WERFT ★ REEDEREI ★ HAFEN

18. Jahrgang 15. Januar 1937 Heft 2

Betriebs-Ergebnisse und -Erfahrungen der drei Ostasien-Schnelldampfer des Nordd. Lloyd.

Eigenbericht von Obering. **Schneider**, Bremen,
über einen am 19. November 1936 vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Berlin, gehaltenen Vortrag.

Die in den letzten Jahren vollzogene Entwicklung des Schiffahrtsverkehrs nach dem fernen Osten drohte die deutschen Interessen immer mehr zurückzudrängen, da Deutschland den modernen Schiffen der übrigen beteiligten Nationen nichts Gleichwertiges entgegenstellen konnte. Somit war es nicht nur eine Prestigefrage, sondern eine wirtschaftliche Notwendigkeit, als der Norddeutsche Lloyd sich entschloß, die deutsche Seegeltung und die deutschen Wirtschaftsinteressen in Ostasien durch den Bau von drei großen und modernen Fahrgastschiffen so zu stärken, wie es der friedliche Wettkampf mit den anderen beteiligten Nationen unbedingt erforderte. Aus diesem Grunde erfolgte im Jahre 1935 die Indienststellung der drei Ostasien-Schnelldampfer „Scharnhorst", „Potsdam" und „Gneisenau", wodurch die deutschen Schiffahrtslinien nach dem fernen Osten wieder so ausgebaut werden konnten, wie es die Wirtschaftsinteressen Deutschlands erforderten.

Die speziell für die Ostasienfahrt gebauten Schnelldampfer haben in jeder Hinsicht alle Anforderungen, die an Schiffe dieser Art gestellt werden können, auf das beste erfüllt und den Entschluß, diese Schiffe mit ihren neuartigen Anlagen gleich auf langen Reisen nach Ostasien einzusetzen, vollkommen gerechtfertigt.

Durch den erstmaligen Einbau des turboelektrischen Antriebes auf D. „Scharnhorst" und D. „Potsdam" in Verbindung mit Hochdruckkesselanlagen ist ein bedeutender Schritt in der Entwicklung des Schiffsantriebes getan worden. In Deutschland waren derartige Schiffsanlagen noch nicht in Betrieb, und es lagen daher nur wenige und unzureichende Erfahrungen über den Bau und Betrieb dieser Anlagen vor; trotzdem haben die beiden großen deutschen Elektrizitätsgesellschaften, A.E.G. und S.S.W., die ihnen gestellte Aufgabe gut gelöst. Die Wirtschaftlichkeit und besonders die Manövrierfähigkeit des turbo-elektrischen Schiffsantriebs entspricht allen gestellten Erwartungen und kann als sehr zufriedenstellend bezeichnet werden.

Die bisherigen Betriebserfahrungen mit diesen Schiffen haben jedoch gezeigt, daß bei turbo-elektrischen Anlagen der elektrische Teil räumlich weitgehendst getrennt von Dampf-, Wasser- und Ölleitungen eingebaut werden muß. Diese Maßnahme würde nicht nur zur besseren Übersicht, sondern in erster Linie zur Schiffssicherheit sehr viel beitragen.

Desgleichen muß davor gewarnt werden, komplizierte elektrische Einrichtungen und Schaltungen da einzubauen, wo mit einfachen Vorrichtungen dasselbe erreicht werden kann; denn durch schwierig zu übersehende Apparate wird das Suchen nach Fehlerquellen bei Betriebsstörung sehr erschwert und deren Beseitigung hinausgezögert.

Die beiden folgenden Zusammenstellungen bringen nun die hauptsächlichsten Konstruktionsdaten der Schiffe und der Maschinenanlagen.

Während die beiden bei der Deschimag, Werk: Act. Ges. „Weser", Bremen, erbauten Schiffe „Scharnhorst" und „Gneisenau" in Anlehnung an die Maier-Form erbaut wurden, hat die Schiffswerft von Blohm & Voß, Hamburg, für D. „Potsdam", der am 28. Juni 1935 in Dienst gestellt wurde, ein Vorschiff mit hohlen Wasserlinien und mäßigem Wulstbug und ein Hinterschiff mit stärker weggeschnittenem Lateralplan gewählt.

Im Gegensatz zu den Schiffen „Scharnhorst" und „Potsdam", welche turboelektrischen Antrieb erhalten haben, wählte man für D. „Gneisenau" den Antrieb durch Getriebe-Turbinen, und es zeichnen sich alle drei Schiffe durch sehr ruhiges und erschütterungsfreies Fahren während aller Fahrtstufen aus.

Schiffbaulich konnten besonders bei D. „Potsdam", aber auch bei D. „Gneisenau" wesentliche Gewichtseinsparungen durch elektrische Schweißung und Verwendung leichterer Baustoffe gegenüber dem zuerst in Dienst gestellten D. „Scharnhorst" erzielt werden. Außerdem konnte auf D. „Potsdam" durch Verringerung der Maschinengewichte das Eigengewicht des Schiffes erniedrigt und eine gewisse Raumeinsparung durch Verkleinerung des Maschinenraumes erzielt werden. Diese Tatsache wurde durch Steigerung der Schraubendrehzahl von n = 130 bei D. „Scharnhorst" auf n = 160 bei D. „Potsdam" ermöglicht. Des weiteren sind auf dem letztgenannten Schiffe die Inneneinrichtungen der Fahrgasträume wesentlich leichter ausgeführt wie auf den Schwesterschiffen „Scharnhorst" und „Gneisenau".

Tabelle I. Schiffsabmessungen.

	„Scharnhorst"	„Potsdam"	„Gneisenau"
Bauwerft	Deschimag A.G. Weser	Blohm & Voss	Deschimag A.G. Weser
Länge über alles .	198,725 m	193,077 m	198,725 m
Breite	22,58 m	22,576 m	22,58 m
Tragfähigkeit . .	10 510 t	11 976 t	10 535 t
Brutto-Raumgehalt	Br.-Reg.-T. 18 184	Br.-Reg.-T. 17 527	Br.-Reg.-T. 18 160
Fahrgäste I. Kl. .	149	156	149
Fahrgäste Tour.-Kl.	144	161	144
Ladekühlräume .	1 383 m³	1 440 m³	1 383 m³
Ladeöltanks . . .	1 228 m³	1 276 m³	1 228 m³

Die Anordnung der Maschinenanlagen auf den drei Schiffen weicht etwas voneinander ab.

Die von der A.E.G. erbaute Maschinenanlage des D. „Scharnhorst" besteht aus:

a) 2 A.E.G.-Gleichdruck-Kondensations-Turbinen, mit untergebautem Kondensator.

b) 2 Drehstrom-Generatoren mit Luftkühlern
je 10 900 kW 3120 V 3120 Umdr./min
2 020 A 52 Per. $\cos \varphi = 1$

c) 2 Drehstrom-Synchron-Propellermotoren mit Luftkühlern
je 13 250 PS 3100 V 130 Umdr./min
1 860 A 52 Per. $\cos \varphi = 1$
6 625 PS 2480 V 104 Umdr./min
1 210 A 41,6 Per. $\cos \varphi = 0{,}96$

Alle zur Hauptmaschine gehörigen Hilfsmaschinen sowie die für den Schiffsbetrieb erforderlichen Hilfsmaschinen haben elektrischen Antrieb erhalten, mit Ausnahme der Haupt-Speisepumpen und Haupt-Kühlwasserpumpen. Zur Erzeugung des hierfür erforderlichen elektrischen Stromes stehen 4 Hilfs-Turbogeneratoren zur Verfügung und außerdem für den Hafenbetrieb 2 Dieselgeneratoren.

Die Kesselanlage auf diesem Schiff besteht aus 4 Wagner-Hochdruckkesseln mit 50 atü Betriebsdruck, welche mit je 2 Saacke-Ölbrennern ausgerüstet und mit den zugehörigen Hilfsmaschinen in einem Kesselraum untergebracht sind. Davor befindet sich der Hilfsmaschinenraum, und nach hinten schließt sich der Hauptmaschinenraum an, der die beiden Turbo-Generatoren mit den erforderlichen Hilfsmaschinen enthält, während die beiden Propellermotoren in einem besonderen Raum aufgestellt sind, welcher durch den Proviantraum vom Hauptmaschinenraum abgetrennt ist.

Die von den Siemens-Schuckert-Werken erbaute Maschinenanlage des D. „Potsdam" besteht aus:

a) 2 je zweigehäusigen Überdruck-Kondensations-Turbinen.

b) 2 Drehstrom-Generatoren mit Luftkühlern
je 10 000 kVA 6000 V 3200 Umdr./min
bei $53^1/_3$ Per.

c) 2 Drehstrom-Synchron-Propellermotoren mit Luftkühlern
je 13 000 PSe 6000 V 160 Umdr./min
bei $53^1/_3$ Per.

Die Hauptgeneratoren und Propellermotoren sowie alle zum Betrieb der Hauptmaschine erforderlichen und der größte Teil für den Schiffsbetrieb nötigen Hilfsmaschinen sind im Hauptmaschinenraum bzw. Kesselraum aufgestellt, und es ist auf diesem Schiff kein gesonderter Hilfsmaschinen- und Propellermotorenraum vorhanden. Der Strom für die elektrisch betriebenen Hilfsmaschinen wird von 4 Turbogeneratoren geliefert, während für den Hafenbetrieb gleichfalls 2 Dieselgeneratoren vorhanden sind. Die Turbogeneratoren haben Radial-

Tabelle II. Maschinenabmessungen.

	„Scharnhorst"	„Potsdam"	„Gneisenau"
Antriebsart . . .	Turbo-elektr.	Turbo-elektr.	Getriebe-Turb.
Erbauer d. Antriebsm.	A.E.G.	Siemens-Schuckert	Deschimag A.G. Weser
Leistung a. d. Welle	2 × 13 000 WPS	2 × 13 000 WPS	2 × 13 000 WPS
Konstr. Geschw. .	21 kn	21 kn	21 kn
Dampfdr. v. d. Turb	45 atü	80 atü	45 atü
Dampftemp. v. d. Turb.	455 °C	470 °C	455 °C
Zahl u. Art d. Kessel	4 Wasserrohrkessel Syst. Wagner-Deschimag	4 Benson-Kessel Blohm & Voss	4 Wasserrohrkessel Syst. Wagner-Deschimag
Art d. Ölfeuerung	Je 2 Brenner Syst. Saacke-Deschimag	Je 4 Brenner Syst. Blohm u. Voss	Je 2 Brenner Syst. Saacke-Deschimag
Verbrennungsluft	Geschl. Heizraum Druckgebläse	Offener Heizraum Saug- u. Druckgebläse	Geschl. Heizraum Druckgebläse

Axial-Turbinen als Antrieb, die zwar einen günstigen Dampfverbrauch haben, aber für den Schiffsbetrieb noch sehr empfindlich sind und außerdem vom Bordpersonal sehr schwer zerlegt und überholt werden können.

Die Kesselanlage dieses Schiffes besteht aus 4 Bensonkesseln, welche mit Blohm & Voss-Ölbrennern versehen sind und mit einem Betriebsdruck von 80 ÷ 85 atü arbeiten.

Im Gegensatz zu den genannten Anlagen erhielt D. „Gneisenau" Getriebeturbinen, welche von der Deschimag, Werk: Act. Ges. „Weser", gebaut und in der üblichen Art aufgestellt sind. Sie besteht aus 2 Turbinen-Sätzen von je einer HD-, einer MD- und einer ND-Turbine für den Vorwärtsgang sowie einer HD-Rückwärts- und einer in der ND-Turbine eingebauten ND-Rückwärts-Turbine. HD- und MD-Vorwärts-, sowie HD-Rückwärts-Turbinen geben ihre Leistung über ein doppeltes Zahnrädervorgelege und die ND-Turbinen über ein einfaches Zahnrädergetriebe an die Propellerwelle ab. Die Hilfsmaschinen sind die gleichen wie auf D. „Scharnhorst" und auch z. T. in einem gesonderten Hilfsmaschinenraum aufgestellt. Auch die Kessel sind von der gleichen Bauart wie die „Scharnhorst"-Kessel, nur etwas kleiner und mit anderer Rauchgasführung. Während die Rauchgase bei den „Scharnhorst"-Kesseln den Überhitzer in der Längsrichtung von oben nach unten durchstreichen, verlassen die Rauchgase auf D. „Gneisenau" den Kessel quer durch den Überhitzer auf dem kürzesten Wege.

Diese Änderungen auf D. „Gneisenau" sind durch Betriebserfahrungen auf D. „Scharnhorst" begründet, denn es stellte sich auf der ersten Reise dieses Schiffes heraus, daß durch zu großen Widerstand in den Luftvorwärmern der Überdruck im Feuerraum reichlich hoch war. Da die Gebläsemaschinen nicht in der Lage waren, den erforderlichen Luftdruck zu erzeugen, wurde die Verbrennung sehr nachteilig beeinflußt. Dadurch verschmutzten die Luftvorwärmer sehr schnell, und es entstand die Gefahr des Durchbrennens dieser Elemente. Jedoch konnten diese Mängel nach der ersten Reise durch gänzliche Erneuerung der Luftvorwärmer behoben und die Gas- und Luftführung so verbessert werden, daß auch diese Anlage jetzt einwandfrei arbeitet.

Auf D. „Scharnhorst" sowohl wie auf D. „Gneisenau" ist die Ölfeuerung nach dem System Deschimag-Saacke ausgebildet, und nach Überwindung der Anfangsschwierigkeiten ist nun die Verbrennung als gut zu bezeichnen. Auch sind alle Schwierigkeiten, die zuerst bei der Bedienung dieser Feuer auftraten, wie mangelhafte Regulierung und häufige Verschmutzung, behoben worden. Die Feuerung arbeitet jetzt zur vollen Zufriedenheit.

Wie auf D. „Scharnhorst", traten anfänglich auch auf D. „Potsdam" Schwierigkeiten ein.

Für den Betrieb der auf D. „Potsdam" aufgestellten Benson-Kessel sind die Speisepumpen von größter Bedeutung. Es sind zwei als Zwillingsaggregate durchgebildete Balke-Kolbenpumpen eingebaut, außerdem zwei Turbo-Speisepumpen von Klein, Schanzlin und Becker. Während der ersten Reise gaben die Stahlgußventilkästen der Kolbenpumpen zu Betriebsstörungen dadurch Anlaß, daß sich im Dauerbetrieb bei dem hohen Druck bis 130 atü poröse Stellen zeigten, wodurch starke Undichtigkeiten mit erheblichen Wasserverlusten eintraten. Die Stahlgußventilkästen wurden dann durch flußeiserne Blöcke ersetzt, und durch diese Maßnahme konnte die notwendige Betriebssicherheit der Pumpen erreicht werden.

Außerdem gab die Kesselanlage Anlaß zu einigen Betriebsstörungen; unter anderem hatten sich Schmutzteile in den Drosselstellen der Übergänge von den Verteilerflaschen in die Rohre festgesetzt, und es traten unangenehme Durchflußstörungen auf, welche im Verein mit schlechtem Speisewasser verschiedene Rohrreißer hervorgerufen haben.

Die Rohrreißer, welche bei allen Kesselanlagen nicht nur im Strahlungsteil, sondern auch in verschiedenen anderen Teilen der Kessel und Überhitzer auftraten, sind z. T. auf ungenügende Beschaffenheit des Kesselwassers und Umlaufstörungen zurückzuführen; verschiedentlich sind aber auch Materialfehler einwandfrei festgestellt. Es waren Rohre vorhanden mit Ziehriefen und ungleichen Wandstärken, welche nach einiger Zeit aufplatzten, und es muß hier unbedingt gefordert werden, daß die Herstellung dieser hochbeanspruchten Rohre so vervollkommnet und sorgfältig ausgeführt wird, daß derartige Fehler nicht mehr auftreten.

Um diese Materialfehler, besonders bei der Bensonanlage, vor Inbetriebnahme der Kessel zu erkennen, ist zu empfehlen, bei der Wasserdruckprobe die gesamten Rohrsysteme während einer Zeitdauer von 4—6 Stunden unter vollem Druck stehen zu lassen.

Die längeren Betriebserfahrungen zeigen aber, daß die genannten Betriebsstörungen an allen Kesseln immer seltener werden, nachdem die Mängel beseitigt worden sind und besonders die Speisewasseraufbereitung grundlegend geändert worden ist.

Um mit den ursprünglichen Verdampfern einwandfreies Destillat zu erzeugen, war eine gewissenhafte Überwachung dieser Apparate durch geschultes Personal notwendig; außerdem konnten diese Verdampfer nicht überlastet werden. Infolge des großen Bedarfes an Destillat durch Undichtigkeiten und Rohrreißer konnten wegen der anfänglichen Überlastung des Maschinenpersonals diese Bedingungen aber nicht erfüllt werden, und eine Anreicherung von Salz in den Kesseln und im gesamten Speisewasser-Kreislauf war unvermeidlich. Als nächste Folge kochten die Kessel, wodurch wieder weitergehende Betriebsstörungen auftraten.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, stellte sich die Notwendigkeit heraus, eine Seewasser-Verdampfer-Anlage zu entwickeln, welche unempfindlich war und wenig Wartung bedurfte.

Die neu gestellte Aufgabe ist von den Herstellern der Verdampfer in vollkommener Weise gelöst worden, denn die hierauf zu Zweistufen-Umlauf-Verdampfern umgebauten Anlagen entsprechen allen Anforderungen. Mit der Änderung der Seewasser-Verdampfer wurde auch der gesamte Speisewasser-Kreislauf verbessert und so eingerichtet, daß die gute Beschaffenheit des Zusatz- und Speisewassers stets gewährleistet ist.

Bei dem zuletzt in Dienst gestellten Schiff, dem Schnelldampfer „Gneisenau", konnten die bei den ersten Schiffen gesammelten Erfahrungen weitgehendst berücksichtigt werden; trotzdem sind auch hier einige Rohrreißer aufgetreten, deren Ursachen bisher nicht restlos geklärt werden konnten. Sonst sind hier beim Kesselbetrieb und der damit zusammenhängenden Speisewasser-Aufbereitung keine Störungen aufgetreten.

Dagegen sind an den Beschaufelungen dieser Turbo-Getriebe-Anlage Beschädigungen vorgekommen. Durch Verstärkung der Schaufeln und der Nietzapfen hofft man, diesen Fehler zu beheben. Wesentliche Betriebsstörungen sind durch diese Schäden nicht aufgetreten.

Weiter zeigen die der höchsten Dampftemperatur ausgesetzten Düsen und Beschaufelungen der Turbinen auf allen drei Schiffen erheblichen Verschleiß, wodurch festgestellt wird, daß die Lebensdauer dieser Materialien noch nicht den zu stellenden Anforderungen genügt. Aus diesen Gründen muß eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit solcher Materialien bei höheren Temperaturen angestrebt werden. Jedoch kann nach Überwindung der Anfangsschwierigkeiten heute von diesen HD-Heißdampf-Anlagen gesagt werden, daß die Betriebssicherheit vollkommen gewährleistet und eine weitgehende Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Schiffsantriebes erreicht worden ist, wie die folgenden Aufstellungen zeigen.

Die nachfolgenden Tafeln bringen für jedes Schiff gesondert die hauptsächlichsten Angaben über die wirklich erreichten Betriebsergebnisse.

Tabelle III.

„Scharnhorst"	1. Reise	2. Reise	3. Reise	4. Reise
Deplacement . . . . t	22 200	22 600	23 020	22 800
Geschw. ausschl. Revier; kn	18,06	19,98	20,05	19,97
Slip . . . . . %	12,4	12,7	12,7	13,1
Maschinenleistung, WPS	—	19 950	21 100	21 400
Dampftage auf See . .	59	60	58,06	58,5
Treiböl, gesamt . . . . t	47	15	7	10
Für alle Zwecke: Heizöl, gesamt . . . t	8 575	10 258	9 356	9 552
Heizöl ges. auf See . t	7 909	9 110	8 460	8 800
Heizöl ges. i. Hafen . t	666	1 148	896	752
Heizöl a. See i. 24 Std. t	134,1	151,9	145,7	150,4
Heizöl i. Hafen i. 24 Std. t	21	24,4	27	23
Heizöl pro WPS, h; kg	—	0,317	0,288	0,293
Heizöl auf See . kg/Std.	—	0,0301	0,0289	0,0298
Tragf. × Geschw. . t x kn				

Tabelle IV.

„Potsdam"	1. Reise	2. Reise	3. Reise	4. Reise
Deplacement . . . . . t	20000	20410	19830	20290
Geschw. ausschl. Revier; kn	19,11	20,46	21,04	20,04
Slip . . . . . %	14,6	14,4	14,8	12,1
Maschinenleistung . WPS		20650	22500	20450
Dampftage auf See	61,12	56,63	52,98	56,98
Treiböl, gesamt . . . . t	168	170	83	84
Für alle Zwecke: Heizöl, gesamt . . . t	9307	9585	9148	8639
Heizöl ges. auf See . t	8625	8871	8741	8231
Heizöl ges. im Hafen t	682	714	407	408
Heizöl a. See in 24 Std.	141,1	156,6	165	144,5
Heizöl i. Hafen i. 24 Std.	17,3	27	26	15
Heizöl pro WPS/h . kg		0,315	0,305	0,294
Heizöl auf See kg/Std. / Tragf. × Geschw. t × kn		0,0266	0,0273	0,0250

Tabelle V.

„Gneisenau"	1. Reise	2. Reise	3. Reise	4. Reise
Deplacement . . . . . t	22375	21930	22265	
Geschw. ausschl. Revier; kn	19,56	19,57	19,58	
Slip . . . . . %	12,4	11,5	12,9	
Maschinenleistung . . WPS	20700	21250	20500	
Dampftage auf See	57,26	58,08	57,77	
Treiböl, gesamt . . . . t	27	31	28	
Für alle Zwecke: Heizöl, gesamt . . . t	9518	9004	8964	
Heizöl ges. auf See . t	8785	8507	8529	
Heizöl ges. im Hafen t	733	497	435	
Heizöl a. See in 24 Std.	153,4	146,5	147,6	
Heizöl i. Hafen i. 24 Std.	28,4	15,1	14,2	
Heizöl pro WPS/h . kg	0,309	0,287	0,300	
Heizöl auf See kg/Std. / Tragf. × Geschw. t × kn	0,0310	0,0296	0,0298	

Bei den Betriebsergebnissen der bisherigen Reisen fallen die Zahlen der ersten Reise bei jedem Schiff über Geschwindigkeit und Heizölverbrauch auf See infolge der anfänglichen Schwierigkeiten aus dem Rahmen der späteren Reisen heraus, während auf D. „Potsdam" der höhere Dieselverbrauch darauf zurückzuführen ist, daß auf diesem Schiff im Gegensatz zu „Scharnhorst" und „Gneisenau" die Hilfsdiesel auf See mehr zur Energieerzeugung herangezogen werden.

In der Tafel VI sind die Durchschnittswerte aus den bisherigen Betriebsergebnissen der 3 Schiffe zum Vergleich gegenübergestellt. Hierbei ist die erste Reise eines jeden Schiffes bewußt ausgelassen worden.

Diese Maßnahme ist durch die Anfangsschwierigkeiten begründet, welche den Betrieb ungünstig beeinflußten und die Ergebnisse für eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ungeeignet machten.

Betreffs der Kenngröße $\frac{\text{Heizöl auf See kg/Std.}}{\text{Tragf.} \cdot \text{Geschw. t} \cdot \text{kn}}$ ist zu sagen, daß in allen Fällen die max. Tragfähigkeit eingesetzt ist, welche von den Schiffen bei praktisch gleichem Tiefgang erreicht wird.

Die erzielten Brennstoffverbräuche pro WPS/h beziehen sich auf einen Heizwert von 9700—9800 WE für alle Zwecke einschließlich Wirtschaftsbetrieb und Beleuchtung und können als sehr günstig bezeichnet werden. Somit kann abschließend gesagt werden, daß die 3 Schiffe den gestellten Erwartungen voll entsprechen. Daher soll auch an dieser Stelle ihren Erbauern sowohl wie dem Bordpersonal vollste Anerkennung für ihre Leistung ausgesprochen werden.

Tabelle VI.

Mittel aus	„Scharnhorst" 2. u. 3. u. 4. Reise	„Potsdam" 2. u. 3. u. 4. Reise	"Gneisenau" 2. u. 3. Reise
Deplacement . . . . . t	22806	20150	22000
Geschw. ausschl. Revier . . . kn	20,0	20,5	19,57
Slip . . . . . %	12,8	13,8	12,2
Maschinenleistung	20800	20580	20850
Dampftage auf See	58,8	55,5	57,92
Treiböl, gesamt . . . . . t	20,0	112	29,0
Für alle Zwecke: Heizöl, gesamt . . . . . t	9722	9124	8984
Heizöl ges. auf See . . . . . t	8790	8614	8518
Heizöl ges. im Hafen . . . . t	932	510	664
Heizöl a. See in 24 Std.	149,3	155,1	147,1
Heizöl i. Hafen i. 24 Std. . . .	24,8	22,1	14,7
Heizöl pro WPS/h . . . . . kg	0,299	0,305	0,294
Heizöl auf See kg/Std. / Tragf. × Geschw. t × kn	0,0296	0,0263	0,0297

Über den Einfluß der Rauhigkeit auf den Widerstand von Schiffen.

Eigenbericht von Dr.-Ing. **G. Kempf**, Hamburg, über einen am 19. November 1936 vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft gehaltenen Vortrag.

Die Forschungen und die aus ihnen gewonnenen Erkenntnisse über die Gesetze und die Größe des Reibungswiderstandes haben in letzter Zeit wesentliche Erweiterung erfahren und unter anderem zu den großen Geschwindigkeitssteigerungen im Luftverkehr beigetragen. Auch bei Schiffen übt der Reibungswiderstand und die Rauhigkeit der Schiffshaut einen oft entscheidenden Einfluß auf ihre Geschwindigkeit und ihre Wirtschaftlichkeit aus, dessen Kenntnis noch in den Anfängen steckt. Für die Luftfahrt sind in Göttingen, für die Schiffahrt in Hamburg seit Jahren grundlegende systematische Versuche über den Einfluß verschiedener Rauhigkeitsarten und -größen ausgeführt worden. Aus den Göttinger Versuchen mit verschieden gekörnten Sandrauhigkeiten sind allgemeine Gesetzmäßigkeiten abgeleitet worden, welche angeben, welche Korngröße ks höchstens bei einem Schiff von bestimmter Geschwindigkeit an jeder Stelle seiner Länge zugelassen werden darf, wenn seine Oberfläche als glatt wirken, d. h. den geringsten Widerstand haben soll. Auf Abb. 1 sind diese Korngrößen ks für verschiedene Schiffstypen über der Schiffslänge als Abszisse aufgetragen.

Über diese Göttinger Sandversuche hinaus ist durch Versuche des Verfassers in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt und an Bord von Schiffen mit Mitteln der Gesellschaft der Freunde und Förderer der HSVA. und der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermittelt worden, welche Widerstandswirkung die bei unseren heutigen Schiffen wirklich vorhandene Oberflächenbeschaffenheit mit ihren Unebenheiten aus Plattenstößen, Nähten und Nieten einerseits und verschieden starkem Muschelanwuchs andererseits ausübt. Hierbei wurde festgestellt, daß die Schiffsoberfläche gegenüber einer technisch glatten Oberfläche selbst im werftneuen Zustand einen um min-

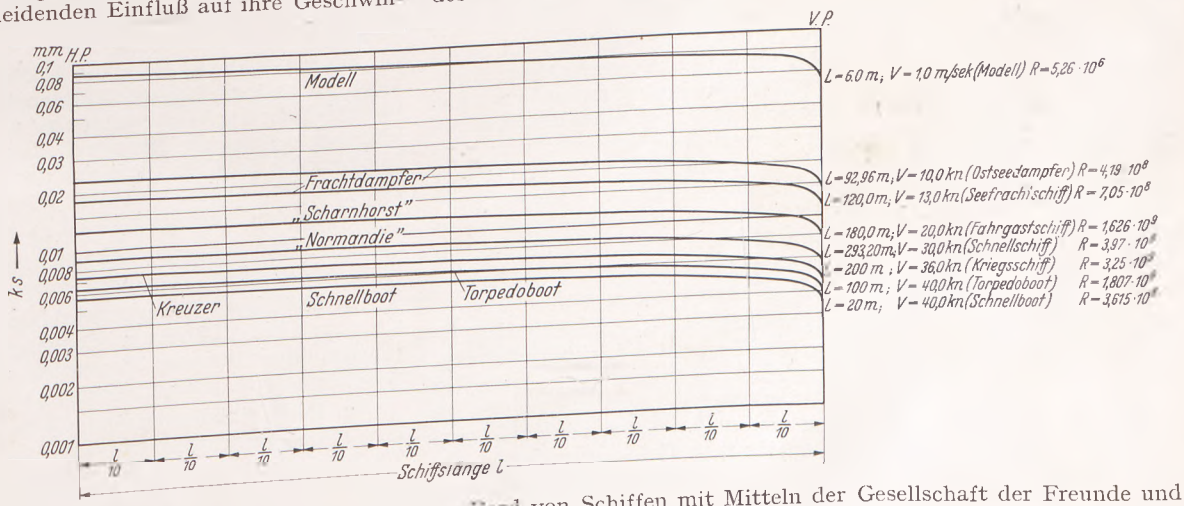


Abb. 1. Grenzwerte der zulässigen Korngröße ks für glatte Oberfläche, d. h. zulässige größte Sand-Rauhigkeit der Schiffsoberfläche an jeder Stelle der Schiffslänge l vom Vorsteven (rechts) bis zum Hintersteven (links) bei verschiedenen Schiffstypen.

destens 35% größeren Widerstand erzeugt, so daß ein normales werftneues Handelsschiff heute etwa 1½ kn weniger läuft, als es mit wirklich technisch glatter Oberfläche laufen müßte. Auf Abb. 2 sind die bis heute bekannten Widerstandsbeiwerte für den Reibungswiderstand einer glatten Fläche von fünf verschiedenen Schiffen, welche von W. Froude, Hiraga und dem Verfasser gemessen wurden, sowie von verschiedenen Sand- und Muschel-Rauhigkeiten zusammengetragen.

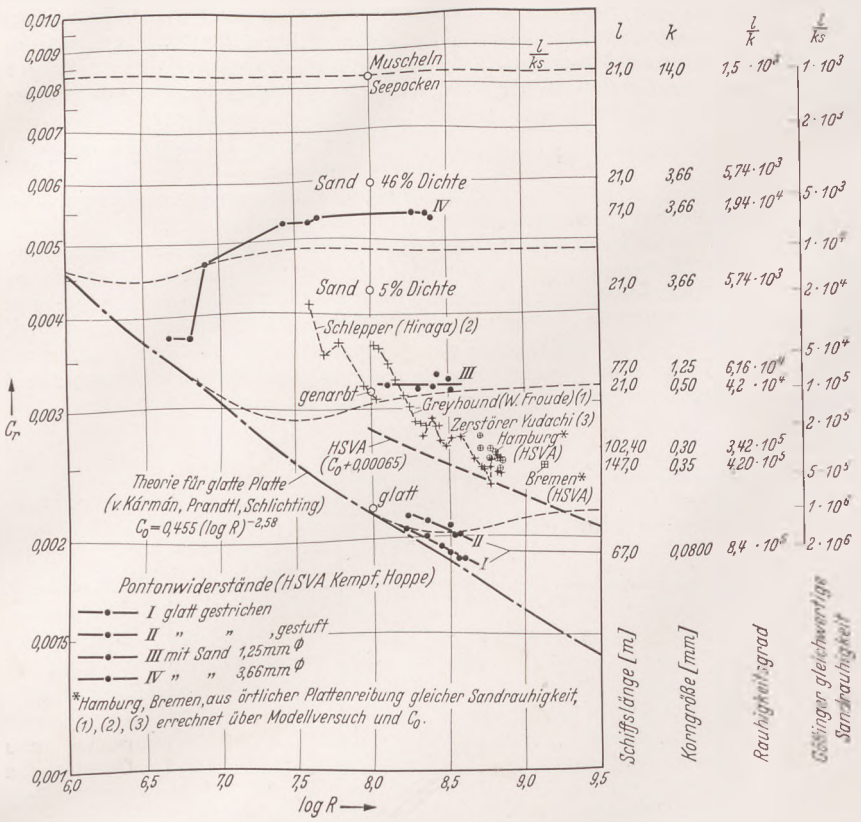


Abb. 2. Beiwerte c_r der Gesamtreibung.

Durch Anwuchs von Muscheln, schlechten Farbzustand und Rostnarben leidet nämlich im Betrieb die Oberflächenbeschaffenheit der Schiffe weiter erheblich, so daß dadurch zusätzlich wesentliche Fahrtverluste entstehen, deren Größe der Verfasser auf Grund seiner Forschungen zahlenmäßig kennzeichnet und durch zwei Beispiele aus der Schiffahrt belegt.

Der eine Fall betrifft ein nach Australien verkehrendes Schiff, bei welchem kleine Muscheln von etwa 5 mm Durchmesser ziemlich gleichmäßig über die ganze Schiffsoberfläche, aber nur in einer Dichte von 5%, angewachsen waren. Aus den Versuchen des Verfassers mit einer gleichstarken Sandrauhigkeit von 5% Dichte ergibt sich gegen die werftneue Oberfläche eine Vergrößerung des Reibungswiderstandes um 46,5% und des Gesamtwiderstandes um 35% bei gleichbleibender Geschwindigkeit. Tatsächlich brauchte das Schiff gegenüber der Leistung mit werftneuer Oberfläche eine 35% größere Leistung.

Der zweite Fall betrifft ein Schiff mittlerer Größe von etwa 20 kn, welches mit Bewuchs etwa 50% mehr Leistung brauchte, um die gleiche Geschwindigkeit zu erzielen. Bei der Dockung wurde ein etwa 46% dichter Muschelbewuchs von etwa 4 mm Muscheldurchmesser festgestellt. Durch Versuche in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt wurde ermittelt, daß durch einen ähnlichen, übrigens bereits nach 20tägiger Liegezeit in Cuxhaven erzeugten Muschelanwuchs der Reibungswiderstand um 72% vergrößert wird, was im Gesamtwiderstand der beim Schiff festgestellten Leistungserhöhung von 50% entspricht.

Die Schiffahrt mag daraus entnehmen, welche Bedeutung einer glatten Schiffsoberfläche in bezug auf den Schiffswiderstand und damit die Schiffsgeschwindigkeit und die Wirtschaftlichkeit ihrer Schiffe zukommt.

Die Anpassung der Schiffsstabilisation an die augenblickliche Schwingungszahl des Schiffes und die damit verbundene Steigerung der Stabilisationswirkung.

Bericht von Prof. Dr. **Föppl**, Braunschweig, über einen am 20. November 1936 vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft gehaltenen Vortrag.

Meinen Vortrag auf der Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu dem oben gegebenen Thema möchte ich im nachfolgenden noch nach einer Richtung hin ergänzen. Bevor ich das tue, will ich über die Ergebnisse meines Vortrags kurz berichten. Meine Ausführungen bauen auf den Überlegungen auf, die ich 1934 und 1936 in dieser Zeitschrift veröffentlicht habe.

Eine Schiffsstabilisationsanlage ist besonders wirkungsvoll, wenn dafür gesorgt wird, daß das von der Stabilisationsvorrichtung ausgeübte Moment der zu dämpfenden Schiffsschwingung um 90° nacheilt. Das Moment muß also seinen Größtwert haben, wenn das Schiff durch die Mittellage durchschwingt und es muß Null sein oder sein Vorzeichen wechseln, wenn das Schiff in einer äußersten Schwingungslage umkehrt. Wenn die Phasenverschiebung zwischen Moment und Schiffsschwingung nicht genau 90° beträgt, wirkt das Moment zeitweise aufschaukelnd, also im falschen Sinne. Die Wirkung der Stabilisationsvorrichtung ist in diesem Falle nur ein Bruchteil von der Wirkung, die man bei richtig gesteuerten Anordnungen erhält.

Wenn 90° Phasenverschiebung vorhanden ist, kann man die Wirkung der Stabilisationseinrichtung zahlenmäßig leicht berechnen. Man kann nämlich einen Leistungswinkel $\Delta\varphi_1$ bestimmen, der angibt, um wieviel der Schiffsschwingungsausschlag infolge des dämpfenden Momentes auf eine Schwingung abnimmt. Wir setzen dabei voraus, daß $\Delta\varphi_1$ klein sein soll gegenüber dem Größtausschlag φ_1 der Schiffsschwingung nach einer Seite. Wir nehmen eine Schiffsschwingung an, bei der etwa durch ein erregendes Moment gerade die Wasserreibung usw. ausgeglichen wird, so daß Beharrungszustand mit dem Schlingerwinkel $\pm\varphi_1$ auftritt. Bei dieser Anlage werde plötzlich die Stabilisationsvorrichtung in Gang gesetzt mit dem Ergebnis, daß nach einer Schwingung der größte Schwingungsausschlag vom Werte φ_1 auf $(\varphi_1 - \Delta\varphi_1)$ abgenommen hat.

Wir berechnen den Leistungswinkel $\Delta\varphi_1$ für den Schlingertank und $\Delta\varphi_2$ für den Rotationskreisel getrennt.

Der in Resonanz betriebene Schlingertank.

Nach dem Impulssatz ist gemäß meinen Ausführungen in der Schiffbautechnischen Gesellschaft:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{4\, m'\, g\, b_0}{\Theta_{sch} \cdot \omega^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1$$

In dieser Gleichung ist g die Erdbeschleunigung, m′ die von einer Seite zur anderen bewegte Wassermasse, b_0 die größte Schwerpunktverschiebung der Wassermasse m′ aus der Mittellage, Θ_{sch} das Trägheitsmoment des Schiffes um die Längsachse und ω die Schwingungsfrequenz des Schiffes, die gleich der Schwingungsfrequenz des Schlingertanks ist. Wenn man den Winkel $\Delta\varphi_1$ in Graden erhalten will, muß man den Ausschlag in Gl. (1 noch mit 57,3 multiplizieren.

Um einen Schlingertank von gegebenem Gewicht mit größter Wirkung zu betreiben, muß man folgende Punkte beachten:

1. Die Eigenschwingungszahl des Schlingertanks muß ständig der augenblicklichen Schwingungszahl des Schiffes angepaßt werden, damit das vom Tankwasser auf das Schiff ausgeübte Moment stets dämpfend, nie aufschaukelnd wirkt (Resonanzdämpfung).

2. Die Verbindungsleitung zwischen den beiden Tanks soll möglichst hoch (möglichst über der Schlingerachse) liegen.

3. Die Verbindungsleitung zwischen den beiden Tanks muß unter möglichster Vermeidung von Umlenkungen und mit möglichst geringen Wasserreibungsverlusten angeordnet sein. Unter Umständen wird man nach einer Anregung von Frahm Leitbleche einbauen, um die Wasserreibung bei kleinen Ausschlägen des Tankwassers, d. h. bei kleinen Schiffsschwingungen, möglichst klein zu machen.

4. Wenn die Wasserausschläge bei erheblichen Schiffsschwingungen auf zu große Werte anwachsen, soll eine zusätzliche Dämpfung einsetzen, durch die aber die Eigenschwingungsfrequenz des Tankwassers nicht (oder nur unwesentlich) beeinflußt werden darf.

Der synchron mit der Schwingungszahl des Schiffes umlaufende richtig gesteuerte Rotationskreisel.

In ähnlicher Weise kann man den Leistungswinkel $\Delta\varphi_2$ für den Rotationskreisel angeben:

$$\Delta\varphi_2 = \frac{4\,\Theta_m}{\omega\,\Theta_{sch}}\,\nu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2$$

In dieser Gleichung ist Θ_m das Trägheitsmoment der umlaufenden Kreiselmasse, ν die Winkelgeschwindigkeit des Kreiselumlaufs und ω die Winkelgeschwindigkeit der Rahmendrehung, die gleich ist der Schwingungsfrequenz des Schiffes.

Der Bremsimpuls wird nicht plötzlich, sondern allmählich übertragen.

Die Gl. (1 u. (2 wären einwandfrei, wenn der Bremsimpuls beim Schwingungsdurchgang durch die Mittellage plötzlich auf das Schiff übertragen werden würde, so daß sich die größte Winkelgeschwindigkeit des Schiffes plötzlich von β_1 auf $\beta_1 - \frac{\Delta\beta_1}{4}$ ändern würde. Bis zur Mittellage hätten wir eine ungedämpfte Schwingung entsprechend einer Größtgeschwindigkeit β_1 und nach Durchschreiten der Mittellage wieder eine ungedämpfte Schwingung mit der Größtgeschwindigkeit $\beta_1 - \frac{\Delta\beta_1}{4}$. Tatsächlich wird aber der Impuls allmählich übertragen derart, daß beim Durchschwingen durch die Mittellage das größte Moment auftritt, das bis zum Umkehrpunkt der Schiffsschwingung sinusförmig auf den Wert Null abnimmt.

Wir betrachten zuerst eine Viertel-Schiffsschwingung vom Durchgehen durch die Mittellage bis zum Größtausschlag $\varphi_1 - \frac{\Delta\varphi_1}{4}$, der infolge der Dämpfung verringert ist. Die Schwingungsgeschwindigkeit nimmt infolge des Bremsmomentes dauernd ab, so daß sie zu jeder Zeit etwas größer ist als bei der ungedämpften Schwingung vom gleichen Größtausschlag $\varphi_1 - \frac{\Delta\varphi_1}{4}$. Die Dauer für dieses Schwingungsstück ist deshalb etwas geringer als $\frac{T}{4}$, also etwa $\frac{T}{4} - \Delta T$.

Nach der Umkehrung aus der Schwingungstotlage wird die Schiffsschwingung weiter durch das Bremsmoment gebremst. In jedem Augenblick ist deshalb die Schwingungsgeschwindigkeit auf dem Stück von der Schiffsextremlage zur Schiffsmittellage etwas geringer, als der ungedämpften Schwingung (zugehörend zum Größtausschlag $\varphi_1 - \frac{\Delta\varphi_1}{4}$) entsprechen würde. Infolgedessen ist die Zeit, die zum Rückschwingen gebraucht wird, etwas größer als $\frac{T}{4}$, etwa $\frac{T}{4} + \Delta T$.

Beim Hinschwingen aus der Mittellage zur Extremlage wirkt aber das äußere Moment des Wassers geschwindigkeitsmindernd, beim Rückschwingen geschwindigkeitssteigernd. Bei einer ungedämpften Schwingung sind beide Äste gleich, infolgedessen heben sich die Wirkungen in bezug auf größte Schwingungsgeschwindigkeit β des Schiffes (d. h. Winkelgeschwindigkeit in der Mittellage) auf. Bei der gedämpften Schwingung ist der Impuls des äußeren Momentes (aufrichtendes Moment des Wasserauftriebs) beim Hinschwingen wegen der geringeren Zeit $\left(\frac{T}{4} - \Delta T\right)$ etwas geringer als beim Rückschwingen $\left(\frac{T}{4} + \Delta T\right)$. Infolgedessen ist die Dämpfung nicht ganz so wirksam wie bei plötzlicher Impulsübertragung nach Gl. (1 u. (2. Es ist ein Berichtigungsbeiwert ζ beizufügen, den wir berechnen wollen.

Wir nehmen eine volle Schwingung an und setzen voraus, daß das bremsende Moment $M = M_0 \sin\omega t$ so klein sein soll, daß die Abnahme $\frac{\Delta\beta_1}{4}$ der Größtwinkelgeschwindigkeit β_1 auf eine Viertelschwingung klein ist gegenüber der Größtgeschwindigkeit $\beta_1 = \omega\,\varphi_1$. Die Arbeit A, die das mit 90° nacheilende Moment M auf dem Winkelweg $\varphi = \varphi_1 \cos\omega t$ ausübt, ist für eine viertel Schwingung:

$$\frac{A}{4} = \frac{\pi}{4} M_0\,\varphi_1 = \frac{\Theta_{sch}}{2}\left[\beta_1^2 - \left(\beta_1 - \frac{\Delta\beta_1}{4}\right)^2\right] = \Theta_{sch}\,\beta_1\,\frac{\Delta\beta_1}{4} \quad \ldots \quad (3$$

Der Impuls ist aber entsprechend Gl. (1 unter Berücksichtigung des Berichtigungsbeiwerts ζ:

$$\Theta_{sch}\,\frac{\Delta\beta_1}{4} = \zeta\,\frac{M_0}{\omega}\int_0^{\pi/2}\sin\omega t\,d\,\omega t = \zeta\,\frac{M_0}{\omega} = \zeta\,\frac{M_0\,\varphi_1}{\beta_1} \quad \ldots \quad (4$$

Aus Gl. (3 u. (4 folgt:

$$\zeta = \frac{\pi}{4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5$$

Unter Berücksichtigung dieser Verbesserung, die ähnlich auch beim Schaukel- oder Glockenantrieb mittels Rotationskreisels anzubringen wäre (aber bisher außer acht blieb)[1], gehen die Gl. (1) u. (2) über in:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\pi\,m'\,g\,b_0}{\omega^2\,\Theta_{sch}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6$$

und

$$\Delta\varphi_2 = \frac{\pi\,\Theta_m}{\omega\,\Theta_{sch}}\,\nu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7$$

Die Gleichungen gelten streng für Resonanzdämpfung, wenn die Dämpfungswirkung $\frac{\Delta\varphi}{4}$ auf eine Viertelschwingung klein ist gegenüber dem Größtausschlag φ.

[1] Seeliger, J., Mitt. d. Wöhler-Instituts 1936, Heft 27. Verlag Fr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig.

Erneuerungs- und Erweiterungsbauten in den sächsischen staatlichen Umschlagshäfen Riesa und Dresden.

Von Oberregierungsbaurat **R. Lehnert**, Dresden.

(Schluß.)

III. Wiederherstellung der eingestürzten Kaimauer im Hafen Dresden-Neustadt.

Das Gebiet der Hafen- und Kaianlagen Dresden-Neustadt umfaßt eine Fläche von insgesamt 900 a. Die 1861/64 erbauten 300 m langen Kaianlagen des Elbufers Dresden-Neustadt sind der älteste Teil der Umschlagsanlagen. Der Hafen Dresden-Neustadt wurde 1872/76 erbaut. Dem Umschlag dienen die Kaianlagen des Elbufers und das östliche Ufer des Hafens mit einer Kaimauer von ebenfalls 300 m Länge (Abb. 11). Die Kaimauer des Hafens wurde in zwei Abschnitten erbaut, der erste, rd. 150 m lange Teil in den Jahren 1872/76, der übrige, etwa ebenso lange Teil im Jahre 1913. Der Untergrund besteht aus tragfähigem grobem Kies. Der ältere Teil der Hafenmauer war deshalb hinter einer nur etwa 1 m bis unter die damalige alte Hafensohle reichenden hölzernen Spundwand errichtet worden. Die Sohle der 60 cm starken und 2,70 m breiten Kalkbeton-Grundplatte lag rd. 1 m über der damaligen Hafensohle. Das aufgehende Mauerwerk war bei 5,50 m Höhe unten 2,34 m und oben 1 m stark (Abb. 12).

Der neuere Teil der Hafenmauer ist besser gegründet und im Querschnitt reichlicher bemessen worden. Von einem 27 m langen allmählichen Übergange von der Gründung der alten zur neuen Mauer abgesehen, ist die neue Mauer rd. 3,15 m tiefer als die alte Mauer gegründet worden, und zwar ebenfalls hinter einer hölzernen, im Durchschnitt aber ungefähr 2,50 m tiefer reichenden und außerdem mit der Mauer durch eiserne Anker verbundenen Spundwand. Die Mauer mit Grundplatte ist 9,25 m hoch (gegen 6,10 der alten Mauer), 1—3,30 m breit und steht auf einer 1 m starken, 3,60 m breiten Zementbeton-Grundplatte. Auch die Bauart der Mauern ist verschieden.

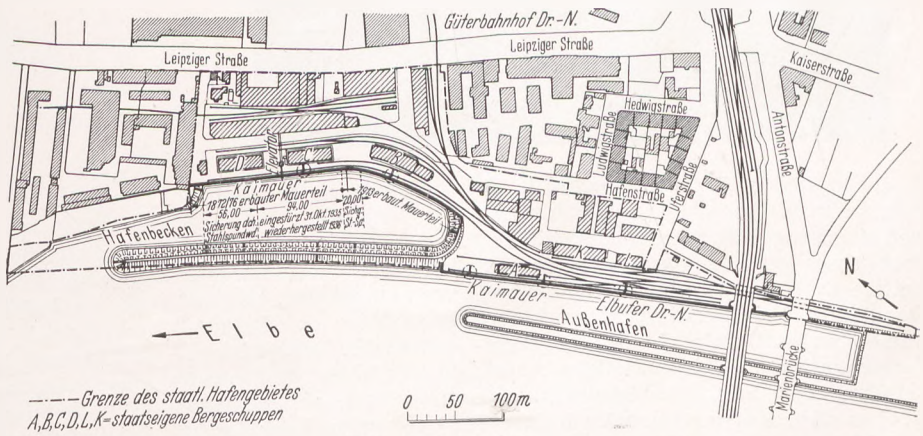


Abb. 11. Lageplan.

Die alte Mauer besteht aus Sandsteinhorzelmauerwerk in Kalkmörtel, die neue Mauer aus Zementbeton. Die neue Mauer ist hinreichend durch Rohre nach dem Wasser zu entwässert, bei der alten Mauer fehlt eine solche Entwässerung.

Bei den wiederholten Räumungen des Hafens von Schlamm- und Sinkstoffen ist allmählich die Hafensohle etwas vertieft worden, und zwar im Maximum etwa um 0,5 m. Das Flußbett der Elbe hat sich im Laufe der Jahrzehnte ähnlich vertieft. Zwar ist vor der Mauer

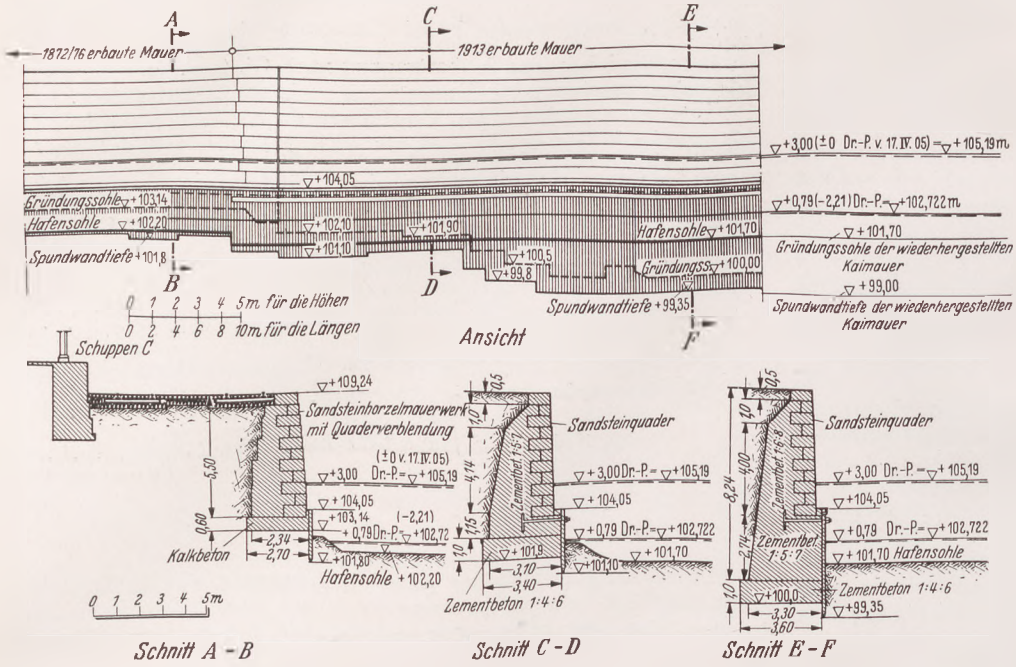


Abb. 12. 1872/76 und 1913 erbaute Kaimauer im Elbhafen Dresden-Neustadt.

selbst in einer Breite von einigen Metern die Hafensohle in alter Höhe belassen worden, und die jährlichen Untersuchungen der Spundwand — letztmalig im Mai 1935 — ergaben ihre im allgemeinen noch einwandfreie Beschaffenheit und Standfestigkeit. Auch die Mauer selbst zeigte keinerlei Veränderungen oder Risse, die auf eine Bewegung hätten hindeuten können. Da die Gründung der Mauer ungenügend erschien und mit einer weiteren Vertiefung des Hafens zu rechnen war, hatte die Sächsische Elbhafen-Betriebsgesellschaft jedoch für 1936 die Sicherung der Mauer durch eine vorzusetzende eiserne Spundwand usw. vorgesehen, ähnlich wie sie in einem Mannheimer Hafenteil ausgeführt und in den Häfen Duisburg-Ruhrort geplant ist.

Zur Ausführung dieser Sicherungsmaßnahmen ist es jedoch nicht mehr gekommen, denn am 31. Oktober 1935 in der Nacht stürzten

Abb. 13. Kaistrecke nach dem Einsturz der Mauer.

nach einem tagelang anhaltenden starken Regen bei zurückgehendem Hochwasser plötzlich 55 m der alten Hafenmauer ein (Abb. 13). Weitere 35 m sackten ab und wurden nach vorn ausgekippt, blieben aber stehen. Bei dem Einsturz wurde ein über 50 Jahre alter Dampfkran — buchmäßig ohne besonderen Wert — mit in die Tiefe gerissen. Vorher hatten sich irgendwelche Anzeichen für einen drohenden Einsturz nicht bemerkbar gemacht. Allerdings hatte ein mehrere Wochen vorher entstandener Bruch einer Wasserleitung und der Bruch einer hinter der Mauer liegenden Tagewasserschleuse bei dem Regenwetter Ende Oktober 1935 zu einer länger anhaltenden starken Unterspülung der Mauer geführt.

Aus der in Vorstehendem geschilderten Bauart der Mauer und aus den Wahrnehmungen bei der Aufräumung sind die Gründe für den Einsturz ohne weiteres zu erkennen. Die Hauptursache ist die ungenügende Gründung und Querschnittsbemessung der Mauer. Hinzu kamen Unterspülungen, die besonders dort verhängnisvoll werden mußten, wo die Schraubenbewegungen der Motorschiffe den Boden vor der Mauer weggewühlt hatten. Dem bei dem zurückgehenden Hochwasser infolge fehlender Entwässerung nicht unerheblichen Überdruck der durchweichten Massen hinter der Mauer hat die zu kurze und schwache Spundwand nicht standhalten können. Unterspülungen der Mauer in größerer Ausdehnung wurden bei den Aufräumungsarbeiten zweifelsfrei festgestellt.

Nach dem Einsturz hatte die Mauer in der Hauptsache die aus der Zeichnung (Abb. 14) ersichtliche Lage. Danach ist sie mit der Gründung unter Umdrücken der Spundwand schräg nach unten und vorn abgesackt und dann insgesamt umgekippt. Die Mauerteile haben Bewegungen um 90°, zum Teil (Schicht 3 und 4) um fast 180° beschrieben. Ein anderes Mauerstück ist an der Spundwand senkrecht nach unten abgesackt, sein oberer Teil ist — von der Nachbarmauer mitgerissen und von den Erdmassen geschoben — ebenfalls umgekippt. Hierbei haben die unteren Schichten keine Drehbewegungen, die oberen Schichten Drehbewegungen um 90° beschrieben.

Dieser Vorgang des Einsturzes ergibt sich auch aus den Aussagen der wenigen Augenzeugen. Danach hat sich der Dampfkran auf der Mauer in Bewegung gesetzt und ist auf dem allmählich absinkenden Gleis hin und her, d.h. auf- und abgefahren, bis er dann mit der Mauer ins Wasser gestürzt ist. Die vor der Mauer liegenden Schiffe wurden von der durch die abgleitende Mauer verursachten Welle an das andere Ufer getrieben. Vom Einsturz der Mauer selbst wurden sie nicht mehr betroffen, deshalb ist ihnen auch nennenswerter Sachschaden nicht entstanden.

Der ebenfalls ausgekippte, aber stehengebliebene 35 m lange

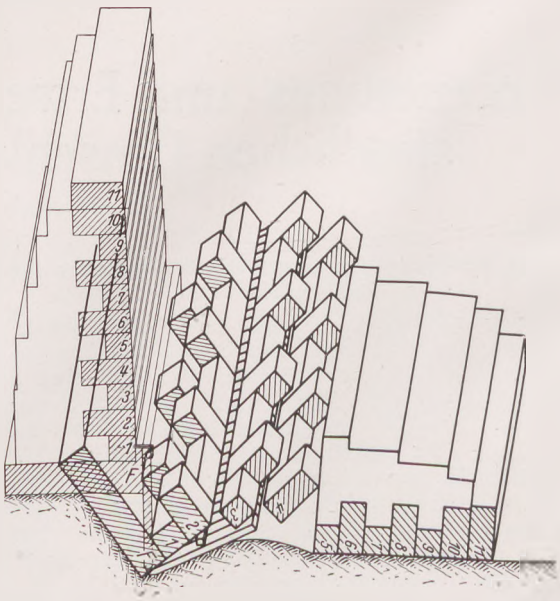


Abb. 14. Umgestürzte Ufermauer.

Mauerteil hatte in dieser neuen Stellung eine endgültige Gleichgewichtslage eingenommen.

Die Aufräumungsarbeiten wurden sofort in Angriff genommen, und zugleich wurde der über Wasser liegende Teil des abgesackten, aber stehengebliebenen Mauerstückes zur Verhütung weiteren Einsturzes abgetragen. Der abgestürzte Kran wurde geborgen. Mit Hilfe der noch brauchbaren Teile (Kessel usw.) konnte ein außer Betrieb gestellter Kran wieder betriebsfähig gemacht werden.

Für die Bearbeitung des Entwurfes zur Wiederherstellung der

Mauer war Prof. Dr.-Ing. Beyer von der Technischen Hochschule Dresden gewonnen worden. Er stellte zwei Entwürfe für die Ausschreibung zur Wahl. Am schnellsten würde der Bau einer aus eisernen Spundbohlen bestehenden Kaimauer zum Ziele geführt haben. Die bei der großen Kaihöhe nötige Verankerung der Spundwand stieß in dem durch Kaischuppen beengten Raum auf Schwierigkeiten, die Prof. Beyer durch eine originelle Lösung überwand. Nach seinem Entwurf I (Abb. 15) sollte die neue Uferwand aus eisernen, etwa 10 m langen Spundbohlen und einem waagerechten, aus zwei U-Eisen bestehenden Kopfträger gebildet werden. Die Wand sollte gegen einen aufgelösten Eisenbetonkörper verankert werden, bestehend aus einer 4,5 m breiten, etwa 1 m über Hafensohle liegenden Grundplatte mit senkrechten Querrippen. An diesen Querrippen sollte die eiserne Spundwand verankert werden. Der Spundwandkopf sollte aus Eisenbeton mit Klinkerverblendung und einer Sandsteinquaderabdeckung bestehen.

Der zweite Entwurf (Abb. 16) sah den Bau einer einfachen Schwergewichtsmauer aus Zementbeton mit einer Verblendung durch die aus dem Abbruch der alten Mauer zu gewinnenden Sandsteinquader vor. Die Mauergründung sollte hinter einer 2,70 m — wie die Spundwand im neuen Hafenteil — unter Hafensohle reichenden eisernen Spundwand aufgeführt werden. Diese Lösung besaß den Vorzug größerer Einfachheit und einheitlicher Begrenzung des Hafenbeckens. Bei dem erstgenannten Entwurfe mußte wegen des beschränkten Raumes das Rammen der langen eisernen Spundbohlen Schwierigkeiten machen. Beim zweiten Entwurf war mit größeren Wasserhaltungsschwierigkeiten zu rechnen, wie sie tatsächlich während der Bauausführung in dem wasserreichen Jahre 1936 auch eingetreten sind.

Mit der Wiederherstellung der Mauer war zugleich die Sicherung der anschließenden, ebenfalls ungenügend gegründeten Mauern nötig, nach Unterstrom auf rd. 50 m Länge, nach Oberstrom auf rd. 20 m Länge bis zum Anschluß an die 1913 erbaute und tiefer gegründete Mauer. Die Sicherung sollte erfolgen durch vorzurammende, ebenfalls 2,70 m bis unter Hafensohle reichende eiserne Spundbohlen und durch Ausfüllen der Zwischenräume zwischen Mauer und Spundwand durch Zementbeton und durch Auspressung der übrigen, insbesondere durch die Unterspülung entstandenen Hohlräume. Den oberen Abschluß der Spundwand bildet ein Eisenbetonholm.

Die Ausschreibung der beiden Entwürfe im engeren Wettbewerb unter sieben Firmen ergab Angebote, die für den ersten Entwurf zwischen 127000 und 191000 RM, für den zweiten Entwurf zwischen 120000 und 200000 RM schwankten. Im Einvernehmen mit Prof. Beyer entschloß sich die Sächsische Elbhafen-Betriebsgesellschaft für Annahme des billigsten Angebotes der Firma Eisenbetonbau-G.m.b.H., Dresden, d. h. für die Herstellung einer Schwergewichtsmauer, aber mit einer noch um 50 cm tieferen Gründung, als in der Planung vorgesehen war.

Bei ihrem billigen Angebote war die Firma von der Annahme ausgegangen, daß während der Bauzeit im Sommer mit annähernd ähnlich kleinen Wasserständen würde gerechnet werden können, wie sie im Verlaufe der letzten Jahre fast regelmäßig in jedem Jahre eingetreten sind. Dann wäre eine Umfassung der gesamten Baustelle mit einer Spundwand nicht nötig gewesen. Der Bodenaushub und die Mauerarbeiten hätten unter Aufteilung der Baustrecke in einzelne Baugrubenabschnitte im Schutze der Mauertrümmer mit vereinfachter Wasserhaltung und die Beseitigung der Mauertrümmer von der neuhergestellten Mauer aus erfolgen können. Der andauernd hohe Wasserstand ließ aber eine solche vereinfachte Bauweise nicht zu.

Die Arbeiten begannen mit der Sicherung der stromaufwärts anschließenden stehengebliebenen Kaimauer. Die alten Holzspundbohlen, die an ihren oberen, dem Wechsel von Luft und Wasser ausgesetzten Enden zum Teil angefault waren, wurden feldweise gezogen. In die Zwischenräume zwischen Bohlenwand und Mauer und in die erreichbaren Hohlräume unter der Mauer wurde durch Betontrichter Zementbeton eingebracht. Für das spätere Auspressen der restlichen Hohlräume wurden Gasrohre mit einbetoniert.

Im Anschluß daran wurde vor der ausgekippten, aber noch stehengebliebenen Mauer eine 36 m lange eiserne zwischenzeitliche Spundwand geschlagen, in deren Schutz der restliche Mauerabbruch, der Bodenaushub und die Gründung des neuen Mauerteiles erfolgten. Die landseitige hohe Baugrubenwand wurde durch waagerechte, mit eisernen Haltebügeln an eingerammten Trägern — Trägerabstand 1 m — befestigte Bohlen gestützt. Die Träger wurden durch starke Drahtseile an der Sockelmauer des Bergeschuppens verankert und außerdem gegen die Mauertrümmer, die eiserne Spundwand und später gegen das neue Mauerwerk abgesteift. Infolge des andauernd hohen Wasserstandes war der Wasserandrang sowohl von der Mauer oberstrom und den Mauertrümmern unterhalb wie durch das Grundwasser von der Landseite her so stark, daß der Grundaushub und das

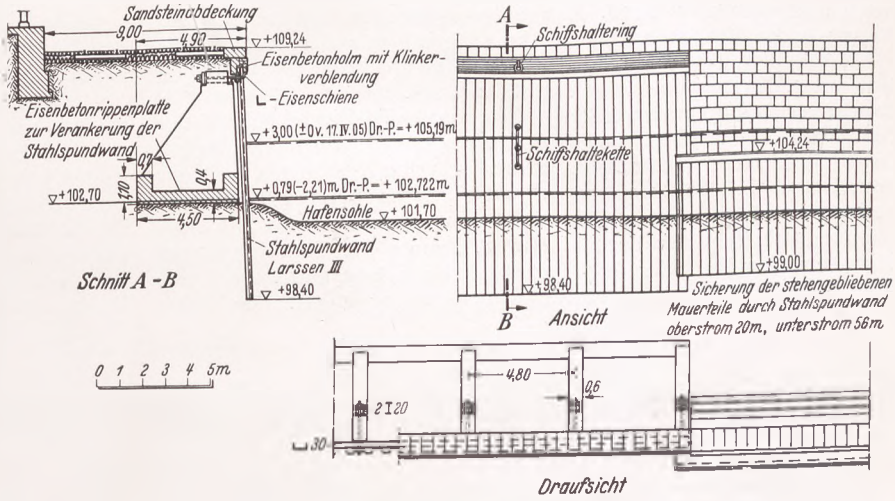


Abb. 15. Entwurf I zur Wiederherstellung der eingestürzten Kaimauer.

Betonieren des Fundamentes zur Vereinfachung der Wasserhaltung nur in einzelnen kleinen Baugruben erfolgen konnte.

Der dauernd hohe Elbwasserstand machte für die Weiterführung des Baues die Umfassung der gesamten Einsturzstelle mit einer eisernen, zunächst gegen die Mauertrümmer und später gegen die neue Mauer abgestützten Spundwand nötig. Sie sollte je nach den Wasserständen eine Spiegelabsenkung bis zu 1,50 m ermöglichen. Die restliche Wasserhaltung sollte in den einzelnen Baugruben und im Schutze der Mauertrümmer erfolgen. Die tatsächlichen Wasserstände während des regen- und wasserreichen Sommers 1936 waren aber noch ungünstiger als die für den Bau der Spundwand gemachten Wasserstandsannahmen. Die Wasserhaltung war deshalb dauernd schwierig. Dem starken Wasser- und Grundwasserzudrang in den einzelnen Baugruben durch den groben Kies und die Mauertrümmer wurde beim Betonieren durch Einbau vieler Dränagen begegnet.

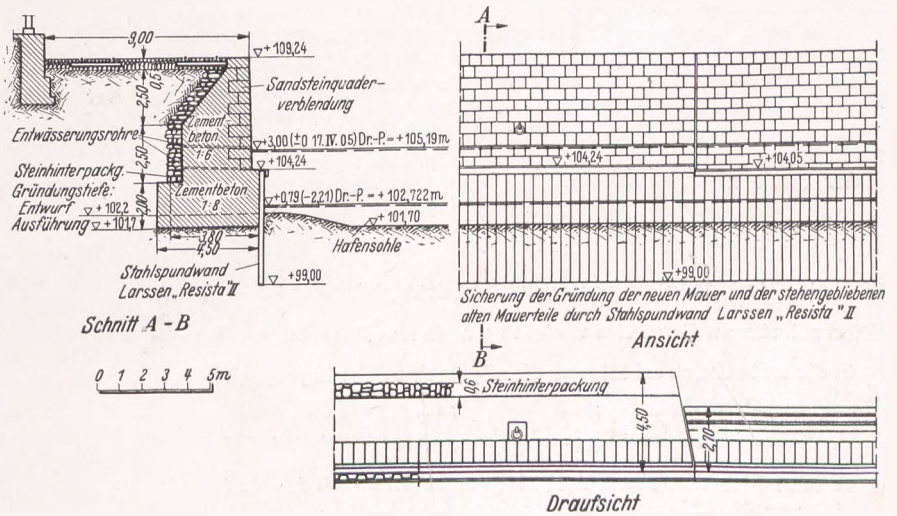


Abb. 16. Entwurf II (Ausführungsentwurf) zur Wiederherstellung der eingestürzten Kaimauer.

Die Gründungs- und Bauarbeiten auf der Strecke der umgestürzten Mauer wurden in der gleichen Weise wie diejenigen für das erste 35 m lange Stück durchgeführt. Zur Vereinfachung der Wasserhaltung und zur Ermöglichung der Absteifung der Baugrubenwände — zunächst gegen die Mauertrümmer, dann gegen das neue Mauerwerk — wurde versetzt in einzelnen jeweils 6—10 m langen Bauabschnitten gearbeitet. Die neue Mauer wurde mit den nötigen Isolieranstrichen versehen und unter allmählichem Abbau der Baugrubenabsteifung hinterpackt und hinterfüllt und mit den wiedergewonnenen und verarbeiteten Sandsteinquadern verblendet.

Mit fortschreitendem Mauerbau setzte die Räumung der Hafen-

sohle von den Mauertrümmern ein. Die Sandsteinquader und die übrigen Massen wurden mit Kränen von der neuen Mauer aus herausgehoben und zum Teil beim Bau der neuen Mauer und einer neuen Laderampe wieder verwendet, zum Teil in Kähne geladen und zur Verwendung bei den Elbstromregelungsarbeiten abgefahren.

Die andauernd hohe Wasserspiegelabsenkung hatte eine weitere Unterspülung des unterstrom stehengebliebenen Mauerteiles bewirkt. Vor Erreichung des Anschlusses der neuen Mauer an die alte Mauer trennte sich ein 5 m langes Stück der alten Mauer ab, schräg nach unten und vorn absackend. Es mußte abgetragen und in ähnlicher Weise wie die übrige neue Mauer durch einen Neubau ersetzt werden.

Zweimal mußte während des Baues einem durch Unterspülung drohenden Einsturz der eisernen Spundwände durch Vorschütten von Bodenmassen begegnet werden. Kurz vor endgültigem Schluß der Wasserhaltungsarbeiten wurde bei ziemlich plötzlich steigendem Wasser und einer Wasserspiegelabsenkung von 1,80 m ein Teil der Spundwand infolge Zerschlagens von Steifen beim Bergen von Steinen durch den hohen Wasserdruck umgedrückt. Da die Aufräumungsarbeiten fast beendet waren, konnte die Spundwand gezogen und der Rest der Arbeiten am unteren Bauende im Schutze einer kurzen Ergänzungsspundwand ausgeführt werden. Die Sicherung der unterstrom stehengebliebenen Mauer und anschließend die Sicherung der neuerrichteten Mauer erfolgte in gleicher Weise wie die der oberen alten Mauer durch vorgerammte eiserne Spundwände mit Zwischen- und Preßbeton.

Durch die Setzung der Bodenmassen waren im Fundamentmauerwerk und im Bodenbelag des Schuppens starke Risse entstanden. Sie wurden mit der Erneuerung des gesamten schadhaften Bodenbelages — durch 15 cm starken Betonunterbau und 8 × 8 × 0,04 m³ starke Eisenbetonplatten mit besonderer Härteschicht — beseitigt.

Die Hauptarbeiten waren im Dezember beendet. Die Restarbeiten und die Räumung der Baustelle sollen, soweit es die Witterung erlaubt, während des Winters beendet werden.

Die Baukosten mit Rampen- und Schuppenbau werden insgesamt rd. 150—160000 RM betragen.

Den in diesem Aufsatz behandelten Instandsetzungsbauten sollen in den nächsten zwei Jahren weitere Straßenergänzungsbauten, Neubeschaffung von Kränen und verschiedene andere Bauten folgen. Damit hofft die Sächsische Elbhafen-Betriebsgesellschaft, den mit der kommenden Eröffnung des Mittellandkanals sich ändernden Verkehrsverhältnissen und dem allseitig erwarteten Verkehrszuwachs im wesentlichen schon im voraus Rechnung getragen zu haben.

Graphische Bestimmung der Eigenfrequenz von Drehschwingungen.

Von Dipl.-Ing. C. Züblin, Berlin.

Zusammenfassung: Beschreibung eines neuen graphischen Verfahrens zur Bestimmung der Eigenfrequenz von Drehschwingungen der Wellen z. B. von schnellgehenden Motoren.

In der Regel sind umfangreiche rechnerische Berechnungen zeitraubend und nicht so übersichtlich wie die graphischen Rechnungsmethoden. Für den vorliegenden Fall ist die graphische Bestimmung besonders geeignet, daher wird nachfolgend, mit Erlaubnis des Erfinders Dipl.-Ing. H. Lieberherr und der Firma Gebrüder Sulzer, die neue Methode erstmalig vollständig bekannt gegeben.

Bei der rechnerischen Bestimmung der Eigenfrequenzen der Drehschwingungen von mit Massenträgheitsmomenten belegten elastischen Wellen geht man so vor, daß für eine Reihe von angenommenen Winkelgeschwindigkeiten die Gleichungen durchgerechnet werden. Dabei ergibt sich ein Restglied, welches verschwindet, wenn man mit der richtigen kritischen Winkelgeschwindigkeit in die Gleichung eingeht. Besonders bei einer großen Anzahl von Massen und bei starken Unterschieden in ihrer Größe erfordert dieses Verfahren sehr viel Rechenarbeit und konvergiert oft nur langsam. Die folgende neue Methode führt schneller zum Ziel und gestattet eine leichtere und übersichtlichere Nachprüfung.

Man geht von der nach bekannter Weise auf konstantes polares Trägheitsmoment J_p reduzierten Welle aus, die mit verteilten Massenträgheitsmomenten von $\Theta(x)$ je Längeneinheit oder mit Einzelträgheitsmomenten Θ_i belegt sei. Bezeichnet φ den Verdrehungswinkel und M das auf den Querschnitt x der Welle wirkende verdrehende Moment, so lautet die Bewegungsgleichung eines Elementes von der Länge dx an der Stelle x

$$\Theta(x)\, dx \frac{\partial^2 \varphi}{d t^2} = \frac{\partial M}{\partial x} \cdot dx .$$

Mit G als Schubmodul ist nach der Elastizitätsgleichung $\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{M}{G \cdot J_p}$.

Differenziert man die zweite Gleichung nach x und setzt den Wert von $\frac{\partial M}{\partial x}$ in die erste ein, so erhält man die allgemeine Schwingungsgleichung

$$\Theta_1(x) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = G \cdot J_p \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} . \quad \ldots \ldots \quad (1$$

Führt man hier den Normalschwingungsansatz $\varphi = A \cdot \cos(\lambda t)$ ein, wobei A von der Zeit unabhängig sein soll, so folgt

$$\frac{d^2 A}{d x^2} = -\frac{\Theta(x)}{G \cdot J_p/\lambda^2} \cdot A \quad \ldots \ldots \quad (2$$

und durch Integration dieser Gleichung die Neigung der elastischen Linie bei gleichmäßig verteilter Masse

$$\frac{d A}{d x} = -\frac{\int_0^x \Theta(x)\, A dx}{G \cdot J_p/\lambda^2}$$

bei diskret verteilter Masse

$$\frac{d A}{d x} = -\frac{\sum_{i=1}^{i} \Theta_i A_i}{G\, J_p/\lambda^2} \quad \ldots \ldots \quad (3$$

Zu diesen Gleichungen hinzu treten noch die Bedingungen, daß an den beiden Enden der Welle kein Moment übertragen wird. In x = 0 und x = 1 muß daher die Neigung dA/dx verschwinden. Dies erfordert nach (3 das Bestehen der Gleichung

$$\int_0^1 \Theta(x)\, A dx = 0 \text{ bzw. } \sum_{i=1}^{n} \Theta_i A_i = 0 \quad \ldots \ldots \quad (4$$

Man nimmt nun eine elastische Linie an, welche die Randbedingungen erfüllt. Durch Verschieben der Schwingungsachse kann dies immer erreicht werden. Darauf geht man mit dieser Annahme für A in die rechte Seite der Gl. (3 ein, bildet ein Kräftepolygon mit waagerechter Anfangslinie (entsprechend dA/dx = 0 in x = 0) und der Poldistanz $G J_p/\lambda_0^2$, wo λ_0 ein geschätzter Wert für die Eigenfrequenz ist, und erhält durch Zeichnen des Seilpolygons eine neue elastische Linie. Auch hier wird wieder die Schwingungsachse so bestimmt, daß die Randbedingung (4 erfüllt ist. Wäre nun die ursprüngliche Linie bereits richtig gewählt worden, und wäre auch das in der Poldistanz auftretende λ_0 der wirkliche Wert der Eigenfrequenz gewesen, so müßten sich die Annahmen und die auf vorstehende Weise gewonnene Kurve überdecken. In Wirklichkeit ist dies nicht der Fall. Indessen kann man durch Verändern der Poldistanz erreichen, daß sich die beiden Kurven wenigstens im Mittel überdecken. Nennt man das mittlere Verhältnis der Amplituden erster Näherung zu denjenigen der Annahme a_{mittel}, so kommen beide Kurven mehr oder weniger zur Deckung, wenn man an Stelle von λ_0 den Wert einsetzt

$$\lambda^2 = \frac{\lambda_0^2}{a_{mittel}} \quad \ldots \ldots \quad (5$$

In den meisten Fällen, besonders wenn die ursprüngliche Annahme schon weitgehend richtig war, ergibt die Gl. (5 bereits mit praktisch genügender Genauigkeit die gesuchte Eigenfrequenz. Durch Wiederholung der Konstruktion unter Verwendung der ersten Näherung der elastischen Linie als neue Annahme kann noch weitergehende Annäherung erreicht werden.

Folgendes Beispiel soll die praktische Durchführung des neuen Verfahrens zeigen (siehe Abb. 1).

I. Annahmen: 1. Die Welle wird in ihren reduzierten Längen aufgezeichnet, wobei 1 cm Zeichnung α cm in Wirklichkeit darstellt.

2. Es wird eine elastische Linie angenommen. Sie ist hier absichtlich als gerade Linie gewählt, um zu zeigen, daß trotz dieser rohen Annäherung das Verfahren rasch zu brauchbaren Werten der Eigenfrequenz führt.

II. Erfüllung der Randbedingungen. Die Gl. (4 hat die gleiche Form, wie die Gleichung zur Bestimmung der Lage der Resultierenden von n Parallelkräften Θ_i, welche an den Hebelarmen A_i angreifen. Man geht daher folgendermaßen vor:

3. Aufstellen eines Kräftepolygons durch Auftragen der Trägheitsmomente Θ_i in einer Parallelen zur Wellenachse, im Maßstabe 1 cm der Zeichnung = β kg/cm/sec² und mit einer Poldistanz von H_1 in cm.

4. Zeichnen des Seilpolygons (s. Abb. 1, 4).

5. Der Schnittpunkt o des ersten und letzten Strahles ergibt die Lage der Schwingungsachse A der Annahme 2.

III. Bestimmung der ersten Näherung.

6. Die Produkte $\Theta_i A_i$ der Gl. (3 können direkt dem Seilpolygon entnommen werden, wenn man von o aus Parallele zu den einzelnen Polstrahlen zieht und mit den zugehörigen Wirkungslinien der Kräfte Θ_i schneidet. Es ist wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke

$$\frac{m_i}{A_i} = \frac{\Theta_i}{H_1} \text{ also } \Theta_i \cdot A_i = m_i \cdot H_1.$$

7. Auftragung der m_i in einem Kräftepolygon (Abb. 1, 7) mit waagerechter Anfangslinie und der willkürlichen Poldistanz H_2 in cm.

8. Das Seilpolygon 4 zum Kräftepolygon 7 ergibt die 1. Annäherung für die elastische Linie.

9. Unter Verwendung des Kräftepolygons 3 wird für die neue elastische Linie das Seilpolygon gezeichnet.

10. Der Schnittpunkt o′ des ersten und letzten Strahles ergibt die Lage der Schwingungsachse A′ der ersten Näherung.

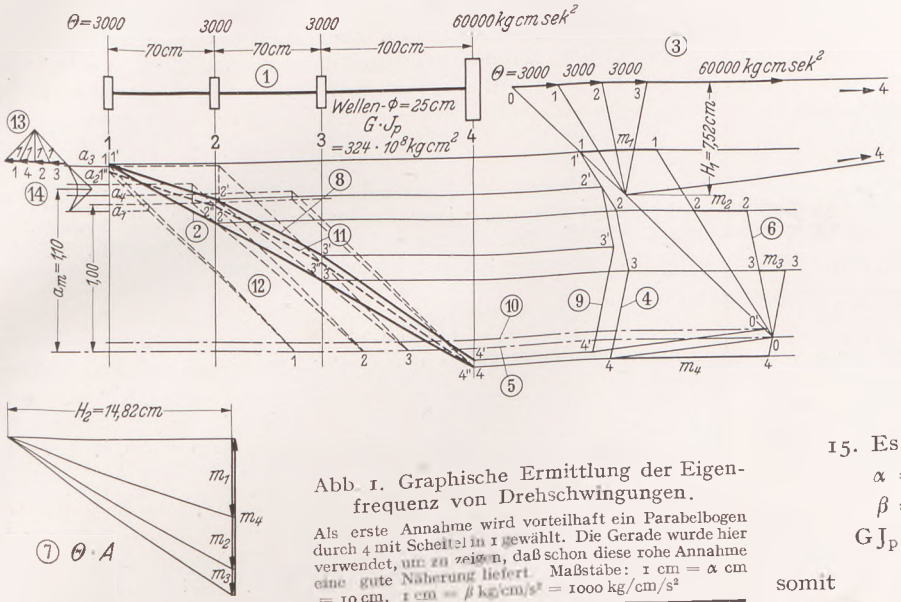


Abb. 1. Graphische Ermittlung der Eigenfrequenz von Drehschwingungen.

Als erste Annahme wird vorteilhaft ein Parabelbogen durch 4 mit Scheitel in 1 gewählt. Die Gerade wurde hier verwendet, um zu zeigen, daß schon diese rohe Annahme eine gute Näherung liefert. Maßstäbe: 1 cm = α cm = 10 cm, 1 cm = β kg/cm/s² = 1000 kg/cm/s²

$$\lambda_2 = \frac{G \cdot J_p}{a_{mittel} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot H_1 \cdot H_2}$$

$$= \frac{324 \cdot 10^8}{1{,}10 \cdot 10 \cdot 1000 \cdot 7{,}52 \cdot 14{,}82}$$

$\lambda_2 = 26430/\text{sek}^2$

$\lambda = 162{,}6\ \text{sek}^{-1}$

$N_{min} = \frac{30}{\pi} \cdot \lambda = 1552{,}5 \cdot P/\text{min}$

a_{mittel}	$G \cdot J_p$	H_1
1,10	$324 \cdot 10^8$ kgcm²	7,52 cm
α	β	H_2
10 cm/cm	1000 kgcm/sek²/cm	14,82 cm

1 Näherung: Will man ein genaueres Ergebnis erzielen, so wird das Verfahren bereits nach Ermittlung der elastischen Linie 1′—4′ wiederholt und erst zuletzt a_{mittel} und λ^2 berechnet.

Die Poldistanz H^2 ist vorteilhaft so zu wählen, daß die mittlere Neigung der Polstrahlen ungefähr der Neigung der Annahme entspricht.

Durchführung des Verfahrens.

(1) Schema der Welle mit reduzierten Längen
(2) Annahme der elastischen Linie
(3) Kräfteplan der Θ mit willkürlichem H_1
(4) Momentlinien der Θ
(5) Achse A von (2) durch den Schnitt O der parallelen äußeren Polstrahlen
(6) m_1, m_2... proport. $\Theta \cdot A$ vermittels Parallelen zu den Polstrahlen durch O auf Achse (5)
(7) Kräfteplan der $\Theta \cdot A$ durch Auftragen der m... aus (6)
(8) Momentenlinien der $\Theta \cdot A$ ergeben erste Näherung, bezogen auf Achse A′
(9) Momentenlinien der 1. Näherung zur Ermittlung von O′
(10) Achse A′ der ersten Näherung durch O′
(11) Erste Näherung, bezogen auf Achse A, verschoben
(12) Bestimmung der Werte a (Ergebnis · Annahme)
(13) Kräfteplan der a mit lauter gleichen Einzelkräften
(14) Momentenlinien der a zur Bestimmung von a_{mittel}
(15) Ausrechnen der Eigenfrequenz
(16) Zu genauerer Annäherung wird nach (10) = (2) mit (4) weitergefahren.

IV. Vergleich zwischen Ergebnis und Annahme.

11. Die erste Näherung wird parallel verschoben, bis ihre Achse A mit der Achse A′ zusammenfällt.

12. Im Abstand l von der Schwingungsachse A wird eine Parallele dazu gezogen. Von je zwei entsprechenden Punkten von Annahme und erster Näherung werden Strahlen nach einem beliebigen Punkt der Achse A gezogen. Im Schnittpunkt der Strahlen der Annahme mit der Einheitslinie wird eine Senkrechte gezogen. Ihr Schnittpunkt mit dem Strahl der ersten Näherung liegt im Abstand a = (Näherung : Annahme) von der Achse.

13. Zur Ermittlung des Mittelwertes dieser a werden sie als Abstände einer Reihe gleich großer waagerechter Parallelkräfte von der Achse A aufgefaßt. Man bildet daher wie vorher mit einer willkürlichen Poldistanz deren Kräftepolygon.

14. Mit Hilfe des Seilpolygons findet man den Wert a_{mittel} als den Abstand der Wirkungslinie der Resultierenden von der Achse. Will man berücksichtigen, daß die zeichnerische Ungenauigkeit des Verfahrens für große wie für kleine Amplituden dieselbe ist, so kann man diese Mittelwertbildung dadurch verfeinern, daß man den einzelnen a verschiedenes Gewicht beilegt. In diesem Falle läßt man vorteilhaft an Stelle der unter sich gleichen Parallelkräfte solche proportional der Größe von A treten.

V. Bestimmung des ersten Näherungswertes für die Eigenfrequenz.

Es ist nach Gl. (5 $\qquad \lambda^2 = \frac{\lambda_0^2}{a_{mittel}}$ . . . . . (5

Der Wert λ_0^2 hängt mit der Poldistanz H_2 zusammen gemäß der Gl.

$$(H_2) = \frac{G \cdot J_p}{\lambda_0^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6$$

wobei (H_2) andeuten soll, daß es nicht wie H_2 in cm, sondern im Maßstabe der m_i zu messen ist. Nun stellen aber m_i cm im Seilpolygon 4 ein Moment dar von $(m_i \cdot \alpha) \cdot (H_1 \cdot \beta)$ kg/cm²/sec², H_2 infolgedessen

$$(H_2) = H_1 \cdot H_2 \cdot \alpha \cdot \beta \quad \ldots\ldots \quad (7$$

Setzt man diesen Wert in (6 ein, berechnet daraus λ_0^2 und setzt es in (5 ein, so erhält man endgültig

$$\lambda^2 = \frac{G\ J_p}{a_{mittel} \cdot H_1 \cdot H_2 \cdot \alpha \cdot \beta} \quad \ldots\ldots \quad (8$$

Man hat demnach eine Gleichung für den ersten Näherungswert der Eigenfrequenz gewonnen, welche die Poldistanzen in ihren Längen in cm-Zeichnung enthält. Die Maßstäbe für die Auftragung der Längen der reduzierten Welle und der Massenträgheitsmomente treten darin als einfache Faktoren auf, und während der ganzen Durchführung der Konstruktion brauchen sie nicht weiter beachtet zu werden.

15. Es ist im Beispiel

$\alpha = 10$ cm/cm $\qquad H_1 = 7{,}52$ cm

$\beta = 1000$ kg/cm/sec²/cm $\qquad H_2 = 14{,}82$ cm

$G\,J_p = 324 \cdot 10^8$ kg/cm², $\qquad a_{mittel} = 1{,}10$

somit $\qquad \lambda^2 = \frac{324 \cdot 10^8}{1{,}10 \cdot 7{,}52 \cdot 14{,}82 \cdot 10 \cdot 1000} = 26\,430\ \text{sec}^{-2}$

und $\qquad \lambda = 162{,}6\ \text{sec}^{-1}$.

Die genaue Rechnung ergab für die Eigenfrequenz ersten Grades dieser Welle den Wert 163,5 sec⁻¹.

Geht man dazu über, nach diesem Verfahren die Eigenfrequenz von Schwingungen höheren Grades zu berechnen, so erkennt man, daß es nur konvergiert, wenn die ursprüngliche Annahme für die elastische Linie bereits genügend genau der Wirklichkeit entspricht. Im anderen Falle ist es sogar möglich, daß die aufeinanderfolgenden Näherungen der Lösung eines anderen Grades als des gesuchten zustreben. Man vermeidet diese Schwierigkeit, wenn man schrittweise von der Eigenschwingung eines Grades auf die nächst höhere übergeht und dabei von der „Orthogonalität" der Lösungen verschiedenen Grades Gebrauch macht. Wird nämlich angenommen, daß A* die Lösung eines bestimmten Grades sei, A** diejenige eines beliebigen andern sowie die zugehörigen Eigenfrequenzen λ^* und λ^{**}, so bestehen die beiden Gleichungen:

$$\frac{d^2 A^*}{d\,x^2} = -\frac{\Theta\,(x)}{G \cdot J_p/\lambda^{*2}} A^* \qquad \frac{d^2 \cdot A^{**}}{d\,x^2} = -\frac{\Theta\,(x)}{G \cdot J_p/\lambda^{**2}} A^{**}.$$

Multipliziert man die erste mit A**, die zweite mit A* und subtrahiert, so erhält man

$$A^{**} \frac{d^2 A^*}{d \cdot x^2} - A^* \frac{d^2 A^{**}}{d\,x^2} = -\frac{\lambda^{*2} - \lambda^{**2}}{G \cdot J_p} \cdot \Theta\,(x) \cdot A^* \cdot A^{**}.$$

Der links stehende Teil ist ein totales Differential, nämlich

$$\frac{d}{d\,x}\left(A^{**} \frac{d\,A^*}{d\,x} - A^* \frac{d\,A^{**}}{d\,x}\right).$$

Integriert man beide Seiten der Gleichung über die ganze Länge l, so verschwindet die linke Seite, da sowohl dA*/dx wie dA**/dx in x = o und x = l verschwinden. Da λ^* als von λ^{**} verschieden vorausgesetzt wurde, muß demnach sein $\int_o^l \Theta\,(x)\,A^*\,A^{**}\,dx = o$

und für eine Welle mit Einzelmassen

$$\sum_{i=1}^{n} \Theta_i\,A_i^*\,A_i^{**} = o \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9$$

Die Produkte $\Theta_i\,A_i^*$ können als Strecken m_i^* direkt der Konstruk-

tion für die Bestimmung der Eigenfrequenz λ^* entnommen werden, so daß Gl. (9 auch geschrieben werden kann

$$\sum_{i=1}^{n} m_i^* A_i^{**} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10$$

Für das Folgende sei immer angenommen, daß die Amplituden A_i^* und die zugehörigen m_i^* bekannt seien und es sich um die Bestimmung der nächst höheren Eigenfrequenz handle. Zu diesem Zwecke wird wie früher eine Annahme über den Verlauf der elastischen Linie gemacht und die Achse so gelegt, daß die Gl. (4 erfüllt ist. Davon ausgehend, bestimmt man eine korrigierte Annahme, welche die Gl. (4 und (10 gleichzeitig befriedigt. Nennt man die auf die ursprüngliche Annahme bezogenen Amplituden B, die korrigierten Werte unter Weglassung der **A, so kann man ansetzen

$$A = B + a + b\,F(x) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11$$

Hierin ist F(x) eine frei zu wählende Funktion, die an beiden Enden des Intervalles $0 < x < l$ verschwindet und zweckmäßig wie die elastische

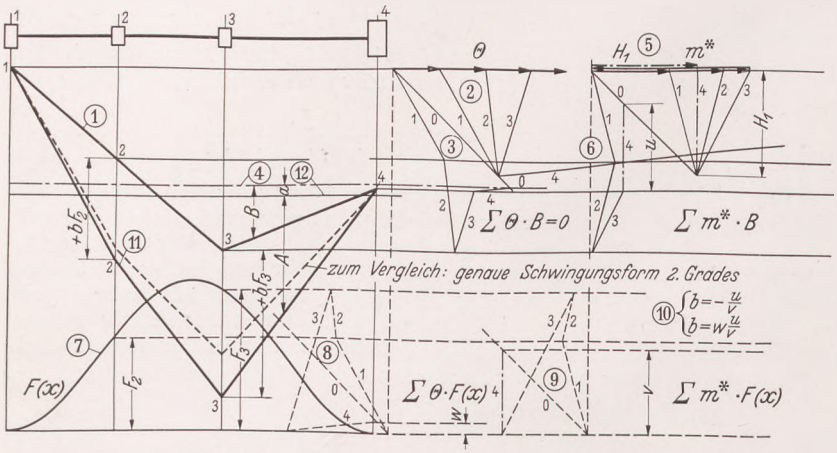


Abb. 2. Korrektur der ersten Annahme.
(1) Erste Annahme, (4) Achse *B*, (11) Korrigierte Annahme, (12) Achse *A*

Linie an beiden Enden eine horizontale Tangente besitzt. Setzt man den Wert von A aus (11 in Gl. (4 ein, so folgt:

$$\Sigma B_i \Theta_i + a\,\Sigma \Theta_i + b\,\Sigma \Theta_i F(x) = 0$$

und da $\Sigma B_i \Theta_i = 0$ $\quad a \cdot \Sigma \Theta_i + b\,\Sigma \Theta_i F(x) = 0$

Wert A in (10 eingesetzt ergibt $\Sigma B_i m_i^* + a\,\Sigma m_i^* + b\,\Sigma m_i^* F(x) = 0$

oder da $\Sigma m_i^* = 0$ $\quad \Sigma B_i m_i^* + b\,\Sigma m_i^* F(x) = 0.$

Aus diesen beiden Gleichungen folgen die Koeffizienten a und b zu

$$a = \frac{\Sigma B_i \cdot m_i^*}{\Sigma m_i^* F(x)} \cdot \frac{\Sigma \Theta_i F(x)}{\Sigma \Theta_i} \qquad b = -\frac{\Sigma B_i m_i^*}{\Sigma m_i^* F(x)} \quad \ldots \quad (12$$

Setzt man hier noch

$$\Sigma B_i m_i^* = H_1 \cdot u; \quad \Sigma m^* F(x) = H_1 \cdot v; \quad \frac{\Sigma \Theta_i F(x)}{\Sigma \Theta i} = w$$

so erhält man

$$a = \frac{u}{v} \cdot w \qquad b = -\frac{u}{v} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13$$

Ausgehend vom oben durchgerechneten Beispiel, soll jetzt im einzelnen ausgeführt werden, wie die verbesserte Annahme für die Schwingungsform zweiten Grades dieser Welle gefunden wird. Es bedeuten in Abb. 2, 1—4: Ursprüngliche Annahme und Bestimmung ihrer Achse wie früher. Man erkennt, daß diese Annahme nur auf eine Schwingung mit einem einzigen Knoten führt, und daß sie eigentlich sofort berichtigt werden müßte. Trotzdem wird hier weitergefahren, um die Reichweite des vorliegenden Verbesserungsverfahrens zu veranschaulichen.

Abb. 2, 5—6: Aus den m_i^*-Werten, die für die Annahme des ersten Grades bestimmt wurden, wird ein Kräftepolygon gebildet. Da $\Sigma m_i^* = 0$ ist, schließt sich das Seilpolygon erst im Unendlichen. Das resultierende Moment läßt sich jedoch dadurch bestimmen, daß man in der Wirkungslinie von m_4 noch eine weitere Kraft von der Größe H_1 der Poldistanz anbringt. Man erhält dann eine Resultierende von gleicher Größe im Abstand u, und es ist $H_1 \cdot u = \Sigma m_i^* \cdot B_i$.

Abb. 2, 7—9: Wahl der Hilfsfunktion F (x), hier in der Form

$$F(x) \sim 1 - \cos\left(\frac{2\pi}{l} \cdot x\right).$$

Ihr Wert ist Null an beiden Enden des Intervalls; ebenso verschwindet dort ihre Tangente in Übereinstimmung mit den für die Welle selbst geltenden Randbedingungen. Bei der Schwingung n-ten Grades wäre vorteilhaft

$$F(x) \sim 1 - \cos\left(\frac{2\pi\,(n-1)}{l} \cdot x\right)$$

zu verwenden. Die Momentenlinien 8 ergeben mit dem Kräftepolygon 2 den Wert $\quad w = \dfrac{\Sigma \Theta_i F(x)}{\Sigma \Theta_i}$.

Aus Kräftepolygon 5 folgt mit Seilpolygon 9

$$H_1 \cdot v = \Sigma m_i^* \cdot F(x).$$

Abb. 2, 10: Nach Gl. (13 erhält man

$$a = \frac{u}{v} \cdot w \qquad b = -\frac{u}{v}.$$

Abb. 2, 11—12: Zur Amplitude jeder Masse wird der Korrekturbetrag $b \cdot F(x)$ addiert und die Achse B um den Wert a nach A verschoben. Man erhält jetzt also richtig eine Schwingungsform mit zwei Knoten. Ausgehend von der verbesserten Annahme, kann jetzt die graphische Bestimmung der Eigenfrequenz wie früher erfolgen.

Um die erreichte Annäherung zu prüfen, wurde in die Abb. 2 die rechnerisch ermittelte genaue Schwingungsform zweiten Grades dieser Welle eingetragen. Man erkennt, daß bereits eine weitgehende Angleichung stattgefunden hat.

Handelt es sich um Eigenschwingungszahlen von noch höherem Grade, so ist es vorteilhaft, die Orthogonalitätsbedingung dieser Schwingung mit allen Schwingungen niedrigeren Grades aufzustellen, um die ursprüngliche Annahme zu verbessern. Der Rechnungsgang erweitert sich dadurch, bleibt aber im übrigen unverändert.

Wichtige Fachliteratur.

Auszüge.

H Häfen.

Fa 65. Kaischuppenbauten in Algier. (Le Génie Civil v. 16. Mai 1936.) In Algier mußte wie in der Mehrzahl der nordafrikanischen Umschlagplätze

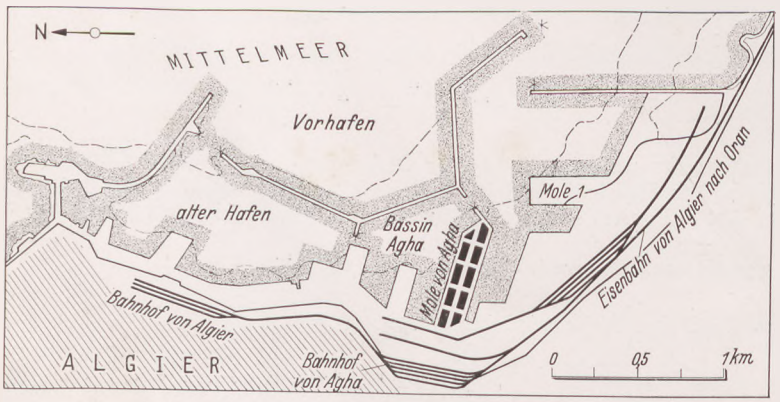


Abb. 1. Lageplan des Hafens von Algier.

der Hafen dem Meer abgerungen werden. Der fehlende natürliche Schutz wurde durch Wellenbrecher (vgl. Abb. 1) ersetzt. Die als außergewöhnlich zu bezeichnende Verkehrsentwicklung des Hafens im letzten Jahrzehnt vor dem Kriege — 1913 wurden bei 13 000 ein- und ausgehenden Schiffen 3,6 Millionen t umgeschlagen — forderte gebieterisch Erweiterungen, die aber des Weltkrieges wegen zunächst unterbleiben mußten. So konnte erst 1922 der Grundstein zu neuen Anlagen gelegt werden, deren Ausmaß daran zu ermessen ist, daß erst in neuerer Zeit ein gewisser Abschluß erreicht wurde. Durch Wellenbrecherbauten wurden geräumige geschützte Wasserflächen und hinter diesen ein breiter Landstreifen vor der Küste geschaffen, von dem aus Molen ins Meer vorgebaut werden. Die Erweiterung des Hafens erfolgte in südöstlicher Richtung. Nach Erstellung der Wasser- und Landflächen wurden seit etwa fünf Jahren auch die Umschlag- und Lagereinrichtung umfassend ausgebaut.

Einer der Sammelpunkte des Warenumschlags ist die große Mole von Agha, an welcher Linienverkehr abgefertigt wird. Diese Mole ist rd. 650 m lang und 140 m breit; sie umfaßt fünf Anlegeplätze an der Nordseite und vier an der Südseite. Auf dieser Mole sind als Ersatz für unzureichend gewordene Holzschuppen acht Eisenbetonstockwerkschuppen errichtet worden. Ihre Grundrißanordnung sowie die Aufteilung der ganzen Mole ergibt sich aus Abb. 2. Die Aufteilung ist insofern bemerkenswert, als nicht nur zwischen den Schuppen breite Kaistraßen freigelassen sind, sondern daß rechts und links der Schuppen auch noch umfangreiche freie Lagerflächen angeord-

net sind, so daß sich insgesamt die freie Fläche zur überdachten wie 5 : 1 verhält; mit dieser Anordnung nimmt man auf besonders wichtige Umschlaggüter Rücksicht, wie z. B. auf Lagermöglichkeit für Weinfässer oder auf den Transport sehr langer Rundeisen für Eisenbetonbauten.

Abgesehen von geringen Abweichungen, zeigen die Schuppen gleichmäßige Ausführung (Abb. 3). Sie sind 36 m breit und 54 m lang mit Ausnahme von zweien, die 81 m lang sind. Das Obergeschoß kann mit 2 t/m², das Terrassendach mit 400 kg/m² belastet werden. Die Kranausrüstung besteht aus 16 Volltorkränen mit unter der Last beweglichem Ausleger. Die

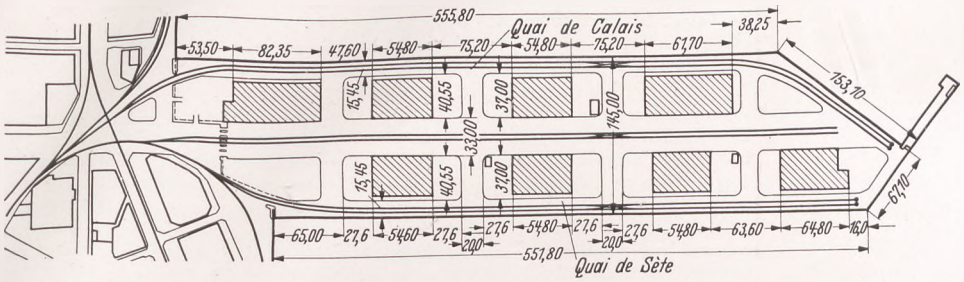


Abb. 2. Lageplan der Agha-Mole.

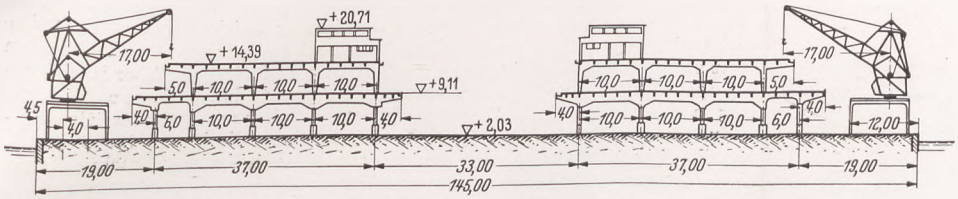


Abb. 3. Querschnitt der Agha-Mole.

Ausladung beträgt 17 m und die Tragfähigkeit 1,5 bzw. 3 t. Bemerkenswert sind noch 10 t-Aufzüge in den Schuppen selbst, die ein unmittelbares Be- und Entladen der Lastwagen in den oberen Stockwerken ermöglichen. Abschließend sei noch nachgetragen, daß sich 1935 der gesamte Schiffsverkehr des Hafens auf rd. 8000 ein- und ausgehende Schiffe und der Warenverkehr auf 3,2 Millionen t belief. B.

H Hafenausrüstung.

Fa 66. Anlagen für den Eisenbahnfährverkehr zwischen Großbritannien und dem Festland. Über die Eisenbahn-Fährverbindungen zwischen Großbritannien und dem Festland entnehmen wir der Zeitschrift Le Génie Civil vom 19. September 1936 folgende Angaben: Auf Grund militärischer Notwendigkeiten wurden im Jahre 1917 zwischen England und dem Festland Fährschiffe eingesetzt, und zwar zwischen Harwich und Farnborough einer-

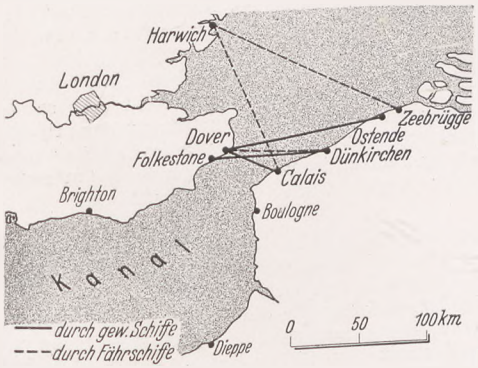


Abb. 1. Plan der Fährschiffverbindungen.

seits und Dünkirchen, Calais und Dieppe andererseits. Die derzeit verwendeten Schiffe waren bei einer Bruttotonnage von 2672 t 111 m lang und 18,75 m breit; sie konnten einen Eisenbahnzug von 850 t befördern. Die genannten Linien dienten militärischen Zwecken bis 1920, dann wurde die Anlegestelle von Dieppe nach Seebrügge verlegt, von wo 1924 eine Güterverbindung nach Harwich eingerichtet wurde (Abb. 1). Die Anlegestelle Calais dient seit 1931 einer Güterverbindung nach Harwich. Als dritte Linie wird ab 1937 eine Güter- und Fahrgastverbindung von Dünkirchen nach Dover eingerichtet werden. Diese Linie ist der Ersatz für die zeitweiligen Verbindungen Dünkirchen-Tilbury bzw. Dünkirchen-Folkestone.

Der grundsätzliche Vorteil des Fährschiffes gegenüber dem normalen Schiff liegt darin, daß ein Umladen der Stückgüter vermieden werden kann, was u. a. bei zerbrechlichen Waren und verderblichen, schnell zu transportierenden Eßwaren von Bedeutung ist. Was die Schnelligkeit des Warenaustausches anlangt, ist das Fährschiff nur auf kürzere Entfernungen (auf Grund von Vergleichsrechnungen bis zu etwa 120 Seemeilen) im Vorteil. Auf größeren Entfernungen wird der Fortfall der Umladung durch die größere Geschwindigkeit des normalen Schiffes — das Fährschiff muß zu breit gehalten werden — ausgeglichen.

Bezüglich eisenbahntechnischer Einzelheiten sei erwähnt, daß der britische Waggon 2,745 m breit ist, also enger, als in der Berner Konvention vorgesehen; der britische Waggon ist also mit Ausnahme von Spanien und Sowjetrußland auf dem Kontinent brauchbar. Umgekehrt sind die Eisenbahnverwaltungen des Festlandes (die französische, belgische, deutsche, ungarische und italienische), und deren Verkehr nach England ist der bedeutendere, gezwungen, Waggons mit geringerer Breite vorzuhalten.

Auf den Linien Calais-Harwich und Seebrügge-Harwich werden die Anlegestellen und das schwimmende Material von Gesellschaften der betreffenden Länder betrieben. Auf beiden Linien findet nur Warenverkehr statt, Fahrgäste werden nur in Ausnahmefällen (beispielsweise die Besitzer verschiffter Automobile) befördert. Die Hauptabmessungen der Schiffe sind:

Länge zwischen den Loten	107,00	m
Länge über alles	110,90	„
Breite	17,84	„
Tiefgang	rd. 3,00	„
Wasserverdrängung	1326	m³
Normalgeschwindigkeit	13,5	kn

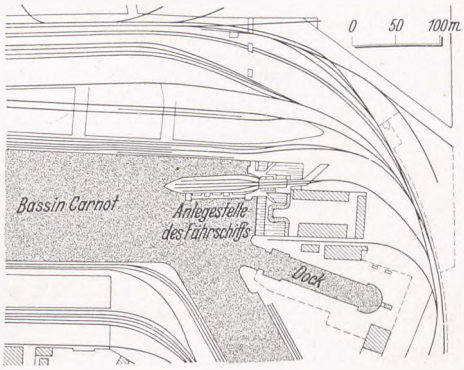


Abb. 2. Plan der Anlegestelle in Calais.

Das Deck der Schiffe ist mit 4 Gleisen ausgerüstet, deren Anordnung und Verbindung mit dem Lande sich aus Abb. 2 ergibt. Die beiden mittleren Gleise sind 97 m, die äußeren 80 m lang. Je nach den Größenverhältnissen können 26—54 Waggons von insgesamt etwa 600 t aufgenommen werden. Die Besatzung besteht aus 8 Offizieren (3 Nautikern, 4 Ingenieuren und 1 Funker) und 30 Mann.

Die Anlegebrücken in Calais (Abb. 3) und Seebrügge liegen in Dockbecken, in denen ein Wasserstandsunterschied von nur 0,15 m auftritt. Dazu kommen noch Unterschiede im Tiefgang des unbeladenen und des beladenen Schiffes, die sich auf etwa 1,00 m belaufen. Die eigentliche Brücke ist 30,5 m lang und besteht aus zwei Fachwerkträgern von 7,90 m Achsabstand. Die Schiffe werden hinten und an einer Seite festgehalten; hinten sind es Pfahlwerke, die sich der Form der Schiffe anschmiegen, und an der Seite sind es 3 Eisenbetonpfeiler mit Holzfenderung.

Entsprechend Abb. 4 hängt das bewegliche Ende der Brücke vermittels eines Flaschenzuges in einem Portal; als Lastausgleich sind im Portal Gegengewichte angeordnet. Insgesamt ist eine Auf- bzw. Abwärtsbewegung der Brücke von 3,44 m möglich, was einer größten Neigung nach oben und unten von 36 mm auf den m entspricht. Das Aufbringen der Waggons erfolgt in Calais mit Maschine, in Seebrügge mit Hilfe einer elektrischen Winde von 5 t.

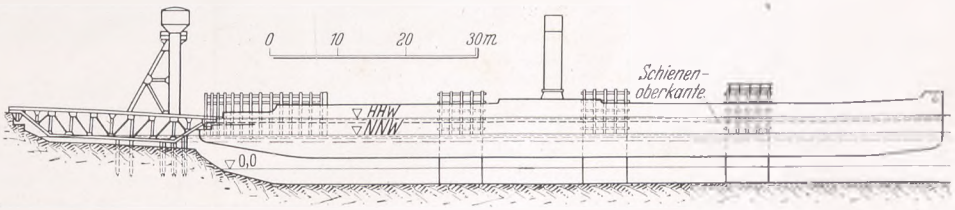


Abb. 3. Aufriß der Anlegestelle in Calais.

Die Anlegebrücke in Harwich liegt in einem Tidebecken, dessen Wasserstand um 3,50 m schwankt. Nimmt man wieder wie oben 1 m Unterschied im Tiefgang des Schiffes, ergibt sich für die 30,5 m lange Brücke eine größte Neigung von 75 mm auf den m. Auf der Linie Calais-Harwich wurden 1934 3250 Waggons hin- bzw. rückbefördert, und zwar erstreckt sich der Verkehr im wesentlichen auf Frühgemüse und Obst. Auf der Verbindung Seebrügge-Harwich wurden 1935 9780 Waggons mit rd. 62 000 t Ladung hin- und zurückbefördert.

Die neue Linie Dünkirchen-Dover wird hauptsächlich der Personenbeförderung dienen und — wie schon erwähnt — die mit gewöhnlichen Schiffen durchgeführte Verbindung Dünkirchen-Folkestone ersetzen. Es sollen zunächst drei Schiffe mit folgenden Abmessungen eingesetzt werden:

Länge über alles	110	m
Breite	18,41	m
Tiefgang, beladen	3,81	m
Wasserverdrängung	3500	m³

Die Reisegeschwindigkeit wird etwa 15 kn betragen. Auf dem Hauptdeck sind 4 Gleise angeordnet. Es können aufgenommen werden entweder bis zu 40 Güterwaggons oder 12 Spezialschlafwagen für je 18 Reisende; die Schlafwagen sind 19,20 m lang und 2,75 m breit. Für nicht die Schlafwagen benutzende Reisende sind umfangreiche und bequeme Räume vorhanden. Bemerkenswert ist, daß auf den Schiffen auch noch 25

Kraftwagen in einer Garage über dem Gleisdeck in Höhe der Fahrgasträume untergebracht werden können.

Die Anlegebrücke von Dover liegt ähnlich wie in Harwich so, daß Höhenschwankungen zwischen Deck und Kai bis zu 7 m auftreten könnten. Da man aber bei einer betrieblich zulässigen Neigung von 35 mm auf den m eine 100 m lange Brücke gebrauchen würde, hat man eine Schleuse als Ausweg gewählt. Diese Schleuse kann gerade ein Fährschiff aufnehmen, und zwar ist die Einfahrt bei jedem Wasserstande möglich. Die Höhenlage des Schiffes gegenüber dem Land, wohin eine 21 m lange Brückenverbindung besteht, wird nach Schließen des Schleusentores durch Pumpen geregelt.

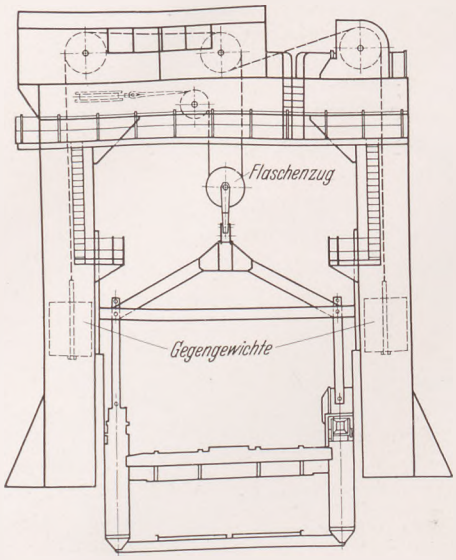


Abb. 4. Aufriß des Portals der Anlegestelle in Calais.

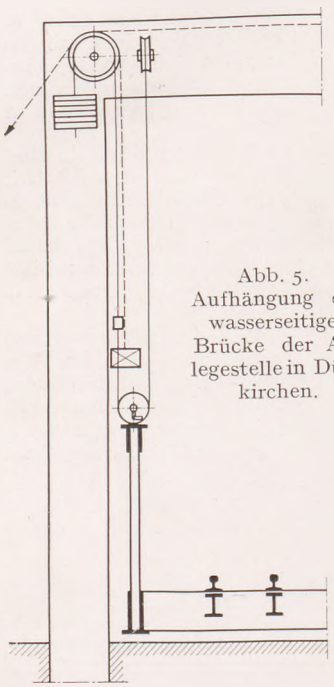


Abb. 5. Aufhängung der wasserseitigen Brücke der Anlegestelle in Dünkirchen.

Die Anlegestelle in Dünkirchen[1] liegt in einem Flutbecken (Hafenbecken Nr. 5). Die Schiffe legen mit der Steuerbordseite an einem Kai an, während das Hinterteil von einem genau passenden Fährbett aufgenommen wird. Da man zwischen Land- und Schiffsgleisen mit Höhenunterschieden von ± 1,90 m rechnen muß, ergab sich die Länge der Landverbindung zu 54 m. Infolge dieser großen Länge ist die Brücke in zwei gleiche Teile von 27 m geteilt, bezüglich deren konstruktiver Ausgestaltung auf die erwähnten Originalaufsätze verwiesen werden muß; die Aufhängung der wasserseitigen Brücke ist in Abb. 5 skizziert. Das Seeportal kann durch einen abnehmbaren Vorbau von 7 m verlängert werden, wenn die Schiffe der französischen Fährschiff-Gesellschaft anlegen sollen.

Der Übergang der Kraftwagen aus dem Oberdeck erfolgt vermittels einer besonderen Brückeneinrichtung von 13,50 m Länge, die das Schiffsdeck mit einer Landplattform verbindet. Diese Plattform, die als Terrassendach für den Seebahnhof dienen soll, wird mit den Kaiflächen durch eine Einfahrtsrampe aus Eisenbeton mit 8 % Steigung verbunden werden. Der Seebahnhof, der alle für Abfertigung von Fahrgästen erforderlichen Räume enthalten wird, ist erst in der Ausführung begriffen, während die Gleisanlagen der Anlegestelle sowie ein Güterschuppen fertiggestellt sind. B.

[1] Beschreibung der Anlagen in Dünkirchen vgl. auch Zeitschr. d. Int. Stand. Verbandes für Schiff-Kongresse Jan. 1936.

Fa 67. Eisenbahnfährverbindung zwischen Großbritannien und dem Festland. In Ergänzung des oben gebrachten Auszuges weisen wir noch auf einen sehr bemerkenswerten Bericht über die neuen Landeanlagen der Eisenbahnfähre Frankreich—England in Dover hin, den The Dock and Harbour Authority in Nr. 193 vom November 1936, betitelt: „Dover Train Ferry Scheme" (6 S. mit 12 Abb.), bringt. Der durchgehende Eisenbahnverkehr Paris—London über Dünkirchen—Dover wurde im Oktober 1936 aufgenommen. Die Landestelle in Dover nahe der Marinestation wurde nach reiflicher Prüfung für die am besten geeignete gehalten. Da aber der Wasserstandsunterschied bis zu 8 m beträgt, die See- und Witterungsverhältnisse auch sonst ungünstig sind und größere Zugeinheiten bequem, schnell und sicher von und an Land zu nehmen sind, kamen die bisher üblichen Eisenbahnfähr-Landeanlagen nicht in Betracht. Der neuartige Plan zielt auf die Schaffung eines Sonderdockhafens ab, in den ein Fährschiff bei jedem Seewasserstand einlaufen und der durch große Pumpenanlagen seinen eigenen Wasserstand so regeln kann, daß immer gleiche Höhenverhältnisse von Schiff zu Land vorhanden sind. Das Dock soll rd. 130 m lang und 21 m breit sein und bei Niedrigwasser noch etwa 5,3 m Tiefgang über Einfahrtsdrempel aufweisen; die 3 neuerbauten Fährboote haben je 110 m Länge, 19,5 m Breite und einen Volladetiefgang von rd. 4 m. Der seeseitige Verschluß des Docks geschieht durch zwei Klapptore, die je um eine etwa 6 m voneinander entfernte waagerechte am Dockboden angebrachte Achse niedergelegt werden können. Das eine Tor nimmt den Wasserdruck von See, das andere vom Dockinnern auf. Die Bewegung der etwa 300 t schweren Klapptore geschieht durch Seilzüge und Winden um Angeln außerordentlich schwerer Ausbildung; niedergelegt ragen die Tore nicht über die Docksohle empor. Der Bau des Dockhafens, der 3 Jahre in Tag- und Nachtschicht in Anspruch nahm, ist reich an neuen Erfahrungen. Der Versuch, eine trockene Baugrube durch doppelte Reihen von Stahlspundwänden zu erzielen, mißlang, gleichfalls ein Versuch, die Dichtung durch abgesenkte schwere Betonmauern herzustellen, da der an und für sich feste Kreideboden rissig war und zu viel Seewasser durchließ. Nach diesen schlechten Erfahrungen vermochte man auch dem Gefrierverfahren kein Vertrauen entgegenzubringen. Schließlich wurde die Baugrube im Nassen durch einen Eimerbagger ausgehoben, dessen Eimer wegen des sehr zähen Kreidebodens mit besonderen Stahlzähnen bewehrt waren. Der Eingang von See war inzwischen und vorläufig durch einen Senkkasten abgesperrt. Die sehr starken 9 m dicken Einfassungsmauern wurden zwischen Eisenspundwänden in Unterwasserbeton ebenfalls im Nassen ausgeführt, sie sind rd. 17 m hoch. Dann wurde im Schutze des Senkkastens der 440 t schwere Tordrempel (Eisenkonstruktion) versenkt und das äußere und innere Tor auf die Angeln gebracht. Eine fast ebenso schwere Arbeit war die Errichtung der Pumpenkammer, die mit dem Maschinenhausflur rd. 17 m unter Hochwasser liegt und 12 × 32 m im Geviert mißt. Gegen den Wasserdruck waren besondere Maßnahmen zu treffen. Bei den ganzen Bauarbeiten war reichlich Taucherhilfe notwendig. Die Pumpenanlage besteht aus 3 Kreiselpumpen mit senkrechter Achse und je einem 230 PS-Antriebsmotor, die Gesamtleistung beträgt 400 m³/min; damit kann in praktisch kürzester Zeit der Wasserstand geregelt werden. Die gesamte Bauleistung beträgt 7000 t Eisenkonstruktion, 80 000 m³ Beton und 150 000 m³ Baggerboden; Angaben über Kosten enthält die Quelle nicht (!).

Die Fährschiffe können auf 4 Gleisen 12 D-Wagen oder 40 Güterwagen aufnehmen und mit 16,5 kn über den Kanal befördern, der Frachtverkehr ist auf die Tagesstunden beschränkt. Selbstverständlich haben die neuerbauten Fährschiffe vollständige Einrichtung für die Unterbringung und Bewirtung der Fahrgäste. Die Übergangsanlagen für die Eisenbahnwagen vom Schiff aufs Land sind natürlich mit allen Sicherungen versehen. Die Landungsanlagen sind mit neuen Gebäuden für Zollabfertigung, Güterumschlag usw. versehen. Auf der französischen Seite der Fährverbindung bedurfte es nur der Anlage einer geschützten Fährnische, da in Dünkirchen ein durch Schleusen zugängiger Dockhafen vorhanden war. Wundram.

Zeitschriftenschau.

SB Sonderschiffe.

Fz 168. 1 S. Motortankschiffe „Gulfbelle" und Gulfdawn," mit Arcform. (Marine Engng. & Shipp. Rev. August 1936, S. 440—448, Längsschnitt, 3 Deckspläne, Hauptspant, Maschinenanl., Lichtb.) Von der Sun Shipbuilding and Dry Dock Co. für die Gulf Refining Co. erbaut. Bauart mit Mittellängsschott und seitlichen Sommertanks im Zwischendeck, Isherwood-Bauweise ohne Kniebleche. L_L = 129,538 m, B = 19,507 m, H = 10,363 m, Höhe der Sommertanks = 2,743 m, T = 8,451 m, Breite des Expansionsraums = 9,551 m, Inhalt der Ladeöltanks = 13 500 m³, der Heizölbunker vorn 430 m³ und hinten 636 m³, Laderaum = 1571 m³, δ = 0,722, α = 0,707, Nutztragfähigkeit = 10 375 ts, Gesamttragfähigkeit = 11 400 ts. Antrieb: Zwei Foster Wheeler-Wasserrohrkessel mit je 3 Trommeln, H = 2 × 449,2 m², eine Kompound-Turbine von 2800 PSe mit doppeltem Untersetzungsgetriebe, n = 4820/3615/78, H. D.-Turbine mit Aktions-, N.D.-Turbine mit Reaktionsbeschaufelung. E-Anlage: Zwei 125 kW-Turbo- und zwei 15 kW-Dieselgeneratoren.

SB Geschichte und Aesthetik.

Fz 169. Das blaue Band des Nordatlantik. (Shipbuilder a. M.E.B., Oktober 1936, S. 528—532, Lichtb.) Zusammenstellung der jeweils schnellsten Reisen über den Nordatlantik seit 1838 und Überblick über die technische Entwicklung der Träger des blauen Bandes.

Verschiedene Nachrichten.

60. Geburtstag von Generaldirektor Stapelfeldt.

Am 18. Januar d. J. feiert Herr Franz Stapelfeldt, Generaldirektor der Deutschen Schiff- und Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Bremen, seinen 60. Geburtstag.

Am 1. April 1921 wurde Stapelfeldt, bisher kaufmännischer Leiter der Otwi-Werke, Bremen, von dem damaligen Aufsichtsrat der A.-G. Weser zum kaufmännischen Direktor und im März 1922 zum Generaldirektor dieser Gesellschaft bestellt und hat seit dieser Zeit in guten und bösen Tagen die Verantwortung für die Geschicke derselben getragen.

Wenn auch Stapelfeldt bei seinem Eintritt in die A.-G. Weser nicht auf langjährige Spezialerfahrungen im Betriebe von Schiffswerften zurückblicken konnte, so haben seine großen Erfolge doch klar erwiesen, wieviel mehr es bei der kaufmännischen und organisatorischen Leitung eines Betriebes, sei er, welcher Art er wolle, auf wertvolle menschliche Eigenschaften, Stärke des Charakters und geschäftlichen Weitblick ankommt als auf ein jahrelanges Wirken in dem einschlägigen Geschäftszweig.

Mit unverwüstlicher Energie packte Stapelfeldt die Probleme an, welche in dieser schweren Zeit die Schiffswerften bedrängten. Es handelte sich damals darum, die durch das Versailler Diktat verlorengegangene deutsche Handelsflotte wieder aufzubauen, und dies in einer Zeit schwerer innerpolitischer Wirren und des durch die Inflation bedingten finanziellen Zusammenbruches. Es entstand damals auf dem Werk der A.-G. Weser in kurzer Folge eine große Reihe von Schiffen unserer Handelsflotte, deren die Besteller in hohem Maße zufriedenstellende Ausführung die geordnete Organisation des Werkes erkennen ließ.

Stapelfeldt verstand es, während dieser Jahre die Verhandlungen mit den Reedern so zu führen, daß es ihm einerseits gelang, die finanziellen Interessen seiner Werft zu wahren, andererseits aber stets diejenigen Grenzen innezuhalten, welche ihm für die Zukunft das Wohlwollen der Reeder und die freundschaftlichen Beziehungen zu denselben sicherten.

Durch alle die Klippen, welche die damaligen unruhigen Zeiten der Leitung des Unternehmens in den Weg stellten, wußte Stapelfeldt mit großem Geschick, teils durch seine Güte und Menschenfreundlichkeit, teils durch unbeugsame Festigkeit, wo dies am Platze war, das Unternehmen hindurchzusteuern und so, allen Schwierigkeiten zum Trotz, ein Höchstmaß an produktiver Arbeit zu schaffen.

Wie bei anderen Schiffswerften drohte nach Abwicklung des Wiederaufbauprogramms ein schwerer Rückgang des Beschäftigungsgrades der Werft, welchem Stapelfeldt indessen durch Hereinnahme wertvoller Neubauten auf Reparationskonto, der französischen Passagierdampfer „Athos II", „Cyrnos" und „Ile de Beaute", entgegenwirken konnte.

Glücklicherweise war inzwischen beim Norddeutschen Lloyd der wagemutige Entschluß gereift, die beiden großen Schnelldampfer „Bremen" und „Europa" zu bauen, für deren ersteren Stapelfeldt der A.-G. Weser den Auftrag sichern konnte. Die glänzenden Erfolge des Schnelldampfers „Bremen" sind nicht zum wenigsten durch die Organisation der A.-G. Weser — im Prinzip zum größten Teil ein Werk Stapelfeldts — ermöglicht worden.

In den folgenden für die Werftindustrie so schweren Zeiten, in welchen die Belegschaft von der damals möglichen Höchstzahl bis auf eine verschwindende Schar gesunken war, hat es Stapelfeldt immer noch verstanden, der A.-G. Weser das wertvollste technische und kaufmännische Personal zu erhalten, so daß diese zum Wiederaufstieg gerüstet war, als die beispiellose Energieentfaltung des Dritten Reiches einsetzte, welcher heute die deutschen Werften volle Beschäftigung zu verdanken haben. Eingeleitet wurde die große Reihe der nunmehr auf die Hellinge gelegten Handelsschiffe durch die beiden Schnelldampfer „Scharnhorst" und „Gneisenau" für den Ostasiendienst des Norddeutschen Lloyd, deren gutes Gelingen den Beweis erbracht hat, wie richtig es war, während der Zeit der Krisis die leistungsfähigsten Mitarbeiter dem Werk zu erhalten.

Fragen wir, wie es Stapelfeldt gelungen ist, sich so rasch zu einem der erfolgreichsten Werftleiter emporzuschwingen und in guten und schlechten Zeiten das Höchstmaß des möglichen Erfolges seinem Unternehmen zu sichern, so sind es in erster Linie seine nie versagende Energie, sein unverwüstlicher Optimismus und der frische Wagemut, welcher ihn bei allen seinen Unternehmungen begleitet. Aufgaben, deren Lösung fast allen als unmöglich erscheinen mochte, hat Stapelfeldt, eine Schwierigkeit nach der anderen aus dem Wege räumend und eine überraschende Lösung an die andere knüpfend, bewältigt. Was als scheinbares Draufgängertum betrachtet wurde, stellte sich, nachdem das Ziel erreicht war, als eine logische Kette kluger Schlüsse heraus.

Was Stapelfeldt ganz besonders zum Leiter eines technischen Unternehmens von so großer Vielgestaltigkeit, wie es eine große Werft ist, geeignet macht, ist sein angeborenes Verständnis für die Notwendigkeiten der Technik. Statt die Technik — wie es leider so oft geschieht — durch kaufmännischen Schematismus und kleinliche Bedenken aller Art einzuschränken, hat er derselben stets in großzügigster Weise, und ohne dabei ängstlich auf die eigene kaufmännische Verantwortung hinzuschielen, freien Lauf gelassen. Deswegen haben sich bei ihm stets die Techniker wohlgefühlt, und es sind seinem Werk auch immer gern die Ingenieure zugeströmt, welchen es darauf ankam, unbeengt ihre Schaffenskraft zu entfalten.

Trotz alledem wäre es nicht richtig, den Schlüssel zu Stapelfeldts Erfolgen allein in seiner kaufmännischen Begabung und Tatkraft zu suchen; nicht den geringsten Teil trägt zu denselben seine Herzensgüte und die aufrichtige und ungekünstelte Freundlichkeit und Gefälligkeit bei, mit welcher er jedem, sei es Oberbeamter oder Arbeiter, sei es der einflußreichste Auftraggeber oder der ärmste Bittsteller, entgegentritt.

Stapellauf.

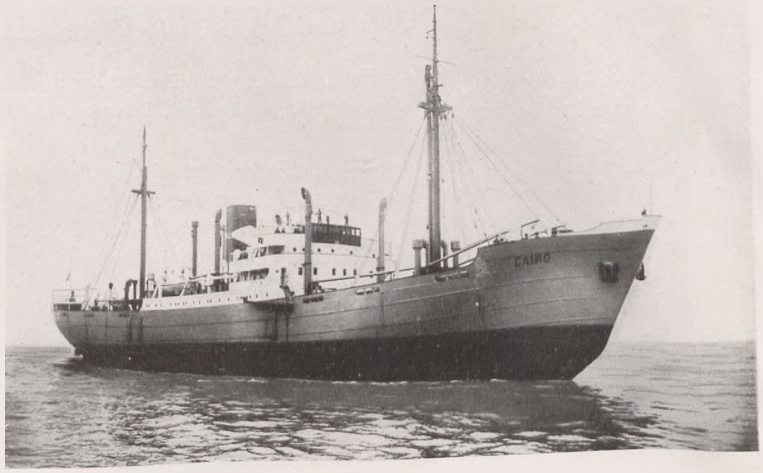
Motortankschiff von ca. 540 t Tragfähigkeit (30. 12. 36) auf der Werft von Jos. L. Meyer, Papenburg-Ems, für den Unilever Konzern Ltd., Toronto (Kanada). Das Schiff ist ausgerüstet mit einem Sulzer Dieselmotor von ca. 450 PS, der dem Schiff eine Geschwindigkeit von ca. 10 kn erteilen wird. Für die Tanks, die Speiseöl fahren sollen, ist eine Heizvorrichtung vorgesehen mit einem Kessel von 70 m² Heizfläche, außerdem eine elektrische und eine Dampfpumpe zum Füllen der Tanks. Das Schiff wird in ca. 3—4 Wochen zur Ablieferung kommen. Die Werft ist mit weiteren Inlands- und Auslandsaufträgen versehen.

Probefahrt.

Am 15. Dezember 1936 wurde das Motor-Fracht- und Fahrgastschiff „Cairo" der Atlas Levante-Linie Aktiengesellschaft, Bremen, erbaut auf der Fried. Krupp Germaniawerft, Kiel-Gaarden, nach erfolgreicher Probefahrt von der Reederei übernommen. Die Hauptdaten des Schiffes wurden in Heft 22 (1936) unserer Zeitschrift gelegentlich des Stapellaufs zusammen mit einer Abbildung des siebenzylindrigen Zweitakt-Krupp-Dieselmotors von 3500 PSe veröffentlicht. Das Schiff ist nach der Maierform erbaut und besitzt im beladenen Zustand eine Geschwindigkeit von 14 kn. Auf der Probefahrt wurde im Ballastzustand eine mittlere Geschwindigkeit von 15 kn erreicht.

Der allgemeine Aufbau des Schiffskörpers entspricht der üblichen Bauart der Schutzdeckschiffe mit geschlossener Welle im Hinterschiff. Auf dem Schutzdeck: Back, lange Brücke und Poophäuser. Zur Aufnahme der Ladung dienen fünf stützenlos gebaute Laderäume mit einem Gesamtinhalt von etwa 485 000 cbf für Schüttladung und 425 000 cbf für Ballenladung. Die Decks sind für besonders starke Belastungen konstruiert; das bei der Maierform besonders geräumige Oberdeck bietet reichlich Platz für Decksladung. In den vorderen Laderäumen ist ein wegnehmbares Ratterndeck angeordnet. Mit Rücksicht auf die häufig vorkommenden Fruchtladungen ist eine künstliche Belüftung der Laderäume vorgesehen. Die Laderäume werden durch acht Ladebäume von je 5 t und sechs Ladebäume von je 3 t Hubkraft bedient. Außerdem sind zwei Schwergutbäume von 50 bzw. 20 t Leistung vorhanden.

Einrichtung für 12 Fahrgäste, hauptsächlich in einbettigen Kabinen. Jede Kammer mit anschließendem Brausebad und W. C. Speisesaal, Gesellschaftsraum nach den Entwürfen von Architekt Brinkmann, Bremen.



Motor-Fracht- und Fahrgastschiff „Cairo" auf der Probefahrt.

Die Besatzung besteht aus etwa 40 Mann. Die Mannschaftsräume sind nach den Richtlinien des Amtes für „Schönheit der Arbeit" ausgeführt. Eine große Gemeinschaftsmesse ist vorhanden.

An besonderen Einrichtungen sind vorgesehen: Eine CO_2-Feuerlöschanlage für sämtliche Laderäume und für den Maschinenraum, sowie ein Atlas-Echolot.

Mitteilungen der durch „Werft * Reederei * Hafen" vertretenen Gesellschaften.

Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e. V.

Geschäftsstelle: Hamburg 1, Alsterdamm 39 (Fernspr.: 33 21 30).

Bericht

über die außerordentliche Mitglieder-Versammlung am 9. Dezember 1936, nachm. 17 Uhr im Kleinen Saal der Musikhalle, Hamburg.

Diese Mitglieder-Versammlung wurde durch das am 5. Oktober erfolgte Hinscheiden des Vereinsführers, Herrn Dr. h. c. Franz Ott, Köln, veranlaßt, da die Mitglieder um ihr Einverständnis mit der vom engeren Beirat einstimmig beschlossenen Wahl des Herrn Professor Dr. Walther Fischer, Hamburg, zum neuen Vereinsführer, zu befragen waren.

Der Mitglieder-Versammlung voraufgehend, fand eine Gedächtnisfeier für den verstorbenen Vereinsführer statt.

Die Feier, welche um 16 Uhr begann, wurde mit einer einleitenden Musik eines Streichtrios eröffnet. Hiernach sprachen der stellvertretende Vereinsführer, Herr Dr.-Ing. E. Foerster, dann der langjährige Mitarbeiter des Verstorbenen im Rhein- und Seeschiffahrts-Konzern, jetzige Hafendirektor von Düsseldorf, Herr H. Etterich, und Herr R. Fredenhagen, Direktor der Schiffswerft Gebr. Sachsenberg, Roßlau/Elbe, deren Aufsichtsratsvorsitzender der Verstorbene gewesen ist. Im Schlußwort würdigte der stellv. Vereinsführer noch die Mitarbeit des Verstorbenen im Bereiche der Elbeschiffahrt, wo er während der letzten 10 Jahre dem Aufsichtsrat einer der maßgebenden Gesellschaften, der Neuen Norddeutschen und Vereinigten Elbeschiffahrts-A.-G., angehört hat.

Die Feier schloß mit der Wiedergabe des Andante cantabile aus dem Beethoven-Trio op. 97. Die Verdienste des Verstorbenen und sein großzügiges und reiches Wirken für die deutsche Binnenschiffahrt sind in einem Nachrufe in WRH 1936, Heft 21, S. 352 gewürdigt worden. Anschließend an die Gedächtnisfeier, wurde dann in die außerordentliche Mitglieder-Versammlung eingetreten, welche zunächst von dem stellv. Vereinsführer geleitet wurde.

Die Versammlung wurde satzungsgemäß um ihr Einverständnis mit dem Vorschlage des engeren Beirats befragt, Herrn Professor Dr. Walther Fischer zum neuen Vereinsführer zu wählen. Dieser Vorschlag wurde auf Antrag des Mitgliedes Herrn Verwaltungsdirektor Sturm einstimmig und unter lebhaftem Beifall der Versammlung gebilligt, nachdem durch Verlesung eines Schreibens des für die Bestätigung des neuen Vorsitzenden maßgebenden Leiters des Zentralvereins für deutsche Seeschiffahrt und Führers der Reichsfachgruppe Seeschiffahrt, Herrn Staatsrat Eßberger, die Gewißheit der Bestätigung des neuen Vorsitzenden erwiesen war*).

Herr Prof. Dr. Walther Fischer übernahm hierauf die Leitung des Vereins mit einer Ansprache, in der er auf die Wege und Ziele der Gesellschaft bei ihrem Bestreben zu denkbar bester Förderung der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt und damit gleichzeitig des schiffahrtstechnischen Fortschritts hinwies.

In dem gemäß der Tagesordnung dann erstatteten Kurz-Bericht über die Entwicklung der Gesellschaft in der letzten Zeit wurde der Versammlung noch die Mitteilung gemacht, daß der Mitgliederzugang in den Jahren 1935 und 1936 über 200 neue Beitritte umfasse. Die durch das Hinscheiden des Schiffbaudirektors Hemprich, Kiel, freigewordene Stelle im engeren Beirat ist nach Beschluß des Beirats durch den Werftinhaber Herrn Heinrich von Dietlein besetzt worden, was von der Versammlung durch Zuruf lebhaft begrüßt wurde. Im übrigen haben innerhalb des engeren Beirats keine Veränderungen stattgefunden.

Bezüglich der Hauptversammlung 1937 wurden einige vorläufige Mitteilungen gemacht und der Versammlung in Aussicht gestellt, daß zu gegebener Zeit weitere Mitteilungen über den Tagungsort bzw. die Veranstaltungen einer Tagungsfahrt gemacht werden würden.

Die Versammlung wurde um 17.40 Uhr geschlossen, nachdem der neue Vorsitzende den Mitgliedern für ihr Erscheinen gedankt hatte.

Gesellschaft der Freunde und Förderer
der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e. V.

*) Die satzungsgemäß erforderliche Bestätigung des Vorsitzenden und des geschäftsführenden Vorstandsmitgliedes sind inzwischen erfolgt.

Für den gesamten redaktionellen Teil verantwortlich: Dr.-Ing. E. Foerster, Hamburg; für den Handelsschiff-Normen-Teil: Ing. H. Niltopp, Berlin.
Verlag von Julius Springer, Berlin W 9. Druck von Julius Beltz in Langensalza.