

Der Auftrieb der ebenen Gleitfläche.

Von Professor Dr.-Ing. F. Weinig.

Bericht aus dem Institut für Aerodynamik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Berlin-Adlershof.

Übersicht: Die Strömungsvorgänge beim stationären Gleiten werden geklärt und auf Grund der Erkenntnisse die vorliegenden Versuchsergebnisse übersichtlich zu ordnen versucht. Nach Erörterung einiger prinzipieller Lösungsmöglichkeiten des Gleitflächenproblems wird die wichtigste für die ebene Gleitfläche mit Hilfe der Hodographenmethode durchgeführt. Sodann wird eine Methode zur Berechnung beliebig gewölbter Gleitflächen beschrieben. Zum Schluß werden die Versuchsergebnisse mit der einfachen Tragflügeltheorie verglichen.

Gliederung:

- I. Das zweidimensionale Problem der Gleitfläche bei Vernachlässigung von Reibung und Schwere.
 - 1. Die ebene Gleitfläche bei beliebiger Anstellung.
 - 2. Beliebige schwach gewölbte Gleitflächen.
 - 3. Vergleich der Druckverteilung an Tragflügelprofilen und Gleitflächen.
- II. Anwendung der Tragflügeltheorie auf die Gleitfläche und Vergleich mit Versuchsergebnissen.
 - 1. Die Auftriebsverteilung der Breite nach.
 - 2. Der Anstellwinkel unter dem Einfluß des Seitenverhältnisses und der Schwere.
 - 3. Vergleich gemessener und gerechneter Druckverteilungen.
- III. Zusammenfassung.

I. Das zweidimensionale Problem der Gleitfläche bei Vernachlässigung von Reibung und Schwere¹.

1. Die ebene Gleitfläche bei beliebiger Anstellung.

a) Einige Lösungsmöglichkeiten.

Bei näherer Untersuchung der Strömung, z. B. an der ebenen Gleitfläche, findet man, daß die Strömung in ihrem Verlaufe längs der Gleitfläche beschleunigt wird. Man hat es also in der Nähe einer Gleitfläche im allgemeinen mit einer absolut konvergenten Strömung zu tun, und bei einer solchen kann sich die sich bildende Grenzschicht bekanntlich nicht ablösen. Da außerhalb der Grenzschicht Potentialströmung herrscht und die Grenzschicht sehr dünn ist, kann man der Berechnung der auf die Gleitfläche wirkenden Druckkräfte Potentialströmung zugrunde legen, die Reibung also hierbei vernachlässigen.

Einen Einfluß hat die Reibung höchstens insofern, als die Wirkung der Gleitfläche in der wirklichen Strömung in ziemlicher Annäherung der Wirkung einer Gleitfläche in idealer Strömung entspricht, welche die Gestalt der Begrenzung der Verdrängungsschicht besitzt, durch die man sich die Wirkung der Reibungsgrenzschicht ersetzt denken kann. Dieser Einfluß dürfte jedoch nur von ganz untergeordneter Bedeutung sein.

Ausgeführte Gleitflächenversuche lassen erkennen, daß die Spiegelabsenkungen und Erhebungen nur klein sind im Vergleich mit der Stauhöhe. Die freie Oberfläche ist eine Fläche konstanten Drucks, so daß entsprechend der Bernoullischen Gleichung als angenäherte Randbedingung für die freie Wasseroberfläche

$$w = \text{const} = w_\infty$$

angenommen werden kann. Die Strömung ist damit nicht mehr von g abhängig. Der Einfluß der Erdschwere ist demnach mindestens bei der Untersuchung der Vorgänge in Nähe der Gleitfläche ebenfalls vernachlässigbar.

Diese vereinfachte Randbedingung ergibt einen einfachen Weg,

das ebene Strömungsproblem des Gleitens einer Fläche unendlicher Breite zu lösen.

Bei der wirklichen Strömung ist, wie Versuche zeigen, die benetzte Länge endlich. Um auch bei der Potentialströmung eine endlich benetzte Länge zu bekommen, könnte man (Abb. 1) einen Strömungsvorgang nach Skizze 1a zugrunde legen. Dieser Strömung entspräche ein Hodograph² nach Skizze 1b, aus dem sich dann, wenn auch mit gewissen Schwierigkeiten, die Strömung selbst berechnen ließe. Der bei dieser Strömung der Gleitfläche vorgelagerte Wirbel kann als die ebene Ausartung des bei Schiffen von Ahlborn und Föttinger mit Pflugwirkung³ bezeichneten Vorgangs aufgefaßt werden. Doch scheint diese ebene Strömung nicht stabil zu sein. Sie gibt aber wahrscheinlich einen Einblick in die Entstehung des Spritzers der nachfolgenden Lösungsmöglichkeit.

Wäre die Gleitfläche endlich lang und ließe man eine Benetzung bis zur Vorderkante zu, dann ließe sich der Berechnung eine Strömung nach Skizze 2a zugrunde legen, der ein Hodograph nach Skizze 2b entspräche. Der entstehende Spritzer wäre aber steiler als die Gleitfläche, so daß mit dieser Art des Vorgangs die Wirklichkeit nicht völlig wiedergegeben würde.

Man muß bedenken, daß bei der geringen Dicke des Spritzers und seiner hohen Relativgeschwindigkeit auf sehr kurzem Wege längs der Gleitfläche schon eine geringe Abbremsung eintritt, die genügt, daß der Spritzer sich von der Gleitfläche ablöst und zurückfällt. Ebenso gut wie mit der in Skizze 2a und 2b dargestellten wird man also mit der durch Skizze 3a veranschaulichten Strömung, der ideell eine unendlich lange nach vorne herausstehende Gleitfläche zugrunde liegt, das Wesentliche: Auftriebsverteilung der Tiefe nach, Auftrieb und Moment, berechnen können. Ihr entspricht ein Hodograph nach Skizze 3b.

Jede dieser drei Strömungen würde zwischen B und C, im wesentlichen Teil der Gleitfläche, wie aus dem Hodographen zu erkennen,

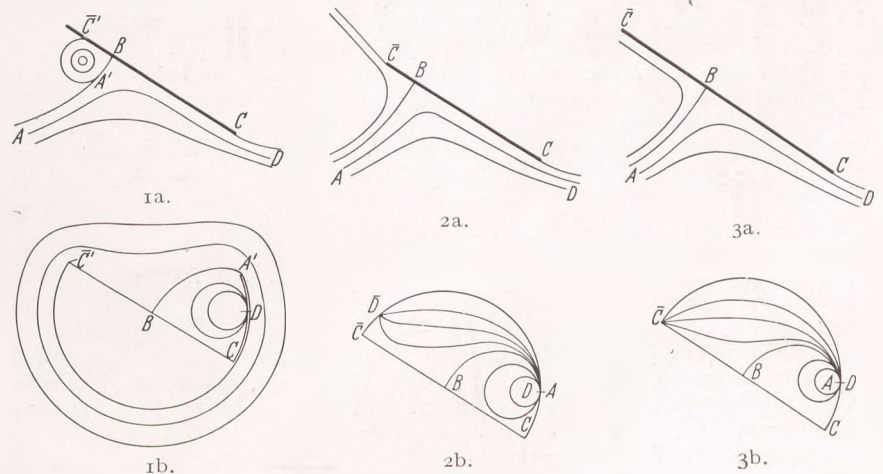


Abb. 1. Einige Möglichkeiten von Gleitflächenströmungen und dazugehörige Hodographen.

nahezu die gleiche Geschwindigkeitsverteilung ergeben. Wir beschränken uns auf die dritte Möglichkeit.

b) Durchführung einer Lösung.

α) Der Hodograph. Im Unendlichen (A) vor der Gleitfläche ist die Geschwindigkeit konstant w_∞ . Die Strömung ist zunächst eine Parallelströmung. Dann werden die Stromlinien allmählich nach aufwärts gebogen. Eine davon trifft die Gleitfläche im Staupunkt (B). Ihre Richtung ist dann senkrecht zur Gleitfläche, und die Geschwin-

² Vgl. Hütte: 23. Aufl., Bd. I, S. 347 und Prandtl-Tietjens: Hydro- und Aeromechanik I. Bd. S. 164. Berlin: Julius Springer 1929.

³ Föttinger, H.: Neue Grundlagen für die theoretische und experimentelle Behandlung des Propellerproblems. Jb. Schiffbautechn. Ges. Bd. 19 (1918) S. 436.

¹ Die nachstehende Arbeit, die Mitte Mai 1932 begonnen und im wesentlichen Mitte Juli 1932 vollendet wurde, behandelt u. a. wie die Arbeiten von H. Wagner „Über Stoß- und Gleitvorgänge an der Oberfläche von Flüssigkeiten“ (Z. angew. Math. Mech. Bd. 12 (1932) S. 193—215) und „Über das Gleiten von Wasserfahrzeugen“ (Jahrbuch der Schiffbautechn. Gesellsch. Bd. 34 (1933) S. 205—227) das Problem des stationären Gleitens einer ebenen Gleitfläche. Statt des Schwarz-Christoffelschen Verfahrens (vgl. auch Besant und Ramsay, Hydrodynamics Bd. 2) wurde hier die dem Ingenieur anschaulichere Hodographenmethode benutzt.

digkeit ist dort Null ($w = 0$). Ein kleiner Teil des Wassers geht von der Verzweigung aus nach oben, d. h. nach der Vorderkante C' , die im Unendlichen gedacht wird. Dort hat dann die ganze abgezweigte Strommenge (der Spritzer) die Geschwindigkeit w_∞ und die Richtung der Platte, also

$$w(C') = e^{i(-\alpha + \pi)} w_\infty.$$

Der übrige unendlich große Teil des Wassers geht nach hinten weiter. Auf der Verzweigungsstromlinie wird das Wasser beschleunigt, bis es im Abflußpunkt, der Hinterkante C , wieder die Geschwindigkeit w_∞ angenommen hat. Die Richtung der Geschwindigkeit ist die der Gleitfläche, somit

$$w(C) = e^{-i\alpha} w_\infty.$$

Längs der freien Stromlinie bleibt die Geschwindigkeit absolut konstant w_∞ , während sich die Richtung durch immer flacher werden der freien Stromlinie auf die ursprüngliche Richtung ändert, so daß schließlich (D) wieder $w = w_\infty$ wird. Dieser ganze Vorgang kann durch den Hodograph sehr gut veranschaulicht werden. Auch das Verhalten der übrigen Stromlinien kann man durch ihn sehr gut darstellen.

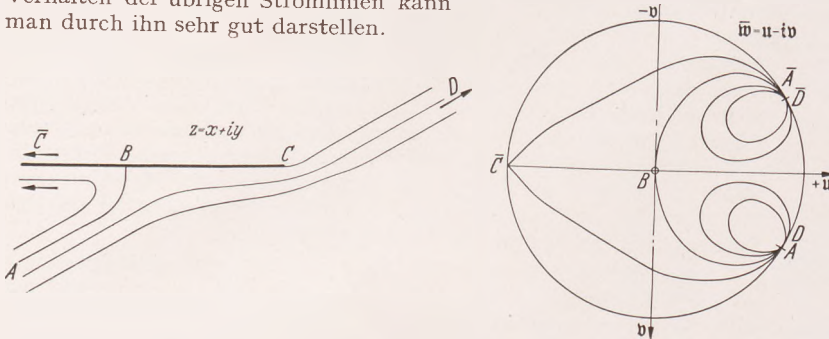


Abb. 2. Strömung an einer ebenen Gleitfläche nebst gespiegeltem Hodograph.

Durch den Hodograph wird eine ebene Potentialströmung abgebildet, und zwar, wenn man statt des Hodographs dessen Spiegelbild (Abb. 2) nimmt, konform.

Ist $\chi(\zeta) = \varphi + i\psi$ eine Strömung, so wird — entsprechend

$$\frac{\partial \varphi}{\partial s} = -w - \frac{d\chi(\zeta)}{d\zeta} = -\bar{w}(\zeta) = -u + iv$$

wieder eine analytische Funktion. Durch Elimination von ζ erhält man $\chi(w)$ den Hodograph.

Für die weiteren Darlegungen sei als x-Achse die Gleitfläche selbst gewählt. $\chi(w)$ erhält man in ziemlich einfacher Weise. Für $w_\infty = e^{-i\alpha}$ ist die ganze Hodographströmung am Einheitskreis gespiegelt. In A und A' ist je eine Doppelquelle ($2\pi E$) und eine Quelle ($2\pi E$), in C' eine entsprechende Senke ($-4\pi E$). Der Punkt B ($w = 0$) muß Staupunkt, d. h. Verzweigungspunkt sein. Hieraus muß sich E/M bestimmen lassen. Man findet

$$\frac{E}{M} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \dots \dots \dots (1)$$

und damit

$$\chi = \left\{ i e^{i\alpha} \frac{1}{w - e^{i\alpha}} - i e^{-i\alpha} \frac{1}{w - e^{-i\alpha}} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \frac{(\bar{w} + 1)^2}{(w - e^{i\alpha})(\bar{w} - e^{-i\alpha})} \right\} M \dots \dots \dots (2)$$

womit die Strömung in der Hodographenebene \bar{w} gefunden ist.

β) Die Strömungsgleichungen. Aus dem Hodograph bekommt man die Strömung selbst durch Integration. Es ist

$$\zeta = - \int \frac{d\chi}{w}$$

Wir formen um in

$$\zeta = \int - \frac{1}{w} \frac{d\chi}{d\bar{w}} \cdot d\bar{w}.$$

Es ergibt sich nach Partialbruchzerlegung und Zusammenfassung

$$\frac{1}{w} \frac{d\chi}{d\bar{w}} = \left\{ 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \frac{1}{\bar{w} + 1} - \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + i \right) \frac{1}{\bar{w} - e^{i\alpha}} + \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - i \right) \frac{1}{\bar{w} - e^{-i\alpha}} + i \frac{1}{(\bar{w} - e^{i\alpha})^2} - i \frac{1}{(\bar{w} - e^{-i\alpha})^2} \right\} M.$$

Somit nach Integration

$$\zeta = \left\{ 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln (\bar{w} + 1) - \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + i \right) \ln (\bar{w} - e^{i\alpha}) - \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - i \right) \ln (\bar{w} - e^{-i\alpha}) - \frac{i}{\bar{w} - e^{i\alpha}} + \frac{i}{\bar{w} - e^{-i\alpha}} \right\} M \dots \dots \dots (3)$$

Durch diese Gleichung sind die Linien konstanter Geschwindigkeit und konstanter Richtung in der ζ -Ebene gegeben. Gl. (2 u. (3) geben die Strömung in der ζ -Ebene in Parameterdarstellung. Aus Gl. (3) ist zu ersehen, daß die Gleitflächen log. unendlich hoch über der ungestörten Wasseroberfläche ($\bar{w} = e^{-i\alpha}$) liegen. Die hier abgeleiteten Resultate haben praktisch nur Wert in Nähe der Gleitfläche. Für das wirkliche Aussehen der Wasseroberfläche in größerer Entfernung ist also die Erdschwere doch von Einfluß.

γ) Die Geschwindigkeits- und Druckverteilung. Uns interessiert insbesondere die Geschwindigkeitsverteilung längs der Gleitfläche. Hier ist \bar{w} reell, also $\bar{w} = u$. Der Imaginärteil von ζ verschwindet also $z = x$ für $\bar{w} = u$.

$$x = \left\{ \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \frac{u + 1}{(u^2 - 2u \cos \alpha + 1)^{1/2}} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha - u} + \frac{\sin \alpha}{u^2 - 2u \cos \alpha + 1} \right\} 2M \dots \dots \dots (4)$$

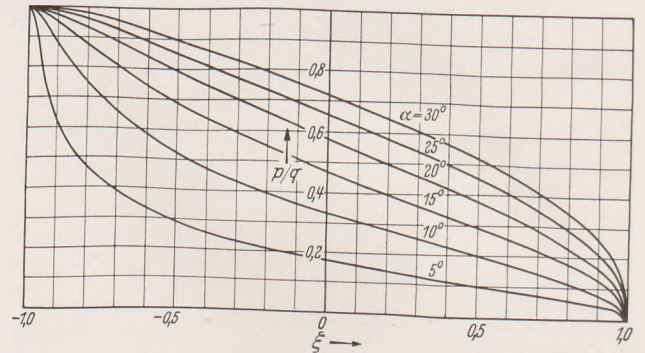


Abb. 3. Druckverteilung an einer ebenen Gleitfläche zwischen Verzweigungs- ($\xi = -1$) und Abflußpunkt ($\xi = +1$).

Dieser Geschwindigkeitsverteilung $u(x)$ entsprechende Druckverteilung ist für einige Anstellungen für den hinter dem Staudruck liegenden Teil der Gleitfläche in Abb. 3 dargestellt.

Der wichtigste Teil der Gleitfläche ist der Teil zwischen dem Staupunkt ($u = 0$) und der Hinterkante ($u = 1$). Dieses Stück habe die Länge l_h und hierauf werde zunächst auch der Auftriebsbeiwert bezogen.

Für $u = 0$ wird

$$x_0 = (\alpha + \sin \alpha) \cdot 2M$$

Für $u = 1$ wird

$$x_1 = \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{1}{2} \cot \frac{\alpha}{2} \right) \cdot 2M.$$

Damit erhalten wir

$$l_h = x_1 - x_0 = \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha \right) + \frac{1}{2} \cot \frac{\alpha}{2} \right) \cdot 2M.$$

Um $l_h = 1$ zu erhalten, muß also

$$M = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \sin \frac{\alpha}{2} \right)} \dots \dots \dots (5)$$

sein.

δ) Spritzerdicke, Widerstand und Auftrieb. Da die hier behandelte Strömung ein Sonderfall ($s \rightarrow \infty$) des durch zwei ebene Platten zum Teil abgelenkten freien Strahles ist (vgl. Abb. 4), der dem

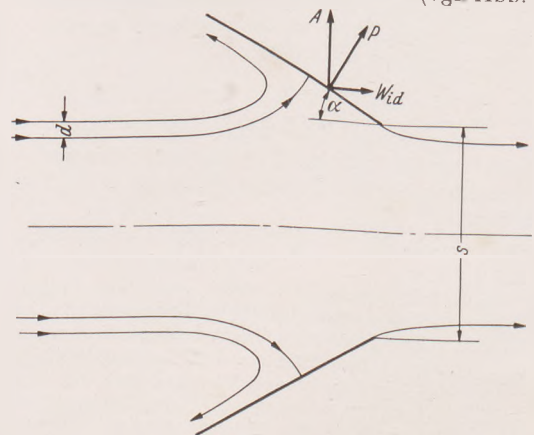


Abb. 4. Zur Berechnung von Widerstand und Auftrieb bei der Gleitfläche nach dem Impulssatz.

Fall der Gleitfläche auf endlicher Tiefe entspricht ($t = s/2$), so können wir die Kraft auf die Gleitfläche nach dem Impulssatz aus der durch den Spritzer abgelenkten Masse m berechnen.

Es ist mit d als Spritzerdicke

$$m = \rho \cdot d \cdot w_\infty, \\ W_{id} = \rho d w_\infty^2 (1 + \cos \alpha) \dots \dots \dots (6)$$

Der tatsächliche Widerstand W wird wegen der Reibung wesentlich größer als der der idealen Flüssigkeit entsprechende W_{id} .

Auf die Gleitfläche selbst wirkt eine um $1/\sin \alpha$ größere Kraft

$$P = \frac{W_{id}}{\sin \alpha} = \rho d w_\infty^2 \cot \frac{\alpha}{2} \dots \dots \dots (7)$$

Die Ergiebigkeit der Quelle in \bar{A} ist $2\pi E$. Die Hälfte davon verbleibt im Innern des Hodographs. Die Spritzerdicke ist somit

$$d = \pi E = \pi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} M \\ = \pi \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \sin \frac{\alpha}{2} \right)} l_h \dots \dots \dots (8)$$

Damit wird $\left(q = \frac{\rho}{2} w_\infty^2 \right)$

$$P = 2\pi M q \dots \dots \dots (7a)$$

Auf l_h bezogen ist der Kraftbeiwert

$$\zeta_{ph} = \frac{P}{q \cdot l_h} = \frac{2\pi M}{l_h} \\ \zeta_{ph} = 2\pi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \sin \frac{\alpha}{2} \right)} \dots \dots \dots (9)$$

Der Auftrieb ist

$$A = P \cos \alpha,$$

somit der auf den hinteren Teil der Gleitfläche bezogene Auftriebsbeiwert

$$\zeta_{ah} = \zeta_{ph} \cos \alpha$$

$$\zeta_{ah} = \pi \frac{\sin 2\alpha}{2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}} \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \ln \sin \frac{\alpha}{2} \right)} \dots \dots \dots (10)$$

Da $M < \operatorname{tg} \alpha/2$ für $l_h = 1$, somit $E < \operatorname{tg}^2 \alpha/2$, so ist $d < \pi \operatorname{tg}^2 \alpha/2$.

Als Anstellwinkel der Gleitfläche kommen nur kleine Werte in Betracht. Damit wird d nur wenig Prozent oder Promille der Länge l_h . Die geringe nach vorne spritzende Menge unterliegt daher in hohem Maße den an der Gleitfläche auf sie wirkenden Einflüssen.

Bei den kleinen in Betracht kommenden Anstellwinkeln ist der Auftriebsanteil des vor dem Staupunkt liegenden Teils der Gleitfläche nur sehr klein. Praktisch ist auch die Länge des benetzten Teiles vor dem Staupunkt vernachlässigbar. Man erhält somit als Näherungsformel für den Auftriebsbeiwert, bezogen auf die praktisch benetzte Länge unter Vernachlässigung von Gliedern, die von 2. Ordnung klein sind,

$$\zeta_a \sim \pi \sin \alpha \dots \dots \dots (11)$$

Genauer ist

$$\zeta \sim \pi \sin \alpha \left(1 - \frac{\pi}{2} \sin \alpha \right) \dots \dots \dots (11a)$$

2. Beliebige schwach gewölbte Gleitflächen.

a) Das I-I-Verfahren.

Zur Untersuchung der Strömungsverhältnisse an beliebig gewölbten Gleitflächen ist das Hodographenverfahren nicht sehr geeignet. Auch die Methode von Schwarz-Christoffel, die bei der Untersuchung der ebenen Gleitfläche ebenso wie das Hodographenverfahren leicht anwendbar ist, ist nicht zweckmäßig für die Untersuchung gewölbter Gleitflächen. Besonders geeignet ist hierfür ein auf den Eigenschaften der Isoklinen und Isotachen einer Strömung aufbauendes Verfahren (I-I-Verfahren). Hierbei hat man sich die gesuchte Strömung zunächst auf eine bekannte abgebildet zu denken. In dieser Bildströmung müssen nun die Bilder der Isoklinen und Isotachen gewünschte Randbedingungen erfüllen.

Wir wollen dieses Verfahren zunächst auf die Strömung ohne

Spritzerbildung, d. h. ohne Widerstand, um gewölbte Gleitflächen anwenden. Dies ist dann der Fall, wenn die freie Oberfläche mit stetiger Tangente vorne an die Gleitfläche anschließt (vgl. Abb. 5a α). Zunächst denken wir uns die gesuchte Strömung $[\chi(\zeta)]$ auf die in einer Halbebene $\zeta = \xi + i\eta$, die durch eine Gerade und einen Halbkreis ($r = 1$) begrenzt ist, abgebildet. Hierbei soll der Halbkreis das Bild der Gleitfläche sein, soweit sie benetzt ist. Die Bildströmung ist somit (vgl. Abb. 5a β)

$$\chi(\zeta) = \zeta + \frac{1}{\zeta} \dots \dots \dots (12)$$

Die Verzweigungsstromlinie ($\eta = 0$) ist das Bild der freien Oberfläche. Längs ihr soll die Geschwindigkeit $w = w_\infty = \text{konstant}$ sein, sie muß daher mit dem Bild einer Isotachen zusammenfallen. Aus der Strömung $\chi(\zeta)$ erhält man durch Differentiation

$$\frac{d\chi(\zeta)}{d\zeta} = -u + iv = -\bar{w}$$

die Komponenten u und v der Geschwindigkeit, durch Logarithmieren

$$\ln \frac{d\chi(\zeta)}{d\zeta} = \ln -\bar{w} = \ln w + i(\pi - \nu) \dots \dots \dots (13)$$

den Absolutwert w und die Richtung ν der Geschwindigkeit. In der ζ -Ebene muß auf der ξ -Achse $\ln w$ konstant sein und im unendlichen $\ln -\bar{w}$ regulär; diese Bedingung erfüllt jedes

$$\ln -\bar{w} = i \sum A_n \frac{1}{\zeta^n} \dots \dots \dots (14)$$

für reelle A_n . Die Strömung erhält man durch Integration

$$\zeta = - \int \frac{d\chi}{\bar{w}} \dots \dots \dots (15)$$

Für $\zeta = e^{i\alpha}$, den Bildkreis, wird

$$\ln w = \sum A_n \sin n\alpha \\ \nu = - \sum A_n \cos n\alpha$$

$$\chi = \varphi = 2 \cos \alpha; \quad d\varphi = -2 \sin \alpha d\alpha = -2 d\xi.$$

Das Gleitflächenprofil erhält man aus

$$x = - \int \frac{\cos \nu}{w} d\varphi; \quad y = - \int \frac{\sin \nu}{w} d\varphi \dots \dots \dots (16)$$

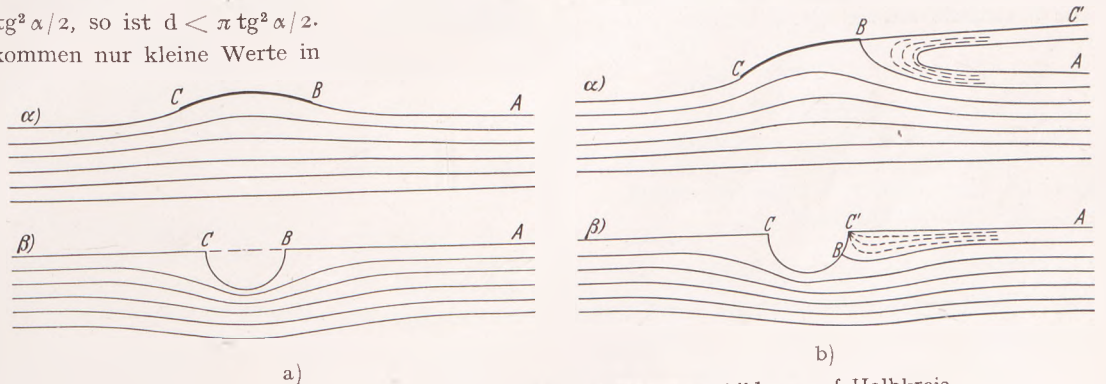


Abb. 5a u. b. Gleitfläche ohne und mit Spritzer und Abbildung auf Halbkreis.

also

$$x = -2 \int_{\pi}^{\alpha} \frac{\cos(\sum A_n \cos n\alpha)}{e^{\sum A_n \sin n\alpha}} d\varphi \\ y = +2 \int_{\pi}^{\alpha} \frac{\sin(\sum A_n \cos n\alpha)}{e^{\sum A_n \sin n\alpha}} d\varphi + C.$$

Praktisch kommen nur kleine A_n und $\sum |A_n|$ in Betracht, so daß

$$\cos(\sum A_n \cos n\alpha) \sim 1 \\ e^{\sum A_n \sin n\alpha} \sim 1 \\ \sin(\sum A_n \cos n\alpha) \sim \sum A_n \cos n\alpha$$

wird. Damit wird

$$x \sim 2 \cos \alpha = 2 \xi; \quad dx \sim 2 d\xi \dots \dots \dots (17)$$

$$y \sim 2 \int_{\pi}^{\alpha} \sum A_n \cos n\alpha \sin \alpha d\alpha + C = - \int_{\pi}^{\alpha} \sum A_n \cos n\alpha dx + C \dots \dots \dots (18)$$

Der Anfangs- und der Endpunkt der Gleitfläche liegen in $x = +2$ bzw. $x = -2$. Die Geschwindigkeitsverteilung ist ($\pi < \alpha < 2\pi$)

$$\frac{w}{w_\infty} = e^{\sum A_n \sin n\alpha} \sim 1 + \sum A_n \sin n\alpha \dots \dots \dots (19)$$

und damit die Druckverteilung

$$\frac{p}{q} = 1 - \left(\frac{w}{w_\infty}\right)^2 \sim -2 \sum A_n \sin n \alpha \dots (20)$$

Wir wollen hier nur den Fall $n = 1$ und $n = 2$ untersuchen. Die Erweiterung auf andere n ist naheliegend und nicht schwierig.

b) Einige einfache Gleitflächenprofile bei widerstandsfreier Umströmung.

α) Das Kreisbogenprofil.

Für $n = 1$ wird

$$y \sim -A_1 \int_{\pi}^{\alpha} \cos \alpha \, dx = -A_1 \int_{-2}^{\frac{x}{2}} dx + C$$
$$y \sim A_1 \left(1 - \frac{x^2}{4}\right)$$

Dies ist wegen der vorausgesetzten Kleinheit von A_1 ein Kreisbogenprofil. Bei positivem A_1 ist es nach oben gewölbt (konvex). Die Vorderkante liegt in $x = +2$, die Hinterkante in $x = -2$. Die Anfangsneigung ist $y' \sim v = -A_1$, der Zentriwinkel also $2 A_1$.

Für größere Zentriwinkel müßten die Integrale graphisch ausgewertet werden.

Die Druckverteilung ist ($\pi < \alpha < 2\pi$)

$$\frac{p}{q} \sim -2 A_1 \sin \alpha = 2 A_1 \sqrt{1 - \xi^2} = 2 A_1 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{2}\right)^2}$$

Als Auftriebsbeiwert findet man

$$\zeta_a = \frac{1}{4} \int_{-2}^{+2} \frac{p}{q} \, dx = A_1 \int_{\pi}^{2\pi} \sin^2 \alpha \, d\alpha = A_1 \cdot \frac{\pi}{2} \dots (21)$$

Der Momentbeiwert, bezogen auf Profilmittte, verschwindet aus Symmetriegründen.

β) Das S-Profil.

Für $n = 2$ wird

$$y \sim = A_2 \int_{\pi}^{\alpha} \cos 2\alpha \, dx + C$$
$$y \sim = A_2 \int_{-2}^{\frac{x}{2}} \left(\frac{x^2}{2} - 1\right) \, dx + C$$

Die Konstante wählen wir so, daß für $\xi = 0$, $y = 0$ wird. Dann ist

$$y \sim = A_2 \left(\frac{x^3}{6} - x\right)$$

Die Sehne dieses S-förmigen Profils ist bei der glatten, d. h. spritzerfreien Umströmung um $A_2/3$ gegen die von rechts kommende Strömung angestellt, im vorderen Teil nach unten, im hinteren nach oben gewölbt. Für negative A_2 ist es umgekehrt.

Die Druckverteilung ist

$$\frac{p}{q} \sim -2 A_2 \sin 2\alpha = -2 A_2 \xi \sqrt{1 - \xi^2} = -2 A_2 \frac{x}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{2}\right)^2}$$

Der Auftriebsbeiwert verschwindet aus Symmetriegründen. Der Momentbeiwert wird

$$\zeta_m = \frac{1}{16} \int_{-2}^{+2} \frac{p}{q} x \, dx = -\frac{A_2}{2} \int_{\pi}^{2\pi} \sin 2\alpha \cos \alpha \sin \alpha \, d\alpha = -\frac{A_2}{4} \int_{\pi}^{2\pi} \sin^2 2\alpha \, d\alpha$$
$$\zeta_m = -\frac{A_2}{8} \pi \dots (22)$$

γ) Das allgemeine Profil 3. Ordnung.

Für kleine A_1 und A_2 kann man das allgemeine Profil 3. Ordnung in widerstandsfreier Anstellung sehr einfach durch Überlagern erhalten.

$$y = A_1 \left(1 - \frac{x^2}{4}\right) - A_2 \left(\frac{x^2}{6} - x\right)$$

Der Auftriebsbeiwert ist

$$\zeta_a = \frac{\pi}{2} A_1 \dots (23)$$

der Momentbeiwert, bezogen auf Profilmittte,

$$\zeta_m = -\frac{\pi}{8} A_2 \dots (24)$$

bezogen auf $\frac{1}{4}$ der Länge von vorne ist

$$\zeta_{m_{x/4}} = \frac{\pi}{8} (A_1 - A_2)$$

Auf diesen Punkt bezogen, verschwindet also das Moment für $A_2 = A_1$.

c) Erzeugung gewölbter Gleitflächenprofile bei Bildung eines Gleitwiderstandes.

Will man gewölbte Gleitflächenprofile bei einer Anstellung ermitteln, welche einen Gleitwiderstand ergibt (vgl. Abb. 5 bα), so muß man die im Spritzer abgeführte Strömungsmenge in der Bildströmung in eine Senke wegfleßen lassen. Wieder sei das Bild der benetzten Gleitfläche ein Halbkreis ($r = 1$, $M = 0,0$). Die entsprechende Bildströmung (Abb. 5 bβ) muß in $\xi = +1$ eine Senke haben, die der eigentlichen Bildströmung die Menge πE entnimmt, wenn die Gleitgeschwindigkeit $w_\infty = 1$ und die Spritzerdicke $d = \pi E$ ist. Die entsprechende Bildströmung ist damit

$$\chi(\zeta) = \underbrace{\zeta}_{\text{Parallelströmung}} + \underbrace{\frac{1}{\zeta}}_{\text{Doppelquelle in } \zeta = 0} + 2E \ln(\zeta - 1) - E \ln \zeta \quad (25)$$

$Q = -4\pi E \quad Q = +2\pi E$

Der Staupunkt dieser Bildströmung möge in ζ_{st} und $\bar{\zeta}_{st}$ liegen. ζ_{st} ist das Bild des Verzweigungspunktes auf der Gleitfläche. Wieder kann man

$$\ln -\bar{w} = i \sum A_n \frac{1}{\zeta_n} + \ln \frac{\zeta - \zeta_{st}}{\zeta - \bar{\zeta}_{st}} \dots (26)$$

setzen. Sind alle $A_n = 0$, so erhält man die ebene Gleitfläche. Auf diese Möglichkeit der Untersuchung von Gleitflächenprofilen will ich hier jedoch nicht näher eingehen.

3. Vergleich der Druckverteilung an Tragflügelprofilen und Gleitflächen.

a) Die Druckverteilung an der ebenen Fläche bei beliebiger Anstellung.

Die Vorderkante der allseits umströmten ebenen Fläche habe die Abszisse $x = -1$, die Hinterkante $x = +1$. Dann ist die Geschwindigkeitsverteilung an ihr bei beliebiger Anstellung auf der Druckseite im Vergleich zu der bei der Anstellung $\delta = 0$

$$\frac{w\delta}{w_0} = \cos \delta \left[1 - \sqrt{\frac{1-x}{1+x}} \operatorname{tg} \delta \right] \dots (27)$$

(Auf der Saugseite wäre die Wurzel mit positivem Vorzeichen zu verstehen.)

Vergleichbar ist zunächst nur der Teil der Druckseite zwischen Staupunkt ($x = -\cos 2\delta$) und der Hinterkante ($x = +1$). An der Gleitfläche mögen diese Punkte die Abszissen $\xi = -1$ bzw. $\xi = +1$ haben. Dann gilt bei linearer Zuordnung von x und ξ

$$x = \sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cdot \xi$$

An der Abflußkante ist die Geschwindigkeit $w_{+1} = \cos \delta \cdot w_0$, also gilt für die allseits umströmte ebene Fläche

$$\frac{w\delta}{w_{+1}} = \left[1 - \sqrt{\frac{1-\xi}{1+\sin^2 \delta}} \operatorname{tg} \delta \right] \dots (27a)$$

Beim Vergleich mit der ebenen Gleitfläche muß man $w_{+1} = w_0$ setzen. Die zum Vergleich dienende Druckverteilung der allseits umströmten Fläche im vergleichbaren Bereich ist somit

$$\frac{p}{q} = 1 - \left[1 - \sqrt{\frac{1-\xi}{1+\sin^2 \delta}} \operatorname{tg} \delta \right]^2 \dots (28)$$

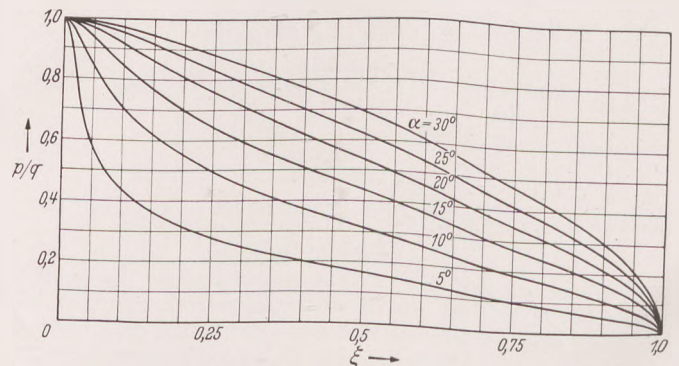


Abb. 6. Druckverteilung an einer ebenen Platte auf der Druckseite zwischen Staupunkt und Abflußpunkt.

Der Vergleich (Abb. 6) zeigt, daß bei geringem Anstellwinkel sehr gute und bei größerem auch noch praktisch brauchbare Übereinstimmung vorhanden ist, so daß die angegebene Formel als Näherungsformel zur Berechnung der Druckverteilung am ebenen Gleitflächenprofil dienen kann.

Die Näherungsformel liefert aber auch für den vor dem Staupunkt liegenden Teil noch praktisch brauchbare Ergebnisse. Wenn man sie nur bis dorthin gebraucht, wo $p/q = 0$ wird und man sich nachträglich diese Teile auf das rd. Dreifache vergrößert denkt.

b) Die Druckverteilung an beliebigen schwach gewölbten Profilen.

Während das vorhin beschriebene I-I-Verfahren exakte Gleitflächenumströmungen zu liefern imstande ist, kann es in der beschriebenen Weise auf die Strömung um gewölbte dünne Flügelprofile nur bei gewissen praktisch allerdings bedeutungslosen Vernachlässigungen angewandt werden. Die hierbei zu erzielenden Ergebnisse sind die gleichen, wie sie z. B. Birnbaum erhalten hat. Bei glatter Umströmung wird man aber auch vollkommen das gleiche Resultat erhalten wie bei der Anwendung auf das Gleitflächenproblem, insbesondere sind die Druckverteilungen auf der Druckseite gleich denen an der Gleitfläche gleicher Wölbung.

c) Die praktische Zulässigkeit, Gleitflächenprobleme durch Tragflügelprobleme zu ersetzen.

Aus der annähernden Gleichheit der Druckverteilungen an Gleitflächen und Flügelprofilen kann man schließen, daß es praktisch zulässig ist, auch die übrigen Gleitflächenprobleme, soweit sie mit der Druckverteilung zusammenhängen, durch Tragflügelprobleme zu ersetzen, d. h. alle Probleme, die nicht den durch den Spritzer entstehenden Widerstand behandeln. Auch für Gleitflächen endlicher Breite muß also die Tragflügeltheorie anwendbar sein.

Für die ebene Strömung an der schwach gewölbten Gleitfläche bei beliebiger Anstellung erhalten wir als Näherungsformel für die Druckverteilung

$$\frac{p}{q} = 1 - \left[1 - 2 A_1 \sin \alpha - 2 A_2 \sin 2\alpha \right] \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{1 - \xi}{1 + \sin^2 \delta}} \operatorname{tg} \delta \right]^2 \quad (29)$$

Hierbei sind A_1 und A_2 die oben eingeführten Profil-Parameter, $\alpha = \arccos \xi$, δ die Anstellung gegenüber der glatten Umströmung, also $\delta + A_2/3$ die Anstellung gegenüber der Sehne. Der Staupunkt liegt in $\xi = -1$, die Abflußkante in $\xi = +1$.

II. Anwendung der Tragflügeltheorie auf die Gleitfläche und Vergleich mit Versuchsergebnissen.

1. Die Auftriebsverteilung der Breite nach.

Die bei der Behandlung des zweidimensionalen Problems aufgezeigte, nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Übereinstimmung zwischen dem Tragflügel und der Gleitfläche gibt Anlaß, auch die Vorgänge an einer endlich breiten Gleitfläche mit denen an einem Tragflügel endlicher Spannweite zu vergleichen. Beim Tragflügel ist der Auftrieb über die Spannweite nicht konstant. Die günstigste Auftriebsverteilung ist die elliptische. Unverwundene Tragflächen rechteckigen Grundrisses haben eine etwas volligere

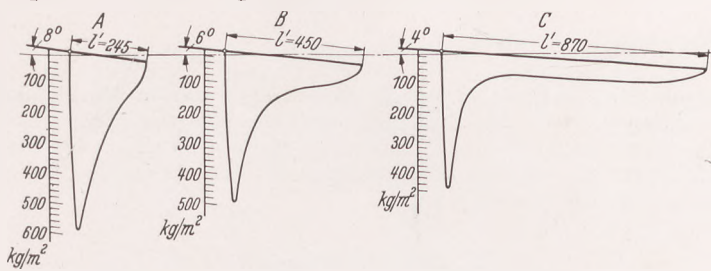


Abb. 7. In der Mitte gemessene Druckverteilungen bei $v = 6$ m/sec.

Auftriebsverteilung. In Übereinstimmung damit ist auch die Auftriebsverteilung, wie Druckverteilungsmessungen, die Sottorf⁴ durchgeführt hat, zeigen, völliger (Abb. 7).

Durch Planimetrieren der Druckverteilungskurven für den Mittelschnitt gewinnt man den Auftriebsbeiwert in der Mitte der Gleitfläche

$$\zeta_{a_0} = \frac{\int p \, dx}{q \cdot l}$$

und aus dem gemessenen Gesamtauftrieb den mittleren Auftriebsbeiwert:

$$\zeta_{am} = \frac{A}{q \, B \, l}$$

Hieraus bekommt man die Völligkeit der Auftriebsverteilung zu

$$\psi = \frac{\zeta_{am}}{\zeta_{a_0}}$$

Im Mittel ergab sich $\psi = 0,85$.

⁴ Sottorf, W.: Versuche mit Gleitflächen. Werft Reed. Hafen 1929, S. 425.

2. Der Anstellwinkel unter dem Einfluß des Seitenverhältnisses und der Schwere.

Wenn man die errechneten Auftriebsbeiwerte mit bei Versuchen erhaltenen, etwa mit den Versuchen von Sottorf (Werft Reed. Hafen 1929 Nr. 21), vergleicht, so findet man, daß diese erheblich niedriger sind. Das hat seine Ursache z. T. in den gleichen Einflüssen, denen die Strömung um einen Tragflügel endlicher Spannweite unterliegt. Die Strömung wird nämlich schon vorher abgelenkt und trifft den Tragflügel unter einem kleineren wirksamen Winkel δ , als es die Anstellung α gegen die Horizontale ist. Nach Prandtl gilt für ein beliebig großes Seitenverhältnis

$$\alpha = \delta + \frac{\zeta_a}{\pi B/l}$$

Da bei einer ebenen Gleitfläche der Auftriebsbeiwert bei gleichem Anstellwinkel nur die Hälfte von dem eines Flügelprofils ist, so ist es plausibel, anzunehmen, daß die Abweichung zwischen α und δ bei gleichem ζ_a bei der Gleitfläche doppelt so groß ist wie beim Tragflügelprofil. Die Gleitfläche beeinflusst ja nur das Medium auf der einen Seite, so daß die erzielte Ablenkung bei gleichem Auftrieb doppelt so groß sein muß. Wir setzen daher für die Gleitfläche

$$\alpha_{th} = \delta + \frac{2 \zeta_{am}}{\pi B/l}$$

Es ist mit

$$\zeta_{am} = \frac{A}{\rho/2 w_\infty^2 B l}$$

oder mit

$$\zeta_{am} \cdot \frac{l}{B} = \frac{A}{\rho/2 w_\infty^2 B^2} = C_B,$$

dem von Sottorf eingeführten Belastungsgrad,

$$\alpha_{th} = \delta + \frac{2}{\pi} C_B.$$

Um den den Versuchen Sottorfs entsprechenden wirksamen Anstellwinkel δ zu finden, mußte noch die Völligkeit der Auftriebsverteilung über die Spannweite

$$\psi = \frac{\zeta_{am}}{\zeta_{a_0}}$$

eingeführt werden. $\zeta_{a_0} = \frac{\zeta_{am}}{\psi}$ ist maßgebend für den wirksamen Anstellwinkel δ . Dieser wurde aus

$$\delta \sim \arcsin \frac{\zeta_{a_0}}{\pi} \sim \frac{\zeta_{am}}{\psi \cdot \pi}$$

bestimmt. Dann wurde $\alpha'_{th} = \frac{C_B}{\pi/2}$ und hiermit

$$\alpha_{th} = \delta + \alpha'_{th}$$

berechnet, der sich nach obigen Annahmen ergebende Anstellwinkel gegen die Horizontale.

Der Vergleich mit dem wirklich gemessenen Anstellwinkel ergab die in Abb. 8a—d dargestellten Abweichungen. Es mußte also sein

$$\alpha = \delta + \frac{C_B}{\pi/2} \cdot f(R, F, l/B) = \delta + \alpha'$$

wobei $f(R, F, l/B) = \frac{\alpha'}{\alpha'_{th}} = \frac{\alpha'}{\frac{C_B}{\pi/2}}$ von der Reynoldsschen Zahl $R = \frac{w_\infty \cdot B}{\nu}$, der Froudeschen Zahl $F = \sqrt{\frac{B}{g}}$ und vom Seitenverhältnis l/B abhängig sein müßte.

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von R reichen die Versuche nicht aus. Außerdem ist anzunehmen, daß bezüglich des Auftriebs der Reynoldsschen Zahl nur untergeordnete Bedeutung zukommt. Es wurde deshalb versucht, für $(R, F, l/B)$ den Versuchsergebnissen einen vereinfachten Ansatz

$$f(R, F, l/B) = f_1(F) + f_2(l/B)$$

zu entnehmen.

Es war sehr schwer, eine einigermaßen befriedigende Interpolationsformel für die Versuchsergebnisse zu finden. Ich habe mich für folgende Interpolationen entschlossen (Abb. 8a, 8b, 8c, 8d):

$$f_1(F) = 3/2 - 1,17/F$$

$$f_2(l/B) = -2/\pi \arctg [0,12 (l/B)^2].$$

Die dabei vorhandenen Abweichungen von den Versuchsergebnissen lassen einen systematischen Fehler nicht mehr deutlich werden.

Um zu besseren Formeln zu gelangen, müßten weit zahlreicher über ein größeres Gebiet von Froudeschen und Reynoldsschen Zahlen sich erstreckende Versuche, die mit weiter verbesserter Ablesegenauigkeit durchgeführt sind, vorliegen.

Die Berechnung des Anstellwinkels nach der Formel

$$\alpha = \delta + \frac{C_B}{\pi/2} \left[\frac{3}{2} - \frac{1,17}{F} - \frac{2}{\pi} \arctg 0,12 \left(\frac{l}{B} \right)^2 \right]$$

$$\zeta_{a,m} = \pi \sin \delta \left(1 - \frac{\pi}{2} \sin \delta \right) / 0,85$$

dürfte aber für praktische Bedürfnisse ausreichen.

winkel. Auf diese Weise wurde auch zunächst der Anstellwinkel bestimmt. Zum Vergleich mit den so gefundenen wirksamen Anstellwinkeln wurden noch die aus der obigen Formel sich ergebenden errechnet. Der Vergleich der auf diese beiden Weisen gefundenen Winkelwerte zeigt befriedigende Übereinstimmung.

Nunmehr wurden die den Auftriebsbeiwerten theoretisch entsprechenden Druckverteilungen (Abb. 9) aufgezeichnet zum Vergleich mit der in der Mitte gemessenen Druckverteilung. Die hierbei sich ergebenden Unterschiede sind in ihrer Größe nicht erheblich. Sie sind

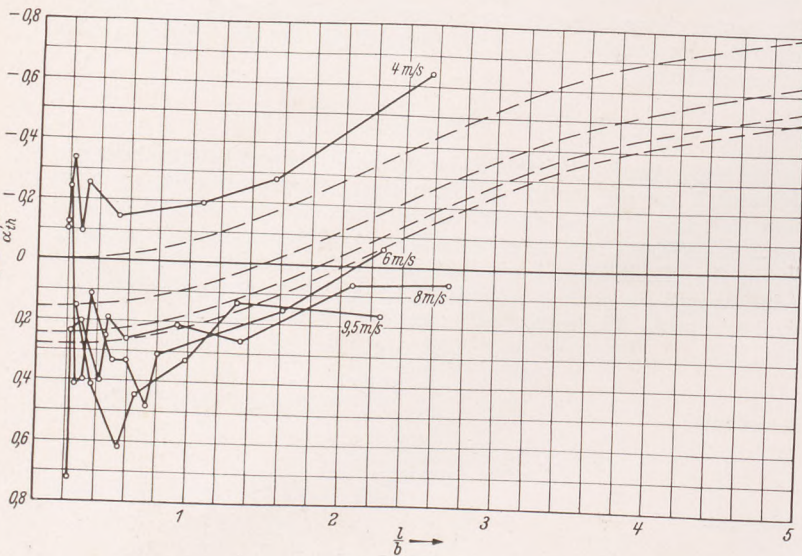


Abb. 8a.

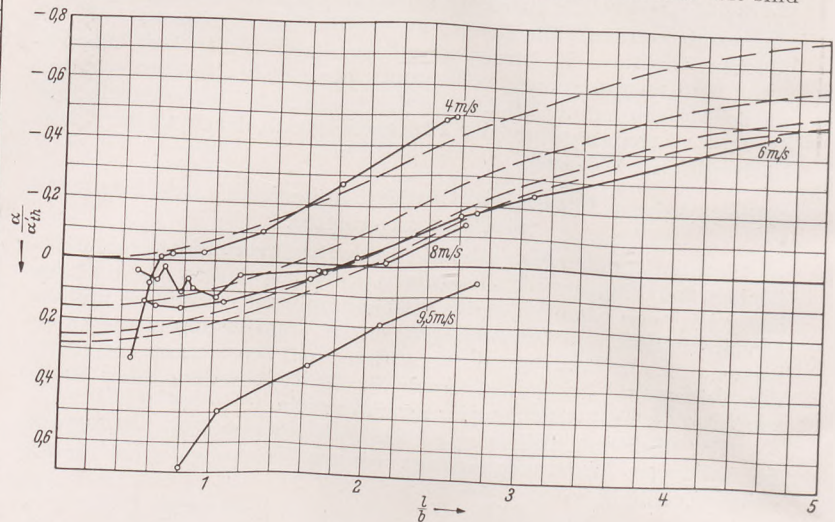


Abb. 8b.

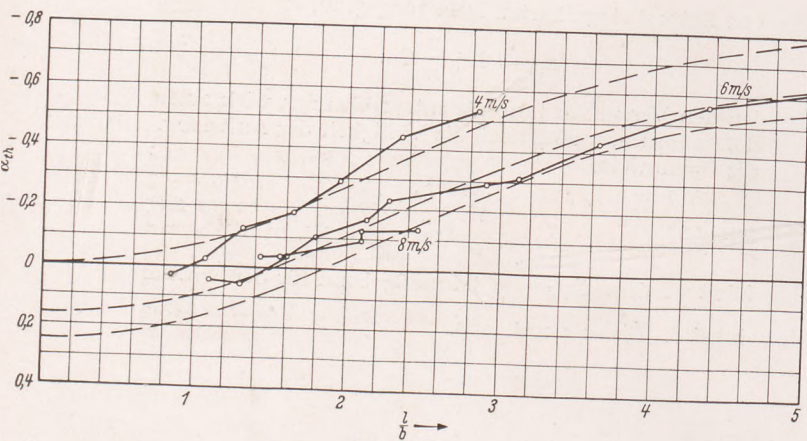


Abb. 8c.

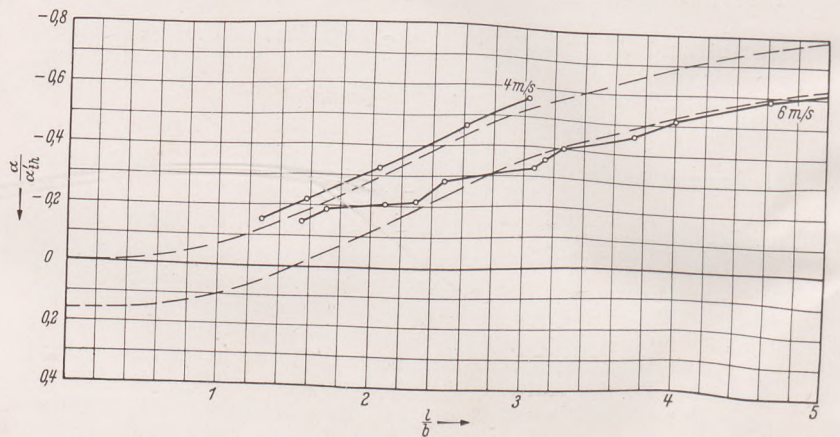


Abb. 8d.

Abb. 8 a—d. Einfluß der endlichen Breite und der Schwere.

3. Vergleich gemessener und gerechneter Druckverteilungen.

Aus der gemessenen Druckverteilung kann man den wirksamen Anstellwinkel dadurch bestimmen, daß man durch Planimetrieren den Auftriebsbeiwert bestimmt und daraus den dazugehörigen Anstell-

wahrscheinlich auf die Unterschiede zwischen der in Wirklichkeit räumlichen und der der Rechnung zugrunde gelegten ebenen Strömung zurückzuführen; doch sind sie so groß, daß die ebene Strömung nicht ohne weiteres zur Grundlage der Berechnung der Druckpunktlage gemacht werden kann.

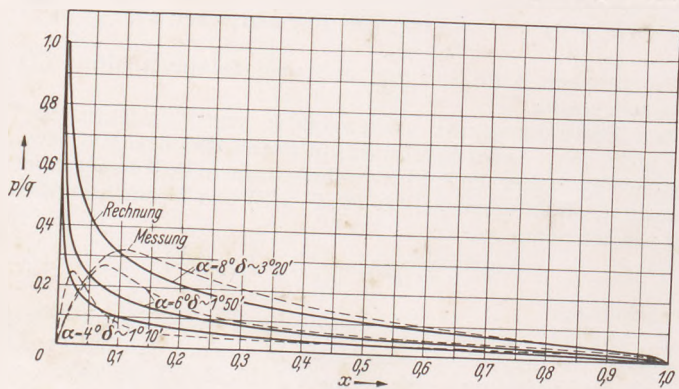


Abb. 9.

III. Zusammenfassung.

Nach Erörterung einiger prinzipieller Lösungsmöglichkeiten des Gleitflächenproblems wurde die wichtigste für die ebene Gleitfläche mit Hilfe der Hodographenmethode durchgeführt. Sodann wurde eine Methode zur Berechnung beliebig gewölbter Gleitflächen beschrieben. Zum Schluß wurden die Versuchsergebnisse mit der einfachen Tragflügeltheorie verglichen.

Es zeigt sich, daß die bei idealer Flüssigkeit auftretenden Drücke beim ebenen Problem mit denen auf der Druckseite von gleichgeformten dünnen Tragflächen sehr weitgehend übereinstimmen, so daß die Benutzung der Tragflügeltheorie bei allen Strömungsvorgängen an Gleitflächen geboten erscheint, soweit es sich nicht um Einflüsse der Erdschwere handelt. Es wurde versucht, diese Einflüsse durch eine aus den Versuchsergebnissen gewonnene empirische Interpolationsformel zu erfassen.

Der neue Getreidespeicher im Stettiner Hafen.

Von Oberbaurat Dipl.-Ing. H. Schulze, Stettin, und Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. H. Cantz, Herne.

(Schluß.)

Die Baustelleneinrichtung, das Aufbereiten und Einbringen des Betons.

Da nach den gegebenen Bedingungen der Zement nach Gewichtsteilen und die Zuschlagsstoffe getrennt nach Sand (0—7 mm Korngröße) und Grobem (7—30 mm Korngröße) zuzugeben waren, eine Anlieferung getrennt nach diesen Korngrößen aber nicht möglich war, mußte die Trennung in einer 18 m hohen Aufbereitungsanlage (Abb. 7) erfolgen. Sie wurde so angelegt, daß gleichzeitig 2 Betonmischmaschinen-

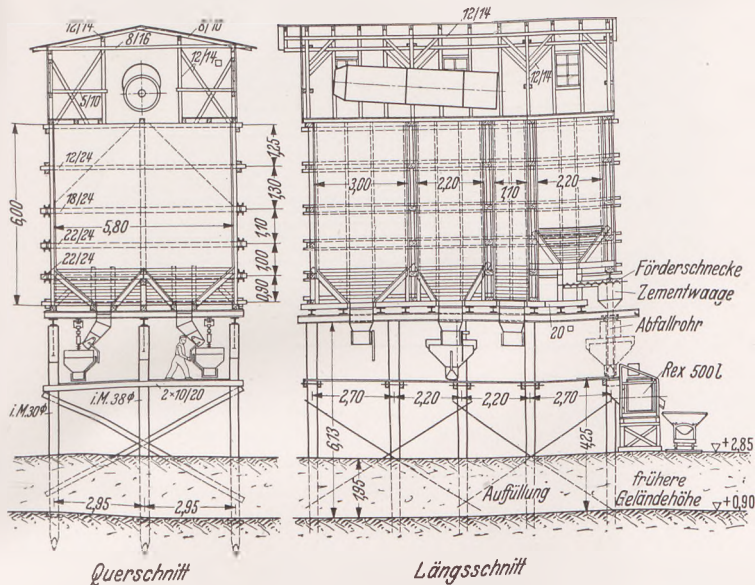


Abb. 7. Betonaufbereitungsanlage.

nen beschildert werden konnten, und enthielt eine Siebanlage, in der der Kiessand in Sand von 0—7 mm Korngröße, in Grobes von 7—30 mm und in Steine über 30 mm getrennt werden konnte. Die beiden ersteren Korngrößen fielen getrennt in die je doppelt vorhandenen Sand- und Grobsilos, während die Steine nach 2 Steinbrechern (gesamte Leistung 6 m³/Stde.) weiter befördert wurden; hier wurden sie zerkleinert, dann durch den Aufzug wieder in die Siebanlage gebracht und dort nach den verschiedenen Korngrößen getrennt. Für die Lagerung des Zements wurde neben der Aufbereitungsanlage ein 120 m³ großer Schuppen errichtet. Durch einen Sackaufzug gelangte der Zement in die beiden Zementsilos der Aufbereitungsanlage.



Abb. 8. Maschinenhaus, im Rohbau fertiggestellt.

Die beiden Betonmischmaschinen standen überdeckt neben der Aufbereitungsanlage, ihr Inhalt betrug je 500 l. Als Wasser für die Betonmischung wurde Oberwasser verwendet, dessen chemische Untersuchung keine betonschädlichen Bestandteile ergab. Die Mischmaschinen hatten Meßvorrichtungen für die Wasserzugabe. Das fertigmischte Gemenge aus genau nach Raummaßen bzw. Gewicht abgemessenen Zuschlagstoffen und Zement wurde in die unter den Ausläufen der Mischmaschinen stehenden Loren (Inhalt 0,75 m³) abgelassen.

Die Wände des Maschinenhauses wurden bis zur Decke +8,50 m NN zwischen fester, 2,6 cm starker rauher Schalung betoniert. Zwischen +4 und +8,50 m NN betrug die Wandstärke 42 cm. Von +8,50 m NN bis zur Spitze des Maschinenhauses (+60,95 m NN) wurden dann die Außen- und die Silowände im Gleitbau, System Sie-

mens-Bauunion, ausgeführt. Die Gleitschalung bestand aus 1,22 m hohen, 33 mm starken, gehobelten, gespundeten und paraffinierten Dielen, die durch Kletterböcke gehalten und durch Kanthölzer auf Oberkante Fundamenttrog (+8,50 m NN) abgestützt waren. Das Gleiten wurde durch Winden bewirkt und die Höhenlage der einzelnen Kletterböcke durch Schlauchwaagen nachgeprüft. Sobald der Beton aus der Gleitschalung kam, wurde er verrieben, so daß eine gleichmäßige Ansichtsfläche entstanden ist. Gegen die Unbilden der Witterung war die Arbeitsbühne überdacht. Infolge niedriger Wärmegrade mußte einige Tage lang eine künstliche Beheizung des überdachten Raumes erfolgen.

Nach Fertigstellung des Maschinenhauses (Abb. 8) wurde das durch eine Dehnungsfuge von diesem getrennte Treppenhaus betoniert. Seine Wände wurden wieder bis +8,50 m NN in gewöhnlicher Schalung und von da ab bis auf +64,15 m NN im Gleitbau hergestellt. Nach dem Hochziehen erfolgte der Einbau der Eisenbeton-treppe und des eisernen mit Beton ummantelten Fahrstuhlgerüsts.

Beim Nordbau wurde zuerst der Siloteil hergestellt. Die Kellerdecke und die Ausläufe der Silos (bis +9,96 m NN) wurden in gewöhnlicher Schalung betoniert. Bis +38,85 m NN wurden dann die 59 Zellen im Gleitbauverfahren hochgebracht (Abb. 9). Mit den Silos

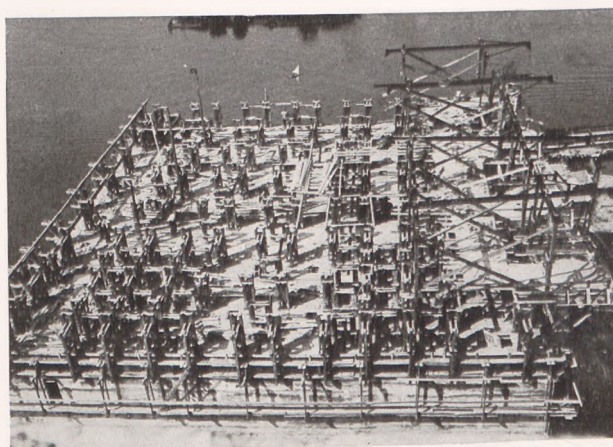


Abb. 9. Gleitbau der Silos im Nordbau.

wurde zugleich auch das an der Wasserseite gelegene Nottreppenhaus hochgezogen. Die Silowände sind 14—20 cm stark. Auf die 20 cm starken Außenwände ist eine innere Wärmedichtung aus 7 cm starken Bimsbetonplatten aufgebracht worden, die während des Gleitens durch starke Eisenstifte an dem noch frischen Beton angenagelt wurden und später noch einen 2 cm starken glatten Zementputz erhielten. Die Wirkung dieser Wärmedichtung erhellte daraus, daß Roggen, der am 25. Februar 1936 mit 5° C eingelagert worden ist, am 24. Juli desselben Jahres bei Außenwärmern von 24° unverändert 5° C zeigte. Nach Fertigstellung der Silowände folgte das Betonieren der Decke über den Silos und der 9 cm starken Dachplatte, die mit einer 2-lagigen teerfreien Pappe eingedeckt ist. Nach Fertigstellung des Siloteils wurde der Bodenspeicher hochgebracht; durchschnittlich wurde jede Woche eine Decke fertiggestellt. Nach Betonierung aller Decken wurde der 2 cm starke Granitplittestrich aufgebracht.

Beim Südbau wurde bis zur Höhe der Siloausläufe (+9,96 m NN) wieder zwischen fester Schalung betoniert. Da dieser Bauteil durch eine Dehnungsfuge in 2 Abschnitte zerlegt ist, wurden die Silos ebenfalls in 2 Teilen im Gleitbau hochgeführt.

Leistungen beim Gleitbau.

Bauteil	Grundfläche des Gleitbaues m ²	Gesamte Höhe des Gleitbaues m	Anzahl der eingebauten Kletterböcke Stück	Dauer des Gleitens Tage	Größe durchschnittliche Gleitgeschwindigkeit in 24 Stunden	
					m	m ² Wände
Maschinenhaus	224	42,45	38	26	3,10	144
Treppenhaus	24	55,65	8	18	3,4	59
Nordbau	770	28,89	135	19	2,25	690
Südbau:						
nördl. Teil	390	28,89	73	11	3,35	700
südl. Teil	660	28,89	103	11	3,20	630

Die bisherigen Setzungen.

Bereits während des Bauens wurden Höhenbolzen einbetoniert und die senkrechten Setzungen der einzelnen Bauteile mit Hilfe eines Feinnivellierinstrumentes mit Invarlatte gemessen.

Am **Maschinenhaus** sind an jeder Ecke Höhenbolzen angeordnet. Die erste Messung wurde vorgenommen, als der Gleitbau die Höhe +29 m NN erreicht hatte. Die weiteren Messungen wurden in Abständen von ungefähr 8 Wochen vorgenommen. In Abb. 10 sind die Setzungen, die dazugehörigen Belastungen und die Zeiten dargestellt. Die Belastungen sind auf kg/cm² Sohlendruck umgerechnet. Als

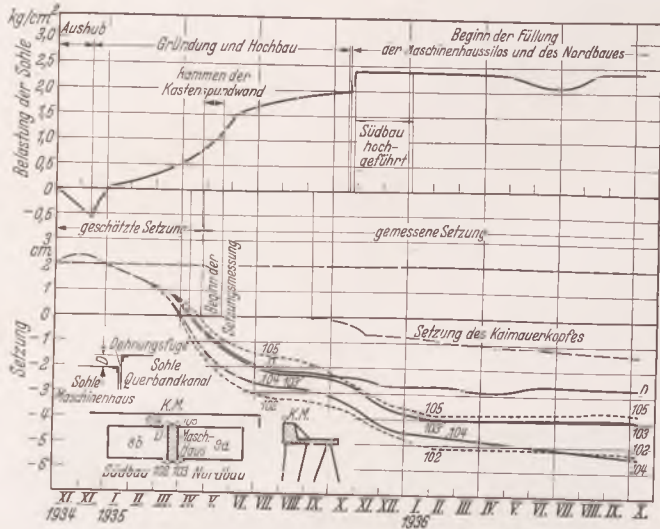


Abb. 10. Setzungen des Maschinenhauses.

Nulllinie ist bei den Setzungen der Messungsbeginn angenommen worden. Die vor der ersten Messung eingetretenen Setzungen (Hebungen) sind als „geschätzte Setzungen“ eingetragen. Als größtes Maß dieser Setzungen wurden 2 cm angenommen. Die gesamten Setzungen von Baubeginn an ergeben sich durch Zusammenzählen der gemessenen und der geschätzten Setzungen. Als größte bisher gemessene Setzung wurden an der Wasserseite 54 mm und an der Landseite 53 mm ermittelt. Beim Vergleich der Setzungen des Südgiebels mit denen des Nordgiebels fällt auf, daß ersterer um etwa 1 cm größere Setzungen aufweist. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich einmal darauf zurückzuführen, daß zwischen der ersten und zweiten Messung die in 1,25 m Abstand vom Südgiebel entfernte Peiner Kastenspundwand für den Erweiterungsbau gerammt worden ist, wobei durch das Rammen der mit der Spitze auf durchschnittlich -15,50 m NN stehenden Bohlen wahrscheinlich ein Verdichten des Sandbodens und damit auch ein Setzen des auf Frankipfählen (Pfahlfüße stehen auf -12 bis 13 m NN) gegründeten Südgiebels des Maschinenhauses eingetreten ist. Die

Kaimauerkopfes eingetragen. Dieser Punkt hat sich seit Beginn der Messungen um 14 mm gesetzt.

Abb. 11 und 12 zeigen den Setzungsverlauf des Nordbaues und des Südbaues mit den dazugehörigen Belastungen.

Die maschinellen Anlagen.

Die höchstmöglichen Leistungen betragen:

1. Bei Annahme aus Schiff mit 2 fahrbaren Saugern zus. 200 t/Std.
2. Bei Annahme aus Eisenbahnwagen (bei gleichzeitiger Entladung mehrerer Wagen mit gleicher Getreidesorte auf das gleiche Band) 500 t/Std.

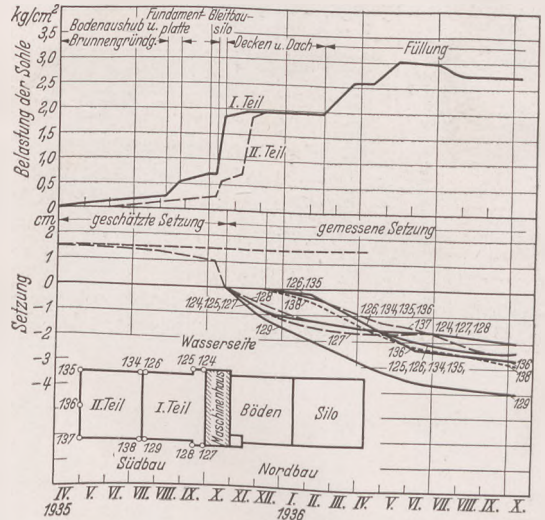


Abb. 12. Setzungen des Südbaues.

3. Bei Annahme aus Fuhrwerk 50 t/Std.
 4. Bei Abgabe an Schiff mit 4 Ausspeicherrohren zus. 400 t/Std.
- Außerdem können gereinigt werden 240 t/Std.
Getrocknet 20 t/Std.

Zu 1. Bei Annahme aus Schiff: Über fahrbaren Sauger durch die Hohlsäulen des wasserseitigen Schutzdaches auf ein Kellerband, Querband, kleinen Heber, selbsttätige Waage, hohen Heber, Pendelrohrverteiler, Band auf dem Bänderboden über Abwurfwaagen in Silos oder Lagerböden.

Zu 2. Bei Annahme aus Eisenbahnwagen: Durch Schütt-Trichter (Abb. 13) im wasserseitigen Bandkanal auf ein Kellerband, Querband usw. wie zu 1.

Zu 3. Bei Annahme aus Fuhrwerk: Durch einen Schütttrichter auf der landseitigen Rampe oder (später) auf der Rampe am Nordgiebel auf das darunter liegende Kellerband, kleinen Heber usw. wie zu 1.

Zu 4. Bei Abgabe an Schiff aus den Ausspeicherrohren an der Wasserseite: Entleeren der Silos oder Lagerböden auf ein Kellerband, Ausspeicherheber, selbsttätige Ausspeicherwaage, hohen Heber, Pendelrohrverteiler, wasserseitiges Band auf dem Bänderboden, Ausspeicherrohr.

Die 7 Längsbänder im wasserseitigen Bandkanal (Abb. 14) geben das Fördergut vor dem Hauptmaschinenhaus in einen Querbandkanal an 7 Querförderer (6 Bänder und 1 Trogkettenförderer) ab, die in die Aufnahmetrichter von 5 kleinen bis zum 3. Obergeschoß des Maschinenhauses reichenden und 2 bis zum 6. Obergeschoß reichenden Becherwerken münden. Die 5 kleinen Becherwerke münden oben in 3 Verwiegebunker aus Eisenbeton, die durch Querwände unterteilt sind, so



Abb. 13. Einschütttrichter auf der Wasserseite.

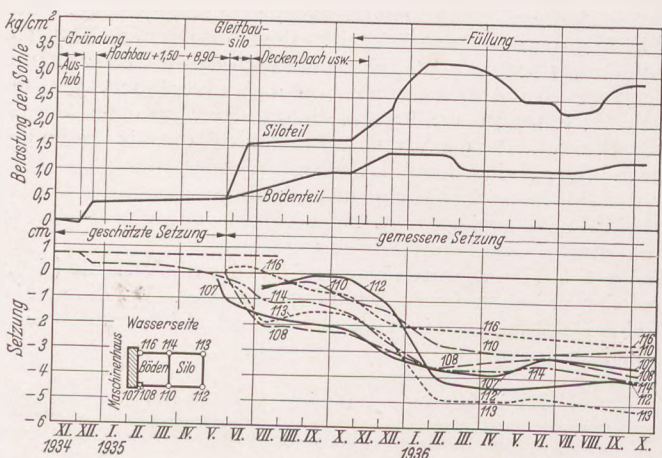


Abb. 11. Setzungen des Nordbaues.

Füllung der Silos im Maschinenhaus und im Nordbau ist aus dem Setzungsverlauf ersichtlich. In Abb. 10 ist ferner der Setzungsunterschied der Maschinenhauskellertersohle gegenüber der Sohle des Querbandkanals an der Dehnungsfuge dargestellt. Diese beiden Sohlen lagen ursprünglich gleich hoch. Infolge höherer Belastung hat sich aber das Maschinenhaus stärker gesetzt als der Querbandkanal. Der Setzungsunterschied D beträgt bis jetzt 27 mm. Außerdem ist in Abb. 10 noch die Setzung des vor der Maschinenhausmitte liegenden

daß 6 Einzelbunker von je 15 t Inhalt vorhanden sind. Von den 5 kleinen Hebern ist der mittlere oben mit 2 Ablaufrohren entsprechend der Unterteilung des mittleren Bunkers versehen. Die 2 höheren Becherwerke, die im allgemeinen der Ausspeicherung dienen, münden ebenfalls in 2 Bunker, unter denen sich je eine Waage befindet.

Die fahrbaren Sauger (Abb. 15) mit je 100 t Stundenleistung besitzen 2 senk- und schwenkbare Saugrüssel mit 50 t Leistung. Das

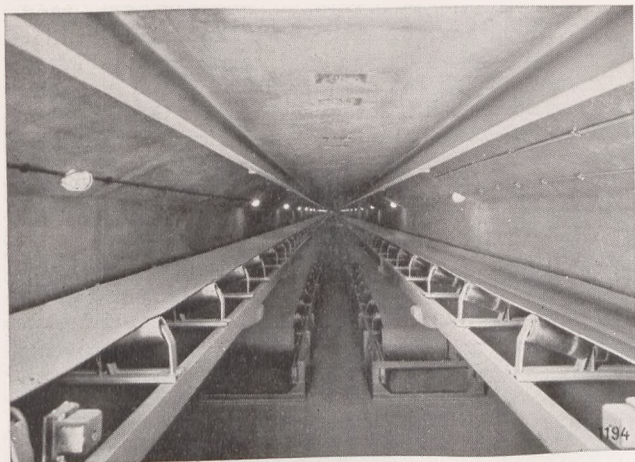


Abb. 14. Bandkanal hinter der Kaimauer.

Getreide wird durch Drehkolbengebläse angesogen, dabei wird das Getreide über einen Einsaugbehälter, in dem der Staub ausgeschieden wird, an die Hohlstützen des Schutzdaches abgegeben und gelangt mit Hilfe eines fahrbaren Rohrwagens mit 4 Ablaufrohren auf die Bänder des Bandkanals an der Wasserseite. Der ausgeschiedene Staub wird oberhalb der Plattform aufgefangen und mit elektrischer Winde nach unten abgelassen.

Die selbsttätigen Waagen (System Chronos) haben im allgemeinen eine Ausschüttung von 1200 kg für Schwergetreide bzw. 800 kg für Leichtgetreide. Die 3 selbsttätigen Waagen im Erdgeschoß unter den Doppelbunkern sind mit Kartendruckapparaten für 1000 kg Schwergetreide bzw. 800 kg Leichtgetreide je Schüttung ausgerüstet, haben also je 2 Kartendruckapparate.

Die Klappen in den Abfallrohren aus den Lagerböden werden mit Stangen und Hebeln, nicht mit Drahtzügen betätigt.

Die bei der Abnahme der Förderanlagen durchgeführten Messungen ergaben, daß die Stundenleistungen die vertragmäßig zugesicherten überschritten. Der Kraftbedarf beim Saugen von 1 t Getreide war kleiner als 1 PS. Die maschinellen Anlagen für die Getreideförderung, die Begasung, Trocknung und Reinigung wurden von der Maschinenfabrik Hartmann A.G., Offenbach a. Main, geliefert.

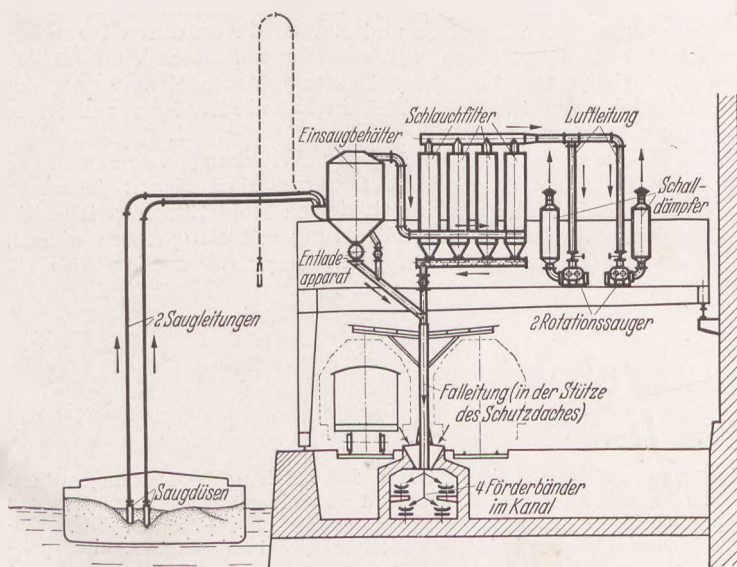


Abb. 15. Innere Einrichtung eines fahrbaren Saughebers.

Vorhanden sind:

- für die Reinigung 8 Aspirateure mit zus. 240 t Stundenleistung;
- für die Trocknung 2 Enzinger-Anlagen mit zus. 20 t Stundenleistung bei einem Wasserentzug von 4%;
- für die Begasung 2 Areginalanlagen für 12 Silos von zus. 1800 t Fassungsvermögen;
- für die Wärmemessung in den kleinen Silos 3, in den großen 6 Thermometer, Meßtafel im Ableseraum (im Erdgeschoß);

für die Feuersicherheit 1 Löschpumpe im Keller des Maschinenhauses mit 2000 l/min Leistung und 12 at. Druck, die Oderwasser in 3 Steigeleitungen von 75 mm \varnothing bis in die obersten Stockwerke drückt.

Außerdem war bei den vielen Umschlags- und Bedienungs-möglichkeiten des Speichers — es sind 35 Bänder, 1 Trogförderer, 28 Heber und 137 Motoren vorhanden — die Anlage eines Stellwerks notwendig, da die sonst vielfach übliche ausschließliche Verständigung durch Fernsprecher zur Einstellung der Einzelantriebe für einen Förderweg nicht zuverlässig genug erschien.

Das Stellwerk ist im 2. Obergeschoß des Nordbaues erkermäßig ausgebaut, so daß die beiden fahrbaren Sauger, die 4 Ausspeicherrohre und die Bewegung der Eisenbahnwagen gut übersehen werden können.

Im Stellwerk laufen die Kabel aller Motoren zusammen. Auf einer großen Schalttafel sind alle an der Getreideförderung beteiligten Einzelförderer und Sondereinrichtungen (Bänder, Heber, Sauger, Verteiler, Reiniger, Trocknung, Waagen usw.) durch Zeichen dargestellt. Diese Zeichen enthalten in Richtung des Förderweges Pfeile, die bei richtigem Wählen und ordnungsmäßigem Betrieb gelb leuchten und bei Störungen und Falschleitungen rot flackern. Das Leuchtschaltbild (Abb. 16) verhindert durch elektrische Verriegelung die Einschaltung „feindlicher“ Förderwege. In die elektrische Verriegelung mußten deshalb alle Klappen in den Fallrohren, Ablaufrohren und im Pendelrohrverteiler eingeschlossen werden. Selbstverständlich können „nichtfeindliche“ Förderwege, die verschiedene Heber, Bänder, Fallrohre usw. benutzen, gleichzeitig ablaufen.

Nachdem der Schaltbrettwärter vom Speichermeister Anweisung auf Einschalten eines bestimmten Förderweges erhalten hat, gibt er

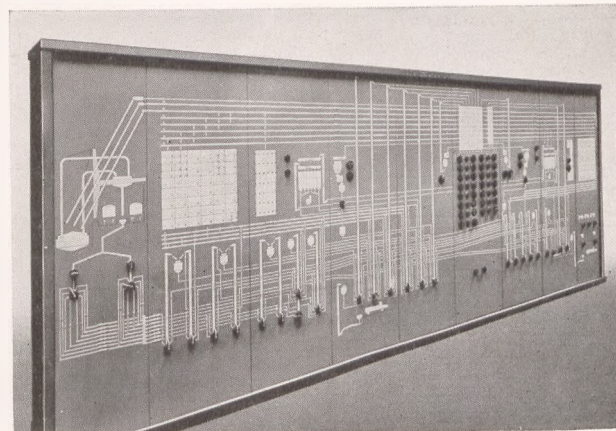


Abb. 16. Leuchtschaltbild (Vorderseite).

z. B. beim Ausspeichern aus einem Lagerboden, durch Fernsprecher den Befehl zum richtigen Stellen der Klappen im Fallrohr, im Ablaufrohr vom Kellerband zum Ausspeicherheber und im Pendelrohrverteiler. Damit ist der Förderweg eindeutig festgelegt. Die Pfeile im beteiligten Kellerband, im Ausspeicherheber, im großen Heber und im Bodenband leuchten auf. Der Wärter gibt darauf durch Einschalten der Hupe das Warnsignal: Es bedeutet, daß in etwa 15 sec 6 Bänder, Heber usw. in Bewegung kommen. Nach Abtönen der Hupe setzt nach Bedienung des Einschalters die Förderung ein. Die Schaltanlage ist von den Siemens-Schuckertwerken, Berlin, hergestellt worden.

Die Gleisanlage.

Die Gleisanlage entwickelt sich aus dem der Reichsbahn gehörenden Breslauer Bahnhof als Privatanschluß. Den Betrieb führt die Stettiner Hafengesellschaft m. b. H. mit eigenen Lokomotiven; sie übernimmt die Getreidewagen auf dem Breslauer Bahnhof. Die Entladung der Eisenbahnwagen erfolgt von den beiden Kaigleisen an der Wasserseite des Speichers aus; zwischen ihnen liegt der 170 m lange Bandkanal, der oben die mit abnehmbaren Riffelblechen abgedeckten Einschütttrichter enthält, und zwar in dichter Folge, so daß ein Verschieben der einzelnen Wagen zwecks Entladung unterbleibt (Abb. 13). Es können gleichzeitig 34 Wagen laderecht gestellt werden.

Nach Entladung auf dem einen Kaigleis werden diese Wagen herausgezogen und 17 neue Wagen zugestellt und während der Verschiebearbeiten der Wagenzug auf dem anderen Kaigleis entladen. Eine Unterbrechung der Entladung tritt also nicht ein.

Für die Entladung eines Großraumwagens sind am Südende des Bandkanals neben den erwähnten Schütttrichtern acht weitere Trichter eingebaut.

Die Kaimauer mit dem Bandkanal.

Die für 9,60 m Wassertiefe erbaute 220 m lange Eisenbeton-Kaimauer, die den 170 m langen Bandkanal und das Schutzdach

trägt (Abb. 17), ist um 40 m hinter das rechte Oderufer zurückgesetzt worden, damit ohne Gefährdung des Schiffsverkehrs ein Seeschiff, ein schwimmender Getreideheber und ein Kahn nebeneinander am Getreidespeicher liegen können. Sie konnte also im Trocknen ausgeführt werden. Bei der tiefen Lage der tragfähigen Schicht kam nur eine Pfahlgründung in Frage. Das vorteilhafteste Angebot gab die Firma Christiani & Nielsen in Hamburg mit Pfählen und Spundwand aus Eisenbeton ab. Da mit der Aufstellung eines fahrbaren Saug-

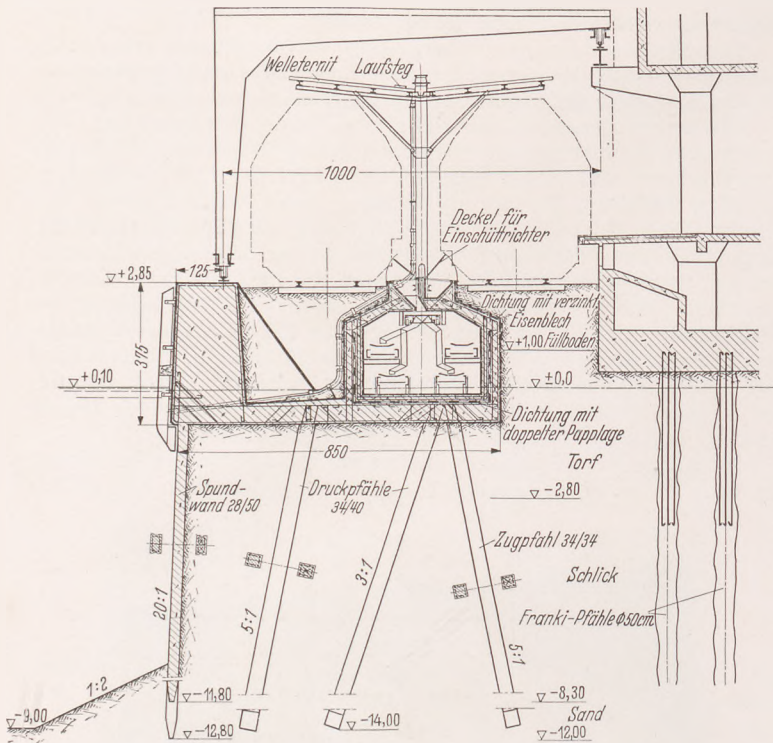


Abb. 17. Kaimauer mit Bandkanal.

druck verwendet wurden, deren Spitzen immer bis 1 m unter Pfahlfuß voreilten. Gerammt wurde mit einer Dampftramme von 4 t Bärgewicht, die Pfähle mußten mindestens 4 m im tragfähigen Boden stehen (Fallhöhe 0,6 m, Eindringtiefe der letzten Hitze ≤ 6 cm, bei der Spundwand ≤ 8 cm). Die Spundwand wurde nach Ausspülen der Nuten durch eingepreßte, mit Zementmörtel 1:3 gefüllte Jutesäcke gedichtet.

Nach dem Einbringen der Pfähle und der Spundwand wurde deren obere Bewehrung zwecks späterer Einbindung in die Grundplatte freigelegt, eine 5 cm starke Unterlage aus Kohlschlacke hergestellt und danach zwischen zwei Dehnfugen von einem mit Gießrinne versehenen fahrbaren Gerüst aus die Grundplatte und der Aufbau einschließlich des Bandkanals betoniert. Es sind vier Dehnfugen vorhanden. Das Mischungsverhältnis des Betons war 300 kg Eisenportlandzement auf 1200 l lose Zuschlagsstoffe. Die Sohle des Bandkanals liegt 25 cm unter M.W. und rd. 2 m unter H.H.W.; Sohle und Seitenwände sind deshalb mit zwei Lagen Asphaltpappe gedichtet. Der Bandkanal mündet gegenüber dem Maschinenhaus in den Querbandkanal, dessen Sohle auf $-2,75$ m NN, also 2,85 m unter M.W. liegt. Die Dichtung zwischen Querbandkanal und Maschinen-

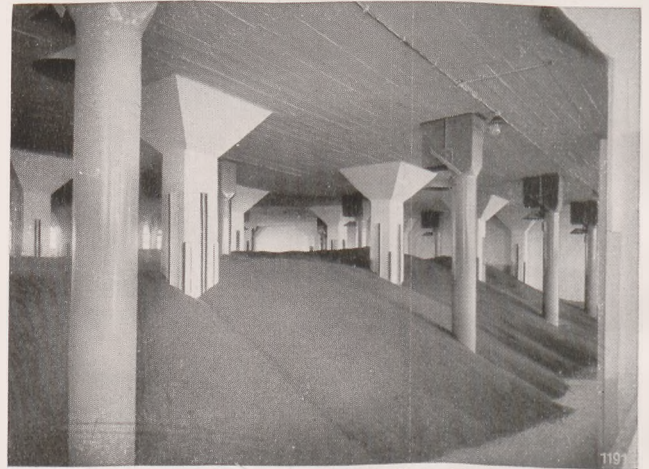


Abb. 18. Lagerboden mit Getreide.

hebers bereits am 10. April 1935 begonnen werden sollte, mußten 35 m der Kaimauer bis zu diesem Tage fertig mit Auffüllung zur Verfügung stehen.

84 Betonpfähle wurden — um nicht Zeit zu verlieren — aus deutschem Tonerdezement hergestellt (465 kg Zement auf 1200 l lose Zuschlagsstoffe), sie konnten zum Teil schon zwei Tage später gerammt werden. Für die Rammreife der auf dem Vorland hergestellten Pfähle (und Spundwände) aus hochwertigem Eisenportlandzement (465 kg Zement auf 1200 l lose Zuschlagsstoffe) war eine Mindestfestigkeit von 350 kg/cm^2 , die durch Probewürfel nachgewiesen werden mußte, vorgeschrieben. Sie wurde in der Regel nach fünfwöchiger Lagerung erreicht. In 8 Stunden sind durchschnittlich 6 Pfähle bzw. 4 m Spundwand gerammt worden.

Die Druckpfähle des hinteren Bockes sind in 3 m, die Zugpfähle in 1,80 m, die vorderen Druckpfähle in 1,85 m Entfernung angeordnet. Der größte Druck beträgt 66,6 t, der größte Zug 25 t.

Zuerst wurde der Pfahlrost, danach die Spundwand eingebracht. In der tragfähigen Schicht wurde bis 1 m über endgültige Tiefe unter Zugabe leichter Schläge gespült, wobei 2 Spülrohre mit 8 at Wasser-

hauskeller erfolgte mit vier Lagen Asphaltpappe und 3 mm starker Bleieinlage.

Die Überführung der beiden Kaigleise über den Querbandkanal erforderte wegen der bis 9,61 m betragenden Lichtweiten die Verlegung von drei Trägerpaaren aus Peiner I-Eisen.

Der Abstand der 11 Poller und 11 Anbinderinge beträgt je 20 m. Die Mauer trägt vorn eine Preußenschiene Nr. 8 als wasserseitige Fahrschiene der beiden fahrbaren Halbtore für die Saugheber. Die landseitige Schiene ruht auf I-Trägern, die im Bereich des Speichers durch Betonfreiträger, nördlich und südlich davon durch besonders gegründete Stützen getragen werden. Diese Stützen sind südlich wegen des leichteren Abbruchs bei einer späteren Erweiterung des Getreidespeichers in Eisen, nördlich in Eisenbeton hergestellt; ihre Entfernung beträgt 9 m.

Um Wagenentladungen bei jeder Witterung vornehmen zu können, ist über dem Bandkanal ein eisernes einstieliges Schutzdach mit Welleterniteindeckung errichtet, dessen Hohlstützen gleichzeitig als Getreideabfallrohre bei der Förderung mit Saughebern dienen.

Einen in Benutzung genommenen Lagerboden zeigt Abb. 18.

Wichtige Fachliteratur.

Auszüge.

SB Seegehende Sonderschiffe.

Fa 80. 2 S. Eisenbahn- und Automobilfahrdampfer „Twickenham Ferry“, „Hampton Ferry“ und „Shepperton Ferry“. (Shipbuild. Shipp. Rec., 1. Oktober 1936, S. 390—395, Längsschnitt, 4 Deckspläne, 8 Lichtb.) Die Schiffe, die im Herbst 1936 nach mehrjähriger Wartezeit — infolge unerwarteter Schwierigkeiten beim Bau der Dockschleusen in Dover — in ihren Dienst Dover—Dünkirchen eingestellt sind, sind nach einem Entwurf von W. Abell von Swan, Hunter & Wigham Richardson in Newcastle-on-Tyne erbaut worden. Die Getriebeturbinen wurden von Parsons, die 4 Kessel von Yarrow und die Rostbeschickung von Taylor konstruiert. Die Hauptabmessungen sind: L ü. a. = 109,726 m (360'), B = 18,440 m (60' 6'), H = 6,096 m (20'), T = 3,810 m (12' 6'), Verdr. = 4206 t (4140 ts). Die Schiffe haben 4 Gleise auf dem Hauptdeck, die Auffahrt der Wagen ist nur achtern und in 2 Gleisen. Im Unterschliff sind außer der Maschinenanlage und Kammern für die Besatzung 2 Aufenthaltsräume für Fahrgäste II. Kl. mit Liegesofas untergebracht. Die übrigen Aufenthaltsräume und

Speisesäle für Fahrgäste beider Klassen sind auf dem Oberdeck angeordnet. Der hintere Bereich dieses Decks wird von einer allseitig geschlossenen Autogarage eingenommen, in der 25 Automobile untergebracht werden können. Die Wagen können in jedem Endhafen über eine geeignete Landebrücke unmittelbar an und von Bord gefahren werden und unterliegen während des Aufenthalts an Bord keinen Beschränkungen hinsichtlich ihres Benzinvervorrates oder anderer Dinge. Lastwagen und Schlepper können auf dem hinteren Teil des Eisenbahndecks befördert werden, wofür auf diesem Teil des Decks die Schienen versenkt angeordnet sind.

Das Fassungsvermögen an Eisenbahnwagen ist entweder ein vollständiger aus 12 Schlafwagen mit je 9 Abteilen und 2 Gepäckwagen bestehender Personenzug oder ein Güterzug von 40 Wagen von je 7,62 m Länge. Für diese Fahren sind besondere Personen- und Güterwagen erbaut worden. Die größte Nutztragfähigkeit — außer den für den Betrieb der Schiffe notwendigen Gewichten — ist i. M. 1200 ts.

Über die Probefahrt des ersten Schiffes, „Twickenham Ferry“, werden

folgende Angaben gemacht: LWL = 108,812 m (357'), T vorn = 3,505 m (11' 6"), T hinten = 3,887 m (12' 9"), T mittel = 3,696 m (12' 1 1/2"), Verdr. = 4044 t (3980 ts), $\delta = 0,53$, $\varphi = 0,575$; Propeller: 2, z = 4, aus einem Stück, Manganese-Bronze, Durchm. = 3,124 m (10' 3/4"), Steigung = 3,048 m (10'), Oberfläche = 3,902 m² (42 sq. ft.). Die Probefahrten fanden bei schönem, ruhigem Wetter, SSO-Wind von 11–12 kn Geschw., 9 Tage nach dem Ausdocken statt. Meßwerte: 1. V = 16,5 kn, Leistung an der Propellerwelle = 4570, n = 189 i. d. Min.; 2. V = 17,8 kn, 6230 PSe, n = 205 i. d. Min.; 3. Rückwärtsfahrt: V = 11,8 kn, 3500 PSe, n = 172,5 i. d. Min. Auf der Brennstoffmeßfahrt wurde mit 4900 PSe, n = 191 i. d. Min., einem Dampfdruck von 17,577 at am Kesselaustritt und einem Vakuum von reichlich 96% ein Kohlenverbrauch von 2,28 t/h gemessen. Der Heizwert der Kohle war 7800 WE/kg, der in einer Stunde erzeugte Dampf betrug 28,3 t.

(Vgl. Fa 4 Werft Reed. Hafen vom 1. Februar 1935, S. 48 und bezüglich der Landanlagen in Dover und Dünkirchen Fa 66 und 67 Werft Reed. Hafen vom 15. Januar 1937, S. 27 u. 28.) Kl.

H Häfen.

Fa 81. Die neuen Getreidespeicher im Straßburger Hafen werden in Nr. 4, 1937 der Zeitschrift „Le Génie Civil“ von R. Graff eingehend beschrieben (6 Seiten mit 11 Abb.). Danach sind diese neuzeitigen Speicher in den Jahren 1935 und 1936 aus der Notwendigkeit entsprungen, die bis-

Inneneinrichtung ist sehr gut aus dem hier wiedergegebenen Querschnitt (Abb. 1) zu erkennen. Das in Kähnen ankommende Getreide wird mittels eines Greifer-Wippkranes in den Schüttrichter A an der Südseite gegeben, von wo es gewogen (C) lose oder eingesackt durch Schüttröhre (F) oder Sackrutschen (E) in die Eisenbahn umgeschlagen werden kann. Das auf Lager zu gebende Getreide gelangt in die Becherwerkgrube (G), aus der es die Becherwerke (zusammen 100 t/h Leistung) auf den Verteilerboden schaffen. Eine sinnreiche mechanische Verteileinrichtung (I) läßt es wahlweise in die gewünschten Speicherräume gelangen. Soll das Getreide wieder von Lager auf Eisenbahn oder Schiff umgeschlagen werden, so kann es aus den einzelnen Räumen durch Fallrohre und Förderbänder wieder in die Becherwerksgrube gelangen und von dort durch das Becherwerk zum Verteiler (I), der es diesmal auf ein außerhalb des Speichers an der Westseite liegendes einstellbares Fallrohr (L) gibt. Daß der Speicher mit allen Sicherungen gegen Feuersgefahr versehen ist, desgleichen mit Vorrichtung zur Reinigung, Siebung, Verwiegen usw., versteht sich von selbst. Das die Leser unserer Zeitschrift weniger angehende Bautechnische ist in der Quelle eingehend behandelt und bezieht sich auf die Berechnungsgrundlagen, die Gründungsarbeiten (Pahlgründung, Wasserhaltung, Bodenverfestigung) u. ä.

Der zweite in der Zeitschrift „Le Génie Civil“ beschriebene am Handelshafen belegene Speicher unterscheidet sich wesentlich von dem ersten. Zunächst soll er mindestens ebensosehr der Lagerung allgemeinen Stückgutes wie der von Getreide dienen; er ist deshalb in der Hauptsache als Bodenspeicher entwickelt, entsprechend einer Länge von 46,5 m und einer

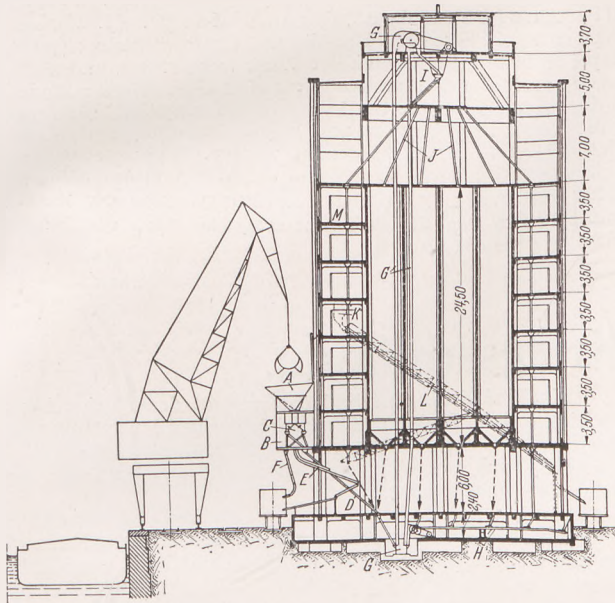


Abb. 1. Querschnitt des Getreidespeichers im Austerlitzhafen.

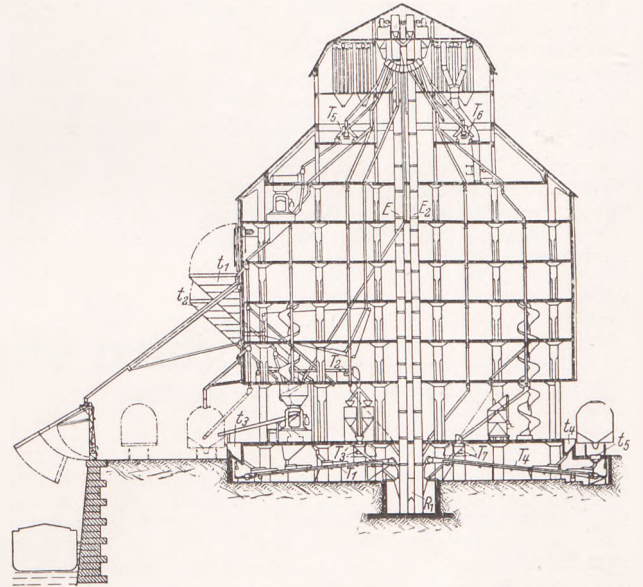


Abb. 2. Querschnitt des neuen Getreidespeichers am Handelshafen.

herigen schwimmenden Getreideläger (Kähne), die in Straßburg zur Versorgung von Ostfrankreich und der Schweiz unterhalten wurden, endgültig durch zwei lager- und umschlagtechnisch hochwertige Anlagen zu ersetzen. Der eine Speicher (Fassungsvermögen 7200 m³) liegt am Austerlitzhafen, der andere mit 3300 m³ Zellenraum am Handelshafen. Der ersterwähnte Speicher, dessen mechanische Ausrüstung durch die deutsche Firma Miag, Braunschweig, beschafft wurde, bedeckt eine Grundfläche von 22,5 × 22,5 m und erreicht eine Höhe von 47 m. Das tragende Bauwerk ist in Eisenbeton errichtet und mit Klinkermauerwerk in einer architektonisch ansprechenden Form ausgefacht. Beachtlich ist die Raumanordnung dergestalt, daß den Kern des Speichers 24 Silozellen, je 24,5 m hoch und 158 m³ fassend, bilden, während die Umrahmung dieses Kernes in 7 Stockwerken (je 3,50 m hoch) für Bodenspeicherung eingerichtet ist. Für gewöhnlich ist jedes Stockwerk in 14 Abteilungen zu rd. 38 m³ Inhalt eingeteilt, doch kann durch verschiebbare Holzwände auch eine andere Einteilung getroffen werden. Der Vorteil dieser Anordnung soll in der größtmöglichen Anpassungsfähigkeit an Art und Partie des Getreides liegen. Die Raumeinteilung sowie die mechanische

Breite von 26 m, Gesamthöhe 31 m. Nur am äußeren Ende sind 24 Zellen von je 17 m Höhe und 3300 m³ Gesamthalt eingebaut. Ferner ist der Speicherneubau an einen vorhandenen Altbau angelehnt und ihm, obwohl in Eisenbeton ausgeführt, im Äußeren angeglichen. Die Deckenbelastung ist im Erdgeschoß zu 2000 kg/m², in den Obergeschossen zu 1600 kg/m² bemessen. Auch die Gründung dieses Speichers gestaltet sich bei günstigeren Bodenverhältnissen einfacher als beim erstbeschriebenen Speicher. Sämtliche Bauausführungen, auch die mechanische Einrichtung, sind von französischen Firmen geliefert worden. Auch hier sei zur Veranschaulichung ein Querschnitt durch den Bodenspeicher wiedergegeben (Abb. 2), aus dem Becherwerke, Verteiler, Bandförderer, Fallrohre, Wendelrutschen usw. zu erkennen sind. Die Durchsatzleistung für Getreide wird zu 100 t/h angegeben. Bemerkenswert ist die Be- und Entladung von Sonderwagen für Getreide. Der letztbeschriebene Speicher besitzt eine Absauge- und Wiedergewinnungseinrichtung für Getreidestaub; im übrigen ist bei beiden Speichern keinerlei pneumatische Fördereinrichtung, wie bei deutschen Getreidelagerhäusern, vorgesehen. W u n d r a m.

Zeitschriftenschau.

SB Kanal- und Küstenschiffe.

Fz 182. 1 S. Küstenfrachtmotorschiff „Castle Combe“. (Shipbuilder a. M. E. B., Dezember 1936, S. 600–601, Längsschnitt, Deckspan, 1 Lichtb.; Shipbuild. Shipp. Rec., 19. November 1936, Längsschnitt, Deckspan, Einrichtung, 4 Lichtb.; Motor Ship, Lond., Dezember 1936, S. 322–323, Längsschnitt, 2 Deckspläne, 1 Lichtb.) Von Charles Hill & Sons, Bristol, für die Ald Shipping Co. in Bristol erbaut. LL = 47,243 m (155' 0"), B = 8,381 m (27' 6"), H = 3,277 m (10' 9"), T beladen = 3,270 m (10' 8 3/4"), Tragf. = 640 t, 454 Br.-Reg.-T., 231 N.-Reg.-T., Laderaum einschließlich Luken für Stückgut: Raum 1 = 309 m³, Raum 2 = 484 m³, zusammen 793 m³. Unter den Laderäumen Doppelboden für 132 ts Ballastwasser. Das Schiff ist als Quarterdecker gebaut. Das erhöhte Quarterdeck reicht bis zum Laderaum 1. Am vorderen Ende des Quarterdecks ein Mast mit zwei 1-t-Bäumen und zwei elektrischen 1-t-Winden. Maschine und Besatzungsräume hinten. Antriebsmotor: Ruston einfach wirkend, Viertakt, 7 Zylinder, 500 PSe, N = 430 i. d. Min. Zwischen Motor und Propeller

ölbetätigtes Umsteuer- und Untersetzungsgetriebe 2,5 : 1, zwischen Motor und Getriebe Bibby-Kupplung. Stromerzeuger: 22 kW.

Fz 183. 1 S. Tankmotorschiff „Koryo Maru“ mit zylindrischen Tanks für Küstendienst. (Shipbuilder a. M. E. B., Dezember 1936, S. 590–592, Längsschnitt, 3 Deckspläne, Maschinenanlage, Lichtb., Probefahrtswerte auf kleinem Tiefgang.) Auf der Tama-Werft der Mitsui Bussan Kaisha für die Yamashina-Schiffahrtsabteilung in Kobe erbaut und für die Ölverteilung an der japanischen Küste bestimmt. L ü. a. = 57,403 m (188' 4"), LL = 53,504 m (175' 6 1/2"), B = 8,90 m (29' 2 1/2"), H bis zum Oberdeck = 3,90 m (12' 9 1/2"), Höhe des Poopdecks = 2,20 m (7' 2 1/2"), Backdeck über Oberdeckstringer = 1,00 m (3' 3 1/2"), Tragf. = 675 ts, T beladen = 3,55 m (11' 7 3/4"), 587 Br.-Reg.-T., 317 N.-Reg.-T., Höchstgeschwindigkeit auf der Probefahrt bei 1,83 m (6') Tiefgang = 12,4 kn. Die vier zylindrischen Ladeöltanks ragen etwa 1,83 m (6') durch das Oberdeck hoch. Tank 3 und 4 haben gleichen Durchmesser,

die beiden vorderen Tanks sind kleiner. Ihre Inhalte sind bei einem Raumverhältnis von rd. $1,06 \text{ m}^3/\text{t}$ (38 cu. ft. per ton): $63,5 + 179 + 230 + 230 = 702,5 \text{ t}$. In Hochbunkern sind $23,4 \text{ t}$, in Doppelbodentanks $30,5 \text{ t}$ Verbrauchsöl untergebracht. Die Räume außerhalb der zylindrischen Tanks werden leer gefahren. Offiziere, Ingenieure und Mannschaft sind in der Poop untergebracht. Kommandobrücke an Vorkante-Top. Deckhilfsmaschinen elektrisch. Oertz-Ruder. Antrieb: ein einfach wirkender Viertakt-Tauchkolben-Motor Mitsui-B. & W. mit 6 Zylindern 300×600 , einer Normalleistung von 550 PSe bei $n = 300 \text{ i. d. Min.}$ und einer Höchstleistung von 660 PSe bei $n = 330 \text{ i. d. Min.}$ während der Probefahrt. Der Motor treibt den Propeller über eine Bibby-Kupplung und ein Untersetzungsgetriebe $2:1$ mit Schrägverzahnung. Stromerzeugung durch einen 75 PSe-45 kW-Dieselelgenerator.

SB Seegehende Sonderschiffe.

Fz 184. 1 S. Fischmotorschiff „British Guiana“. (Shipbuilder a. M. E. B., Dezember 1936, S. 592—595, Längsschnitt, 2 Deckspläne, Hauptspant, 4 Lichtb.; Shipbuild. Shipp. Rec., 19. November 1936, S. 613—616, Schiffspläne, Hauptspant, Motorenfundament, 4 Lichtb.) Von Cochran & Sons für die Grimsby Motor Trawlers erbaut. $LL = 30,479 \text{ m}$ (100'), $B = 6,401 \text{ m}$ (21'), $H = 3,353 \text{ m}$ (11'). Bauweise: Quarterdeck, Back, Kreuzerheck. Isolierung des Fischraums an den Seiten und Enden durch $101,6 \text{ mm}$ (4") starke Patentisolierung Noel mit verstärkter nahtloser Deckschicht; Deckenisolierung durch Korktafeln und zwei Lagen 1" N+F-Holz unter den Deckbalken. Netzwinde: Laurence-Scott mit elektrischem Antrieb und 2 Trommeln, Motor = 45 PS, Ward Leonard-Schaltung, Stillstand bei 4 ts Zug, langsam rückwärts laufend bei 6 ts Zug; jede Seiltrommel (305 mm Durchmesser, 711 mm Breite zw. den Wangen) faßt 731 m Seil von 63,5 mm Umfang und hat besondere Kupplung, normale Zugkraft = $2\frac{1}{2}$ ts bei 1 m/sec Geschw.; auf jeder Seite der Winde ein doppelt eingeschnürter Spillkopf; den Strom für die Winde liefert ein mit 850 Umdr. i. d. Min. umlaufender fünfzylinderiger Ruston-Dieselelgenerator von 75 PSe-55 kW Leistung. Der Hauptmotor ist ein nicht umsteuerbarer, einfach wirkender Viertakt-Ruston-Motor mit 6 Zylindern, 350 PSe und 375 Umdr. i. d. Min. Zwischen Motor und Propeller befindet sich ein im Verhältnis $3:1$ untersetzendes Getriebe mit einer durch Öldruck betätigten Umsteuereinrichtung. Ein Hilfsgenerator von $3\frac{1}{2}$ kW. Treibölverrat = 30 ts, ausreichend für 5000 sm Fahrtstrecke.

Nachrichten über den Kriegsschiffbau.

NK 37—9. Italienische Schlachtschiffe.

(Fortsetzung.)

Die nach einer fast zwölfjährigen Pause, innerhalb welcher nur zwei kleinere Schiffe „Ammiraglio di Saint Bon“ und „Emanuele Filiberto“ ($Dk = 9750 \text{ t}$, $V = 18 \text{ kn}$, vier 25,4 cm, acht 15 cm, Gürtel 250 mm, schwere Artillerie 240 mm) erstellt wurden, in Bau gegebenen und 1901 vom Stapel gelaufenen beiden Schlachtschiffe „Regina Margherita“ und „Benedetto Brin“ waren die letzten von Brin konstruierten Schiffe. Auch hier prägt sich wieder das Streben nach relativ hoher Geschwindigkeit und starker Bewaffnung — vier 30,5 cm L/40 in Doppeltürmen, vier 20,3 cm L/40 und zwölf 15 cm L/40 in Kasematten, sechzehn 7,6 cm-Geschütze — aus. Diese Bewaffnung ließ sich bei der Geschwindigkeit von 20 kn und dem niedrigen Displacement — $D_{\text{Typ}} = 12400 \text{ t}$, $Dk = 13400 \text{ t}$ — wiederum nur mit starken Abstrichen an der Panzerung verwirklichen, wobei nach ähnlichen Grundsätzen wie bei der vorher erwähnten „Re Umberto“-Klasse die Panzerung des Schiffskörpers mit 150 mm Gürteldicke verhältnismäßig schwach gegenüber der schweren Artillerie mit 200 mm Dicke bemessen wurde. Im Zusammenhang mit der Aufstellung des Zwischenkalibers und der Mittelartillerie in Kasematten ist die Panzerfläche im Mittelschiff allerdings bis zu dem durchlaufenden Oberdeck ausgedehnt. Die geringe Gürteldicke wird zum Teil durch die Bemessung der Panzerdecksböschung mit 80 mm ausgeglichen.

Der Vergleich dieses Typs mit der folgenden von dem derzeitigen Obersten des Marinegeniewesens Cuniberti entworfenen „Vittorio Emanuele III.“-Klasse (1904—07) von ebenfalls 13400 t zeigt eine bemerkenswerte Weiterentwicklung. Die Geschwindigkeit ist von 20,5 auf 22,5 kn beträchtlich gesteigert; sie wird unter geringfügiger Vergrößerung der Länge gegenüber der „Margherita“-Klasse auf 145 m bei einem günstigen $V/\sqrt{L} = 1,87$ durch besonders sorgfältige Ausbildung der Schiffsförmung mit 26200 PSI erreicht. Zur Verminderung des Schiffskörpergewichts tragen die bei den beiden ersten Schiffen des Typs teilweise, bei den beiden folgenden ausschließliche Verwendung von „high tensile steel“ für die Verbände und die Verminderung des umbauten Raums durch Verringerung der Seitenhöhe um ein Deck im Mittel- und Hinterschiff bei.

Die Art der Bewaffnung stellt gegenüber der üblichen insofern eine wesentliche Neuerung dar, als die Mittelartillerie durch eine zahlreiche Zwischenbewaffnung — „intermediate caliber“ — von zwölf 20,3 cm L/45 in 6 Doppeltürmen ersetzt wurde. Das Torpedobootabwehrgeschütz war mit 24 Stück 7,6 cm wesentlich stärker vertreten, als sonst üblich.

Durch die Verkleinerung und leichtere Panzerung der Barbetten und Türme für die zwei 30,5 cm-Einzeltürme an Stelle der beiden 30,5 cm-Doppeltürme des „Margherita“-Typs sowie die sonstigen Gewichtsersparnisse konnten der Gürtel- und Zitadellpanzer auf 250 bzw. 200 mm an Stelle von 150 mm gebracht und die Panzerung des Vorschiffs um ein Deck höher gezogen werden.

Als ein allerdings wesentlicher Mangel dieses sonst gut gelungenen Typs muß die Verringerung der schweren Artillerie auf nur zwei 30,5 cm-Geschütze bezeichnet werden.

H Wasserstraßen.

Fz 185. Der Ausbau der Oder zum Großschiffahrtsweg. (Bauing., 13. November 1936, S. 487—502, 26 Abb.) Umfang und Art des Güterverkehrs im Odergebiet. Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, Gefälle und Abflussschwankungen, Wasserklemmen und Eissperrn. Frühere Ausbaurbeiten und Entwicklung der Schifffahrt. Neuere Ausbaurbeiten zur Förderung der Landeskultur und in der Ausführung begriffene Arbeiten im Schifffahrtsinteresse. Niedrigwasserregelung der Oder unterhalb Breslau. Bau der Staubecken Ottmachau, Turawa, Stauwerder und Berghof, an der Neiße, Malapane, Weistritz und Klodnitz. Speicherräume der Staubecken; bemerkenswerte Bauwerke. Der Adolf-Hitler-Kanal mit seinem Endhafen Gleiwitz. Allgemeine Verhältnisse, Verkehr und Bauwerke. Aufzuwendende Gesamtkosten 1933—1940 etwa 140 Mill. RM.

Fz 186. Der Anschluß Thüringens durch die Werra und Weser an den Mittellandkanal. (Bauing., 13. November 1936, S. 502—506, 5 Abb.) Die wirtschaftlichen Verhältnisse Thüringens und das Bedürfnis nach einer leistungsfähigen Wasserstraße. Im Gange befindliche Arbeiten zur Kanalisierung der Weser und Pläne für den Ausbau des Ems-Weser-Kanals. Pläne für die Kanalisierung der Werra; Hauptentwurf für 1000 t-Schiffe und eingeschränkter Entwurf für 600 t-Schiffe.

Fz 187. Bauarbeiten im Clyde für den Stapellauf und die Ausfahrt der „Queen Mary“. (J. Marine March., 31. Dezember 1936, S. 2204.) Um die am Clyde erbaute „Queen Mary“ vom Stapel zu lassen, im Becken der Werft auszurüsten und nach der See zu bringen, mußte das Flußufer gegenüber dem Werftgelände zurückverlegt, die Flußsohle für die Stapellaufstrecke ausgetieft, das Ausrüstungsbecken der Werft ausbaggert und in der Mündungstrecke des Flusses eine Flußverbreiterung vorgenommen werden. Bei den Baggerarbeiten wurde teilweise Felsboden angetroffen, er wurde durch Rammstöße mit einem Felsbrecher zertrümmert. Da das Ausrüstungsbecken der Werft zu kurz war, mußte das in den Flußlauf hineinragende Heck des Schiffes durch Schutzdämme gesichert werden.

Mit der im Verhältnis zum Displacement trotzdem starken Bewaffnung, der den gleichaltrigen Linienschiffen gleichwertigen Panzerung und der um 25% überlegenen Geschwindigkeit sind die Schlachtschiffe des „Vittorio Emanuele III.“-Typs vor den englischen „Invincibles“ als regelrechte Schlachtkreuzer anzusprechen.

Fast könnte es indessen erscheinen, als ob dieser italienische Schlachtkreuzertyp noch einen Kompromiß zwischen den ursprünglich viel weitergehenden und schärfer ausgeprägten militärtechnischen Leitgedanken seines Konstrukteurs und anderen entgegenstehenden Momenten darstellt. Aus dem vorerwähnten, bereits 1904, d. h. ein Jahr vor dem Stapellauf des ersten Schiffes der Klasse, in Janes „Fighting Ships“ für das Jahr 1903 veröffentlichten Aufsatz von Cuniberti über „Das ideale Schlachtschiff“, d. h. das Kampfschiff mit zahlreicher schwerer Einheitsbewaffnung, kann auf die Gleichzeitigkeit der darin enthaltenen Grundgedanken mit der Entwurfstätigkeit an dem „Vittorio Emanuele III.“-Typ gefolgert werden.

Die Konstruktion der „Dreadnought“ als Ergebnis der Arbeiten des im Jahre 1904 von Admiral Lord Fisher in Durchführung seiner Marine-reform eingesetzten Sonderausschusses zur Bestimmung der Haupteigenschaften der neuen englischen Kriegsschiffstypen entspricht im wesentlichen den von Cuniberti vertretenen Grundsätzen erhöhter Geschwindigkeit, einheitlicher schwerer Bewaffnung unter Weglassung des Zwischenkalibers und der bis dahin für alle Schlachtschiffe als wesentlich betrachteten Mittelartillerie, Beschränkung auf die leichte Torpedobootabwehrartillerie und Beschränkung der Panzerung auf die vitalen Teile.

Bekanntlich ist die Entwicklung der Artillerieaufstellung bei den „Dreadnought“-Typen der einzelnen Marinen, teilweise im Zusammenhang mit der Bestimmung der Hauptabmessungen aus anderen Gesichtspunkten heraus, verschiedene Wege gegangen, bis schließlich die Mittschiffsaufstellung als die zweckmäßigste anerkannt und allgemein eingeführt wurde. Als Stufen dieser Entwicklung sind die kombinierte Anordnung von Mittschiffs- und teilweise einander gegenüberliegenden Seitentürmen, von Mittschiffs- und diagonal angeordneten Seitentürmen und schließlich die Mittschiffsaufstellung überhöhter Turmgruppen — letztere zuerst bei den amerikanischen Linienschiffen der „Michigan“-Klasse 1908 — hervorzuheben. Auch auf diesem Gebiet hat die italienische Marine unter der technischen Führung durch Cuniberti eigene Wege eingeschlagen, indem sie mit den 1907 entworfenen, 1909 begonnenen und 1910 vom Stapel gelaufenen Schlachtschiffen der „Dante Alighieri“-Klasse als erste der europäischen Marinen die reine Mittschiffsaufstellung unter erstmaliger Verwendung des ebenfalls von Cuniberti entworfenen Drillingturmes einführte. Bemerkenswert bei diesem Typ ist ebenfalls wieder die relativ hohe Geschwindigkeit von 23 kn nach Konstruktion, 23,8 kn nach Probefahrtsergebnis ($Dk = 19500 \text{ t}$, $L = 167,7 \text{ m}$, $B = 26 \text{ m}$, $T = 8,7 \text{ m}$, $\psi = L$:

$\sqrt{D} = 6,3$, $WPS_k = 32500$ bei gemischter Feuerung und direktem Turbinenantrieb, zwölf 30,5 cm L/46 in vier Drillingtürmen in Mittschiffsaufstellung, davon einer auf dem Backdeck, zwei auf dem mittleren Oberdeck zwischen den beiden Schornsteingruppen, einer auf dem hinteren Oberdeck, zwölf 12 cm L/50, sechzehn 7,6 cm L/50, Gürtel 250—100 mm, schwere Artillerie 250 mm, Kasematten 100 mm, Deckspanzerung 50 mm).

Die 30,5 cm-Drillingtürme sind von der englischen Firma Armstrong gebaut. Ihre Beschreibung ist bereits 1913 veröffentlicht worden¹.

In den wesentlichen Einzelheiten, wie der Konstruktionsgeschwindigkeit, der Bemessung und Aufstellung der Bewaffung, dem auf ausgedehnten Flächenschutz unter Verzicht auf größere Dicken abgestellten Panzerungssystem und dem Fehlen von größeren Aufbauten hat „Dante Alighieri“ große Ähnlichkeit mit den 1911 vom Stapel gelaufenen russischen Schlachtschiffen der „Poltawa“-Klasse (Kiellegung 1909), auf deren Konstruktion Cuniberti ebenfalls maßgebenden Einfluß gehabt haben soll.

Nach dem guten Ergebnis der italienischen Konstruktion ist auch die österreichische Marine mit der 1910 vom Stapel gelaufenen „Viribus Unitis“-Klasse zum Drillingturm übergegangen.

Die folgenden vier Schlachtschiffe „Conte di Cavour“, „Giulio Cesare“ (Stapellauf 1911), „Caio-Duilio“, „Andrea Doria“ (Stapellauf 1913) sind ebenfalls bei einem relativ kleinen Displacement von 22400—23000 t durch eine relativ hohe Geschwindigkeit von 22—23 kn, eine starke Bewaffung von dreizehn 30,5 cm L/46 in drei Drillingtürmen und zwei überhöhenden Doppeltürmen in Mittschiffsaufstellung und ein ähnliches Panzerungssystem wie das von „Dante Alighieri“ gekennzeichnet. Die beiden letzteren Schiffe haben statt der Bewaffung mit achtzehn 12 cm L/50 eine Mittelartillerie von sechzehn 15,2 cm L/50 in Kasematten erhalten.

Der Generalinspektor des Marineingenieurwesens Pugliese weist in dem oben angeführten Aufsatz² unter anderem darauf hin, daß „Conte di Cavour“ und „Giulio Cesare“ in den ersten Monaten dieses Jahres nach Erledigung durchgreifender Umbauarbeiten („radicale rimodernamento“) erneut in Dienst gestellt werden. Nach einer Besprechung in der englischen Zeitschrift „The Engineer“ vom 9. Oktober 1936 wird die umfassende Änderung als „ein besonders kühner Versuch“ („singularly bold experiment in ship rejuvenation“) bezeichnet.

Die weitgehende Verjüngung der beiden Schiffe sollte als Ausgleich gegen die Inbaugabe der französischen 26500 ts-Schlachtschiffe „Dunkerque“ und „Strasbourg“ wirken, nachdem Italien sich zunächst zu einer abwartenden Haltung bezüglich der Frage der Beständigkeit der internationalen Bestrebungen auf Beschränkung der Rüstungen entschlossen und der Duce sich seine Entscheidung zum geeigneten Zeitpunkt über die Inbaugabe neuer Schlachtschiffe, der beiden vorerwähnten 35000-Tonner „Vittorio Veneto“ und „Littorio“ vorbehalten hatte.

Die Angaben über das Displacement von 25000 t und die Länge von 190,5 m nach dem Umbau sind in der betr. Veröffentlichung des „Engineer“ als angenähert bezeichnet; nach neueren Quellen (Weyer 1937) ist das Displacement nach dem Umbau, anscheinend das Typdisplacement, zu 23600 t zu veranschlagen. Die Länge nach dem Umbau ist bei Weyer nur mit 182 m bzw. 186 m angegeben; nach der im Anhang bei W. wiedergegebenen Skizze soll es sich hierbei jedenfalls um die Länge in der KWL bzw. über Alles handeln. Allerdings erscheint eine derart geringe Längenänderung von 175,5 auf 182 m, d. h. um nur 3,8%, selbst bei Anwendung von Jurkewitsch-Formen wenig wahrscheinlich³. Die Breite ist, trotzdem die Schiffe jetzt „Torpedowulste“ erhalten haben sollen, wie vor dem Umbau mit 28,0 m, der neue Tiefgang, anscheinend für das Konstruktionsdisplacement mit 9,1 m statt vorher 8,6 m angegeben. Die älteren und neueren Angaben der Handbücher über das ursprüngliche Konstruktions- bzw. Typdisplacements gehen nicht unwesentlich auseinander, nach Weyer 1936 ist das Typdisplacement mit 21800 t angesetzt; die Displacementsvergrößerung würde daher nach W. nur 1800 t statt 2500 t nach „Engineer“ ausmachen. Die volle Zuladung soll nach Weyer 1936 1450 t Kohle und 850 t Öl, die konstruktionsmäßige 580 t Kohle betragen haben. Anscheinend handelt es sich nach der vergleichswisen Gegenüberstellung von 22500 ts früherem mit 25000 ts neuem Displacement in „The Engineer“ um das Konstruktionsdisplacement.

Der mittlere 30,5 cm-Drillingsturm ist entfernt worden. Statt der früheren 2 Kesselgruppen mit zusammen 20 bzw. 24 Kesseln ist nunmehr nur eine Gruppe mit 8 Hochdruckkesseln erforderlich. Nach Weyer 1937 ist die ursprüngliche Vierwellenanlage beibehalten worden. Statt des früheren direkten Turbinenantriebs sind Belluzzo-Getriebe-Turbinen eingebaut. Die Konstruktionsleistung ist mit 75000 WPS etwa verdreifacht.

Für die formmäßige Unterbringung der Displacementsvergrößerung bestehen verschiedene Möglichkeiten, wie sie nach entsprechenden Veröffentlichungen bei den zahlreichen Umbauten der einzelnen Marinen angewendet sind. Zu nennen sind die Verlängerung des Vorschiffs oder auch des Hinterschiffs, der Anbau von Wulsten oder schließlich der Einbau eines neuen Mittschiffs, abgesehen von dem einfachsten Weg der Tiefgangsvergrößerung.

Welche von diesen Maßnahmen einzeln oder in Kombination mit anderen jeweils in Betracht kommen, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Skizze im Weyer 1937 gibt hierüber nicht ohne weiteres Aufschluß; sie zeigt z. B. andere Abstände zwischen den vorderen und hinteren Turmgruppen, als bei den Typskizzen der vorhergehenden Jahrgänge für die Schiffe vor dem Umbau. Eine Verlängerung der Schiffsenden — meist beschränkt sie sich der größeren Einfachheit halber auf das Vorschiff — bringt nur einen geringen Displacementszuwachs. Unter Annahme eines ursprünglichen Konstruktionsdisplacements von 22800 t, d. h. bei $\gamma = 1,03$ von 22150 m³, einem Blockkoeffizienten $\delta = 0,536$ (einschließlich Anhänge usw.), einem angenommenen Hauptspantkoeffizienten $\beta = 0,90$ und demzufolge einem Zylinderkoeffizienten $\varphi = \frac{\delta}{\beta} = 0,596$ läßt sich aus einem überschlüssigen Volumen-

diagramm (Spantenskala) der mögliche Displacementszuwachs bei einer angenommenen Vorschiffsverlängerung um 10 m zu etwa 200 m³ abschätzen, wobei 10—15 m von dem ursprünglichen Vorschiff zu entfernen und neu zu bauen wären. Ohne Hinzufügung weiteren Displacements im Unterschiff würde sich bei einem Volligkeitsgrad der ursprünglichen KWL $a = 0,75$ und einer Fläche d selben von 3690 m² sowie einem Zuwachs durch den Vorschiffsbau auf 3800 m² für den restlichen Displacementsbetrag von 2540 — 200 = 2340 m³ eine Tiefertauchung von rd. 0,60 m ergeben. Selbst bei einer die ursprüngliche nicht übersteigenden vollen Zuladung von rd. 3000 t — wahrscheinlich dürfte sich bei dem Umbau auf reine Ölfeuerung, der erheblich gesteigerten Leistung und der Verwendung des Heizöls als Schutzfüllung in dem angeblich erheblich verbesserten neuen Unterwasserschutzsystem ein höherer Betrag ergeben — würde bei vollem Schiff nach dem Umbau danach die Oberkante des früheren schweren Gürtels etwa in die WL, wenn nicht darunter fallen. Nach den Typskizzen in den entsprechenden Handbüchern (James „Fighting Ships“ usw.) bestand die ursprüngliche, sehr ausgedehnte Seitenpanzerung aus einem Gürtel von etwa 2,5 m Höhe und 240 mm Dicke und einem darüberliegenden Zitadellpanzer von 229 mm Dicke. Die Seiten der darüberliegenden beiden Decksräume, von denen der obere, bis zum vierten Turm durchlaufende die Kasematten der 12 cm-Mittelartillerie enthielt, waren 125 mm dick gepanzert.

Bei einer Verlängerung des Vorschiffs um 15 m würde auch die Vergrößerung des Freibords, welche sonst in Anbetracht der erheblich höheren Geschwindigkeit bezüglich der Behinderung der vorderen Turmgruppe durch überkommendes Wasser sich unangenehm auswirken würde, nicht mehr so ins Gewicht fallen.

Die Aufnahme des Displacementszuwachses in der Hauptsache durch Tiefertauchung bedingt eine Verringerung der Formstabilität. Bei einer Verlängerung im Mittschiff um 10 m würde sich das Mehrdisplacement von 2500 t mit nicht unbedeutlichem Stabilitätsgewinn ergeben wobei allerdings auf der anderen Seite die etwaige Vergrößerung des Längsbiegemoments durch den vermehrten Abstand der Turmgruppen, die Verschlechterung der Wendigkeit durch Vergrößerung des Massenträgheitsmomentes um die Hochachse und besonders die Notwendigkeit diesen Mittschiffsteil vertikal und horizontal genügend zu panzern, ungünstig wirken. Der sonst vielfach beim Umbau von Schlachtschiffen durchgeführte Anbau von Wulsten hat je nach dem Breiten- bzw. Trägheitsmomentzuwachs in der KWL beträchtliche Vergrößerungen der metazentrischen Höhen bis zu 50% erbracht; nach den betreffenden Angaben haben ferner zum mindesten im Bereich mittlerer Geschwindigkeiten die Wulste keinen ungünstigen Widerstand ausgeübt. Ihr Vorteil ist zudem, daß sie durch die Vergrößerung der Breite des Torpedoschutzsystems die Standkraft verbessern. Nach den Angaben über den Umbau der „Cavour“-Klasse haben die Schiffe jetzt ein modernes Unterwasserschutzsystem erhalten. Beim Einbau der erforderlichen Torpedoschotte mußten vermutlich größere Teile der Außenhaut und der inneren Wandungen erneuert werden; es erscheint daher nicht ausgeschlossen, daß bei dieser Gelegenheit das Unterschiff unter dem Seitenpanzer eine andere Displacementsvergrößernde Form („Torpedowulste“ nach Weyer 1937) erhalten hat, sofern die Angabe im W. betreffs Beibehaltung der ursprünglichen Breite von 28 m zutrifft.

Ein Vergleich mit den Form- und Antriebsverhältnissen entsprechender Schlachtschiffe zeigt, daß die angegebene Geschwindigkeit von 27 kn nach dem Umbau mit einem Probefahrtsdisplacement von etwa 25000 t und der angegebenen Leistung von 75000 WPS erreichbar ist. Für die ursprünglichen Verhältnisse läßt sich auf der Basis des Geschwindigkeitsmaßstabes $V:\sqrt{L}$ ein Vergleich z. B. mit der „Dreadnought“ — $V:\sqrt{L} = 1,68$, $\psi = L:\sqrt{D} = 6,08$, Leistungsbelastung 1,525 WPS/t bei Vierschraubenantrieb —, der deutschen „König“-Klasse — $V:\sqrt{L} = 1,665$, $\psi = 5,99$, WPS/t = 1,373 bei Dreischraubenantrieb —, „Ostfriesland“-Klasse — $V:\sqrt{L} = 1,65$, $\psi = 5,59$, WPS/t = 1,56, Dreischraubenantrieb mit Kolbenmaschinen — und der „Nelson“-Klasse (1926) — $V:\sqrt{L} = 1,609$, $\psi = 6,56$, WPS/t = 1,30 bei Zweischraubenantrieb ziehen. Für die ursprüngliche „Cavour“-Klasse gelten hier folgende Vergleichszahlen: $V:\sqrt{L} = 1,66$, $\psi = 6,22$, WPS/t = 1,405 mit Vierschraubenantrieb. Für den Zustand nach dem Umbau ergeben sich für 27 kn $V:\sqrt{L} = 1,98$, $\psi = 6,44$, WPS/t = 3,0, wobei als Vergleichsschiff z. B. „Derfflinger“ nach den von Bürkner⁴ veröffentlichten Zahlen: $D = 26600$ t, $V = 28$ kn für tiefes Wasser mit 76600 WPS (Vierschraubenantrieb), $L = 210$ m, und entsprechend $V:\sqrt{L} = 1,93$, $\psi = 7,07$, WPS/t = 2,88 herangezogen werden kann.

Die ursprüngliche Konstruktionsleistung soll 24000 WPS betragen haben. Bez. der Änderung der Gewichts- und Raumverhältnisse, welche beim Einbau moderner Maschinenanlagen in Betracht kommt, läßt sich neueres Material aus einem kürzlichen Vortrag des Major Général du Génie Maritime der französischen Kriegsmarine Charpentier⁵ entnehmen. Danach hat sich das Einheitsgewicht der Maschinenanlagen von Linienschiffen und Kreuzern in der fraglichen Zeit von 62 kg/WPS auf 16 kg/WPS, der Grundflächenbedarf für je 1000 WPS von 30 m² auf 7—8 m² und der Raumbedarf für 1000 WPS von 200 m³ auf 60 m³ verringert. Trotz der Erhöhung der Leistung dürfte das Maschinengewicht mithin mit etwa 1050 t noch wesentlich niedriger liegen als das ursprüngliche. Der Heizölverbrauch hat sich nach Charpentier bei gleichzeitiger Drucksteigerung von 16—18 kg/cm² auf 35 kg/cm² von 0,6 kg je WPS/h auf 0,32 kg je WPS/h vermindert. (Schluß folgt.)

H. Evers.

¹ Schiffbau Jahrgang 1921 Heft 36 (nach „The Engineer“ 1921).

² Pugliese, Umberto, Generale Ispettore del Genio Navale: Navi da Battaglia. Riv. maritt. Januar 1937.

³ Vgl. den Umbau des französischen Schiffes „Jean Laborde“ mit einer Längenänderung von 5,7% („Riv. Marittima“ vom Oktober 1936, Rassegna Technica, S. 19).

⁴ Bürkner, Geh. Oberbaurat: Der deutsche Kriegsschiffbau in englischer Beleuchtung. Schiffbau (1921).

⁵ „Les activités scientifiques et techniques de la Marine“, Sitzung der Société des Ingénieurs Civils de France vom 22. Mai 1936; vgl. Riv. maritt. vom März 1937, Rassegna Technica S. 39.

Verschiedene Nachrichten.

Die Konstruktion stählerner Lukendeckel nach Sir Joseph Isherwood.

Bekanntlich ist das Thema der stählernen Lukendeckel in letzter Zeit sehr aktuell und vielbehandelt. Fast alle schiffahrttreibenden Länder sind mit Reformen in dieser Richtung befaßt, die teils Kompromisse bedeuten (stahlblechbeschlagene Holzdeckel), teils radikal vorgehen, um vor allen Dingen auch den sehr zweifelhaften Schutz der Persennig-Bedeckungen zu

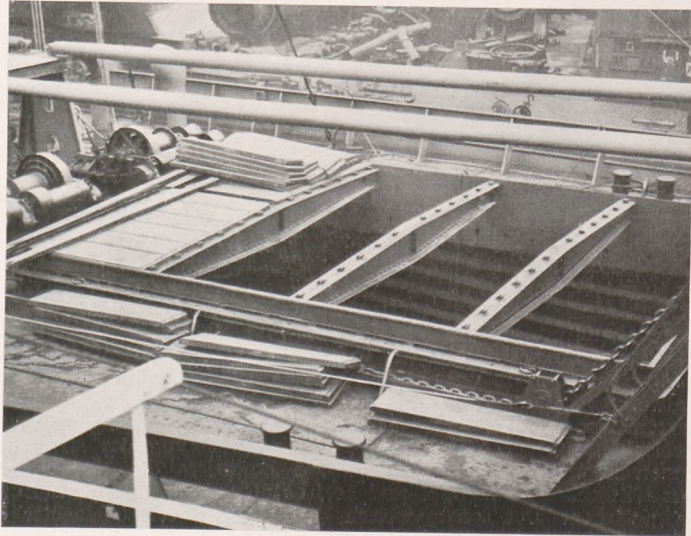


Abb. 1.

beseitigen. Sir Joseph Isherwood, der Erfinder des Längsspannen-Systems und der Arc-Form, hat sich ebenfalls auf diesem Gebiet betätigt und einige mittelgroße Frachtschiffe mit stählernen Lukendeckungen nach eigenem Patent versehen lassen, welche sich in einer Hauptbeziehung von den anderen Bauweisen stählerner Lukendeckel unterscheiden. Sir Joseph Isherwood behält nach Abb. 1 die Scheerstücke in der Luke bei und macht sie zu Hauptelementen der Trägerkonstruktion der Lukendeckung. Die Lukendeckel werden dann längsschiffs auf die Auflagenflächen des vorderen und hinteren

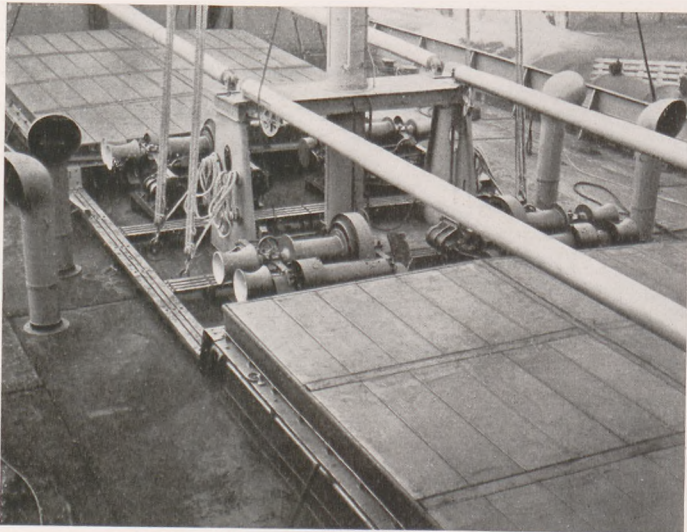


Abb. 2.

Quersüßs und der Scheerstücke gelegt, gerade wie bei der bisherigen Lukenkonstruktion. Die Scheerstücke selbst erhalten Riegel zum Niederhalten der einzelnen Lukenelemente. Da es für unsere Leser, insoweit sie mit diesen Fragen befaßt sind, von Interesse ist, Gewichts- und Preisvergleiche anzustellen, haben wir Sir Joseph Isherwood um zuverlässige Gewichtsangaben über diese Deckelkonstruktion gebeten und folgende Angabe erhalten:

Die Abbildungen stellen eine Luke des Frachtschiffes „Arcwear“ von 8,54 m Länge und 6,01 m Breite dar. Das Gesamtgewicht beträgt einschließlich der 3 Scheerstücke 4,5 t zu 1000 kg — hiervon 1,82 t für die

Scheerstücke und 2,68 t für alles übrige. Jedes Deckelelement wiegt 40,5 kg. Nach Isherwood beträgt in England der Preis per Quadratfuß Lukendeckung 4/6 d für eine Luke, wie hier vorliegend, also für die ganze Lukenbedeckung rd. £ 126.—, dazu die Kosten für die Scheerstücke mit etwa £ 30.—, zus. etwa £ 256.—.
Dr. F.

Motorfrachtschiff mit Generatorantrieb.

Auf der Schiffswerft und Maschinenfabrik Mainz-Gustavsburg G. m. b. H., Mainz-Gustavsburg, verließ ein etwa 1000 t großes Kanal-Motorfrachtschiff, welches für die Westfälische Transport-Aktiengesellschaft, Dortmund, erbaut wurde, die Werft. Das Frachtschiff ist ausgerüstet mit einer Generatorgasmotorenanlage von 250 PS der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Nürnberg. Als Brennstoff wird Brechkoks IV verwendet, der mittels einer vollautomatischen Beschickungsanlage in den Generator gebracht wird. An der Probefahrt nahmen außer den unmittelbar Beteiligten auch eine Anzahl Herren von Behörden, Industrie und Handel teil. Die Probefahrt war ein voller Erfolg.

Das feuersicherste Schiff.

Im amerikanischen Schiffbau ist zum ersten Male ein planmäßig weitgehender Versuch gemacht worden, die Feuersicherheit durch bautechnische Maßnahmen stärker zu sichern, als dies bisher angestrebt worden ist. Die Bull-Reederei hat — wie die amerikanische Fachzeitschrift „Marine Engineering & Shipping Review“ vom April 1937 berichtet — ihren Dampfer „Catherine“ von 2100 Br.-Reg.-T. (erbaut 1918) gelegentlich eines Umbaus der Laderaum- und Fahrgasteinrichtungen in folgender Weise behandelt:

Sie ließ durch die Maryland Dry Dock Co. in den letzten Monaten einen Umbau vornehmen, bei dem alle Stahlschotten und die Decks im Bereiche der Fahrgasteinrichtungen mit feuerfestem Material belegt wurden. Für alle Bettstellen wurden Metallkonstruktionen vorgesehen. Anrichtentische und Schränke aus Holz wurden mit Asbestplatten und mit polierten Bakelitfurnieren belegt. Gardinen und Vorhänge wurden feuersicher imprägniert. Der Schutz der stählernen Verbandteile und Gangwände im Bereiche der Einrichtungen wurde durch eine Auflage von Platten aus „Marinit“ von 20 mm Dicke hergestellt. Marinit ist eine Asbestfaser mit einer Bindemasse, mittels deren das Material unter hohem Druck zu konstruktionsfesten Platten gepreßt wird. Die vorgenommenen Feuerwiderstandsprüfungen haben ergeben, daß das Material 2 Stunden lang 1000° C ohne Deformation widersteht. Die Marinittafeln wurden am Fuß und Kopf durch Stahlschuhe gestützt, und vertikale Stahlprofile (U-Profile) bildeten den Rahmen für diese Tafelungen. Für Bord- und Deckenverschalungen wurde eine feuersichere „Marineplatte“ verwendet, welche bei 25,4 mm Dicke und größerer Konstruktionsfestigkeit als Marinit die gleiche Isolierung herbeiführt. Die Asbestfaserplatten wurden auch wegen ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit als konstruktionsfeste Teilwände in den neu ausgebauten Kühlräumen des Schiffes verwendet und ebenso als Belegung für die vorgeschriebenen Rauchschotten. Insoweit als Stahlschotten innerhalb der Kühlanlage oder als deren Umgrenzung vorkamen, wurden die Marinitplatten zunächst an den Stahlplatten befestigt. Dann wurde eine Lage fester Marine-Isolierplatten aufgebracht, auf diese eine Lage wasserdicht gepreßter Asbestplatten gegeben und dann eine weitere Lage der Marineplatten. Die Nähte wurden mit einem Bindemittel geschlossen und die innere Oberfläche dann als Ganzes emailliert. Der Boden der Kühlräume wurde mit Marinitplatten von 20 mm Dicke belegt, wobei die Zwischenräume mit Streifen des erwähnten Marinitstoffes ausgefüllt wurden. Das Ganze wurde dann mit einer Betonschicht belegt und mit einem Bitumastik-Bodenanstrich versehen.

Die Hauptladeraumschotten wurden mit 76 mm starken Asbestfaserplatten geschützt. Die Tafeln wurden zunächst mit der Stahlkonstruktion der Schotten fest verbunden und dann mit einer Schutzbeplattung des erwähnten härteren Stoffes und zum Schluß mit dünnem Stahlblech belegt. Alle Stahldecks im Innern wurden mit einer Magnesitschicht bedeckt, welche in den Gesellschaftsräumen mit Gummiplatten belegt wurde. Alle inneren Türen der Fahrgastkammern und öffentlichen Räume wurden aus feuerfestem Material hergestellt, mit Bakelit belegt und mit Monelmetallbeschlägen verziert. Die Außentüren der Deckshäuser wurden entweder in Stahl oder aus einer feuersicheren Kernmasse mit Stahlblechdeckung an allen Oberflächen ausgeführt. Nach diesem Grundsatz sind auch die Türen in den Rauchschotten gebaut. Die inneren Treppen sind ganz aus Stahl hergestellt, die Treppenschächte sind wie die Rauchschotten feuerisoliert und haben ein Furnier aus unbrennbaren Bakelitplatten erhalten. Die Erscheinung der Wandpaneel im Innern des Schiffes hat durch den feuersicheren Baustoff und die Art seiner Anbringung in keiner Weise gelitten. Die ästhetische Wirkung ist ebenso gut wie mit Holzpaneelen. Im Haupttreppenhaus sind die Geländer der Treppe in Monelmetall mit Silber- und Goldverzierungen ausgeführt. Die Einrichtungen des ganzen Schiffes enthalten weniger als 1% Holz, und die Teilwände sind nicht nur feuersicher, sondern auch gegen Schall besser gesichert als bei der üblichen Holz Ausführung.
Dr. F.