0,160	" "
D <sub>3</sub>	(166 " " )	=	0,140	" "
D <sub>4</sub>	(250 " " )	=	0,120	" "

Stellt man, wie in Figur I, die Kosten dieser vier Fälle als Diagramm zusammen, so können hieraus für jeden zwischenliegenden Fall die Schleppkosten in Pfennigen für einen Tonnenkilometer für die vorliegenden Berechnungen genügend genau abgegriffen werden.

Die für das einzelne Frachtschiff erforderliche Schleppkraft ist in derselben Weise, wie in Heft 5 Seite 7 für das B-Schiff nachfolgend auch für die beiden anderen Schiffsgrößen berechnet.

Der eingetauchte Querschnitt des A-Schiffs hat bei				
1,8 m	Tiefgang	eine Fläche von	1,8 . 9,5 =	17,1 qm
2,0 m	"	"	2,0 . 9,5 =	19,0 "
2,2 m	"	"	2,2 . 9,5 =	20,9 "

Der Schiffswiderstand ist demnach im ersten Falle

$$W = 0,35 \cdot 17,1 \cdot 1,8^2 \cdot \frac{1000}{2g} = 889 \text{ kg, und die erforderliche}$$

$$\text{Schleppkraft } 889 \cdot \frac{1,8}{0,35 \cdot 75} = 62 \text{ effektive Pferdestärken.}$$

Im zweiten Falle ergibt sie sich nach gleicher Berechnung zu: 69 effektive PS, und im dritten Falle zu: 76 " PS.

Dieselbe Berechnung für das B-Schiff hat das Ergebnis:

im Falle 1,	52 effektive PS
" " 2,	58 " "
" " 3,	64 " "

und für das C-Schiff

im Falle 1,	36 effektive PS
" " 2,	40 " "
" " 3,	44 " "

Als Arbeitsleistung zur Eigenbewegung des Schleppdampfers wurden noch 8 bis 14 Pferdestärken hinzugerechnet.

Mit diesen Zahlen sind nun die Selbstkosten des Schleppens für die verschiedenen Fälle bestimmt und nachfolgend übersichtlich zusammengestellt worden.

Zusammenstellung 1. Die Schleppkosten.

Zusammen- stellung des Schlepp- zugs	Tiefgang m	A-Schiff		B-Schiff		C-Schiff	
		Erforderliche Schleppkraft in PS	Kosten in Pf./tkm	Erforderliche Schleppkraft in PS	Kosten in Pf./tkm	Erforderliche Schleppkraft in PS	Kosten in Pf./tkm
1 Dampfer mit 1 Anhang	1,8	9 + 62 = 71	0,197	9 + 52 = 61	0,210	7 + 36 = 43	0,239
	2,0	10 + 69 = 79	0,188	9 + 58 = 67	0,201	8 + 40 = 48	0,231
	2,2	10 + 76 = 86	0,181	9 + 64 = 73	0,195	9 + 44 = 53	0,222
2 Anhängen	1,8	11 + 124 = 135	0,149	10 + 104 = 114	0,159	10 + 72 = 82	0,185
	2,0	12 + 138 = 150	0,144	11 + 116 = 127	0,152	10 + 80 = 90	0,178
	2,2	13 + 152 = 165	0,140	11 + 128 = 139	0,148	10 + 88 = 98	0,171
3 Anhängen	1,8	14 + 186 = 200	0,133	12 + 156 = 168	0,140	11 + 108 = 118	0,157
	2,0	14 + 207 = 221	0,128	14 + 174 = 188	0,134	11 + 120 = 131	0,151
	2,2	14 + 228 = 242	0,123	14 + 192 = 206	0,130	12 + 132 = 144	0,146
4 Anhängen	1,8					12 + 144 = 156	0,142
	2,0					14 + 160 = 174	0,138
	2,2					14 + 176 = 190	0,135
5 Anhängen	1,8					14 + 180 = 194	0,134
	2,0					14 + 200 = 214	0,130
	2,2					14 + 220 = 234	0,125

Noch sind die Schleppkosten der Leerfahrt zu bestimmen und den vorstehend angegebenen Werten zuzurechnen. Um hierfür in die Rechnung passende Zahlen zu erhalten, soll angenommen werden, daß der Betrag von 0,1 Pf./tkm für alle drei Schiffsgrößen gesetzt werden und als in Rechnung zu stellende Tonnenzahl der der Ladung bei 1,8 m Tiefgang (T) entsprechende genommen werden darf.

Nach dem hier gewählten Verhältnis von Berg- zur Talfracht 3 : 2 kommen auf drei Doppelreisen (hin und zurück) fünf Einzelreisen mit und eine ohne Ladung (zital). Die Schleppkosten der letztgenannten, also der Leerfahrt, sind demnach von den fünf ersten mit zu tragen, d. h. auf deren Schleppkosten gleichmäßig zu verteilen. Aus diesem Grunde wurden die in der Zusammenstellung 1 angegebenen Schleppkosten der Ladefahrt in der nachfolgenden Zusammenstellung 2 um  $\frac{0,1}{5} = 0,02$  Pf./tkm erhöht eingestellt.

### III. Zusammenstellung der Schiffs- und Schleppkosten.

Zur Erläuterung der für 132 verschiedene Fälle von Schiffsbetrieben angewendeten Rechnungsart sollen hier zunächst drei Beispiele angeführt werden und zwar:

1. Der Betrieb mit einem A-Schiff bei 1,8 m T u. einer Liegefrist  $Z = 1/6$ ;
2. " " " " B-Schiff " 2,0 m " " " "  $Z = 2/3$ ;
3. " " " " C-Schiff " 2,2 m " " " "  $Z = 1$ .

Beispiel 1. Das A-Schiff ladet bei 1,8 m Tiefgang 900 Tonnen; der Reiseweg Ruhrort-Diepenloh ist, wie bereits bemerkt, 457 km lang; die Reisezeit beträgt 14, die Liegezeit (Lösch- und Ladezeit) bei  $Z = 1/6$  dauert  $1/6 \cdot 2 \cdot 16 = 5\frac{1}{2}$  Tag. Eine Hin- und Rückreise mit Ladung erfordert daher:  $14 + 2 \cdot 5,5 = 25$ , oder bei eingeführter Sonntagsruhe  $25 + 4 = 29$  Tage. Eine Hinreise beladen mit leerer Rückreise beansprucht dagegen nur  $14 + 5,5 + 3 =$  rund 23 Tage. Zur Verfügung stehen im Jahre 290 Reisetage; das A-Schiff kann daher, weil  $29 \cdot 7,2 + 23 \cdot 3,6 =$  rund 290 Tage ausmachen,  $2 \cdot 7,2 + 1 \cdot 3,6 = 18$  Einzelreisen mit Ladung im Jahre ausführen. Die jährliche Leistung beträgt sonach:  $18 \cdot 900 \cdot 457 = 7420000$  tkm. Von den jährlichen Schiffs-kosten (1100 M) kommen somit  $\frac{110}{742} = 0,148$  Pf auf einen Tonnenkilometer, welcher Betrag auch in der Zusammenstellung 2 unter Zeile 1, Spalte 1 angegeben ist.

Beispiel 2. Ein B-Schiff trägt bei 2,0 Tiefgang (T) 700 t; für  $Z = 2/3$  kann es nach gleicher Berechnung, wie vorstehend angegeben, im Jahre 9,8 Einzelreisen mit Ladung machen. Die jährliche Leistung dieses Schiffs beträgt somit:  $9,8 \cdot 700 \cdot 457 = 3130000$  tkm, und die Kosten für 1 Tonnenkilometer betragen hier bei 8400 M jährlichen Schiffs-kosten  $\frac{84}{313} = 0,269$  Pf. (Zusammenstellung 2, Zeile 2, Spalte 15.)

Beispiel 3. Das C-Schiff ladet bei 2,2 m Tiefgang 400 t; für  $Z = 1$  kann es jährlich bei 1,8 Leerfahrten 9 Einzelreisen mit Ladung machen. Seine jährliche Leistung beträgt somit:  $9 \cdot 400 \cdot 457 = 1\,650\,000$  tkm, und die Kosten für 1 tkm berechnen sich bei 5300 M Jahreskosten zu  $\frac{53}{165} = 0,321$  Pf für 1 tkm. (Zusammenstellung 2, Zeile 3, Spalte 23.)

In derselben Weise sind die Schiffskosten für die verschiedenen Betriebsarten berechnet und mit den Schleppkosten in der nachfolgenden Zusammenstellung 2 übersichtlich zusammengestellt.



2. Zusammenstellung der

Laufende Nr.	Zahl der Anhänge	Tiefgang in m	Z = 1/6						Z = 1/8					
			Schiff A		B		C		Schiff A		B		C	
			ρf/tkm	ρf/tkm										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1,8	0,148 0,217	<b>0,365</b>	0,151 0,230	<b>0,381</b>	0,168 0,259	<b>0,427</b>	0,206 0,217	<b>0,423</b>	0,205 0,230	<b>0,435</b>	0,203 0,259	<b>0,462</b>
2	1	2,0	0,125 0,208	<b>0,333</b>	0,135 0,221	<b>0,356</b>	0,150 0,251	<b>0,401</b>	0,176 0,208	<b>0,384</b>	0,180 0,221	<b>0,401</b>	0,181 0,251	<b>0,432</b>
3	1	2,2	0,110 0,201	<b>0,311</b>	0,122 0,215	<b>0,337</b>	0,140 0,242	<b>0,382</b>	0,158 0,201	<b>0,359</b>	0,166 0,215	<b>0,381</b>	0,170 0,242	<b>0,412</b>
4	2	1,8	0,148 0,169	<b>0,317</b>	0,151 0,179	<b>0,330</b>	0,168 0,202	<b>0,370</b>	0,206 0,169	<b>0,375</b>	0,205 0,179	<b>0,384</b>	0,203 0,202	<b>0,405</b>
5	2	2,0	0,125 0,164	<b>0,289</b>	0,135 0,172	<b>0,307</b>	0,150 0,168	<b>0,348</b>	0,176 0,164	<b>0,340</b>	0,180 0,172	<b>0,352</b>	0,181 0,198	<b>0,379</b>
6	2	2,2	0,110 0,160	<b>0,270</b>	0,122 0,168	<b>0,290</b>	0,140 0,191	<b>0,331</b>	0,158 0,160	<b>0,318</b>	0,166 0,168	<b>0,334</b>	0,170 0,191	<b>0,361</b>
7	3	1,8	0,148 0,152	<b>0,300</b>	0,151 0,160	<b>0,311</b>	0,168 0,177	<b>0,345</b>	0,206 0,152	<b>0,358</b>	0,205 0,160	<b>0,365</b>	0,203 0,177	<b>0,380</b>
8	3	2,0	0,125 0,148	<b>0,273</b>	0,135 0,154	<b>0,289</b>	0,150 0,171	<b>0,321</b>	0,176 0,148	<b>0,324</b>	0,180 0,154	<b>0,334</b>	0,181 0,171	<b>0,352</b>
9	3	2,2	0,110 0,143	<b>0,253</b>	0,122 0,150	<b>0,272</b>	0,140 0,166	<b>0,306</b>	0,158 0,143	<b>0,301</b>	0,166 0,150	<b>0,316</b>	0,170 0,166	<b>0,336</b>
10	4	1,8					0,168 0,162	<b>0,330</b>					0,203 0,162	<b>0,365</b>
11	4	2,0					0,150 0,158	<b>0,308</b>					0,181 0,158	<b>0,339</b>
12	4	2,2					0,140 0,155	<b>0,295</b>					0,170 0,155	<b>0,325</b>
13	5	1,8					0,168 0,154	<b>0,322</b>					0,203 0,154	<b>0,357</b>
14	5	2,0					0,150 0,150	<b>0,300</b>					0,181 0,150	<b>0,331</b>
15	5	2,2					0,140 0,145	<b>0,285</b>					0,170 0,145	<b>0,315</b>

Schiffs- und Schleppkosten.

Z = 2/3						Z = 1					
Schiff A		B		C		Schiff A		B		C	
ρf/tkm	ρf/tkm										
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0,315 0,217	<b>0,532</b>	0,305 0,230	<b>0,535</b>	0,286 0,259	<b>0,545</b>	0,424 0,217	<b>0,641</b>	0,407 0,230	<b>0,637</b>	0,371 0,259	<b>0,630</b>
0,272 0,208	<b>0,480</b>	0,269 0,221	<b>0,490</b>	0,255 0,251	<b>0,506</b>	0,385 0,208	<b>0,593</b>	0,371 0,221	<b>0,592</b>	0,340 0,251	<b>0,591</b>
0,257 0,201	<b>0,458</b>	0,253 0,215	<b>0,468</b>	0,240 0,242	<b>0,482</b>	0,364 0,201	<b>0,565</b>	0,349 0,215	<b>0,564</b>	0,321 0,242	<b>0,563</b>
0,315 0,169	<b>0,484</b>	0,305 0,179	<b>0,484</b>	0,286 0,202	<b>0,488</b>	0,424 0,169	<b>0,593</b>	0,407 0,179	<b>0,586</b>	0,371 0,202	<b>0,573</b>
0,272 0,164	<b>0,436</b>	0,269 0,172	<b>0,441</b>	0,255 0,198	<b>0,453</b>	0,385 0,164	<b>0,549</b>	0,371 0,172	<b>0,543</b>	0,340 0,198	<b>0,538</b>
0,257 0,160	<b>0,417</b>	0,253 0,168	<b>0,421</b>	0,240 0,191	<b>0,431</b>	0,364 0,160	<b>0,524</b>	0,349 0,168	<b>0,517</b>	0,321 0,191	<b>0,512</b>
0,315 0,152	<b>0,467</b>	0,305 0,160	<b>0,465</b>	0,286 0,177	<b>0,463</b>	0,424 0,152	<b>0,576</b>	0,407 0,160	<b>0,567</b>	0,371 0,177	<b>0,548</b>
0,272 0,148	<b>0,420</b>	0,269 0,154	<b>0,423</b>	0,255 0,171	<b>0,426</b>	0,385 0,148	<b>0,533</b>	0,371 0,154	<b>0,525</b>	0,340 0,171	<b>0,511</b>
0,257 0,143	<b>0,400</b>	0,253 0,150	<b>0,403</b>	0,240 0,166	<b>0,406</b>	0,364 0,143	<b>0,507</b>	0,349 0,150	<b>0,499</b>	0,321 0,166	<b>0,487</b>
				0,286 0,162	<b>0,448</b>					0,371 0,162	<b>0,533</b>
				0,255 0,158	<b>0,413</b>					0,340 0,158	<b>0,498</b>
				0,240 0,155	<b>0,395</b>					0,321 0,155	<b>0,476</b>
				0,286 0,154	<b>0,440</b>					0,371 0,154	<b>0,525</b>
				0,255 0,150	<b>0,405</b>					0,340 0,150	<b>0,490</b>
				0,240 0,145	<b>0,385</b>					0,321 0,145	<b>0,466</b>

Durch Vergleich der in der Zusammenstellung 2 angegebenen Werte untereinander lassen sich nun bezüglich der wirtschaftlichen Ueberlegenheit des einen oder anderen Schiffsbetriebes unter anderem folgende Schlüsse ziehen:

1. Je größer unter sonst gleichen Verhältnissen der Tiefgang ein und desselben Schiffes ist, desto geringer sind sowohl die Schiffs- als die Schleppkosten für 1 tkm, mithin um so mehr die Summe beider Kosten, die kurz mit „Frachtkosten“ bezeichnet werden möge.

Sie betragen z. B. für das A-Schiff mit 1 Anhang:

bei $Z = \frac{1}{6}$ und $T = 1,8$	$0,217 + 0,148 = 0,365$	₹/tkm
$T = 2,0$	$0,208 + 0,125 = 0,333$	„
$T = 2,2$	$0,201 + 0,110 = 0,311$	„

und für das C-Schiff mit 5 Anhängen:

bei $Z = 1$ und $T = 1,8$	$0,154 + 0,371 = 0,525$	₹/tkm
$T = 2,0$	$0,150 + 0,340 = 0,490$	„
$T = 2,2$	$0,145 + 0,321 = 0,466$	„

Aus diesen Zahlen geht der Wert einer möglichst weitgehenden Ausnutzung der vorhandenen Fahrtiefe deutlich hervor.

2. Je länger die Liegezeit  $Z$  für dasselbe Schiff bei sonst gleichen Verhältnissen, desto größer werden die Schiffs-kosten, während die Schleppkosten durch die Länge der Liegefrist keine Veränderung erleiden. Sie betragen z. B. für das A-Schiff mit 1 Anhang:

bei $T = 1,8$ und $Z = 1$	$0,217 + 0,424 = 0,641$	₹/tkm
$Z = \frac{2}{3}$	$0,217 + 0,315 = 0,532$	„
$Z = \frac{1}{3}$	$0,217 + 0,206 = 0,423$	„
$Z = \frac{1}{6}$	$0,217 + 0,148 = 0,365$	„

Die große Bedeutung einer möglichst schnellen Abfertigung der Schiffe in den Häfen, die in erster Linie bedingt wird durch die Anzahl und Vollkommenheit der dort vorhandenen Lösch- und Ladeeinrichtungen, ist somit hier zahlenmäßig nachgewiesen.

3. Je größer das Schiff ist, desto geringer sind die Frachtkosten für 1 tkm. Dieser sonst als allgemein gültig angesehenen Satz trifft jedoch, wie aus den Zahlen der Zusammenstellung ersichtlich, nur bis zu einer bestimmten Liegefrist  $Z$  zu; bei größerem  $Z$  ist das umgekehrte der Fall, d. h. der Betrieb mit dem kleineren Schiff wird billiger als der mit dem großen. Bei den hier angenommenen Verhältnissen liegt

das Z, bei dem der wirtschaftliche Vorteil des größeren Schiffs durch den Nachteil der langen Liegezeit gerade ausgeglichen wird, d. h. die Frachtkosten beider Schiffsgrößen gleiche sind, zwischen  $Z = \frac{2}{3}$  und  $Z = 1$ , etwa bei  $Z = \frac{5}{6}$ .

So betragen z. B. die Kosten bei  $Z = \frac{2}{3}$  und Tiefgang  $T = 2,2$  m

bei 3 Anhängen für das A-Schiff	0,400	ℳf/tkm
„ „ B-Schiff	0,403	„
„ „ C-Schiff	0,406	„

sie steigen also (allerdings sehr wenig) mit verminderter Schiffsgröße. Bei  $Z = 1$  und  $T = 2,2$  sind die entsprechenden Werte:

für das A-Schiff	0,507	ℳf/tkm
„ „ B-Schiff	0,499	„
„ „ C-Schiff	0,487	„ ; sie fallen

also hier mit verminderter Schiffsgröße, d. h. das kleinere Schiff arbeitet bei so langer Liegefrist billiger als das große. Selbstverständlich geht auch aus diesem Ergebnis nur wieder die Notwendigkeit der kurzen Liegefristen unzweideutig hervor.

4. Je größer die Zahl der Anhänge, d. h. je länger der Schleppzug bei im übrigen gleichen Verhältnissen, desto geringer werden bei unverändert bleibenden Schiffs-kosten die Schleppkosten, mithin auch die Frachtkosten. Sie betragen z. B. für das C-Schiff bei  $Z = \frac{1}{3}$  und Tiefgang  $T = 1,8$

bei 1 Anhang	0,462	ℳf/tkm
„ 2 Anhängen	0,405	„
„ 3 „	0,380	„
„ 4 „	0,365	„
„ 5 „	0,357	„

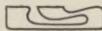
Diese Zahlen machen den Vorteil ersichtlich, den die Anwendung möglichst langer Schiffszüge bietet; er ist wieder für das kleinere Schiff größer als für das große und wird durch die Dauer der Liegefrist nicht verändert.

Um noch den Unterschied der Frachtkosten bei verschiedenen Betrieben zu zeigen, die in einem Zuge (wenigstens annähernd) die gleich große Frachtmenge befördern, mögen folgende Beispiele dienen:

1. Das A-Schiff befördert bei Tiefgang  $T = 1,8$  m in einem Zuge mit 2 Anhängen: 2 . 900 = 1800 t; die Frachtkosten betragen bei  $Z = \frac{1}{6}$  0,317 ℳf/tkm.

Das B-Schiff verfrachtet unter sonst gleichen Bedingungen bei 3 Anhängen 3 . 600 = 1800 t, also ebensoviel wie im vorstehenden Falle. Die Frachtkosten betragen hier nur 0,311 Pf/tkm, sind demnach für das kleinere Schiff um 0,06 Pf/tkm geringer als für das größere. Dieselben Werte bei 2,2 m Tiefgang betragen für das A-Schiff 0,270 und für das B-Schiff 0,272 Pf/tkm; demnach ist bei diesem größeren Tiefgang wieder das A-Schiff dem B-Schiff wirtschaftlich überlegen. Dieser Fall ist besonders wertvoll zur Beurteilung der für die kanalisierte Mosel zu wählenden Schleusengröße und der zuzulassenden Fahrtiefe.

2. Ein A-Schiff ladet bei 1,8 m Tiefgang 900 t; die Kosten betragen bei  $Z = \frac{1}{6}$  0,365 Pf/tkm; ein Zug von drei C-Schiffen erfordert bei gleich großer Ladung an Frachtkosten nur 0,345 Pf/tkm, d. i. 0,02 Pf weniger als das große Schiff. Mit steigendem  $Z$  vergrößert sich dieser Vorteil des kleineren Schiffs noch bis auf 0,093 Pf für  $Z = 1$ .
3. Ein Zug von zwei B-Schiffen trägt bei 1,8 m Tiefgang 2 . 600 = 1200 t; die Frachtkosten betragen hier bei  $Z = \frac{1}{6}$  0,330 Pf/tkm. Bei Anwendung eines Zuges von vier C-Schiffen mit zusammen 1200 t Ladung sind die Frachtkosten ebenfalls = 0,330 Pf/tkm. Beide Betriebe sind also für dieses  $Z$  wirtschaftlich gleichwertig. Dies Verhältnis ändert sich aber wieder zumungunsten des größeren Schiffs bei steigendem  $Z$  und zwar so, daß bei  $Z = 1$  das C-Schiff um 0,586 — 0,533 = 0,053 Pf/tkm billiger fährt als das größere B-Schiff. Hieraus folgt also, daß nicht das größere Schiff unter allen Umständen auch das wirtschaftlich bessere ist.



#### IV. Der Einfluß der Schleusengröße auf die Frachtkosten.

In den bisher angeführten Berechnungen und den daraus gezogenen Folgerungen sind, wie bereits gesagt, die mehr oder weniger großen Kosten der für die verschiedenen Betriebsarten erforderlichen Schleusen und somit auch ihr Einfluß auf die Frachtkosten unberücksichtigt geblieben. Dieser Einfluß muß noch näher festgestellt und besprochen werden, zu welchem Zwecke zunächst die für die verschiedenen Betriebsarten erforderlichen Schleusengrößen und -kosten zu ermitteln sind.

Wird als lichte Breite der Schleusen ein Maß angenommen, das die zulässige, größte Schiffsbreite um 1,0 m übersteigt (üblich ist sonst das Maß von 0,6 m); als Nutzlänge der Schleusen ein Maß, daß aus der Länge der gleichzeitig zu schleusenden Schiffe einschließlich Schlepptanker (20 bis 30 m), vermehrt um einen Spielraum von 5,0 m zwischen den Schiffen besteht, so erfordern die verschiedenen Betriebsarten folgende Schleusenabmessungen:

1.	Das	A=Schiff	bei	1	Stuhgang:	5 + 20 + 80	=	150 m	Gänge;	9,5 + 1,0 =	10,5 m	Breite;
2.	"	"	"	2	"	5 + 25 + 2 . 80	=	190 m	"		10,5 m	"
3.	"	"	"	3	"	5 + 30 + 3 . 80	=	275 m	"		10,5 m	"
4.	"	B=Schiff	"	1	"	5 + 20 + 65	=	90 m	"	8,0 + 1,0 =	9,0 m	"
5.	"	"	"	2	"	5 + 25 + 2 . 65	=	160 m	"		9,0 m	"
6.	"	"	"	3	"	5 + 30 + 3 . 65	=	230 m	"		9,0 m	"
7.	"	C=Schiff	"	1	"	5 + 20 + 45	=	70 m	"	5,5 + 1,0 =	6,5 m	"
8.	"	"	"	2	"	5 + 20 + 2 . 45	=	115 m	"		6,5 m	"
9.	"	"	"	3	"	5 + 20 + 3 . 45	=	160 m	"		6,5 m	"
10.	"	"	"	4	"	5 + 25 + 4 . 45	=	210 m	"		6,5 m	"
11.	"	"	"	5	"	5 + 30 + 5 . 45	=	260 m	"		6,5 m	"

Um nun die Kostenunterschiede der einzelnen Schleusen untereinander, auf die es hier nur ankommt, bestimmen zu können, müssen zunächst die Kosten der Schleusen selbst, wenigstens überschläglich, ermittelt werden. Hierzu darf, für den vorliegenden Zweck genügend genau, die Mainshleuse bei Flörsheim (erste Ausführung) als Unterlage dienen, über deren Bauausführung und Kosten in der „Zeitschrift für Bauwesen“ Jahrgang 1888, Seite 39 u. f. die erforderlichen Angaben zu finden sind. Diese Schleuse hat bei 85,0 m Nutz- und 101,4 m Gesamtlänge dieselbe Breite wie die hier für das A-Schiff vorgesehene, nämlich 10,5 m; im übrigen zeigt sie in der Fundierung, der Gefällhöhe und besonders in den Baustoffpreisen Abweichungen, die zumteil höhere, zumteil geringere Kosten verursachten, als für die Mosel- und Saarschleusen zu erwarten sind. Da nun hier nur eine Schätzung der Schleusenkostenunterschiede vorgenommen werden soll, so darf unbedenklich angenommen werden, daß die vorgenannten Abweichungen in den Baubedingungen der Main- und Moselschleusen sich gegenseitig ausgleichen und daher unberücksichtigt bleiben können.

Die in der genannten Zeitschrift zu 267 600 M angegebenen Gesamtkosten der Flörsheimer Schleuse dürfen demnach auch der hier durchzuführenen Rechnung unverändert zugrunde gelegt werden. Zieht man zunächst von diesem Betrage die Kosten der Schleusentore und Umlaufschützen mit etwa 47 600 M ab, so bleibt für das eigentliche Bauwerk 220 000 M übrig. Wird weiter angenommen, daß die Kosten der Schleusenhäupter für den laufenden Meter etwa dreimal so hoch zu schätzen sind wie die entsprechenden Kosten der Schleusenkammer, so würde zur Einstellung dieser Kosten eine angenommene Schleusenlänge von  $101,4 + 2 \cdot 16,4 =$  rund 134 m einzusetzen sein. Hieraus ergeben sich die Kosten eines laufenden Meters Schleusenkammer zu:  $220\,000 : 134 = 1650$  oder rund 1700 M.

Die Kosten der für den A-Schiffsbetrieb erforderlichen Schleusen, die dieselbe Breite wie die Flörsheimer Schleuse haben (10,5 m), stellen sich demnach auf:

1. für das A-Schiff bei 1 Anhang  
 $267\,600 + (105 - 85) \cdot 1700 = 301\,600$  M
2. für das A-Schiff bei 2 Anhängen  
 $267\,600 + (190 - 85) \cdot 1700 = 446\,100$  M
3. für das A-Schiff bei 3 Anhängen  
 $267\,600 + (275 - 85) \cdot 1700 = 590\,600$  M.

Die für die Schiffe B und C notwendigen Schleusen haben dagegen eine geringere Breite als die Flörsheimer Schleuse; die dementsprechend eintretende Verminderung der Kosten ist aufgrund besonderer Berechnung für den laufenden Meter um 1 Meter verringerter Breite bei der Schleusenkammer zu 67 M, bei den Torammern, deren Gesamtlänge auf 17 m abgerundet ist, zu 100 M ermittelt worden. Ferner ist für das schmalere B-Schiff und noch mehr für das C-Schiff eine Verminderung der Breite in den Schleusenkanälen, deren Gesamtlänge (Ober- und Unterkanal) etwa 300 m für jede Schleuse beträgt, um das doppelte Maß der geringeren Schiffsbreite als zulässig zu betrachten. Hieraus entsteht eine weitere Kostenersparnis, die auf 10 M für den laufenden Meter geschätzt ist. Endlich wurde noch für jeden Meter verminderter Schleusenbreite eine Ersparnis an den eisernen Schleusentoren von 1000 M angesetzt. Hiernach betragen die Kosten der für den B-Schiffbetrieb erforderlichen Schleusen, deren Breite um 10,5 — 9,0 = 1,5 m geringer ist als die der Schleuse A:

4. für das B-Schiff bei 1 Anhang, ohne Berücksichtigung der Breitenverminderung:	267 600 + (90 — 85) . 1700 = 276 100 M,
wovon nun infolge der geringeren Breite abzuziehen sind:	
a) für die Schleuse:	90 . 1,5 . 67 + 17 . 1,5 . 100 = 11 590 M
b) " " Kanäle:	10 . 300 . 3,0 = 9000 "
c) " " Tore:	1000 . 2 . 1,5 = 3000 "
	Sa. 23 600 M

Es bleiben somit als Schleusenkosten 252 500 M.

In gleicher Weise berechnet, betragen die Schleusenkosten

5. für das B-Schiff bei 2 Anhängen 364 500 M

6. " " " " 3 " 476 400 "

Für die Schleusen des C-Betriebes tritt eine Verminderung der Schleusenbreite von 10,5 — 6,5 = 4,0 m ein; ebenso, wie vorstehend, berechnen sich hier die Schleusenkosten zu:

7. für C mit 1 Anhang	zu 178 500 M
8. " " " 2 Anhängen	" 249 000 "
9. " " " 3 " "	" 313 400 "
10. " " " 4 " "	" 385 000 "
11. " " " 5 " "	" 456 600 "

Die so gefundenen Schleusenkosten sind mit den entsprechenden Abmessungen unter Annahme eines für alle Schleusen gleich großen Gefälles von 2,6 m übersichtlich zusammengestellt.

Zusammenstellung 3. Die Schleusenkosten.

1.	Schleuse	A <sub>1</sub>	105 m	Nußlänge,	10,5 m	Breite;	301 600 M
2.	"	A <sub>2</sub>	190 m	"	10,5 m	"	446 100 "
3.	"	A <sub>3</sub>	275 m	"	10,5 m	"	590 600 "
4.	"	B <sub>1</sub>	90 m	"	9,0 m	"	252 500 "
5.	"	B <sub>2</sub>	160 m	"	9,0 m	"	364 500 "
6.	"	B <sub>3</sub>	230 m	"	9,0 m	"	476 400 "
7.	"	C <sub>1</sub>	70 m	"	6,5 m	"	178 500 "
8.	"	C <sub>2</sub>	115 m	"	6,5 m	"	249 000 "
9.	"	C <sub>3</sub>	160 m	"	6,5 m	"	313 400 "
10.	"	C <sub>4</sub>	210 m	"	6,5 m	"	385 000 "
11.	"	C <sub>5</sub>	260 m	"	6,5 m	"	456 600 "

Zur Bestimmung des Einflusses der Schleusenkosten auf die Frachtkosten braucht nun nur der Unterschied der für zwei verschiedene Betriebsarten erforderlichen Schleusenkosten aus der vorstehenden Zusammenstellung ermittelt und auf die jährliche Frachtmenge des die größeren, also teureren Schleusen bedingenden Betriebes gleichmäßig verteilt zu werden, um zahlenmäßig die Mehrkosten des einen oder anderen Betriebes zum Ausdruck zu bringen. Dies wird zweckmäßig weiter unten an einigen für die Mosel und Saar passenden Beispielen erläutert werden. Vorher ist noch darauf hinzuweisen, daß die durch die Schleusenkosten entstehende Vermehrung der Frachtkosten sich darin von den Schlepp- und Schiffskosten wesentlich unterscheidet, daß die letzteren von der jährlich beförderten Frachtmenge fast unabhängig sind, die erstere dagegen wesentlich von ihr abhängig ist; je größer die Frachtmenge, desto geringer ist der von den Schleusenkosten herrührende, die Frachtkosten belastende Betrag und umgekehrt. Bei einer bestimmten Frachtmenge müssen demnach die für den einen Schiffsbetrieb erforderlichen Mehrkosten der Schleusen mit den größeren Betriebskosten des anderen Betriebes sich ausgleichen (hier „Nullpunkt“ genannt), in welchem Falle also die Kosten der beiden verglichenen Betriebe gleich groß sind. Ist nun die tatsächlich vorhandene Frachtmenge größer als die für den Nullpunkt erforderliche, so wird der Schiffsbetrieb mit den geringeren Betriebs- und den höheren Schleusenkosten billiger als der andere; ist sie kleiner, so tritt das umgekehrte ein.

Diese Verhältnisse sind in der beigefügten Figur 2 für einen bestimmten Fall zeichnerisch dargestellt und verdeutlicht. Die in dem rechtwinkligen Koordinatensystem verlaufende Kurve K K steigt mehr und mehr mit der Annäherung an die senkrechte Koordinaten-

axe OB, also mit der Verminderung der Frachtmenge, fällt also im umgekehrten Sinne. Die die Frachtkosten ohne Rücksicht auf die Schleusenkosten darstellenden, geraden Linien  $A_2 A_2$  und  $B_3 B_3$  laufen dagegen parallel zur horizontalen Koordinatenaxe OA. In einem Punkt N (Nullpunkt) durchschneiden sich die Linien  $K K$  und  $A_2 A_2$  und bezeichnen damit diejenige Jahresfrachtmenge, bei der die Kosten beider Betriebe unter Berücksichtigung der Schleusenmehrkosten des Betriebes  $B_3$  gleich groß sind.

Für die auf eine Schleuse zu rechnende Länge der Wasserstraße ist hier die mittlere Länge der Haltungen (Entfernung zweier benachbarter Schleusen von einander) gesetzt, also für die Mosel 7,4 km; für die Saar 4,8 km. Die Verzinsung der Schleusenmehrkosten ist mit  $3\frac{1}{2}\%$ , die Tilgung und Unterhaltung sind mit  $\frac{3}{4}\%$ , beide zusammen also mit  $4\frac{1}{4}\%$  berechnet. Alle übrigen in den folgenden Beispielen angewendeten Zahlen bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

#### Beispiel I. Mosel.

Der Betrieb A mit 1 Anhang soll bei 1,8 m Tiefgang und einer Liegefrist  $Z = \frac{1}{6}$  mit Betrieb C bei 5 Anhängen verglichen werden.

Die Schlepp- und Schiffskosten betragen nach Zusammenstellung 2 für den A-Betrieb 0,365  $\text{P}/\text{tkm}$

„ „ C-Betrieb 0,322 „

Als Unterschied zugunsten des C-Betriebes ergibt sich hieraus der Betrag von 0,043  $\text{P}/\text{tkm}$ .

Als Schleusenkosten sind aus Zusammenstellung 3 zu entnehmen

für den C-Betrieb 456 600  $\text{M}$

„ A-Betrieb 301 600 „

Als Unterschied zugunsten A ist = 155 000  $\text{M}$ ; davon  $4\frac{1}{4}\%$  für Verzinsung usw. gibt 8180  $\text{M}$  jährliche Mehrkosten zugunsten des C-Betriebes, die durch die geringeren Frachtkosten dieses Betriebes ausgeglichen werden müssen, wenn die beiden verglichenen Betriebe gleichwertig sein sollen. Dies ist der Fall, sobald eine jährliche Frachtmenge von  $\frac{818000}{7,4} \cdot 0,043 = 2570000$  t vor-

handen ist. Bei dieser Frachtmenge sind also die Kosten der beiden Betriebe  $A_1$  und  $C_5$  gleich; bei größerer Frachtmenge, die für die Mosel sicher zu erwarten ist, würde demnach der Betrieb mit dem kleineren C-Schiff billiger sein als der mit dem großen A-Schiff; bleibt dagegen die Frachtmenge unter der oben berechneten Tonnenzahl, so ist der Betrieb mit dem A-Schiff billiger als der mit dem

C-Schiff. Völlig unzutreffend wäre nun, aus diesem Rechnungsergebnis folgern zu wollen, daß für die Mosel der Betrieb mit dem kleinen C-Schiff einzuführen sei. Denn schon der Vergleich des A-Schiff-Betriebes bei 2 Anhängen mit dem C-Schiff-Betrieb bei 5 Anhängen fällt zuungunsten des letzteren aus, da für den A<sub>2</sub>-Betrieb sowohl die Frachtkosten (0,317 gegen 0,322  $\text{Pf}/\text{tkm}$ ) als auch die Schleusenkosten (446 100 gegen 456 600  $\text{M}$ ) billiger sind. Der Betrieb mit dem größeren A-Schiff ist also in diesem Falle bei jeder Frachtmenge billiger und überdies auch leistungsfähiger als der mit dem kleinen C-Schiff.

### Beispiel II. Mosel.

Der Betrieb A<sub>2</sub> mit 2 Anhängen soll bei 1,8 m Tiefgang und  $Z = \frac{1}{6}$  mit dem Betriebe B<sub>3</sub> bei 3 Anhängen verglichen werden.

Die Frachtkosten betragen hier für Betrieb A<sub>2</sub> = 0,317  $\text{Pf}/\text{tkm}$

„ „ B<sub>3</sub> = 0,311 „

Der Unterschied ist demnach zugunsten B<sub>3</sub> = 0,006 „

Die Schleusenkosten betragen für A<sub>2</sub> = 446 100  $\text{M}$

für B<sub>3</sub> = 476 400 „

Unterschied zugunsten A<sub>2</sub> = 30 300  $\text{M}$

Die Mehrkosten des Betriebes B<sub>3</sub> infolge der höheren Schleusenkosten berechnen sich, wie im Falle I, zu  $303 \cdot 4\frac{1}{4} = 1318 \text{ M}$  im Jahre. Die für den Nullpunkt erforderliche Frachtmenge beträgt somit  $\frac{131800}{7,4} \cdot 0,006 = 3000000 \text{ t}$  im Jahre.

Bleibt die vorhandene Frachtmenge unter dieser Zahl, so ist der Betrieb mit dem A-Schiff der billigere; ist dagegen, wie für die Mosel zu erwarten, die jährliche zu befördernde Frachtmenge größer als 3 Millionen Tonnen, so ist der Betrieb mit dem B-Schiff bei 3 Anhängen der vorteilhaftere.

Dieser Fall ist in der beigehefteten Figur 2 zeichnerisch dargestellt; parallel zur Ordinatenaxe O A verlaufen die Linien A<sub>2</sub> — A<sub>2</sub> und B<sub>3</sub> — B<sub>3</sub>, die den Frachtkosten der beiden Schiffsbetriebe, also 0,317 und 0,311  $\text{Pf}/\text{tkm}$  entsprechen, während die Kurve K—K die Kosten des Betriebes B<sub>3</sub> unter Berücksichtigung der Schleusenmehrkosten darstellt. Die Frachtmengen sind als gleichweit voneinander entfernte, senkrechte Linien (Ordinaten) eingetragen. Im Schnittpunkt der Linien K — K und A<sub>2</sub> — A<sub>2</sub>, also bei 3 Millionen Tonnen jährlicher Fracht sind die Kosten der beiden Betriebe gleich.

Bei verlängerter Liegefrist ( $Z = 1/3$  bis 1) vergrößert sich auch in diesem Falle der Vorteil des kleineren B-Schiffs.

Wird eine Schleusengröße gewählt, die beide Betriebe möglich macht, also etwa 230 m Länge und 10,5 m Breite, so können selbstverständlich keinem der beiden Betriebe besondere Kosten für die Schleusen auferlegt werden. Es treten somit wieder die Zahlen der Zusammenstellung 2 in Geltung, d. h. der Betrieb mit den 3 B-Schiffen ist dann für jede Frachtmenge und jede Liegefrist billiger als der mit den 2 größeren A-Schiffen.

Die genannten Schleusenabmessungen sind aber (annähernd) die für die Mosel tatsächlich in Aussicht genommenen.

Die Saar hat, wie schon gesagt, eine mittlere Haltungslänge von 4,8 km und eine Fahrtiefe von 1,8 m; für sie kommen daher nur die Schiffsgrößen B und C infrage, weil bei der Jahrbreite von 25 m und den Krümmungen dieses Flusses von der Verwendung des großen A-Schiffes nicht gut die Rede sein kann. Es wird daher hier zu untersuchen sein, ob unter diesen Verhältnissen der Betrieb B mit 1 oder 2 Anhängen, oder der Betrieb C mit 2 oder 3 Anhängen der billigere sein wird. Zu bemerken ist noch, daß anstelle des hier inbetracht gezogenen C-Schiffes auch das sogenannte Kanalschiff gesetzt werden darf, welches bei 40 m Länge und 5 m Breite zwar eine etwas kleinere Ladefähigkeit besitzt (etwa 280 bis 290 t), dagegen infolge des geringeren Anschaffungspreises (etwa 14 000 M gegenüber 20 000 M) und der billigeren Betriebskosten den Nachteil der geringeren Ladefähigkeit bezüglich der Frachtkosten mindestens ausgleicht. Da dieses Schiff den andern gegenüber allein den großen Vorteil besitzt, Waren, die aus dem reichsländischen und französischen Kanalnetz nach den Flüssen Saar, Mosel und Rhein und in umgekehrter Richtung gehen, ohne Umschlag von Schiff zu Schiff verfrachten zu können, und da zurzeit ein Ueberschuß von solchen Schiffen auf den reichsländischen und französischen Kanälen vorhanden ist, steht außer Zweifel, daß es nach Fertigstellung der Mosel- und Saarkanalisation in den Wettbewerb mit den größeren Schiffen mit aller Kraft und vermutlich auch mit Erfolg eintreten wird.

### Beispiel III. Saar.

Es sollen bei 1,8 m Tiefgang und  $Z = 1/6$  die Kosten des Betriebes B mit 1 Anhang mit den Kosten des Betriebes C bei 2 Anhängen verglichen werden.

Die Frachtkosten des  $B_1$ -Betriebes betragen 0,381  $\text{P}/\text{tkm}$   
 "  $C_2$  " " " 0,370 " "

Unterschied zugunsten  $C_2$  0,011  $\text{P}/\text{tkm}$

Die Schleusenkosten für den  $B_1$ -Betrieb 252 500  $\text{M}$

" "  $C_2$  " " 249 000 " "

Unterschied zugunsten  $C_2$  daher = 3 500  $\text{M}$

Hier sind demnach sowohl die Fracht- als die Schleusenkosten billiger als die des Betriebes  $B_1$ ; folglich ist der Betrieb  $C_2$ , d. h. des kleineren Schiffes unter allen Umständen und für jede Frachtmenge wirtschaftlich günstiger als der mit dem größeren  $B$ -Schiff. Diese Ueberlegenheit steigert sich noch mit zunehmender Liegezeit, also vergrößertem  $Z$ .

#### Beispiel IV. Saar.

Der Betrieb  $B$  mit 2 Anhängen soll mit  $C$  bei 4 Anhängen verglichen werden.

a) Liegefrist  $Z = 1/6$ .

Die Frachtkosten betragen hier für den  $B_2$ -Betrieb = 0,330  $\text{P}/\text{tkm}$

" "  $C_4$  " " = 0,330 " "

Beide sind also in diesem Falle gleich.

Die Kosten einer Schleuse für den Betrieb  $B_2$  sind = 364 500  $\text{M}$

" " " "  $C_4$  " " = 385 000 " "

Der Unterschied zuungunsten  $C_4$  ist also = 20 500  $\text{M}$

Folglich ist hier, da die Frachtkosten für beide Betriebe gleich, die Schleusenkosten aber für den  $B_2$ -Betrieb kleiner sind, dieser für jede Frachtmenge billiger als der  $C_4$ -Betrieb.

b) Liegefrist  $Z = 1/3$ .

Die Frachtkosten sind für  $B_2$  = 0,384  $\text{P}/\text{tkm}$

"  $C_4$  = 0,365 " "

Unterschied zugunsten  $C_4$  = 0,019  $\text{P}/\text{tkm}$

Die Mehrkosten des Betriebes  $C_4$  infolge der oben angegebenen höheren Schleusenkosten betragen demnach  $205 \cdot 4^{1/4} =$  rund 871  $\text{M}$

und die für den Nullpunkt erforderliche Frachtmenge  $\frac{87100}{4,8} \cdot 0,019 = 955000$  t Jahr.

Bei dieser Frachtmenge sind also beide Betriebe gleichwertig; übersteigt die zu befördernde Frachtmenge die Zahl von 955 000 t/Jahr, so wird der Betrieb mit dem kleineren  $C$ -Schiff wieder billiger als der mit dem  $B$ -Schiff. Da aber für die Saar ein größerer Verkehr

als 955000 t/Jahr zu erwarten ist, würde auch hier der Betrieb mit dem kleineren C-Schiff der billigere sein.

Aus dem Vergleich der Fälle a und b ist wieder der Einfluß der Liegefrist auf die Frachtkosten ersichtlich.

Zu den gegebenen Beispielen wurde vorausgesetzt, daß

1. die Ladefähigkeit der verglichenen Schiffsbetriebe wenigstens annähernd gleich groß;
2. die Kosten der eigentlichen Flußrinne für jeden Betrieb dieselben seien, mithin unberücksichtigt bleiben könnten. Von besonderem Interesse ist nun noch ein Vergleich der Schiffe B untereinander ohne die vorgenannten Voraussetzungen. Er soll im folgenden Beispiel V durchgeführt werden.

#### Beispiel V. Saar.

Die Betriebe B mit 1, und B mit 2 Anhängen sollen bei 1,8 m Tiefgang und  $Z = \frac{1}{6}$  untereinander verglichen werden.

Die Frachtkosten für B<sub>1</sub> sind nach Zusammenstellung  $2 = 0,381$  Pfltkm

„ B<sub>2</sub> „ „ „  $2 = 0,330$  „

Unterschied zugunsten B<sub>2</sub> = 0,051 Pfltkm

Die Schleusenkosten für B<sub>2</sub> betragen 364500 M

„ B<sub>1</sub> „  $252500$  „

Unterschied zugunsten B<sub>1</sub> = 112000 M.

Die jährlichen Mehrkosten des Betriebes B<sub>2</sub> belaufen sich sonach auf :  $1120 \cdot 4\frac{1}{4} = 4760$  M für jede Haltung, und der Nullpunkt beider Betriebe tritt bei einer Frachtmenge ein von

$$\frac{476000}{4,8} \cdot 0,051 = 1940000 \text{ t/Jahr.}$$

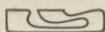
Die Anwendung des Betriebes B<sub>2</sub> (Züge von zwei 600-t-Schiffen) anstelle des Betriebes B<sub>1</sub> (Züge von je einem 600-t-Schiff) würde aber nicht nur die Vergrößerung der Schleusen, sondern auch eine gewisse Verbreiterung der Fahrrinne, vor allem in den starken Krümmungen dieses Flusses erforderlich machen. Mindestens müßte, um einen sicheren Betrieb B<sub>2</sub>, insbesondere auch das Begegnen zweier Züge auf der Fahrt, möglich zu machen, die jetzt vorgesehene Sohlenbreite der Fahrrinne von 25 m auf mindestens 30 m vergrößert werden. Die Kosten dieser Verbreiterung genügend genau anzugeben, ist aber deshalb nicht möglich, weil die zu ihrer Ermittlung erforderlichen Messungen bisher nicht gemacht, oder wenigstens nicht bekannt geworden sind. Schätzt man sie, entsprechend

der vergrößerten Flußrinnenbreite, auf  $\frac{1}{5}$  der für die geringere Breite erforderlichen Kosten, so würde sich für einen Kilometer der Betrag von 16 000 M, oder für die hier in Rechnung zu setzende Haltungslänge von 4,8 km rund 77 000 M ergeben. Die durch Einführung der Betriebsart  $B_2$  veranlaßte, jährliche Mehrausgabe betrüge demnach  $770 \cdot 4\frac{1}{4} = 3273$  M Schleuse. Hierdurch wird der zur Erreichung des Nullpunktes erforderliche Verkehr um  $\frac{327300}{4,8} \cdot 0,051 = 1336000$  t erhöht, also im ganzen auf

3 276 000 t/Jahr gebracht. Erst bei dieser Frachtmenge wird also der  $B_2$ = dem  $B_1$ -Betrieb wirtschaftlich gleichwertig, darüber hinaus vorteilhafter sein. Es ist aber mindestens zweifelhaft, ob eine so große Frachtmenge auf der kanalisierten Saar sich einstellen wird, besonders im Hinblick auf das naheliegende Beispiel des kanalisierten Main, der, so industriereiche und kapitalkräftige Städte wie Frankfurt und Höchst mit der verkehrsreichsten Wasserstraße Europas, dem Rhein, verbindend, nach zwanzigjährigem Betriebe nur eine jährliche Verkehrsmenge von etwa  $2\frac{1}{2}$  Millionen Tonnen, also erheblich weniger, als oben für die Saar ermittelt wurde, aufweist.

Die vorstehend für eine Schleuse nebst Haltung berechneten Mehrkosten von  $112000 + 77000 = 299000$  M würden die Gesamtkosten der Saarkanalisation um rund 6 Millionen Mark, oder um ein Drittel der für den B-Betrieb erforderlichen Baukosten erhöhen. Ob aber eine so erhebliche Vergrößerung der Baukosten der Aussicht auf Ausführung der Saarkanalisation besonders förderlich sein wird, muß mindestens bezweifelt werden.

Als zweckmäßige Hauptabmessungen der Saarschleusen würden demnach eine Nutzlänge von 110 m, eine Breite von etwa 8,6 bis 9,0 m zu wählen sein, welche Maße die Anwendung sowohl des  $B_1$ = wie des  $C_2$ -Betriebes ermöglichen, ohne eine Verteuerung der vorgesehenen Schleusen und der Fahrinne herbeizuführen.



## V. Die Leistungsfähigkeit der Schleusen.

Es wird noch der Nachweis zu führen sein, daß die für die Mosel und Saar als in wirtschaftlicher Beziehung zweckmäßig befundenen Schiffsbetriebe und Schleusengrößen, nämlich für die Mosel Züge von drei 600-t-Schiffen ( $B_3$ ) und Schleusen von 230 m Nutzlänge und 10,5 m Breite; für die Saar von zwei C-Schiffen ( $C_2$ ) oder 1 B-Schiff ( $B_1$ ) bei 110 m Schleusenlänge und 8,6 m Mindestbreite auch die Leistungsfähigkeit besitzen, die zur Bewältigung der auf diesen Flüssen voraussichtlich sich einstellenden Verkehrsmenge erforderlich ist.

Die Leistung einer mit Schleusen hergestellten Wasserstraße hängt unter der Voraussetzung, daß jederzeit die zur Füllung der Schleusen notwendige Wassermasse vorhanden ist, ab 1. von der Größe der in einer Doppelschleusung beförderten Frachtmenge; 2. von der Zeitdauer einer solchen Doppelschleusung und 3. von der in einem Jahre möglichen Anzahl von Schleusungen. Die Voraussetzung der genügenden Füllwassermenge kann bei Mosel und Saar als erfüllt angesehen werden. In einer Doppelschleusung (d. h. der Schleusung eines Zugs zoberg und eines zutal hintereinander) kann eine Moselschleuse:

bei 1,8 m Tiefgang  $2 \cdot 3 \cdot 600 = 3600$  t;

„ 2,0 „ „  $2 \cdot 3 \cdot 700 = 4200$  t

„ 2,2 „ „  $2 \cdot 3 \cdot 800 = 4800$  t;

eine Saarschleuse:

bei 1,8 m „  $2 \cdot 2 \cdot 300 = 1200$  t fördern.

Zur Bestimmung der Schleusungsdauer müssen die ungünstigsten Schleusen, d. h. die mit dem größten Gefälle herangezogen werden. Dies beträgt für die Mosel 3,3 m; für die Saar 5,0 m. — Hier soll nun nicht die sonst übliche, die Zeitdauer jedes Einzelvorgangs einer Schleusung bis auf Sekunden bestimmende, daher praktisch ziemlich wertlose Berechnung, sondern eine auf Erfahrungszahlen

begründete, einfachere Berechnung angewendet werden, bei der auch diejenigen Zeitverluste möglichst berücksichtigt sind, die bei jeder Schleusung vorkommen, aber je nach den Umständen von sehr verschieden langer Dauer sein können. Es soll also eine mittlere Schleusungsdauer ermittelt werden, mit der die Schifffahrt unter allen Umständen auskommt.

Demgemäß sind als Zeit für das Ein- oder Ausfahren eines Schleppzuges von beliebiger Länge einschließlich der Tor- und Schützenbewegung für die Mosel 8, für die Saar 6 Minuten angenommen. Die Zeitdauer einer Füllung oder Leerung der Schleusenammer hängt von der zulässigen Geschwindigkeit des steigenden oder fallenden Wasserspiegels in der Schleuse ab, die zur Sicherung der geschleusten Schiffe ein gewisses Maß nicht übersteigen darf. Für die Mosel soll als dieses Maß die Geschwindigkeit von 0,25 m; für die Saar wegen der kleineren Schleusen von 0,5 m in der Minute angesehen werden. Die Zeit einer Füllung (oder Leerung) beträgt demnach:

$$a) \text{ für die Moselschleuse } \frac{3,3}{0,25} = 13 \text{ Minuten,}$$

$$b) \text{ " " Saarschleuse } \frac{5,0}{0,5} = 10 \text{ "}$$

daher die Gesamtzeit einer Doppelschleusung:

$$c) \text{ für die Mosel: } 8 + 13 + 2 \cdot 8 + 13 + 8 = 58 \text{ Minuten}$$

oder rund 1 Stunde;

$$d) \text{ für die Saar } 6 + 10 + 2 \cdot 6 + 10 + 6 = 44 \text{ Minuten, d. i.}$$

rund  $\frac{3}{4}$  Stunden. Bei 290 Schifffahrtstagen im Jahre ist somit die Anzahl der möglichen Doppelschleusungen für die Mosel:  $290 \cdot 24 = 6960$ , und für die Saar  $\frac{4}{3} \cdot 6960 = 9280$ .

Die größtmögliche Leistung der Moselschleuse beträgt demnach:

$$a) \text{ bei 1,8 m Tiefgang } 6960 \cdot 3600 = \text{rund 25 Million t}$$

$$b) \text{ " 2,0 " " } 6960 \cdot 4200 = \text{" 29 " t}$$

$$c) \text{ " 2,2 " " } 6960 \cdot 4800 = \text{" 33 " t und}$$

$$d) \text{ für die Saar bei 1,8 m Tiefgang:}$$

$$9280 \cdot 1200 = \text{" 11 " t/Jahr.}$$

Diese Zahlen geben also das äußerste Verkehrsmaß an, das von den Schleusen bei Tag- und Nachtarbeit bewältigt werden kann. Wasserstraßen, die einen so großen Verkehr haben wie z. B. einzelne Kanäle Frankreichs, sind schon als überlastet und unzureichend anzusehen. Der gewöhnliche Verkehr einer ausreichenden Wasserstraße muß daher erheblich geringer sein als

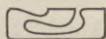
der vorstehend berechnete Größtverkehr, der nur in Ausnahmefällen, besonders bei Bewältigung außergewöhnlicher Verkehrshäufungen, in Anwendung kommen soll.

Für gewöhnlich ist also mit einer geringeren Leistung der Schleusen zu rechnen, die hier als „normale“ bezeichnet werden möge. Sie wird bestimmt durch Herabsetzung der täglichen Schleusungszeit von 24 auf 14 Stunden und durch Berücksichtigung der Sonntagsruhe, die eines Tages doch auf dem Rhein und dessen Nebenflüssen eingeführt werden könnte. Die vorstehend ermittelte Größtleistung muß also mit der Zahl  $0,7 \cdot \frac{14}{24} = \text{rund } \frac{1}{2}$  multipliziert werden, um die normale Leistung zu erhalten. Diese beträgt sonach:

- für die Mosel a)  $\frac{1}{2} \cdot 25 = 12,5$  Millionen Tonnen  
b)  $\frac{1}{2} \cdot 29 = 14,5$  „ „  
c)  $\frac{1}{2} \cdot 33 = 16,5$  „ „ und  
für die Saar d)  $\frac{1}{2} \cdot 11 = 5,5$  „ „

Hierbei ist die Leerschiffahrt noch unberücksichtigt gelassen, durch welche die vorbestimmten Verkehrsmengen sich noch entsprechend vermindern müssen.

Von anderer Seite ist der zukünftige jährliche Gesamtverkehr der Mosel zu etwa 7,8; der Saar zu 3,75 Millionen Tonnen berechnet worden. Diese Zahlen bleiben immer noch so erheblich unter den oben angegebenen zurück, daß behauptet werden darf, daß bei Anwendung der hier vorgeschlagenen Schleusenabmessungen dem zukünftigen Verkehrsbedürfnis beider Flüsse reichlich entsprochen ist.



## VI. Praktische Anwendung der Rechnungsergebnisse.

Es möge noch die praktische Anwendung der bisher angeführten Berechnungen zur Bestimmung der gesamten Wasserfrachtkosten, ähnlich, wie dies schon im Heft 5 der Südwestdeutschen Wirtschaftsfragen (Seite 20) für die Saar und Oberrhein geschehen ist, an einigen Beispielen für den Frachtenverkehr zwischen dem Niederrhein und der Oberrhein gezeigt werden. Hierbei ist die Beförderung von Erz (Minette) von Esch in Luxemburg über Stadtbredimus-Koblenz-Ruhrort nach Gelsenkirchen in Westfalen (Reise I — Talfahrt) und in umgekehrter Richtung (Reise II — Bergfahrt), also der ungünstigste Fall einer Wasserverfrachtung, inbetracht gezogen, bei dem an beiden Enden des Wasserwegs noch ein mehr oder weniger langer Eisenbahnweg von der Fracht durchlaufen werden muß.

Die einzelnen Weglängen dieser Reisen sind:

- a) von Esch nach Stadtbredimus 34 km Eisenbahn;
- b) „ Stadtbredimus nach Koblenz 230 „ Mosel;
- c) „ Koblenz nach Ruhrort 190 „ Rhein;
- d) „ Ruhrort „ Gelsenkirchen 24 „ Eisenbahn.

Die gesamte Weglänge der Wasserverfrachtung beträgt somit 478 km. Ihr steht bei Eisenbahnverfrachtung eine tarifmäßige Weglänge von nur 324 km gegenüber.

Die Gesamtkosten der Wasserverfrachtung setzen sich zusammen aus:

1. den Kosten der beiden unter a und d genannten kurzen Eisenbahnstrecken, die sich aus Abfertigungs- und Streckengebühr zusammensetzen;
2. den aus Zusammenstellung 2 zu entnehmenden, jedoch vorher für Berg- und Talfahrt umzurechnenden Schiffs- und Schleppkosten der Wasserstrecken b und c; und

3. den übrigen besonderen Kosten der Wasserverfrachtung als Umschlagskosten, Kanalabgabe u. s. w.

Zu 1. Die Eisenbahnkosten für die Strecken a und d sind zunächst nach den Ausnahmetarifen für Erze bzw. Koksfohlen und Koks, sodann unter Annahme von Schlep- oder Industriebahnen (Bahnen ohne Personenbeförderung) bestimmt. (Vergleiche Südwestdeutsche Wirtschaftsfragen Heft 6, Seite 34 und 35.)

Zu 2. Als infrage kommender Schiffsbetrieb ist der mit je drei B-Schiffen in einem Zuge bei 2,0 m Tiefgang und einer Liegefrist von  $Z = \frac{1}{3}$  angenommen, dessen Selbstkosten nach Zusammenstellung 2, Zeile 8, Spalte 10, 0,334 Pf/tkm betragen. Diese Kosten sind also zunächst um einen gewissen Gewinnbetrag (Unternehmergewinn) zu erhöhen und sodann den verschiedenen Ansprüchen der Berg- und Talfahrt entsprechend umzurechnen.

Als Unternehmergewinn sollen hier für die Schiffskosten 10 % der Selbstkosten, d. i. etwa 3 % der Anlagekosten, für die Schlepkosten 15 % der Selbstkosten, d. i. etwa  $7\frac{1}{2}$  % der Anlagekosten, in Rechnung gesetzt werden. Die in Zusammenstellung 2 angegebenen Beträge erhöhen sich sonach auf  $0,180 + 0,018 =$  rund 0,20 Pf für die Schiffskosten und auf  $0,154 + 0,023 =$  rund 0,18 Pf für die Schlepkosten. Die Umrechnung der Schiffskosten für die verschiedenen Fahrrichtungen wird zweckmäßig unter Zugrundelegung der je auf Berg- und Talfahrt einschließlich Liegezeit verwendeten Zeit erfolgen, die für den hier besprochenen Fall bereits oben zu 19 Tagen für die Berg- und 15 für die Talfahrt ermittelt worden ist. Hiernach stellen sich die Schiffskosten der Bergfahrt auf  $2 \cdot 0,2 \cdot \frac{19}{34} = 0,22$  Pf/tkm, der Talfahrt auf  $2 \cdot 0,2 \cdot \frac{15}{34} = 0,18$  Pf/tkm.

Die Schlepkosten werden genügend genau nach dem Verhältnis der mittleren Geschwindigkeit bei Berg- und Talfahrt, also hier, wie 8 : 5 zu trennen sein, was für die Bergfahrt  $2 \cdot 0,18 \cdot \frac{5}{13} = 0,22$  Pf/tkm; für die Talfahrt  $2 \cdot 0,18 \cdot \frac{8}{13} = 0,14$  Pf/tkm ergeben würde.

Schiffs- und Schlepkosten zusammen betragen:

für die Bergfahrt  $0,22 + 0,22 = 0,44$  Pf/tkm

„ „ Talfahrt  $0,18 + 0,14 = 0,32$  „

Diese Beträge sind in den nachfolgenden Beispielen verwendet.

Zu 3. Als Umschlagskosten vom Land ins Schiff (Sippgeld) sind für eine Tonne Erz 6 Pf; für 1 Tonne Koks 10 Pf, als

Löschkosten vom Schiff aufs Land sind für Koks 50 Pf, für Erz 30 Pf gerechnet.

Während für Erz eine Wertverminderung durch den Wassertransport nicht stattfindet, leidet angeblich der Koks durch das Einkippen ins Schiff und das Löschen aus diesem auf dem Wassertransport mehr als auf dem ausschließlichen Eisenbahntransport. Dieser Mehrverlust muß so gut wie möglich ermittelt und in Rechnung gesetzt werden. Zweifellos ist zunächst, daß dem Mehrverlust infolge des doppelten Umschlags ein Minderverlust infolge der ruhigen Lage im Schiff während der Fahrt gegenüber steht, d. h. der beim Fahren auf dem Wasser verursachte Abrieb des Koks ist geringer als der beim Fahren auf der Eisenbahn infolge des Rangierens der Züge und des unvermeidlichen Zusammenstoßens der einzelnen Wagen bewirkte. Die Größe dieser verschiedenen Wertverluste kann aber nur durch viel- und sorgfältige Versuche gefunden werden, die bisher nicht in genügender Zahl gemacht oder wenigstens nicht bekannt geworden sind. Von den wenigen veröffentlichten Versuchen sollen hier die Angaben verwendet werden, die bei Behandlung der Frage B für den IX. internationalen Schiffahrtskongreß (1902) über die „Wertverminderung von Kohle und Koks bei der Schiffahrtsbeförderung“ insbesondere im Generalbericht von Bergrat Zörner mitgeteilt sind. Danach beträgt aufgrund von Versuchen der Wertverlust von Ruhrkoks beim Eisenbahntransport rund 1,36 % seines Kaufwertes; bei der Wasser- verfrachtung mit zweimaligem Umschlag (also ins Schiff und wieder heraus) 2,69 % (nicht 2,12 %, wie dort irrtümlich angegeben ist). Der größere Verlust des Wassertransportes würde hiernach  $2,69 - 1,36 = 1,33$  %, also bei dem hier angenommenen Kaufpreis des Koks von 15 M/Tonne  $1,33 \cdot 15 =$  rund 20 Pf/Tonne betragen. In den folgenden Berechnungen sind nun zur Berücksichtigung der längeren Lagerung der Zins- und sonstigen Verluste der vorstehend ermittelte Betrag noch um 50 % erhöht, d. h. es sind im ganzen 30 Pf/Tonne als Wertverlust zuungunsten der Wasserfracht in Rechnung gesetzt worden. Daß übrigens trotz dieses Verlustes die Wasser- verfrachtung auch für Koks sich eignet und Vorteile vor der Eisenbahn- verfrachtung bietet, beweisen genügend die zahlreichen auf dem Rhein von Ruhrort nach Gustavsburg oder Mannheim fahrenden, mit Koks beladenen Schiffe.

Die Erhebung von Schiffahrtsabgaben auf dem Rhein ist hier nicht inbetracht gezogen; dagegen muß für die kanalisierte Mosel

mit einer solchen Abgabe gerechnet werden. Ihre voraussichtliche Höhe für die verschiedenen Frachtgüter und Fahrrichtungen ist nicht bekannt, auch deshalb schwer zu bestimmen, weil sie wesentlich von der Größe der späteren Frachtmenge abhängt, d. h. um so geringer ausfallen wird, je größer diese ist. Es soll daher derselbe Abgabebetrag in Ansatz gebracht werden, der im Heft 8 der Südwestdeutschen Wirtschaftsfragen, Seite 33 ff., angenommen worden ist, nämlich 0,1 Pf für den tkm Erz und 0,13 Pf für den tkm Koks, ohne daß für die Richtigkeit dieser Sätze Gewähr geleistet werden kann.

Nach diesen Vorbemerkungen dürften die folgenden Berechnungen ohne weiteres verständlich sein.

I. Fahrreise von Esch nach Gelsenkirchen (ohne Benutzung des Kanals Ruhrort-Herne).

Gesamtlänge = 478 km; Tiefgang T = 2,0 m; Liegezeit Z =  $\frac{1}{3}$ .

Wasserfrachtkosten für 1 Tonne Erz.

1. Bahnfracht Esch-Stadtbredimus 34 . 1,8 + 70 Pf =	1,30 M
2. Umschlag von Bahn zu Schiff (Ripper) . . . . .	0,06 "
3. Wasserfracht (einschl. Schleppkosten) 420 . 0,32 =	1,34 "
4. Umschlag vom Schiff zur Bahn . . . . .	0,30 "
5. Bahnfracht Ruhrort-Gelsenkirchen 24 . 1,8 + 70 Pf =	1,10 "
6. Versicherung der Ladung für 1 Tonne = $\frac{4,5 \cdot 2}{1000}$ =	0,01 "
7. Kanalabgabe auf der Mosel 0,1 . 230 km = . . .	0,23 "
	Sa. 4,34 M.

Die entsprechende Eisenbahnfracht beträgt nach dem Ausnahmetarif für Erze bei 334 km Weglänge:

$$100 \cdot 1,8 + 100 \cdot 1,5 + 134 \cdot 1,0 + 70 \text{ Pf} = 5,30 \text{ M/Tonne.}$$

Der Unterschied zwischen Eisenbahn- und Wasserfracht (Spannung) ist demnach  $5,30 - 4,34 = 0,96$  M/Tonne; er würde sich noch um etwa 0,55 M/Tonne erhöhen, wenn die Strecke Esch-Stadtbredimus als Schleppbahn benutzt würde, worauf mit Sicherheit zu rechnen ist. Die Spannung würde dann zugunsten des Wasserweges 1,51 M/Tonne betragen.

Dieser in erster Linie auf die niedrigen Sätze des zurzeit bestehenden Eisenbahn-Ausnahmetarifs zurückzuführende, verhältnismäßig geringe Unterschied von 0,96 M, bzw. 1,51 M/Tonne würde immerhin später für jede Million Tonnen Erze, die von dem Mosel-

nach dem Rheinindustriengebiet auf dem Wasser befördert wird, eine Frachtkostenersparnis von 960 000 bzw. 1 510 000 M zur Folge haben.

## II. Bergreise von Gelsenkirchen nach Esch.

Länge, Tiefgang, Liegefrist wie zu I.

Wasserfrachtkosten für 1 Tonne Koks:

1. Bahnfracht Gelsenkirchen-Ruhrort bei 24 km Länge 24 . 2,2 + 70 Pf . . . . .	= 1,20 M
2. Umschlag von Bahn zu Schiff (Kipper) . . . . .	0,10 "
3. Wasserfracht einschl. Schleppkosten 420 . 0,44 Pf =	1,85 "
4. Umschlag von Schiff zur Bahn . . . . .	0,50 "
5. Versicherung der Ladung . . . . .	$\frac{15 \cdot 3}{1000} = 0,05$ "
6. Bahnfracht Stadtbredimus-Esch 32 . 2,2 + 70 Pf =	1,50 "
7. Wertverminderung des Koks . . . . .	0,30 "
8. Kanalabgabe auf der Mosel 230 . 0,13 Pf . =	0,30 "
	Sa. 5,80 M.

Die entsprechende Eisenbahnfracht stellt sich auf:

$$334 \cdot 2,2 + 20 \text{ Pf} = 7,50 \text{ M};$$

die Spannung zugunsten der Wasserfracht ist demnach in diesem Falle = 7,50 — 5,80 = 1,70 M. Jede auf dem Wasserweg beförderte Million Tonnen Koks bringt also eine Ersparnis an Frachtkosten von 1 700 000 M. Die Spannung würde sich bei Annahme einer Schleppbahn für die Bahnstrecke Stadtbredimus-Esch um 0,70 M erhöhen, d. i. auf 2,40 M stellen.

Dieselben Berechnungen für den Verkehr zwischen Algringen in Lothringen und Gelsenkirchen in Westfalen führen unter Einsetzung der entsprechenden Weglängen, nämlich:

- a) für die Eisenbahnstrecke Algringen-Diedenhofen 13 km
  - b) " " Moselstrecke Diedenhofen-Koblenz . . 267 "
  - c) " " Rheinstrecke Koblenz-Ruhrort . . . 190 "
  - d) " " Eisenbahnstrecke Ruhrort-Gelsenkirchen 24 " zu
- folgenden Ergebnissen:

## III. Talreise von Algringen nach Gelsenkirchen.

$$\text{Gesamtlänge } 13 + 457 + 24 = 495 \text{ km}; \quad T = 2,0; \quad Z = \frac{1}{8}.$$

Wasserfrachtkosten für 1 Tonne Erz.

1. Bahnfracht Algringen-Diedenhofen	13 . 1,8 + 70 Pf = 0,95 M
2. Umschlag von Bahn zu Schiff . . . . .	0,06 "
3. Wasserfracht einschl. Schleppkosten 457 . 0,32 Pf =	1,46 "
4. Umschlag von Schiff zu Bahn . . . . .	0,30 "
5. Bahnfracht Ruhrort-Gelsenkirchen, wie zu I . =	1,10 "
6. Versicherung der Ladung wie zu I . . . . =	0,01 "
7. Kanalabgabe auf der Mosel 267 . 0,1 Pf . . =	0,27 "
	<u>Sa. 4,15 M</u>

oder, bei Annahme einer Schleppbahn Algringen-Diedenhofen 0,65 M weniger, d. h. 3,50 M für die Tonne.

Die entsprechende Eisenbahnfracht beträgt hier bei 347 km Länge  $100 \cdot 1,8 + 100 \cdot 1,5 + 147 \cdot 1,0 + 70 \text{ Pf} = 5,50 \text{ M}$  für 1 Tonne; die Spannung ist also = 1,35 M bzw. 2,00 M/Tonne.

IV. Bergreise von Gelsenkirchen nach Algringen.

Wasserfrachtkosten für 1 Tonne Koks.

1. Bahnfahrt Gelsenkirchen-Ruhrort, wie zu II . =	1,20 M
2. Umschlag von Bahn zu Schiff (Kipper) . . =	0,10 "
3. Wasserfracht einschl. Schleppkosten 457 . 0,44 Pf =	2,01 "
4. Umschlag von Schiff zu Bahn wie zu II . . =	0,50 "
5. Bahnfracht Diedenhofen-Algringen 13 . 2,2 + 70 Pf =	1,00 "
6. Wertverminderung des Koks, wie zu II . . =	0,30 "
7. Versicherung der Ladung, wie zu II . . . . =	0,05 "
8. Kanalabgabe auf der Mosel 267 . 0,13 Pf . =	0,35 "
	<u>Sa. 5,51 M</u>

oder bei Annahme einer Schleppbahn in Voßthringen:

$$5,51 - 0,71 = 4,80 \text{ M/Tonne.}$$

Die entsprechende Eisenbahnfracht ist in diesem Falle:  $347 \cdot 2,2 + 20 \text{ Pf} = 7,80 \text{ M/Tonne}$ ; oder die Spannung:  $7,8 - 5,51 = 2,29 \text{ M}$  bzw. 3,00 M/Tonne.

Eine Zusammenstellung der Spannungen hat folgendes Ergebnis:

		ohne	mit Schleppbahn
Fall I.	Talsahrt, Erze	0,96 M	1,51 M/Tonne
" III.	" "	1,35 "	2,00 "
" II.	Bergfahrt, Koks	1,70 "	2,40 "
" IV.	" "	2,29 "	3,00 "

Diese Spannungen bringen zahlenmäßig den großen Vorteil der Wassertransportation zur Anschauung; er würde sich noch erhöhen

durch Verkürzung der Liegefrist und Verminderung der Kosten auf Anschlußbahnen; ein Größtmaß wird er erreichen für Orte, die überhaupt keiner Anschlußbahn bedürfen, d. h. unmittelbar an der Wasserstraße liegen wie z. B. Weckingen an der Mosel; ein Kleinmaß für die Orte, die am entferntesten von der Wasserstraße abliegen. Die Spannung kann für diese so gering werden, daß der Vorteil der Wasserstraßenbenutzung verschwindet. Sie werden nach wie vor die Eisenbahn zur Frachtbeförderung benutzen.

Von Interesse könnte noch eine kurze Untersuchung des Falles sein, in dem der Wasserweg für sämtliche Industrieorte Luxemburgs und Lothringens gleich, der anschließende Eisenbahnweg aber möglichst gleichlang wäre. Dieser Fall, bei dem die Frachtkosten für die genannten Orte wenigstens annähernd gleich wären, würde vorliegen, wenn die Kanalisierung der Mosel zunächst nur bis zur Saarmündung ausgeführt, dort Umschlagshäfen hergestellt und von da ab Schlepfbahnbetrieb eingerichtet bzw. die vorhandenen Bahnen gleichzeitig als Schlepfbahnen benutzt würden.

Der Wasserweg würde für den Fall I und II um 30 km für den Fall III und IV um 67 km gekürzt; der Eisenbahnweg für I und II um 28 km, für III und IV um 59 km verlängert. Die Minderkosten des Wasserwegs betragen sonach:

für Fall	I	30	(0,32 + 0,10)	=	13	ℳ	für 1 Tonne;
"	"	II	30	(0,44 + 0,13)	=	17	" " 1 "
"	"	III	67	(0,32 + 0,10)	=	28	" " 1 "
"	"	IV	67	(0,44 + 0,13)	=	38	" " 1 "

Die Mehrkosten des Eisenbahnwegs dagegen, bei Annahme eines Einheitstarifs für Massengüter von 2,0 ℳ für 1 tkm (ohne jede weitere Gebühr) für den Fall I und II  $28 \cdot 2 = 56$  ℳ;

" " " III und IV  $59 \cdot 2 = 118$  ℳ.

Die Gesamtmehrkosten belaufen sich hiernach:

für den Fall	I	auf	56	—	13	=	43	ℳ	f. 1 Tonne;	
"	"	"	II	"	56	—	17	=	39	ℳ " "
"	"	"	III	"	118	—	28	=	90	ℳ " "
"	"	"	IV	"	118	—	38	=	80	ℳ " "

Diese Mehrkosten von den oben berechneten Spannungen abgezogen, geben folgende, für den jetzt besprochenen Fall geltenden Spannungen:

Fall I.	Erze von Esch	1,51 — 0,43 = 1,08	Pf/Tonne;
" III.	" " Algringen	2,00 — 0,90 = 1,10	"
" II.	Koks " Esch	2,40 — 0,39 = 2,01	" und
" IV.	" " Algringen	3,00 — 0,80 = 2,20	"

Die Spannungen sind immer noch so hoch, daß die vorteilhafte Benutzung der Wasserstraße auch bei dieser Ausführung der Wasserstraße außerfrage bleiben würde; der Unterschied zwischen den Orten Esch und Algringen würde aber für Erze von 2,00 — 1,51 = 0,49 M auf 1,10 — 1,08 = 0,02 M/Tonne; für Koks von 3,00 — 2,40 = 0,60 M auf 2,20 — 2,01 = 0,19 M/Tonne vermindert sein.

Die vorstehend angeführten Beispiele werden die Anwendbarkeit der früher gefundenen Rechnungsergebnisse auf praktische Fälle genügend klarlegen. Daß sie ebenso wie für die Mosel und Saar auch für andere Wasserstraßen Anwendung finden können, braucht kaum noch einmal erwähnt zu werden.

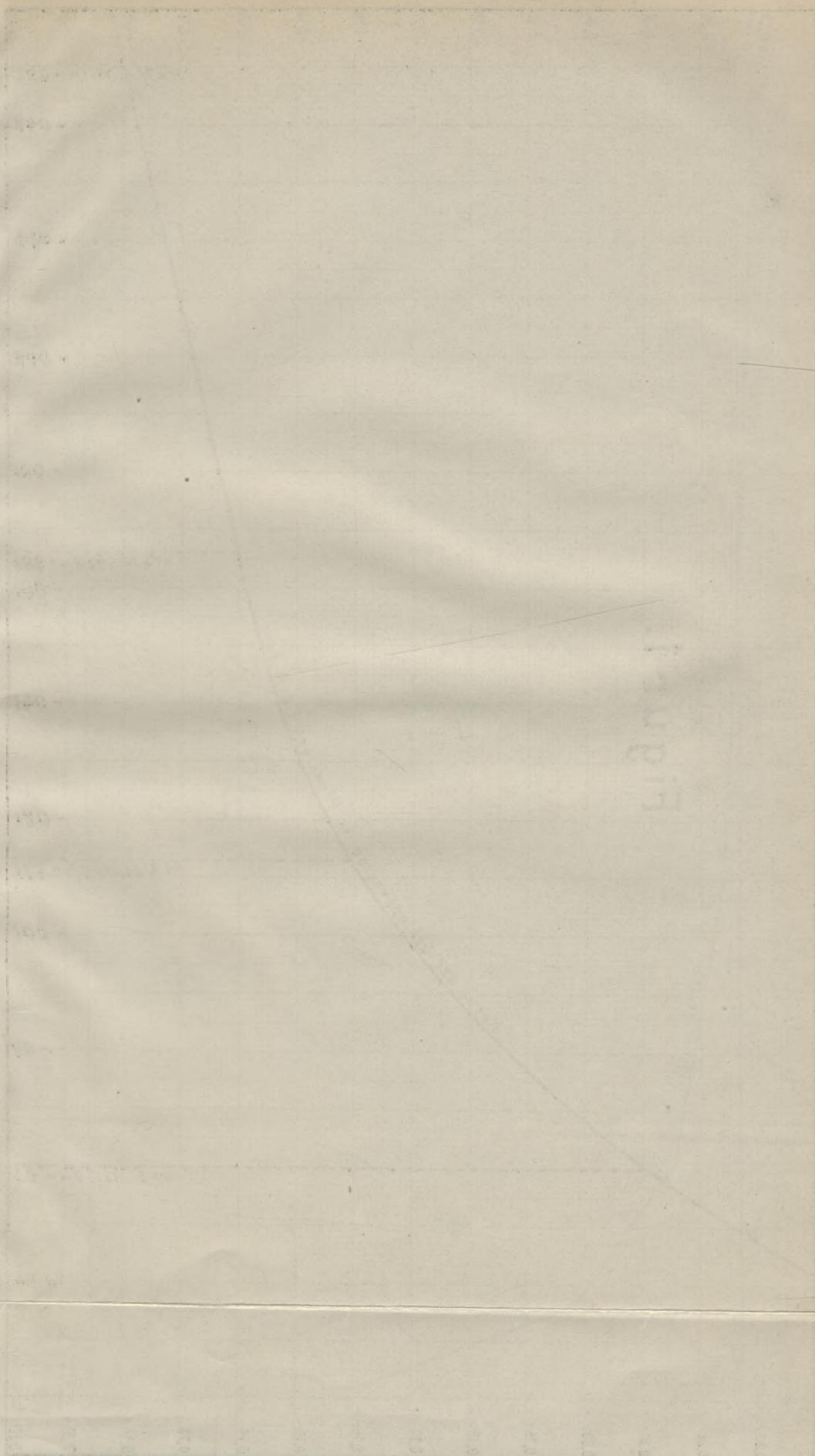
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW





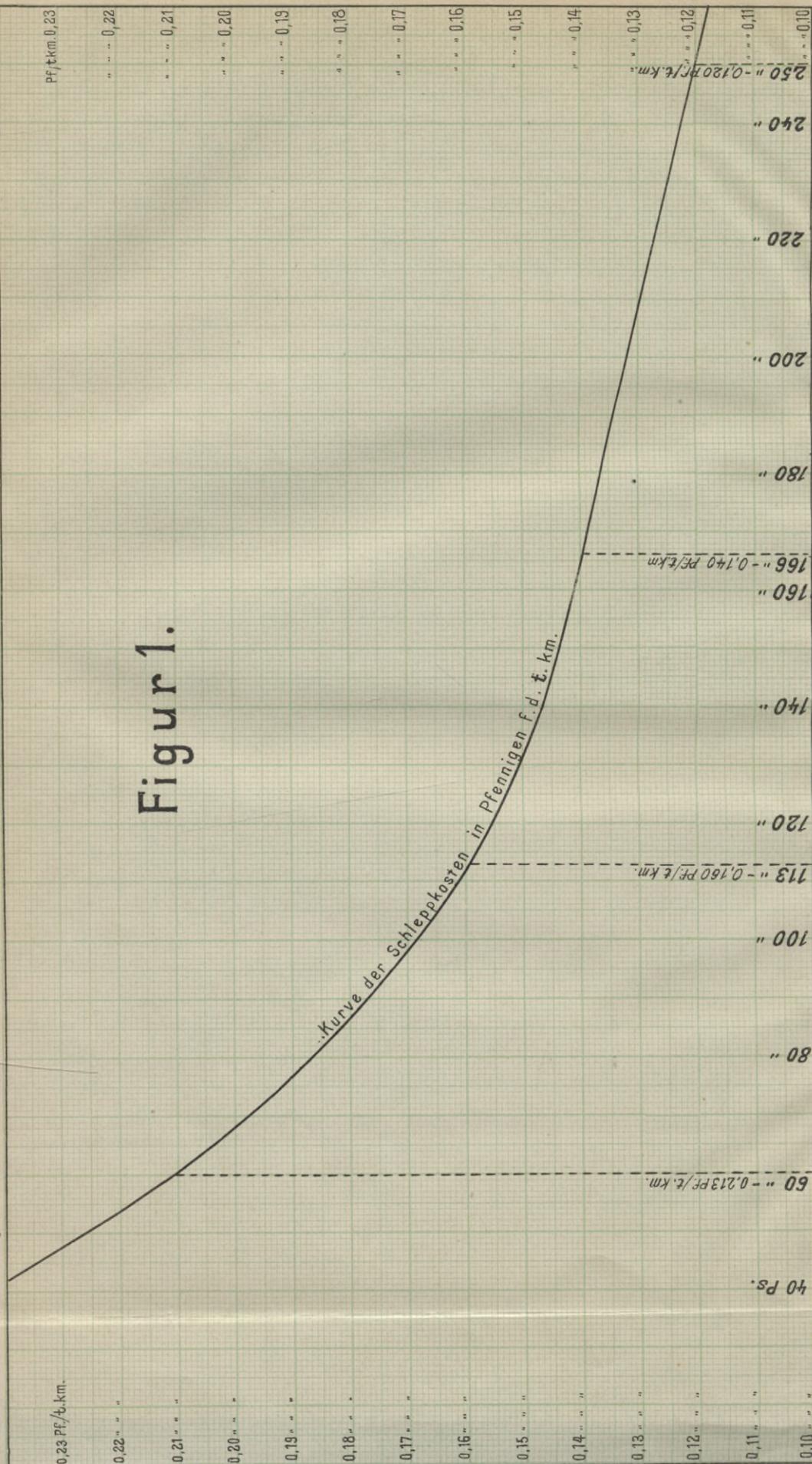






11 AUG 1951

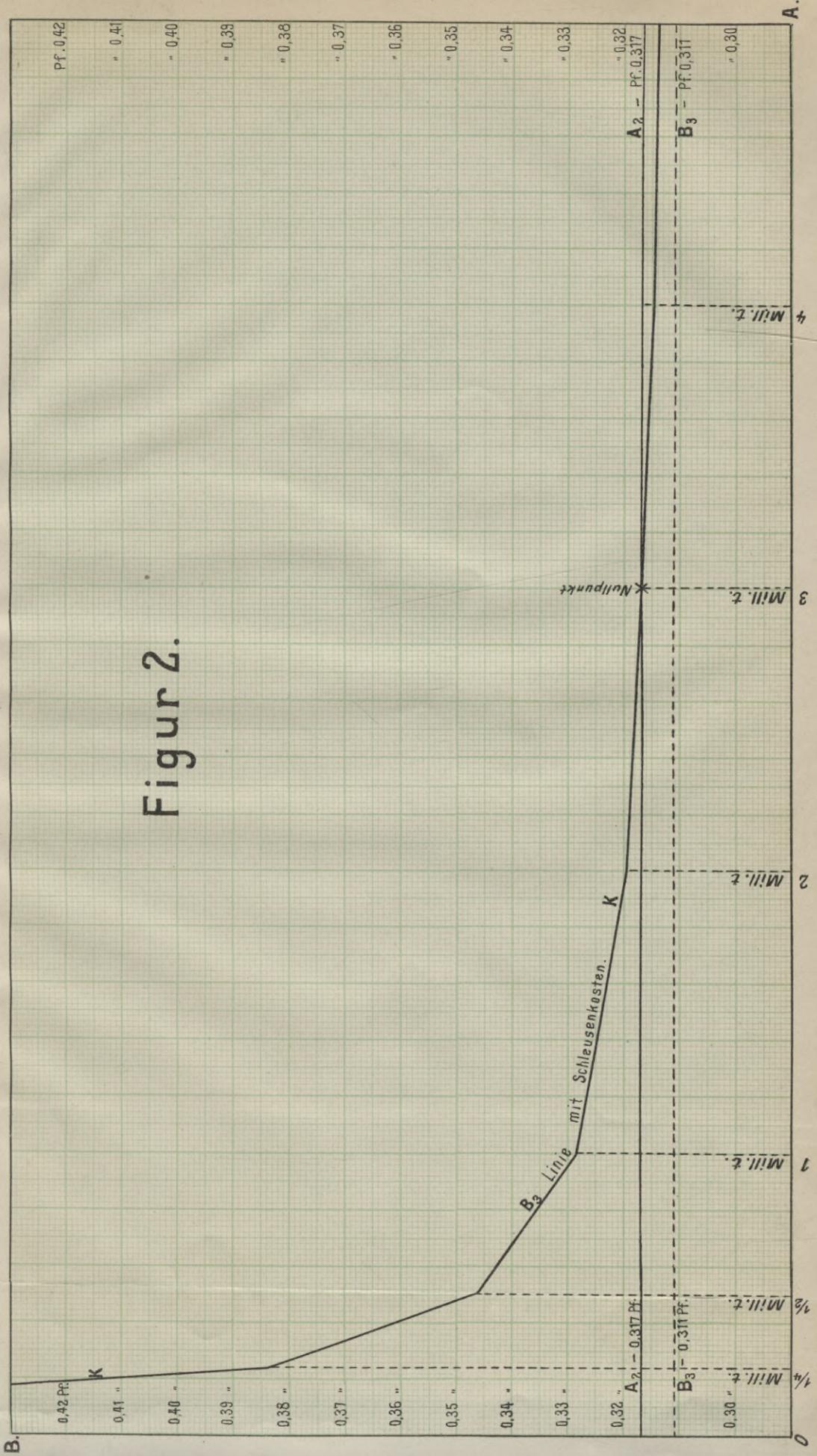
# Figur 1.



Pf./t.km. 0,23  
 " " 0,22  
 " " 0,21  
 " " 0,20  
 " " 0,19  
 " " 0,18  
 " " 0,17  
 " " 0,16  
 " " 0,15  
 " " 0,14  
 " " 0,13  
 " " 0,12  
 250 " - 0,120 Pf./t.km.  
 " " " " 0,11  
 " " " " 0,10

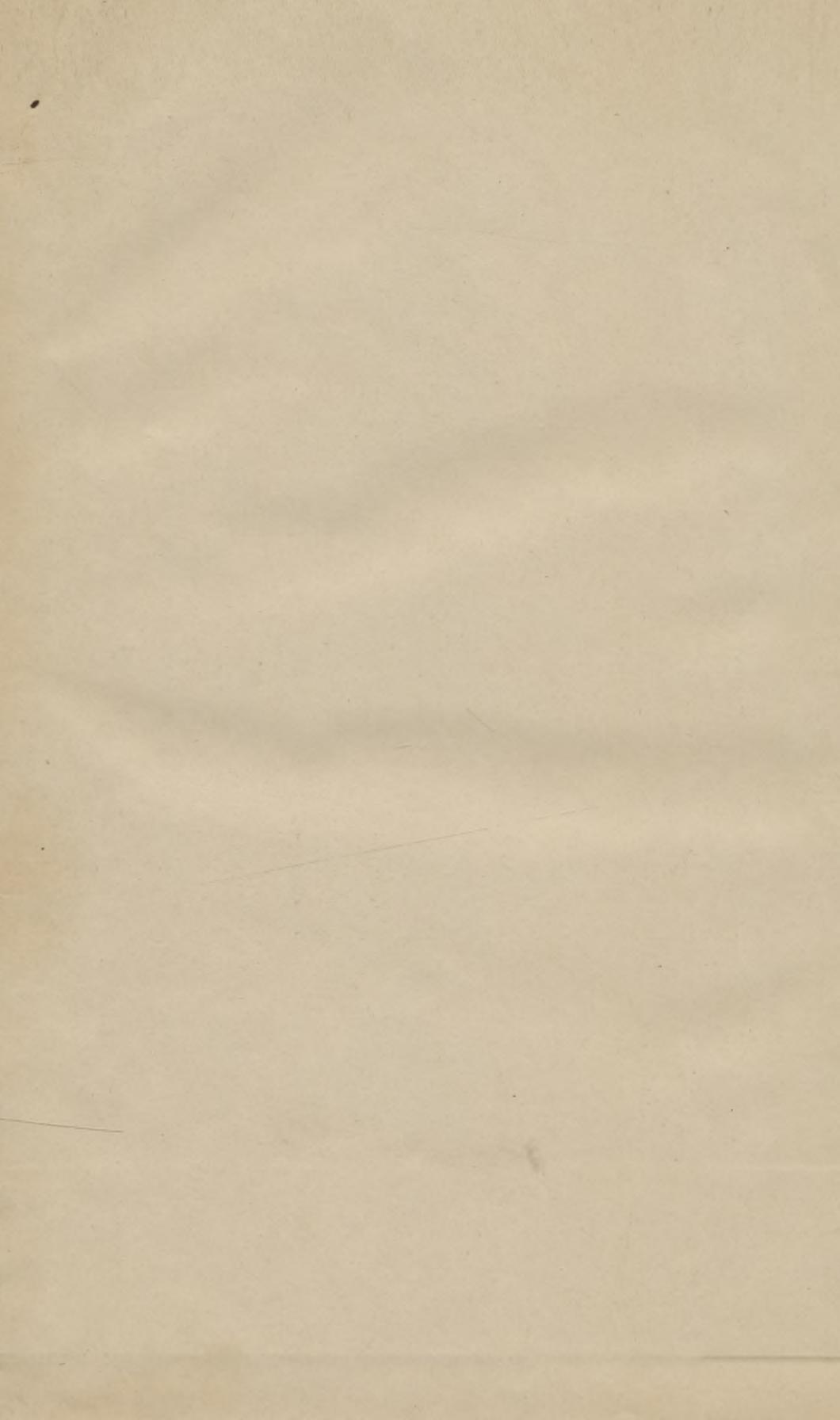
0,23 Pf./t.km.  
 0,22 " "  
 0,21 " "  
 0,20 " "  
 0,19 " "  
 0,18 " "  
 0,17 " "  
 0,16 " "  
 0,15 " "  
 0,14 " "  
 0,13 " "  
 0,12 " "  
 0,11 " "  
 0,10 " "

# Figur 2.











WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306948

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300316