

Geleitworte.

Mit Genugtuung habe ich davon Kenntnis genommen, daß die Hafenbautechnische Gesellschaft, deren Schirmherrschaft ich im vergangenen Jahr mit besonderer Freude übernommen habe, beschlossen hat, ihre diesjährige Tagung in einem Marinehafen abzuhalten, in dem zur Zeit bedeutende Hafenbauten geschaffen werden. Ich erblicke darin den Ausdruck enger Verbundenheit mit der Kriegsmarine und wünsche der diesjährigen Tagung der Hafenbautechnischen Gesellschaft, die auch gemeinsamen großen Aufgaben dient, vollen Erfolg.

Generaladmiral, Dr. h. c.
Oberbefehlshaber der Kriegsmarine.

Der Entschluß der Hafenbautechnischen Gesellschaft, ihre 15. ordentliche Hauptversammlung in Wilhelmshaven abzuhalten, findet seine besondere Begründung wohl vorzugsweise in dem wissenschaftlichen Interesse, das die Männer vom Fach dem Kriegshafen an der Nordsee entgegenbringen. Dieses Interesse gilt vielleicht nicht einmal so sehr den in der Vergangenheit hier vollbrachten hafenbautechnischen Großtaten, als vielmehr dem Neubau, an dem jetzt in Wilhelmshaven gearbeitet wird. Mag aber der sachverständige Betrachter die hafenbautechnischen Leistungen der Vergangenheit ins Auge fassen oder die Pläne, deren Verwirklichung die nächste Zukunft bringen soll: er wird auf jeden Fall vielfältige und bedeutsame Eindrücke empfangen.

Den Herren Versammlungsteilnehmern wird sich außerdem schon bei flüchtiger Beobachtung die Erkenntnis aufdrängen, daß der organische Zusammenhang der geschichtlichen Entwicklung von Hafenaufbau und Stadtwesen in eigenartiger Weise den Charakter Wilhelmshavens bestimmt. Mag dieser Zusammenhang alle deutschen Hafenstädte kennzeichnen, so stellt doch Wilhelmshaven insofern wohl einen Sonderfall dar, als hier die natürlichen Verhältnisse für sich allein überhaupt nicht die geringste Möglichkeit boten für die Entwicklung eines irgendwie beachtlichen Stadtgebildes. Um die bloße Möglichkeit der Entstehung eines neuen Stadtwesens hier am Jadebusen zu eröffnen, mußte zunächst eine gewaltige hafenbautechnische Leistung vollbracht werden. Die preußische Regierung, die es hier um die Mitte des vorigen Jahrhunderts auf die Schaffung eines Kriegshafens abgesehen hatte, mußte in erster Linie das hafenbautechnische Genie gewinnen für die Erfüllung einer Aufgabe, deren Meisterung damals keineswegs sich von selbst verstand. Unter unsäglichen Schwierigkeiten hat das von bedeutenden Hafenbaumeistern geführte Arbeitsvolk vor etlichen Jahrzehnten die Hafenaufbauten der Marineleitung verwirklicht und damit erst die Grundlage für die Wilhelmshavener Stadtentwicklung geschaffen.

Steht im Anfang der Stadt Wilhelmshaven eine große hafenbautechnische Leistung, so offenbart auch die weitere Entwicklung den Hafenaufbau immer wieder als den großen Schrittmacher im Leben dieser Stadt. Die Gegenwart bietet dafür ein sozusagen handgreifliches Beispiel. Zu den auffälligen Wachstumserscheinungen, die der jetzige Hafenerweiterungsbau im Leben unseres Gemeinwesens gezeitigt hat, gehört auch der Zusammenschluß der beiden Städte Wilhelmshaven und Rüstingen. Und es ist nur eine Frage kurzer Zeit, daß Wilhelmshaven sich eingegliedert haben wird in die Reihe der deutschen Großstädte.

Daß unser Hafen nicht nur Richtung und Inhalt des Lebens der Stadt ausschlaggebend bestimmt, sondern daß er auch ihr Gesicht in wesentlichen Zügen geformt hat, diese Beobachtung werden unsere Besucher sich nicht entgehen lassen. Werft und Hafen treten hier als Wesenskern der Stadt sinnfällig in die Erscheinung. Der Blick vom Rathausturm zeigt das Ineinander von Hafen, Werft und Stadt in einem Bilde, das auch die Männer aus der Fremde als schön und erfreulich empfinden werden.

Wilhelmshaven — Spiegel der Nation: Die Wahrheit dieses Satzes ist unserer Bevölkerung die vergangenen Jahrzehnte hindurch im Wechsel zwischen Aufstieg und Niedergang immer wieder zum nachhaltigen Erlebnis geworden. Mit besonderer Klarheit und Deutlichkeit ist in unserer Hafenstadt der Pulsschlag des neuen Lebens der Nation abzumessen. Diesen Eindruck werden auch die Männer von der Hafenbautechnischen Gesellschaft gewinnen, deren Besuch uns bevorsteht.

Willkommen in Wilhelmshaven!

Heil Hitler!

Oberbürgermeister der Stadt Wilhelmshaven.

Anlage und Entwicklung des Hafens von Wilhelmshaven.

Von Marine-Oberbaurat Pein, Wilhelmshaven.

Bereits der russische Kaiser Paul I. als Landesherr des Jeverlandes um die Wende des 18. Jahrhunderts und zur Zeit der Kontinentalsperre sein Nachfolger in der Landesherrschaft, der Kaiser Napoleon, hatten erkannt, daß die vorzügliche südöstliche Ecke dieses kleinen friesischen Landesteils vorzüglich zur Anlage eines Kriegshafens geeignet sei. Deshalb ist es nicht zu verwundern, daß beim Beschluß des Reichsparlaments in der Paulskirche 1848 zur Gründung einer deutschen Reichsflotte gleichzeitig auch der Plan auftauchte, den noch fehlenden „Deutschen Kriegshafen“ am Fährhuck beim Dorfe Hepens an der Jade zu errichten. Die damals besonders hervorgehobenen technisch-militärischen Vorteile für diese Wahl waren folgende:

1. Gute Ansteuerungsmöglichkeit der Jade.
2. Gute Fahrwassertiefen bis zur Reede.
3. Guter Ankergrund.
4. Guter Windschutz, besonders gegen die vorherrschenden Westwinde.
5. Günstige Eisverhältnisse.
6. Günstige strategische Lage zu den übrigen deutschen Flußmündungen.
7. Keine Störung des Kriegsschiffsverkehrs durch Handelsschiffe.
8. Gute Verteidigungsmöglichkeit.
9. Gutes Hinterland zur Versorgung mit Baustoffen und Lebensmitteln.

10. Sofort vorhandene Möglichkeit, mit für die deutsche Nordseeküste verhältnismäßig geringen Mitteln eine Flottenstation zu errichten.

Das tragische Schicksal der ersten Reichsflotte ließ es zwar nicht dazu kommen, daß damals schon ein Reichskriegshafen entstand; doch schloß der Gedanke zur Gründung einer Flottenstation an der Jade nicht wieder ein. Vielmehr ergriff nach dem unruhlichen Ende der ersten deutschen Flotte nunmehr Preußen die Initiative und schloß am 3. September 1852 einen Vertrag mit Oldenburg, durch den ein Gebiet von 1300 preußischen Morgen an der westlichen Mündung des Jadebusens nebst dem angrenzenden Wassergebiet mit der Staatshoheit an Preußen zur Anlage einer Flottenstation abgetreten wurde. Dieser zunächst aus außen- und innenpolitischen Gründen geheimgehaltene Kriegshafen-Vertrag wurde am 9. Januar 1854 den beiderseitigen Landesvertretungen zur Genehmigung vorgelegt und bald darauf veröffentlicht. Die Gebietsgrenze verlief durch das Banter Außentief und vom Binnentief ab in Richtung auf das heutige Observatorium. Ein Ausbauplan dieses Gebietes lag damals noch nicht vor. Es scheint, als ob eine Klarheit über den wirklichen Geländebedarf damals noch an keiner Stelle bestand, denn die Vorarbeiten zum Ausbau des Geländes zu einem Kriegshafen wurden erst nach Abschluß des Vertrages in Angriff genommen.

Der Entwurf des Bauplanes, der durch die von der preußischen Admiralität eingesetzte Marine-Hafenbaukommission ausgearbeitet war, wurde am 25. Juni 1856 durch König Friedrich Wilhelm IV. genehmigt. Dieser von dem Geh. Oberbaurat Hagen in Berlin aufgestellte Entwurf verzichtete auf die von den Sachverständigen der Admiralität — Wasserbaudirektor Hübbe in Hamburg und Ingenieur J. M. Rendel in London — empfohlene Einrichtung besonderer Spülbecken bzw. eines Spülstromes unter jeweiliger Senkung des Hafenspiegels zwecks Freihaltung der Einfahrt vom Schlickfall, sondern hielt es für richtiger, die Einfahrt durch Baggerungen auf der jeweils erforderlichen Tiefe zu halten. Alle drei Entwürfe sahen von Anfang an einen Dockhafen, also den Abschluß durch ein Schleusenbauwerk, vor. Bei einem offenen Hafen würden Kaimauern von einer Höhe erforderlich geworden sein, die nicht nur die Baukosten erheblich vermehrt, sondern auch das Liegen, Instandhalten und Ausrüsten der Schiffe sehr erschwert haben würden, ganz abgesehen von den dauernd erforderlichen Baggerungen zur Beseitigung des Schlickfalls.

Der Entwurf von Hagen, der dann auch mit geringen Abänderungen zur Ausführung gekommen ist, war jedenfalls der weiterschauende. Auf ihm konnte weitergebaut werden, wenn, wie es schon zwei Jahrzehnte später erforderlich wurde, an eine Erweiterung der Hafenanlagen herangegangen werden mußte, die zunächst mit Ausbruch des Weltkrieges zum Abschluß gebracht schien. Nunmehr ist aber mit den erweiterten Anforderungen der neuen Kriegsmarine des Dritten Reiches noch ein neuer bedeutender Bauabschnitt eingeleitet.

In der Darstellung auf Abb. 1 ist das Gebiet an der Jade enthalten, wie es im Jahre 1853 aussah, und auf dem sich in sechs Jahrzehnten die beiden Jadestädte Wilhelmshaven und Rüstringen mit einer Bevölkerung von annähernd 100 000 Köpfen um die Anlagen des Kriegshafens herum entwickelten. In diesen Plan ist ferner strichliert der mit Kriegsschluß erreichte Ausbau der Hafenanlagen einbezogen, der zeigt, daß nunmehr die weitaus größeren Hafenflächen nicht mehr

innerhalb, sondern außerhalb des alten Seedeiches liegen unter dessen Vorverlegung weit ins Wattgebiet des Jadebusens hinein.

Der Bauzustand, wie er im Jahre 1873 erreicht war, ist auf Abb. 2 dargestellt.

Es war eine Einfahrt zwischen zwei Molen hergestellt; ein äußeres Schleusenhaupt von 20,3 m Weite und 5,3 m Drenpeltiefe bei Niedrigwasser und 8,4 m bei Hochwasser mit beiderseits kehrenden Stemmtonnen führte zu einem erweiterten, als Vorhafen ausgebildeten Schleusenbecken von 100 × 180 m Wasserfläche, von dem aus ein in seinen Abmessungen dem äußeren gleichendes inneres Schleusenhaupt in einen rd. 1 km langen Hafenkanal mündete. Dieser war mit geböschten Ufern angelegt und hatte eine Wassertiefe von 9 m. An den Hafenkanal, über den bereits eine erste Straßenverbindung führte — (die heute noch im Betrieb befindliche alte Jachmannbrücke, eine eiserne Straßendrehbrücke von 48 m Durchfahrtsweite) —, schloß mit ebenfalls 9 m Wassertiefe der Bauhafen mit einer Wasserfläche von 280 × 330 m an, an dessen Westseite 3 heute noch in ihren damaligen Abmessungen von

21,85 m	Torbreite und rd.	130 m	Länge
23,46 m	„	„	130 m
19,20 m	„	„	115 m

bestehende und voll in Betrieb befindliche Trockendocks errichtet waren, neben denen 2 Schiffsaufschleppen lagen, die später zu vollwertigen Hellanlagen von 250 m Baulänge umgebaut worden sind. Um diese Dock- und Slipanlagen herum befanden sich bereits einige Schiffbauwerkstätten, während am Südgelände des Bauhafens die für den damaligen Schiffmaschinenbau und für die artilleristische und seemännische Ausrüstung notwendigen Werkstätten und Lagerräume errichtet waren.

Der gesamte Erdaushub des Hafenkanals und des Bauhafens mit rd. 1,5 Millionen m³ war mit Handkarren unter Überwindung von Steigungen bis zu 12 m ausgeführt worden. Die Docks und die Ufermauern, von denen der Bauhafen und ein anschließendes Stück des Hafenkanals eingefaßt sind, sind unter Verwendung von englischem Portlandzement vollständig im Trocken vorwiegend als Ziegelmauerwerk hergestellt worden, das bei Gelegenheit notwendiger Ergänzungsarbeiten heute noch die hohe Güte seiner damaligen Ausführung zeigt. Aus Abb. 2 ist ferner zu ersehen, daß im Süden der Hafeneinfahrt ein Liegehafen vorhanden war, der kleinen Fahrzeugen und insbesondere den kleinen Fischkuttern als Liege- und Löschstelle diente. Die ersten Anfänge der beginnenden Marinestadt, die 1869 den Namen „Wilhelmshaven“ erhalten hatte, sind ebenfalls angedeutet, ebenso die 1867 eröffnete Bahnhofsanlage, die sich heute noch an derselben Stelle befindet. Während dieser Zeit wurden auch Verhandlungen abgeschlossen zwischen Preußen und Oldenburg zwecks Hinausschiebung der Landesgrenze zur Anlage von geschlossenen Befestigungsanlagen rund um das Kriegshafengebiet. Preußen baute dafür die Bahn Oldenburg-Wilhelmshaven, die bis kurz vor dem Kriege in preußischem Besitz verblieben war. Diese Grenzziehung ist bis zu ihrer Aufhebung durch das Dritte Reich am 30. Januar 1937 in Kraft gewesen und war eine Ursache lähmender Beeinträchtigung einer einheitlichen städtebaulichen Entwicklung der Jadestädte.

Mit dem nach 1873 einsetzenden zweiten Bauabschnitt gingen die Ausgaben, die bis dahin Preußen allein getragen hatte, nach Gründung einer Reichskriegsmarine auf das Deutsche Reich über. Dieser Plan umfaßte außer dem Bau einer weiteren Einfahrt an der Stelle des Liegehafens die Verbreiterung des Hafenkanals nach Norden zu einem Ausrüstungshafen mit festen Kaimauern, die Anlage eines neuen Hafenbeckens mit Kaimauern im Anschluß an die neue Hafeneinfahrt und ihre Verbindung mit den anderen Hafenbecken durch eine Sperrschleuse, die mit einem Schwimmponton verschlossen werden kann, wenn es erwünscht sein sollte, in den an die beiden Einfahrten anschließenden Hafenbecken verschiedenen hohe Wasserstände zu halten. Diese Einrichtung sollte es auch gestatten, in Berücksichtigung der bei eingesetztem Ponton nur geringen mit der Schleuse in Verbindung stehenden Hafenfläche die Schleuse bei normalem Wasserstand für die Durchfahrt eines Schiffes ganz zu öffnen, eine Möglichkeit, von der bei den jetzt im Westen anschließenden großen Hafenflächen nur noch unter besonderen Voraussetzungen bei wenig von Normal abweichendem Außenhochwasser wird Gebrauch gemacht werden können. Über die Sperrschleuse wurde eine jetzt noch in Betrieb befindliche Eisenbahn- und Straßendrehbrücke erbaut, die den Verkehr zu dem zwischen den Einfahrten liegenden Hafengebiet vermittelt.

Die Landanlagen der Bauwerft wurden durch neue Werkstätten und Lagerhäuser erheblich erweitert, und nach dem Bau des ostfriesischen (Ems-Jade-)Kanals wurde das Anschlußstück Wilhelmshaven—Sande mit der in den neuen Hafen einmündenden Abschlußschleuse ausgeführt. Das Hauptbauwerk dieses mit dem Jahre 1886

im wesentlichen beendeten Bauabschnitts ist die neue Hafeneinfahrtsschleuse, jetzt 1. Einfahrt genannt. Diese besteht aus einem Außenhaupt von 24 m Weite und 6 m Drempeltiefe unter Niedrigwasser mit doppelt kehrenden Stemmtoren, einer Schleusenkammer von rd. 130 m Länge und einem durch ein Schwimmponton abgeschlossenen Binnenhaupt, das den Übergang zum neuen Hafen und durch diesen

zum Ausrüstungs- und zum Bauhafen und zum Ems-Jade-Kanal vermittelt. Der Bau dieser Hafeneinfahrt, die bei den um etwa 3,6 m über Niedrigwasser liegenden Außenhochwasserständen auch größeren Schiffen das Einlaufen gestattete, hat damals rd. 10 000 000 M gekostet. Diese Schleuse (1. Einfahrt) ist heute noch ein wichtiges Einfahrtsbauwerk, das nunmehr seit 50 Jahren seinen Zweck jederzeit

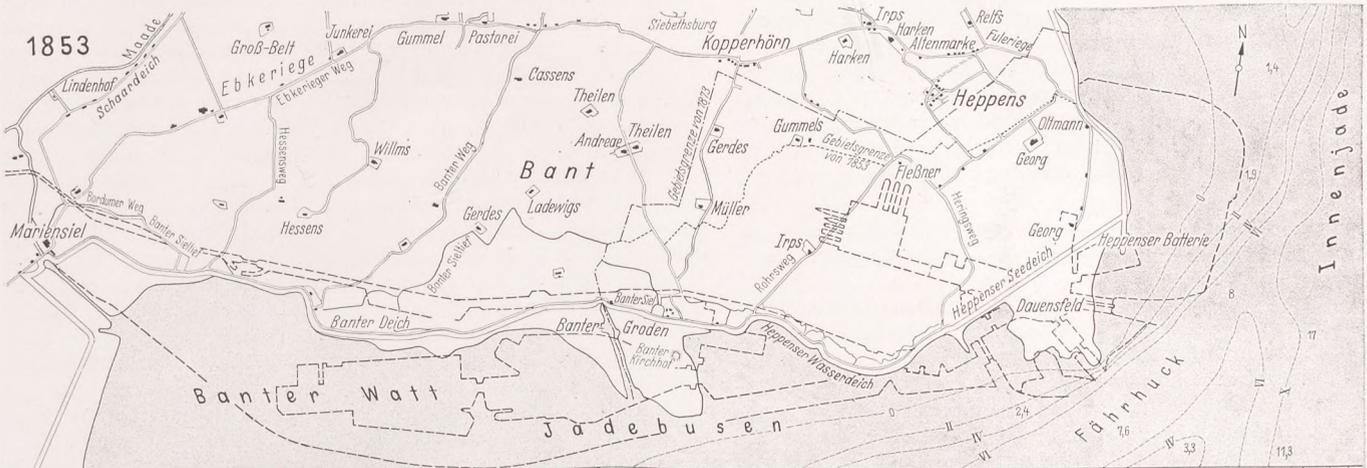


Abb. 1.

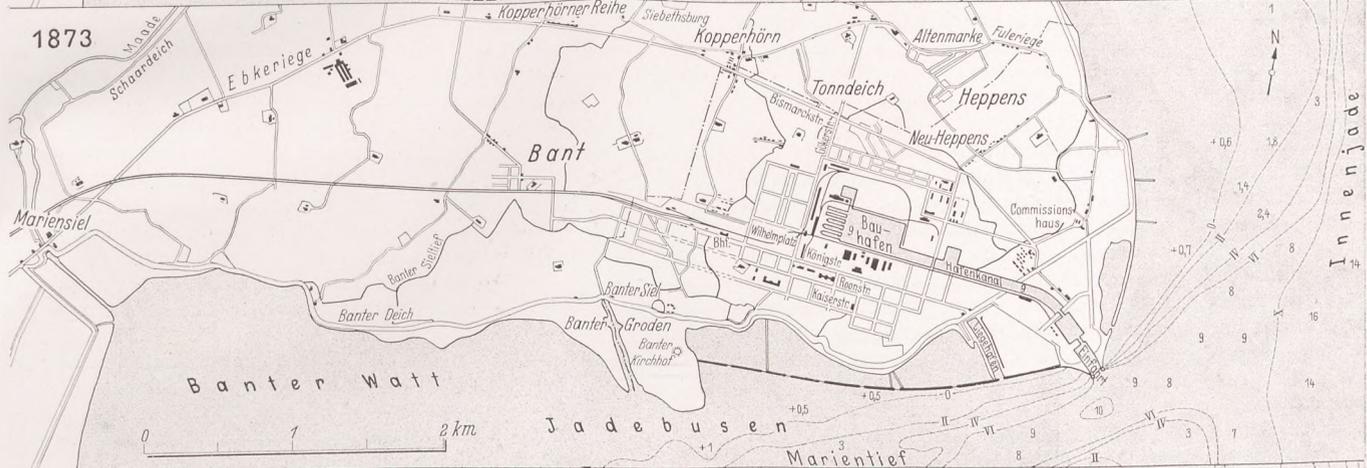


Abb. 2.

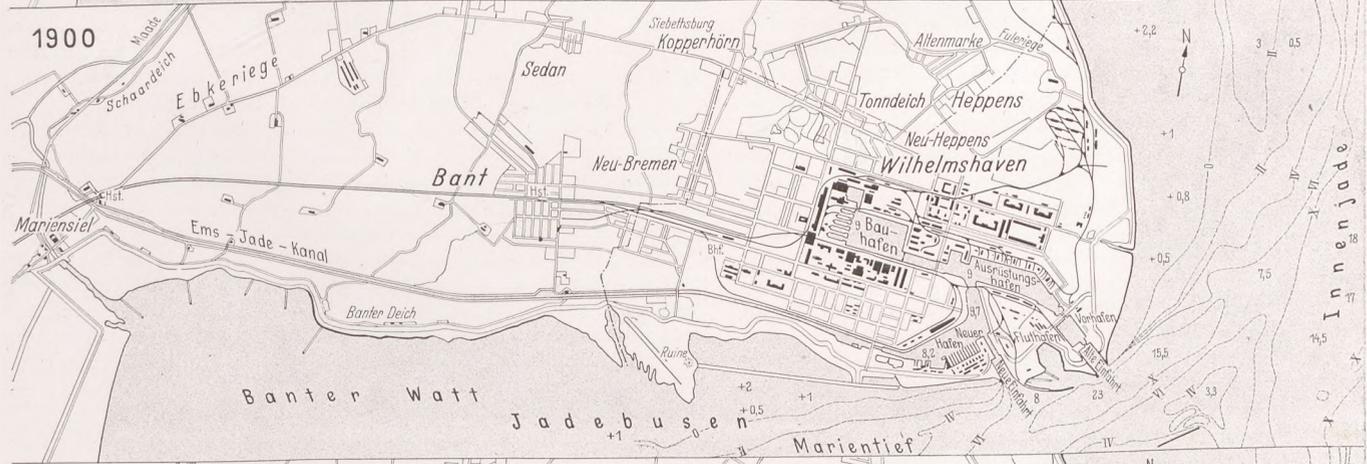


Abb. 3.

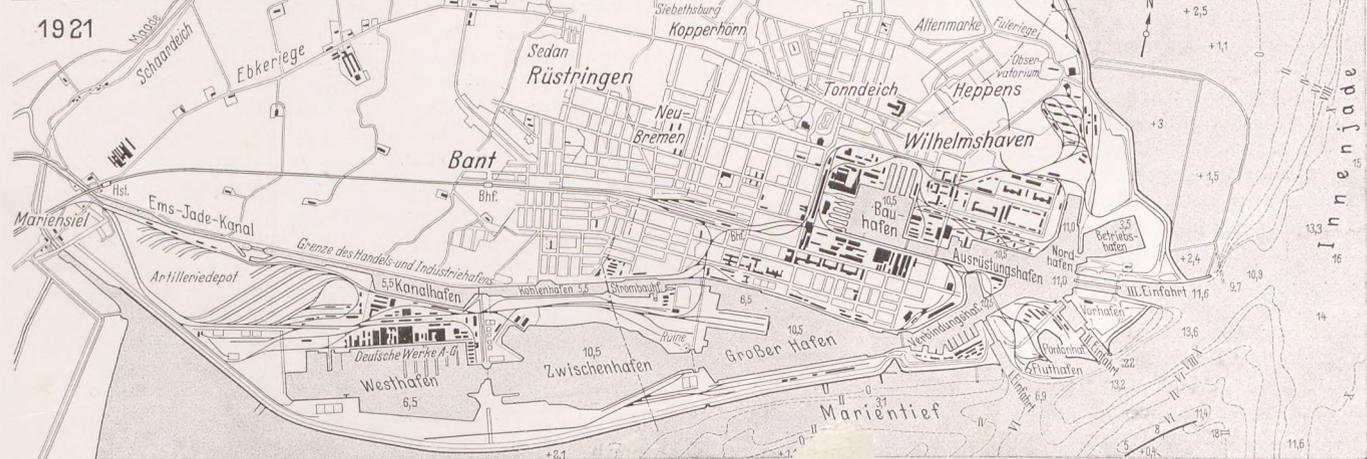


Abb. 4.

Abb. 1. Das Gebiet an der Jade um 1853. Abb. 2. Bauzustand im Jahr 1873. Abb. 3. Werft-, Hafen- und Stadtanlagen um 1900. Abb. 4. Ausbauzustand im Jahr 1921.

ohne Störung erfüllt hat, obwohl es besonders in der Kriegszeit ganz erheblichen Betriebsbelastungen ausgesetzt war. Über sein Außenhaupt führt eine Klappbrücke, die den beiderseitigen Anschluß an die auf der Kappe des Seedeiches entlang führende Verkehrsstraße vermittelt.

Nach 1886 wurden außer der Anlage von kleinen Tidehafenbecken zwischen den beiden Einfahrten bis zur Jahrhundertwende keine nennenswerten Hafenerweiterungen ausgeführt. Die Landanlagen der Werft wurden insbesondere durch die Anlage einer Torpedowerft am Südufer des neuen Hafens erweitert, von der aus sich eine größere Anzahl von Holzbrücken in das Hafenbecken erstrecken, um den kleinen Kriegsbooten für Liege-, Ausrüstungs- und Ausbesserungszwecke zu dienen. Damit wurde eine wesentliche Entlastung der Bauwerft erreicht, die mehr und mehr dem Bau und der Unterhaltung größerer Schiffe zugeführt wurde.

Welche Ausdehnung die Werft-, Hafen- und Stadtanlagen gegen die Jahrhundertwende erreicht hatten, zeigt Abb. 3 mit dem Lageplan von 1900.

Insbesondere ist auf diesem auch noch zu ersehen, daß westlich der Einfahrten der alte Seedeich, der das jadestädtische Gebiet im Süden abschloß, noch in voller Ausdehnung in seiner alten Lage erhalten war. Erst mit dem dritten Bauabschnitt, der von 1900—1914 anzusetzen ist, erhält das Bild Wilhelmshavens seine bedeutendste, nach Süden hin sogar eine grundlegende Änderung, — hat diese doch eine Erweiterung der Hafenfäche von rd. 75 ha auf 245 ha zur Folge. Die Kosten dieses Ausbaues der Hafenanlagen haben rd. 130 Millionen Mark betragen und sind hauptsächlich durch drei große Bauplanungen bedingt worden, nämlich

- a) den Bau von drei großen Trockendocks,
- b) den Bau einer dritten Hafeneinfahrt,
- c) den Bau der südlichen Hafenerweiterung.

Der Grund für diese grundlegende Umgestaltung der Kriegshafenanlagen war die mit der Jahrhundertwende einsetzende stürmische Vermehrung der Kriegsflotte und die sprunghafte Vergrößerung der Kriegsschiffstypen, die ihre Ursache in dem Übergang der englischen Marine zum Dreadnought-Typ ihrer Schlachtschiffe hatte. Bereits 1900 wurde mit dem Bau der drei Trockendocks begonnen. Der Bauplatz dafür wurde auf der Nordseite des Bauhafens freigelegt, wobei die damals durchgehende einseitig bebauten Ostfriesenstraße zum Teil verschwinden mußte. Alle drei Docks wurden in gleicher Größe mit einer Hauptweite von 31,60 m und zunächst einer Baulänge von 175 m hergestellt. Die Dockabschlüsse zum Bauhafen sollten als Schiebetore ausgebildet werden. Von der nördlichen Ufermauer des Bauhafens wurde nach anfänglichem Trockenaushub der Baugrube ein der Baggerbreite entsprechendes Stück entfernt, um den weiteren Aushub durch einen Eimerkettensbagger bis 17,50 m unter Hafenniveau zu bewirken. Danach wurden im Taucherglockenverfahren die Docksohlen in einer Stärke von 6 m im Mischungsverhältnis 1 Teil Traß: 1 Kalk : 1,5 Seesand : 5,6 Teilen Rheinkies ausgeführt, wobei eine besondere Traßmühle die erforderliche Feinheit dieses Zuschlagsstoffes herstellte. Auch die Dockwände wurden bis etwa auf die letzten 3 m Höhe unter der Taucherglocke betoniert, und danach wurde die Docksohle mit einer Klinkervollschicht und die Wände mit $\frac{1}{9}$ Stein starker Klinkerverblendung versehen.

Bei dieser Ausführung waren auch bereits die Tornischen für die Schiebetore mit hergestellt worden. Bevor jedoch die Tore selbst eingesetzt worden waren, ergab die Einführung des Dreadnought-Typs auch in der deutschen Marine die Notwendigkeit, die nutzbare Docklänge möglichst zu vergrößern. Infolgedessen wurde vom Reichsmarineamt angeordnet, daß nacheinander die Schiebetore zu Schwimmpontons als Abschlüsse zum Hafen umgebaut werden sollten. Ferner wurden die Dockkörper nach Freistimmen der entsprechenden Betonmassen nacheinander mit eisernen Verstärkungsstrukturen versehen, um mehrere durchgehende Arbeitspodeste entfernen und so das Dockprofil erweitern zu können. Diese Anordnungen bedingten auch einen Umbau der Dockhäupter, der im Schutze von dafür besonders konstruierten Vorsatzpontons durchgeführt wurde. Auf diese Weise wurde erreicht, daß nunmehr 3 Schiffe bis zu einer Länge von etwa 186 m, einer Breite von etwa 30 m und einem Tiefgang bis zu 10 m gleichzeitig Dockgelegenheit in Wilhelmshaven hatten. Dabei wurde der Bauhafen von 280 m auf 330 m verbreitert und von 9 m auf 10,5 m vertieft unter Belassung einer flachen Schutzböschung vor den Ufermauern.

Der erste Teil der Bauarbeiten an den neuen Trockendocks war 1908, die Verstärkung und der Häupterumbau waren 1913 beendet.

Fast gleichzeitig, nach der Jahrhundertwende, wurde bereits mit den Vorarbeiten zur Herstellung einer neuen, der 3. Hafeneinfahrt begonnen. Als ihre Hauptabmessungen war eine doppelte Kammerbreite von 35 m und einer Drempeltiefe im Außenhaupt von 10,4 m unter Niedrigwasser, im Binnenhaupt von 11 m unter mittl. Hafenniveau bestimmt worden. Die Schleusenbauten wurden in ähnlicher

Weise wie der Bau der Trockendocks im Taucherglockenverfahren durchgeführt. Die Betonzuschlagstoffe waren dieselben und in gleicher Weise bemessen, nur wurden an besonders beanspruchten Stellen bis zu 50 kg Zement je m³ zugesetzt. Auch hier zeigte sich während der Bauausführung bereits eine Notwendigkeit zur Vergrößerung der Schleusenbreite. Nach Fertigstellung der Schleusensole in 4 m Stärke waren die Kammermauern der südlichen Schleuse bereits so weit durchgeführt, daß eine nachträgliche Verbreiterung nicht mehr durchführbar war; dagegen gelang es noch, die nördliche Schleusenkammer auf eine Breite von 40 m anzulegen. Die Schleuseneinfahrt wird begrenzt von einer rd. 300 m langen Südmole und einer rd. 600 m langen Nordmole, deren Köpfe bis zum tiefen Jafefahrwasser vorgestreckt sind. Trotzdem ist der Schlickfall im Schleusenvorhafen nicht unbeträchtlich, da er durch eine durch die vorbeistreichende Flut- und Ebbströmung bedingte Kreiselbewegung des Wassers begünstigt wird, so daß ständig erhebliche Baggerarbeiten zur Freihaltung der Wassertiefe vor den Außenhäuptern erforderlich sind.

Der Schleusenbeton ist mit einer Klinkerverblendung versehen, die jedoch im Laufe der Jahre an zahlreichen Stellen beschädigt und gelockert wurde, so daß dem Seewasser Gelegenheit gegeben war, auf den in immerhin magerer Mischung ausgeführten Schleusenbeton eine zersetzende und zerstörende Wirkung auszuüben, die geeignet gewesen wäre, im Laufe der Zeit die Standsicherheit dieses wichtigen Bauwerks in Frage zu stellen. Deshalb ist mit Beginn des Wiederaufbaues der Marine und ihrer Anlagen auch eine Grundinstandsetzung der 3. Hafeneinfahrt in Angriff genommen, die darin besteht, daß sowohl die Tor-kammern als auch die Wände der Schleusenkammern eine Verkleidung durch eiserne Doppelspundwände erhalten, die mit Sicherheit dem weiteren Einwirken des Seewassers auf den Schleusenbeton Einhalt gebieten werden. Diese Arbeiten sind bei der Südschleuse bereits durchgeführt und sollen anschließend in der Nordkammer fortgesetzt werden. Gleichzeitig damit wird ein Umbau der Antriebe der Schiebetore vorgenommen, die anstatt des ursprünglichen hydraulischen Überdruckantriebes den zuverlässiger wirkenden Zahnstangenantrieb erhalten. Die vorstehenden Mängel zeigten sich bereits bei der starken Inanspruchnahme während des Krieges, während dessen diese Schleuse wohl das wichtigste Wasserbauwerk des deutschen Seekrieges genannt werden konnte.

Trotzdem hat die 3. Einfahrt von 1909 bis heute ununterbrochen ihrem Zweck gedient und ist dank der Anlage als Doppelschleuse nicht einen Tag ausgefallen. Sie wird in kurzem als ein für viele Jahrzehnte neu gefestigtes Bauwerk 1. Ordnung die gesicherte Zufahrt zu Deutschlands Kriegshafen an der Nordsee weiter versehen.

Im nördlichen Anschluß an das Binnenhaupt der 3. Einfahrt wurde ein Nordhafenbecken mit 11 m Wassertiefe und ein Betriebs-hafen mit 3,5 m Wassertiefe angelegt, ersterer als Liegeplatz für große Schiffe, letzterer als Werftbetriebs- und Scheibenhafen.

Die räumlich bei weitem größte Erweiterung erfuhren aber die Hafenanlagen im Gebiet der „Süderweiterung“. Nachdem sich die Stadt insbesondere auf preußischem Gebiet fast ganz bis an den Ems-Jade-Kanal herangebaut hatte, war der zwischen dem Seedeich und dem bebauten Stadtgebiet verbliebene Raum so schmal geworden, daß seine Ausnutzung für Hafenzwecke nicht mehr in Frage kommen konnte. Als daher mit der Auswirkung der Flottengesetze sich die Notwendigkeit ergab, erheblich mehr Liegeplätze für große Schiffe wie auch für Torpedobootsflottillen zu schaffen, standen nur Auswege nach zwei Richtungen zur Wahl: Entweder nach Norden östlich der Stadt oder nach Westen südlich der Stadt. Gegen eine Erweiterung der Hafenanlagen nach Norden sprach einmal deren ungünstige Lage zu der Einfahrtrichtung der Schleusen, die ein jedesmaliges Wendemanöver der großen Schiffe vor der Schleusung erforderlich gemacht hätte, und sodann auch die Gefahr der Verbauung für andere, damals wohl noch in weiter Ferne liegende, heute aber schon in greifbare Nähe gerückte Erweiterungsnotwendigkeiten zum tiefen Fahrwasser der Jade. Diese Erweiterungsnotwendigkeiten machten sich schon während des Krieges bemerkbar und waren die Ursache, daß bereits 1917/18 nördlich der 3. Einfahrt ein neues Baugelände für eine 4. Einfahrt vorbereitet wurde mit dem überschüssigen, aus den nachstehend beschriebenen Hafenerweiterungen stammenden Aushub. Das Gelände, das nunmehr endlich seiner Bestimmung zugeführt werden soll, ist in seinen Umrissen im Plan von 1921 eingetragen.

Anders dagegen lagen die Möglichkeiten, wenn man anstatt des südlich des Ems-Jade-Kanals verlaufenden Seedeiches einen neuen Deich von der Nähe der 1. Einfahrt bis nach Mariensiel um bis zu 1 km ins Watt hinein baute. Dadurch konnten keine späteren Pläne zerstört werden, die neuen Hafenbecken ließen sich zwanglos in eine sich wenig ändernde Fahrtrichtung für alle Schiffsgrößen einfügen, und der Deichbau konnte an bedeutend geschützterer Stelle des Jadebusens durchgeführt werden, als dieses an der zum offenen Jafefahrwasser hinausführenden Nordostseite des Jadegebietes in der erforderlichen Ausdehnung möglich gewesen wäre. Im Jahre 1906 wurde in drei Abschnitten mit dem neuen Deichbau begonnen, seine Durchführung

war 1911 beendet. Dadurch wurde zunächst die Hafenfläche des Großen Hafens, sodann die des Zwischenhafens und schließlich die des Westhafens durch jahrelang dauernde, noch im Kriege fortgesetzte Baggerarbeiten gewonnen, deren Bodenmassen zunächst zum Aufspülen des naturgemäß in Beziehung zum Hafenwasserstand erheblich zu tief liegenden früheren Außendeichlandes benutzt wurden, um dieses nunmehr binnendeichs gelegene Gebiet als Kaiflächen verwenden und bebauen zu können. Der überschießende Aushub wurde zur Aufhöhung des südlich von Mariensiel liegenden Cäcilienrodens, der heute den Landflugplatz des Kriegshafens bildet, und zur Schaffung eines neuen Baugeländes außerhalb des Seedeichs nördlich der 3. Einfahrt benutzt.

Die bedeutendsten Hafenbauanlagen, die an den neuen Hafenflächen angelegt wurden, waren folgende:

Nach Verlegung der Mündungsschleuse des Ems-Jade-Kanals in die Nähe von Mariensiel wurde mit Ausführung der Wasserverbindung zwischen dem neuen, nunmehr Verbindungshafen genannten Hafenteil mit dem Großen Hafen an deren schmalster Stelle eine zweiarmlige Straßendrehbrücke, die Kaiser Wilhelm-Brücke, erbaut, ein Bauwerk, das in 10 m Höhe der Fahrbahn den Hafenwasserspiegel überspannt, nach seiner Öffnung eine Durchfahrtsbreite von 80 m freigibt und lange Zeit für die größte Brücke ihrer Art in Europa galt. Am nördlichen Ufer des Großen Hafens wurden in 700 m Länge Liegeplätze für Torpedobootsflottillen an über den flachen Hafenböschungen errichteten hölzernen Anlegebrücken errichtet. Das Südufer wurde in 1 km Länge mit gleichartigen Brücken, jedoch erheblich stärkerer Bauart, eingefast als ständige Liegestellen für die größten Kriegsschiffe und mit den zugehörigen Landanlagen versehen. Der vor der neuen Mariensiel Schleuse liegende Teil des Ems-Jade-Kanals wurde zu einem Hafenbecken von 6,5 m Tiefe, zu einem Strombauhafen, einem Kohlenhafen und einem Kanalhafen von 5,5 m Tiefgang erweitert und an zwei Stellen mit Drehbrücken überbrückt, von denen die östlich gelegene, die Deichbrücke, neben einer Straße ein Eisenbahngleis trägt, während die westliche, die Rüstringer Brücke, nur dem Straßenverkehr dient. Die langgestreckte schmale Landzunge zwischen den Kanalhafenflächen und den neuen südlichen Hafenbecken läuft nach Osten in die sog. Kohlenzunge aus, deren Ufer ebenfalls durch Holzbrücken eingefast ist, die während des Krieges als Schiffs Liegeplätze stark benutzt wurden.

Vom Zwischenhafen wurde vor und zum Teil während des Krieges nur ein geringer Teil ausgebaut. Im Südosten wurde im Eigenbetrieb des Hafenbauressorts eine damals noch neuartige eiserne Spundwand von 500 m Länge für zwei der neuesten und größten Einheiten der deutschen Flotte, die dort ihre ständigen Liegeplätze und einen Maschinenerprobungsplatz erhalten sollten, hergestellt, die aber für den beabsichtigten Zweck nicht mehr benutzt worden sind.

Im Nordwesten war eine Schwimmdockgrube bereits bei Kriegsbeginn fertiggestellt und mit festen Uferwänden eingefast zur Aufnahme eines 40 000 t-Schwimmdocks, das nach dem Kriege von den Engländern nach Malta entführt worden ist.

Der Westhafen dagegen sah während des Krieges den lebhaftesten Verkehr an Kleinschiffen der Kriegsmarine, den Torpedo- und Unterseebooten. Bereits 1911 war mit dem Bau einer neuen nach den neuesten Erfahrungen des Kriegebootsbaues errichteten Torpedo- und U-Bootswerft begonnen, die im Sommer 1914 fertiggestellt war und während des ganzen Krieges zur vollen Ausnutzung gekommen ist. Sechs in den Hafen hineingebaute Anlegebrücken, die auf eisernen Ramm-pfählen standen, dienten zusammen mit zahlreichen Hebepon-tonen für möglichst rasche und gleichzeitig an vielen Booten durchzuführende Instandsetzungsarbeiten.

Da die Häfen der Süderweiterung von den durch die 3. Einfahrt einlaufenden großen Schiffen nicht erreichbar waren, mußte ein neuer Wasserweg durch die Hafeninsel geschaffen werden. Dieser In-sel-durchstich wurde in den Jahren 1911—1913 durchgeführt und mit einem verschließbaren Pontonhaupt, dem Hafentor, versehen. Durch diesen Hafenschluß ist es in Verbindung mit dem Inselbrücken-ponton möglich, die gesamten Hafenflächen von der 3. Einfahrt für den Fall ihrer Beschädigung abzuschließen. Eine Notwendigkeit dafür hat sich bis heute nicht ergeben, dagegen hat das Hafentor als Gleis- und Straßenbrücke zum Gebiet der Schleuseninsel und zu den Tidehäfen zwischen der 1. und 2. Einfahrt erhebliche Verkehrsbedeutung.

Bleibt noch an allgemeinen Versorgungseinrichtungen des Hafens zu erwähnen, daß von 1911—1913 ein eigener großer Verschiebebahnhof im Anschluß an den Staatsbahnhof Sande angelegt worden ist, der mit eigenem, bis Mariensiel neben den Reichsbahngeleisen verlaufendem Verbindungsgleis über die „Süderweiterung“ — mit einer Abzweigung zu den Hafenflächen am südlichen Seedeich — durch das Gelände der Utowerft über eine weitere Verschiebeanlage und über die Deichbrücke durchs Stadtgebiet zur Bauwerft führt, von wo zahlreiche Abzweigungen die unmittelbare Wagenzustellung nach allen Werft- und Hafenteilen bis zu den Einfahrten vermitteln.

Zwei elektrische Krafterzeugungsstationen von zusammen rd. 16 750 kW Leistung, eine mit Dampfturbinen, eine mit dieselektrischem Betrieb, erzeugen den für den Werftbedarf und für den Antrieb der Schleusen und Brücken erforderlichen Kraft- und Lichtstrom. Außerdem können die Werft- und Hafenanlagen im Notfall an das Überlandnetz umgeschaltet werden, das die Jadestädte versorgt.

Die sehr wichtige Frage der Wasserversorgung des Hafengebietes ist gesichert durch ein bereits 1877 errichtetes Geestwasserwerk in 15 km Entfernung vom Stadtgebiet, dessen Anlage notwendig wurde, weil mit zunehmendem Ausbau des Kriegshafens es nicht mehr möglich war, den Wasserbedarf aus den beiden 200 m tief liegenden artesischen Brunnen im Stadtgebiet zu decken. Freilich war auch eine Bauvorschrift vorhanden, die allen Privathäusern die Verpflichtung zur Anlage einer Regenwasserzisterne auferlegte, doch konnte ein Kriegsschiff- und Werftbedarf mit solchen Hilfsmitteln nicht aufrechterhalten werden. Im Hafengebiet wurden vielmehr trotz des immer weiteren Ausbaues des Marinewasserwerks an den besonders ungünstig gelegenen Versorgungsstellen kurz vor dem Kriege noch 4 große unterirdische Wasserbehälter mit automatisch anspringenden Druckpumpwerken errichtet, die bei dem im Kriege gewaltig ansteigenden Wasserbedarf der Werft und des Hafens von der größten Bedeutung geworden sind. Dazu wurden noch als Notreserve während des Krieges 10 Tiefbrunnen im Stadt- und Hafengebiet erbohrt, deren Filter von 30 cm Durchmesser und 30 m Länge unter einer 50 m starken Tonschicht 220—250 m unter Erdoberfläche in feinen tertiären Sanden liegen. Diese Brunnen, in denen das Grundwasser im Ruhezustande bis zur Erdoberfläche ansteigt, zeigen eine der Flutkurve ähnliche Wasserstands-bewegung. Sechs dieser Brunnen sind fertig ausgebaut und imstande, durchschnittlich je 300 m³ Trinkwasser in 24 Stunden zu liefern. Es versteht sich, daß der Kriegshafen auch in bedeutendem Maße mit Ölbehälteranlagen ausgestattet wurde, die mit Übernahme- und Abgabevorrichtungen auf der Land- und Wasserseite versehen sind. Diese Ölversorgungsanlagen liegen in der Nähe der ständigen Schiffs Liegeplätze und daher überwiegend im Gebiet der Süderweiterung. Drei Empfangsbehälter im Westhafen gegenüber der Utowerft sind dabei für den Ölümschlag zu dem großen Öllagerhof am Bahnhof Sande angelegt worden.

Nach dem Kriege schrumpfte die Marine bedeutend zusammen. Die Marinewerft Wilhelmshaven verblieb als einzige Reichswerft, und ihr Hafengebiet wurde auf den Bauhafen und die Hafenbecken östlich der Kaiser Wilhelm-Brücke beschränkt. Auf Abb. 4 ist der Zustand dargestellt, in dem 1921 lageplanmäßig die Hafenanlagen ausgebaut waren. Nach einer vorübergehenden Verwaltung und nach Verwertungsversuchen durch die Reichsfinanzverwaltung führte die nach Überwindung der Inflation einsetzende Scheinblüte der deutschen Wirtschaft die Verwaltung der Jadestädte zu der Ansicht, man könnte aus einem reinen Kriegshafen ohne besondere Schwierigkeiten auch einen Handelshafen machen, wenn nur das schwerfällige staatliche Verwaltungssystem durch eine nach privatwirtschaftlichen Gesichtspunkten arbeitende Gesellschaft ersetzt würde. Andauernde Vorstöße der „Interessenten“ in diesem Sinne führten dann auch dazu, daß im Jahre 1926 ein Vertrag zustandekam, durch den die Wilhelmshaven-Rüstringer Lagerhaus A. G. — die „Wrihala“ seligen Andenkens — als Geschäftsführerin der beiden Jadestädte und der Länder Preußen und Oldenburg die Hafenanlagen westlich der Kaiser Wilhelm-Brücke auf 40 Jahre in Betrieb und Verwaltung übernahm mit Ausnahme des Gebietes der früheren Torpedo- und U-Bootswerft und des westlich daran anschließenden Marindepotgeländes. Die „Wrihala“ hatte vertragsgemäß die Bauwerke zu unterhalten, soweit es noch wirtschaftlich vertretbar war, — eine Gummibestimmung, die dazu führte, daß der natürlich auch unter privatwirtschaftlicher Führung nicht einsetzende Wirtschaftsaufschwung auch keine ausreichenden Bauunterhaltungsmittel für die größtenteils unbenutzten Kaianlagen und deren Landausstattung abwarf. So kam es, daß seit der Wiederübernahme der „Süderweiterung“ in den Besitz der Marine am 1. April 1934 alles das wieder erneuert werden muß, was die Nachkriegszeit an Unterhaltungsarbeiten an fast allen Bau- und Betriebsanlagen versäumt hat. Dasselbe gilt aber auch für die früher so neuzeitlich ausgestatteten Anlagen der Utowerft. Nach einer kurzen Betriebszeit als Zweigwerk Rüstringen der Deutschen Werke A. G. überdauerte auch dieser Betrieb die Inflationszeit nur kurze Zeit, fristete dann noch als Industrie A. G. einige Jahre ein wenig erfreuliches Dasein, während dessen der größte Teil des Wertbaren abgebaut wurde, um seit 1930 einer hoffnungslosen Agonie zu verfallen. Aus diesem todesähnlichen Schlafzustand hat dann das neue Reich mit dem Wiederaufbau der Kriegsmarine auch dieses immer noch wertvolle Werftgerippe wieder zu neuem Leben erweckt, so daß auch hier demnächst eine neue Utowerft einer zahlreichen Arbeiterschar wieder ihre Pforten öffnen wird.

So sind die Bilder unseres Reichskriegshafens an der Nordsee ein getreuer Spiegel der Entschlußkraft des alten Preußens, der großen Leistungen der ersten Baupioniere in diesem jedes über die einfach-

sten Ernährungs- und Wohnverhältnisse hinausgehenden Lebensbedürfnisses baren Landstrich, der Kraft und Herrlichkeit des Kaiserreichs, des unerschütterlichen Zusammenreißen deutscher Kraft im Weltkrieg, der unseligen Verwirrung der Geister nach dem Motto „Nie wieder Krieg“, des festen Glaubens einer kleinen Anzahl solda-

tisch-seemännisch fühlender Männer, die auch ihrer scheinbar hoffnungslos am Boden liegenden Marine und ihrer „Schlicktown“ die Treue bewahrten bis zum siegreichen Durchbruch des Wiederaufbauwillens unserer deutschen Wehrmacht und Kriegsmarine unter dem Befehl des Führers des Dritten Reiches.

Der Jadebusen und seine Bedeutung für Wilhelmshaven.

Von K. Lüders, Wilhelmshaven.

Nachdem Oldenburg im Jahre 1853 durch Staatsvertrag ein 599 ha großes Gebiet am Jadebusen an Preußen für den Bau eines Kriegshafens abgetreten hatte, hat diese in jener Zeit nur wenig beachtete Meeresbucht in den kommenden Jahren in steigendem Maße die Fachkreise, aber auch die Öffentlichkeit beschäftigt. Besonders wurde die Frage eingehend untersucht, ob für die Tieferhaltung des Fahrwassers in der Jade und vor der Einfahrt zu dem geplanten Kriegshafen der Jadebusen als Spülbecken notwendig sei oder nicht. Bei diesen Erörterungen waren die Ansichten der Fachleute teilweise einander entgegengesetzt, zumal für die Beurteilung dieser wichtigen Frage einigermaßen zuverlässige Unterlagen in damaliger Zeit kaum vorhanden waren. Ohne an dieser Stelle auf die zahlreichen in den Akten des Strombauressorts der Marinewerft vorhandenen gutachtlichen Ergebnisse näher einzugehen, sei nur erwähnt, daß die Not-

Eine gesetzliche Handhabe hierzu wurde durch das „Gesetz betreffend die Reichskriegshäfen“ vom 19. Juni 1883 (das „Reichskriegshafengesetz“) geschaffen.

Wenngleich durch die gegensätzlichen Ansichten über die Jadebusen-Frage den damaligen leitenden Baubeamten manche Mehrbelastung bei der Durchführung ihrer schwierigen Bauaufgaben entstanden sein mag, so sind doch mit den von ihnen damals angestellten Untersuchungen Grundlagen geschaffen worden, die uns heute eine Beurteilung des Jadebusens ermöglichen, die sonst nicht möglich gewesen wäre.

In den folgenden Zeilen sollen nun nach einer Schilderung der allgemeinen Tide-Verhältnisse die Tiefenänderungen des Jadebusens dargelegt werden, wie sie auf Grund der seit 1887 in etwa 12-jährigen Abständen durchgeführten genauen Vermessungen sich heute darstellen.



Abb. 1. Der Jadebusen 1934.

Die hydraulischen Verhältnisse des Jadebusens.

Der Jadebusen besaß im Jahre 1934 eine Wasseroberfläche bei Tidehochwasser (+ 4,23 m Wilhelmshavener Pegel-Null, vgl. Tab. 1) von 184 152 005 m², bei Tideniedrigwasser (+ 0,68 m) von 57 407 892 m². Hieraus ergibt sich die Größe der Watten zu 126 744 113 m², d. h. also, daß 68,8% der bei Tidehochwasser bedeckten Fläche bei Tideniedrigwasser trocken fallen (Abb. 1).

Der mittlere Tidenhub beträgt am Eingang zum Jadebusen (bei Wilhelmshaven) nach langjährigen Beobachtungen 3,59 m. Im Jadebusen selbst ist er etwas größer, hier erreicht er mit 3,75 m (Pegel Schweiburger Tief) den Größtwert des mittleren Tidenhubes an der deutschen Nordseeküste (Abb. 2).

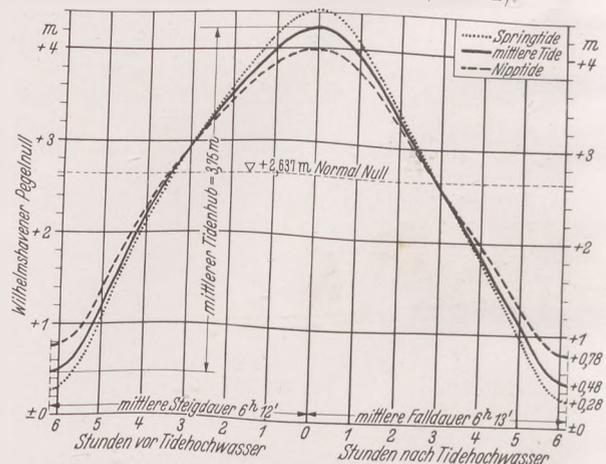


Abb. 2. Tidenkurven im Jadebusen (Schweiburger Tief).

wendigkeit des Jadebusens als Spülbecken für die Tieferhaltung der Jade für unsere erfahrensten Seebauer damaliger Zeit außer Zweifel stand. „Es ist als unabänderliches Naturgesetz zu betrachten“, schrieb z. B. Franzius in seinem Gutachten vom 25. Juni 1899, „daß Meeresbuchten, durch welche nicht bedeutende Flüsse ihr Wasser abführen, sich selbst überlassen, im Laufe der Zeit verlanden. Der Vorgang vollzieht sich um so schneller, je mehr Sinkstoffe das Wasser zuführt, sei es durch Küstenströmungen oder durch Flut und Ebbe.“ Und weiter sagt er: „Je größer das Bassin ist, desto größer ist die Wassermenge, die in einer Tide ein- oder ausfließen will, desto größer muß also der Querschnitt des Schlauches sein oder die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers.“

Einen vorläufigen Abschluß fand der Kampf der Meinungen in der Jadebusen-Frage im Jahre 1883. Aus dem Für und Wider hatte sich die Überzeugung durchgesetzt, daß der Jadebusen eine Vorbedingung für den Bestand des Kriegshafens sei. Dementsprechend war es notwendig, alle die Maßnahmen, die die Verlandung der Meeresbucht über das von Natur aus vorhandene Maß fördern, vor allem die Landgewinnungsarbeiten, zu verhindern.

Die Dauer der Flut ist fast gleich der der Ebbe. Das gewaltige Meeresbecken wird also im Mittel in 6 Stunden 12 Minuten gefüllt und in etwa der gleichen Zeitspanne wieder entleert. Hierbei fließen im Verlauf einer mittleren Tide (12 Stunden 25 Minuten) durch den Querschnitt Wilhelmshaven-Eckwarderhörne (Querschnitt A—B in Abb. 1) zweimal rd. 455 Millionen m³ Wasser, die einen Spülstrom von erheblicher Geschwindigkeit erzeugen. Bei Flut wie bei Ebbe treten hier im Fahrwasser bei mittleren Tiden Stromgeschwindigkeiten von 1 m/sec und mehr auf. Die Kenterung der Strömung, d. h. der Übergang des Flutstromes in den Ebbstrom und umgekehrt, tritt in der Nähe des Wasserspiegels in der Regel später ein als in den tieferen Wasserschichten und fällt bei Wilhelmshaven nicht genau mit dem Eintritt von Tidehoch- und -niedrigwasser zusammen, sondern etwa 10—15 Minuten später.

Eine anschauliche Darstellung von der Verteilung der während einer mittleren Tiefe, einer Sturmflutide (hohe Wasserstände) und einer Tide bei Oststurm (niedrige Tidewasserstände) den Querschnitt Wilhelmshaven-Eckwarderhörne (Querschnitt A—B in Abb. 1) sekundlich durchströmenden Wassermengen gibt die Abb. 3. Bei der

mittleren Tide beträgt die Größtwassermenge bei Flut 26 000 m³/sec, bei Ebbe 28 000 m³/sec. Diese Werte können nun erheblich über-, aber auch unterschritten werden. In der Sturmflut vom 13./14. Januar 1916 sind bei Flut bis 71 000 m³/sec, bei Ebbe bis 49 000 m³/sec durch den Querschnitt A—B geströmt (s. Kurven III in Abb. 3). In der durch starken Oststurm beeinflussten Tide vom 6. Februar 1915 durchströmten den Querschnitt A—B bei Flut im Maximum nur 13 000 m³/sec und bei Ebbe nur 16 000 m³/sec. Setzt man die für die mittlere Tide berechneten Wassermengen gleich 100%, dann betragen die Wassermengen in der Sturmflut bei Flut 273%, bei Ebbe 175%, und in der Oststurmtide 50% bzw. 52% derjenigen der mittleren Tide.

Die Abb. 3 gibt ferner eine Darstellung von dem Wasserinhalt des Jadebusens bis zum Schnitt A—B bei den Wasserständen vom niedrigsten Tideniedrigwasser bis zum höchsten Tidehochwasser. Diese Kurve

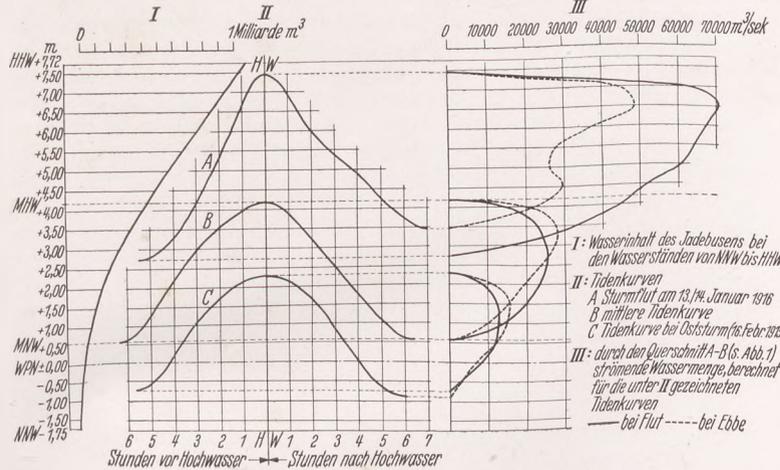


Abb. 3. Die hydraulischen Verhältnisse des Jadebusens.

läßt sehr anschaulich den bereits erwähnten großen Anteil der Watten an der gesamten Jadebusenfläche erkennen. Nach früheren Untersuchungen des Verfassers (6)¹ nimmt bei Flut die Wasserfläche des Jadebusens von einem Wasserstande von + 2,15 m W.P. am schnellsten zu, d. h. die Watten liegen im Mittel auf dieser Höhe. Bis zu dieser Höhe ist die Zunahme des Wasserinhaltes nach der Kurve I der Abb. 3 auch kleiner als von + 2,15 m W.P. ab. Über + 2,15 m nimmt der Inhalt dann zunächst in stärkerem Maße zu, um etwa vom mittleren Tidehochwasser ab ziemlich geradlinig anzusteigen.

Bei Tideniedrigwasser (1934: + 0,68 m W.P.) beträgt der Wasserinhalt des Jadebusens 223 414 211 m³, die vom Wasser bedeckte Fläche ist 57 407 892 m² groß (s. oben); die mittlere Wassertiefe berechnet sich hieraus zu rd. 3,9 m. Beim Tidehochwasser (1934: + 4,23 m W.P.) ist der Inhalt 673 985 019 m³, die vom Wasser bedeckte Fläche 184 152 005 m², somit ist die mittlere Wassertiefe rd. 3,7 m. Es ist also die mittlere Tiefe bei Tideniedrigwasser größer als bei Tidehochwasser, ein Zeichen dafür, wie flach dieses Meeresbecken ist.

Der Salzgehalt des Wassers ist in den einzelnen Teilen des Jadebusens sehr verschieden. An den Rändern, besonders in den Außentiefen in der Nähe der Siele, ist er geringer als in der Mitte des Beckens und an seiner Mündung in die Jade. Im allgemeinen ist das Wasser bei Tidehochwasser salziger als bei Tideniedrigwasser. In der Nähe der Wilhelmshavener Einfahrten ist der Salzgehalt des Wassers bei Tidehochwasser nicht viel geringer als in der Innen-Jade; im Mittel schwankt er hier zwischen 27—30‰. Bei Tideniedrigwasser kann er dagegen bis unter 20‰ absinken.

Zum Schluß dieser allgemeinen Betrachtungen sei noch auf die Häufigkeitsverteilung und die zeitliche Änderung der Tidewasserstände, die eine besondere Bedeutung für die Spülkraftverhältnisse des Jadebusens besitzen, eingegangen.

Die Wasserstandsbeobachtung am Pegel Wilhelmshaven reicht bis zum Jahre 1854 zurück. In den ersten 20 Jahren (bis 1874) wurden die Wasserstände an einem Lattenpegel beobachtet, vom Jahre 1875 ab liegen Aufzeichnungen von einem Schreibpegel vor.

Die Häufigkeitsverteilung der Tidehoch- und -niedrigwasserstände ist in Abb. 4 dargestellt. Nach den bisher vorliegenden Beobachtungen wurde der Mittelwert des Tidehochwassers im Maximum um 3,54 m überschritten, dagegen nur um 2,88 m unterschritten. Das mittlere Tideniedrigwasser wurde im Maximum um 4,42 m überschritten und um 2,34 m unterschritten. Die Wasserstände werden also über den Mittelwert höher angestaut als unter den Mittelwert abgesenkt.

chenden Wasserstände in ihrer Häufigkeit stark abnehmen. Während beispielsweise Wasserstände von + 5,40 m W.P. (= Wasserstandshöhe leichter Sturmfluten) im Mittel noch rd. 6mal in jedem Jahr erreicht bzw. überschritten werden, treten Wasserstände von + 6,40 m und höher (d. s. schwere Sturmfluten) im Mittel nur noch etwa alle zwei Jahre einmal auf. Trotz der geringen Häufigkeit der höheren Wasserstände haben diese doch für die Gestaltung des Jadebusens eine große Bedeutung, weil die Zunahme der Wassermassen und damit die Spülkraft des Jadebusens bei den höheren Wasserständen sich ganz erheblich vergrößern, wie bei der Besprechung der den Querschnitt Wilhelmshaven-Eckwarderhörne durchströmenden Wassermengen nachgewiesen worden ist.

Über die Veränderung der Tidewasserstände hat Verfasser kürzlich a. a. O. (9) eingehend berichtet, so daß an dieser Stelle nur die für

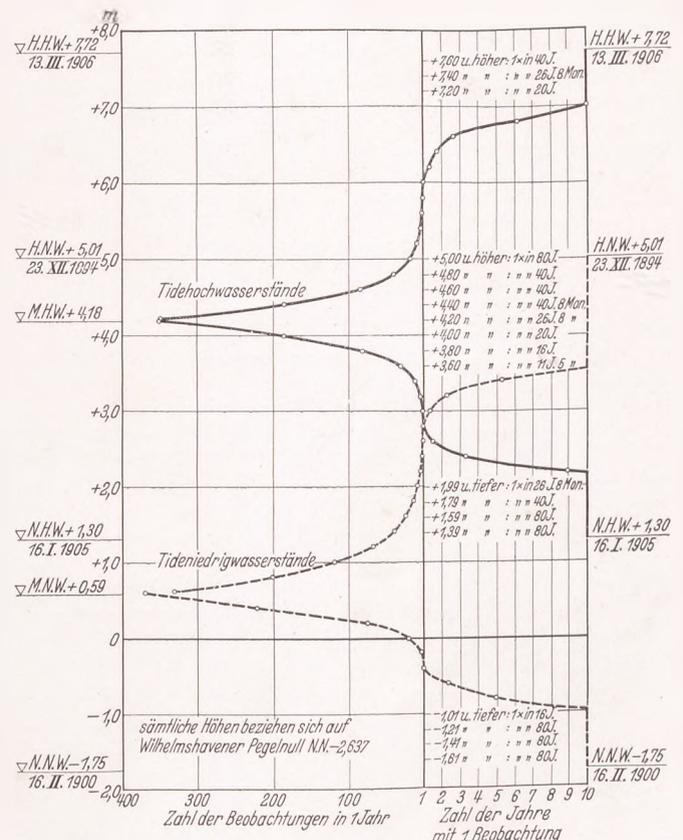


Abb. 4. Häufigkeit der Tidewasserstände in Wilhelmshaven (Mittelwerte aus der 80jährigen Zeitspanne von 1854—1933).

die nachstehenden Untersuchungen in Frage kommenden Ergebnisse mitgeteilt zu werden brauchen.

Am Pegel zu Wilhelmshaven ist ebenso wie an den anderen Pegeln der deutschen Nordseeküste ein Ansteigen der Tidewasserstände festzustellen. Dieses Ansteigen verläuft beim Tidehochwasser anders als beim Tideniedrigwasser, und zwar steigt das Tidehochwasser im Mittel zur Zeit langsamer an als das Tideniedrigwasser, d. h. also der Tidenhub nimmt ab. Für die Spülkraft des Jadebusens ist diese Veränderung der Wasserstände von großer Bedeutung, denn mit zunehmender Tidehochwasserhöhe werden die in das Meeresbecken einströmenden Wassermengen größer, was für die Spülkraft günstig ist; dagegen wirkt sich die Tidenhubabnahme ungünstig auf die Spülkraft des Jadebusens aus, weil die im Verlauf der Tiden ein- und ausströmenden Wassermengen kleiner werden. Die mittleren Wasserstandswerte für diejenigen Zeitabschnitte, die bei den folgenden Untersuchungen besonders behandelt werden, sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I. Ansteigen der Tidewasserstände am Pegel zu Wilhelmshaven.

Jahr	Wasserstand bei		Tidenhub	Zeitspanne (19jährige), aus der die Werte ermittelt wurden
	Tide-niedrigwasser	Tide-hochwasser		
1887	+ 0,571 m	+ 4,133 m	3,562 m	1878—1896
1901	+ 0,601 m	+ 4,162 m	3,561 m	1892—1910
1911	+ 0,632 m	+ 4,192 m	3,560 m	1902—1920
1925	+ 0,653 m	+ 4,206 m	3,553 m	1916—1934
1934	+ 0,680 m	+ 4,230 m	3,550 m	

¹ Die Zahlen in () beziehen sich auf die laufenden Nummern des Schriften-Verzeichnisses am Ende der Abhandlung.

Die Entwicklung der Tiefenänderungen des Jadebusens seit 1887.

Wie bereits erwähnt, sind die Veränderungen des Jadebusens seit 1887 durch sorgfältige Vermessungen des ganzen Meeresbeckens genau verfolgt worden. Heute liegen insgesamt fünf derartige Aufnahmen vor, und zwar aus den Jahren 1887, 1901, 1911, 1925 und 1934.

Um einen möglichst einwandfreien Vergleich der Vermessungsergebnisse untereinander zu erlangen, ist das Gebiet, soweit möglich, nach dem gleichen Verfahren vermessen worden. Die Watten sind tachymetrisch, die unter Niedrigwasser liegenden Gebiete sind mit Handlot vermessen worden. Besondere Sorgfalt wurde auch auf die Festlegung der Prielläufe, der Queller- und Grodengrenzen gelegt. Durch Heranziehung der Aufzeichnungen aller im Gebiet vorhandenen Pegel und Aufstellung eines Schreibpegels mitten im Wattengebiet wurde eine möglichst zuverlässige Beschickung der Lotungen angestrebt.

Auf Grund der Vermessungen sind genaue Tiefenpläne gezeichnet und durch Vergleich untereinander für den Gang der Veränderungen ausgewertet worden. Um diese für die einzelnen Teilgebiete verfolgen zu können, ist der ganze Jadebusen in 60 Teilflächen aufgeteilt worden, die wiederum zu sieben Einflußgebieten zusammengefaßt wurden.

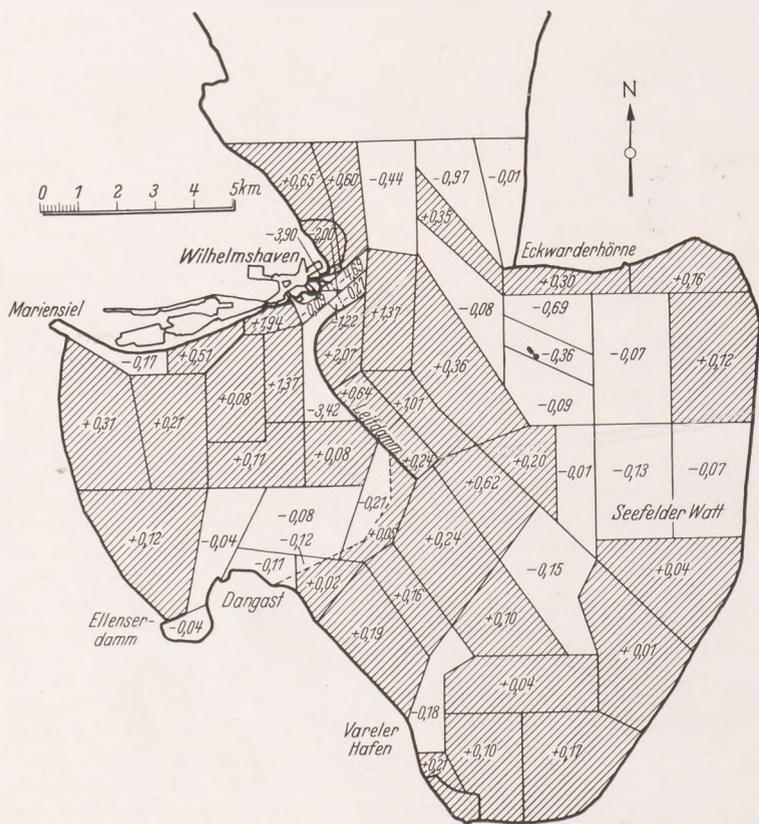


Abb. 5. Tiefenveränderungen der einzelnen Teilflächen des Jadebusens 1887—1934. (Die eingeschriebenen Zahlen geben die Tiefenveränderung in „m“ an. + bedeutet Auflandung, — bedeutet Vertiefung.)

Die Tiefenveränderungen, die sich aus dem Vergleich der Vermessungen 1887 zu 1934 ergeben, sind in Abb. 5 dargestellt. Die schraffierten Gebiete sind in dieser Zeitspanne flacher geworden, die weißen Flächen haben sich vertieft. Die Abbildung läßt erkennen, daß die Wattgebiete vor allem im westlichen und südlichen Teil des Meeresbeckens höher geworden sind. An den Rändern des Jadebusens ist an folgenden Stellen Vertiefung eingetreten: Bei Wilhelmshaven zwischen den Einfahrten und dem Leitdamm, bei Mariensiel im Außentief, bei Ellenserdamm im Steinhauser-Außentief und bei Dangast, bei Vareler-Hafen im Vareler-Tief und an einer Strecke des Seefelder Watts. An allen übrigen Stellen ist das Watt an den Rändern des Jadebusens in Auflandung begriffen.

Wie aus dieser Aufzählung hervorgeht, handelt es sich mit zwei Ausnahmen (Dangast und Seefelder Watt) um Gebiete, die durch künstliche Maßnahmen tief erhalten werden; die Außentiefe werden gemuddert (d. i. Schlickbeseitigung durch Mudderprahm), bei den Einfahrten wirken die Bauwerke (Einfahrtsmolen und Leitdamm) vertiefend. Aber auch die beiden von Natur aus in Vertiefung befindlichen Randgebiete weisen nur eine geringe Veränderung auf (Dangast 11 cm, Seefelder Watt 7 cm Vertiefung).

Die größte Vertiefung ist in der Einfahrtsumgebung und beim Leitdamm auf der Westseite aufgetreten (4,69 m und 3,42 m). Auf der Ostseite des Leitdamms sind dagegen die stärksten Auflandungen eingetreten (bis über 2 m).

Der Vergleich der beiden Pläne, die etwa eine 50jährige Zeitspanne umfassen, zeigt also, daß die an den Rändern des Jadebusens vorhandenen Vertiefungsgebiete mit zwei Ausnahmen durch künstliche Eingriffe verursacht sind.

Die im östlichen Teile des Jadebusens liegenden Wattgebiete, die in Vertiefung sind, weisen nur geringe Abbruchmaße auf, fast durchweg weniger als 10 cm. Nur beim Oberahneschen Felde und im nördlichen Teil der „Ahne“ sind die Vertiefungen erheblicher (69 cm und 97 cm). Im übrigen ist der Jadebusen in der betrachteten Zeitspanne flacher geworden.

Das aus diesem Tiefenvergleich gewonnene Gesamtbild zeigt also eine Meeresbucht, die von Natur aus auflanden würde, wenn nicht durch künstliche Maßnahmen wenigstens Teilgebiete tief gehalten würden.

Die Größe der Verlandung läßt sich aus der Abnahme des Wasserinhaltes ermitteln. Seit 1887 beträgt diese 28 019 093 m³. Die mittlere Wasserfläche des Jadebusens mißt 185 649 400 m². Daraus berechnet sich die Verlandung zu rd. 15 cm in 47 Jahren. Dieser Wert ist nur ein mittleres Maß der Auflandung, er läßt noch nicht erkennen, ob die unter Tideniedrigwasser liegenden Gebiete in gleichem Maße aufgelandet sind wie die Wattengebiete. Diese Feststellung ist aber von besonderer Bedeutung, hängt doch die Größe der Spülkraft des Jadebusens, die allein für die Tieferhaltung des Jade-Fahrwassers in Betracht kommt, von dem Fassungsvermögen des Wattenraumes ab. In der Tabelle 2 sind die Werte des Wasserinhaltes für die Jahre 1887 und 1934 zusammengestellt. Hieraus ermitteln sich die Auflandungen:

- a) Für die unter Tideniedrigwasser liegenden Gebiete zu rd. 17,8 cm in 47 Jahren, und
- b) für die zwischen Tideniedrig- und -hochwasser liegenden Gebiete zu rd. 14 cm in 47 Jahren. Die Verlandung hat mithin das ganze Jadebusen-Gebiet in fast gleicher Stärke betroffen.

Tabelle 2. Größe des Wasserinhaltes und der Wasserfläche des Jadebusens in den Jahren 1887 und 1934.

Jahr	Größe des Wasserinhaltes		Mittlere Größe der Wasserfläche	
	unter Tideniedrigwasser	zwischen Tideniedrig- und -hochwasser	unter Tideniedrigwasser	zwischen Tideniedrig- und -hochwasser
1887	222 323 750 m ³	473 924 375 m ³	54 040 125 m ²	131 609 275 m ²
1934	212 692 875 m ³	455 536 157 m ³		
Abnahme 1887/1934	9 630 875 m ³	18 388 218 m ³		

Diese Entwicklung der Meeresbucht würde sich heute schon sehr nachteilig für das Jade-Fahrwasser und damit für Wilhelmshaven ausgewirkt haben, wenn nicht ein anderer Naturvorgang diese ungünstige Entwicklung wenigstens z. T. wieder ausgeglichen haben würde. Es ist das bereits erwähnte Ansteigen der Wasserstände am Pegel zu Wilhelmshaven. Wegen der Bedeutung, die der Spülkraft zukommt, ist der Gang der Veränderung der strömenden Wassermengen für jede der bisher vorliegenden fünf Vermessungen getrennt berechnet worden (Tabelle 3). Nach dieser Tabelle ist von 1887—1901 eine sehr starke Abnahme der strömenden Wassermengen zu verzeichnen gewesen; dann folgte von 1901—1911 eine geringe Zunahme, die aber nochmals durch eine stärkere Abnahme bis 1925 unterbrochen wurde. Vom Jahre 1925 ab hat dann die strömende Wassermenge stark zugenommen, so daß im Jahre 1934 etwa der Zustand von vor 1901 wieder erreicht worden ist. Gegenüber 1887 ist aber immer noch eine Verminderung der strömenden Wassermenge um rd. 6,4 Millionen m³ vorhanden.

Bei der Frage, wie wird der Jadebusen in der Zukunft sich weiter entwickeln, ist zunächst als wichtigster Punkt das weitere Verhalten der Tidewasserstände zu untersuchen. Verfasser hat a. a. O. (9) ausgeführt, daß das am Pegel zu Wilhelmshaven festgestellte Ansteigen der Tidewasserstände meteorologisch bedingt und wahrscheinlich einer Periode von 60 Jahren unterworfen sei. Das Ansteigen des mittleren Tidehochwassers scheint nach jenen Untersuchungen in der Gegenwart gehemmt zu sein. Da ferner das Tideniedrigwasser in stärkerem Maße als das Tidehochwasser ansteigt, woraus sich eine Tidenhubabnahme ergibt, muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die seit 1925 festgestellte günstige Entwicklung der Stromkraftverhältnisse für die Zukunft nicht in dem gleichen Maße fortbestehen wird.

Ferner ist für die zukünftige Entwicklung des Jadebusens die

weitere Watt- und Grodengestaltung von großer Bedeutung. Die Vermessungen hatten eine Auflandung der Wattgebiete um rd. 14 cm in 47 Jahren ergeben, während das Tidehochwasser in diesem Zeitraum nur um 10 cm angestiegen ist. Das Aufwachsen der Watten geht also schneller vor sich als das Ansteigen des Tidehochwassers.

Eine Folge dieser Entwicklung ist das sehr starke Anwachsen des Außengroden im Jadebusen. Von 1887—1934 betrug die Zunahme der Außengrodenflächen im Mittel 4,2 Millionen m², d. s. rd. 8,9 ha/Jahr. Trotzdem diese Grodenflächen bei mittleren Tiden für die Spülkraft des Jadebusens ausfallen, besitzen sie doch bei höheren Wasserständen einen erheblichen Einfluß auf die Größe der strömenden Wassermengen, wie aus der Wassermengenkurve in Abb. 3 ohne weitere Erläuterung zu ersehen ist. Aus diesem Grunde würde z. B. eine Eindeichung der Außengrodenflächen im Jadebusen sich sehr nachteilig auf das Fahrwasser auswirken, zumal dessen Tieferhaltung z. T. durch die bei höheren Wasserständen im Jade-Schlauch auftretenden großen Stromgeschwindigkeiten gewährleistet ist.

Also auch die Watt- und Grodengestaltung im Jadebusen ent-

Tabelle 3. Größe der bei mittlerer Tide ein- und ausfließenden Wassermenge (unter Berücksichtigung des Ansteigens der Wasserstände).

Jahr	Größe der strömenden Wassermenge m ³	Ab- bzw. Zunahme	
		im ganzen m ³	für ein Jahr m ³
1887	456 923 141	— 10 897 716	— 778 408
1901	446 025 425	+ 1 547 822	+ 154 782
1911	447 573 247	— 2 900 455	— 207 175
1925	444 672 792	+ 5 898 016	+ 655 335
1934	450 570 808		

wickelt sich in einer Richtung, die es gebietet, daß alle künstlichen Maßnahmen vermieden werden, die die von Natur aus vorhandene Verlandung der Meeresbucht fördern.

Wenngleich die seit etwa einem halben Jahrhundert durch genaue Vermessung festgestellten Veränderungen des Jadebusens uns heute ziemlich gut bekannt sind, so muß doch auch weiterhin die Entwicklung dieser Meeresbucht wachsam verfolgt werden, hängt doch von ihrer Gestaltung der Bestand des Fahrwassers nach unserem Kriegshafen Wilhelmshaven ab.

Benutztes Schrifttum:

1. Amtlich: Akten des Strombauressorts der Marinewerft in Wilhelmshaven.
2. Amtlich: 75 Jahre Marinewerft Wilhelmshaven. 1856—1931. Oldenburg: Gerh. Stalling 1931.
3. Blum, M.: Die Gezeiten-Erscheinungen der Jade. Veröff. Inst. Meeresk. NF Reihe A, H. 22. Berlin 1931.
4. Hagen, G.: Über die Fluth- und Bodenverhältnisse des Preußischen Jade-Gebietes. Monatsberichte Kgl. Preuß. Akademie der Wiss., Berlin 1856.
5. Krüger, W.: Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand. Jahrb. Hafenbaut. Gesellschaft, 1921.
6. Lüders, K.: Entstehung der Gezeitenschichtung auf den Watten im Jadebusen. Senckenbergiana, 12, Frankfurt a. Main 1930.
7. Lüders, K.: Umrechnung von Gezeitenstromgeschwindigkeiten auf Mittelwerte. Veröff. Mar. Obs. Wilhelmshaven, NF H. 1, Berlin 1934.
8. Lüders, K.: Die Sturmfluten der Nordsee in der Jade. Die Bautechnik, H. 13 u. 15, Berlin 1936.
9. Lüders, K.: Über das Ansteigen der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste. Zentralbl. d. Bauverw., H. 50, Berlin 1936.
10. Sello, G.: Der Jadebusen. Varel 1903.
11. Sello, G.: Östringen und Rüstringen. Studien zur Geschichte von Land und Volk. Oldenburg 1928.
12. Woebcken, C.: Die Entstehung des Jadebusen. Verlag von D. Friemann, Aurich 1934.

Die Gezeiten der Jade.

Von Helmuth Geissler, Wilhelmshaven.

Das Verständnis der Gezeitenerscheinungen ist seit langer Zeit durch astronomische und mathematisch-physikalische Betrachtungen gefördert worden. Diese Untersuchungen haben aber nur zu Erkenntnissen allgemeiner und grundlegender Art geführt. Es ist dann durch die harmonische Analyse ein Verfahren gefunden worden, wenn für einen Ort Beobachtungen in genügend großer Anzahl vorliegen, die Gezeiten für die Zukunft vorauszuberechnen. Dieses Verfahren will jedoch seinem Wesen nach nur die Vorausberechnung leisten, ohne aber dabei neue physikalische Zusammenhänge über die Gezeiten des betreffenden Ortes aufzudecken. Für die Nebenmeere, wie z. B. die Nordsee, deren Gezeitenverhältnisse ein viel größeres praktisches Interesse finden als die der großen Ozeane, dabei aber viel verwickelter sind als jene, ist es erst in neuerer Zeit gelungen, ein befriedigendes physikalisches Verständnis zu finden. Man denkt sich dabei die Nebenmeere an ihren mehr oder weniger großen Öffnungen nach den Ozeanen zu abgeschlossen und betrachtet sie nun als schwingungsfähige Gebilde. Jeder mit Wasser gefüllte Hohlraum hat seine Eigenschwingung, die von seiner Größe und Form und der Wassertiefe abhängt, und muß in Schwingung geraten, wenn eine periodische Kraft auf ihn einwirkt. Zwei Kräftegruppen sind es, die hier in Frage kommen: die eigentlichen fluterzeugenden Kräfte, die von Mond und Sonne ausgeübt werden, und jene anderen Kräfte, mit denen die in Gezeitenbewegung befindlichen Wassermassen des offenen Ozeans an der gedachten Scheidewand auf das Wasser des Nebenmeeres einwirken. Wesentlich ist es nun, daß die fluterzeugenden Kräfte selbst auf die Nebenmeere ihrer Kleinheit wegen nur geringen Einfluß haben, und daß die letztgenannten Kräfte fast allein die Gezeitenbewegungen der Nebenmeere bewirken, die deshalb als Mitschwingungsgezeiten bezeichnet werden.

Wenn nun schon für die Nordsee die selbständigen Gezeiten klein gegen die Mitschwingungszeiten mit dem Atlantischen Ozean sind, dann kommen die erstgenannten für die Jade zusammen mit dem Jadebusen nicht mehr in Frage. Die Gezeiten der Jade werden allein durch die Tideverhältnisse bedingt, wie sie an ihrem Nordausgang an der eigentlichen Meeresküste herrschen.

Infolge der Tatsache, daß die Jade die Zufahrtsstraße zum Reichskriegshafen Wilhelmshaven darstellt, bestand das Bedürfnis, die Gezeitenerscheinungen in ihr so genau wie möglich kennen zu lernen. Dies wurde durch großzügige Pegelmessungen ermöglicht, die vom Strombauressort der Marinewerft Wilhelmshaven durchgeführt worden sind. Insbesondere liegt eine 14tägige Reihe von Beobachtungen an 42 Punkten der Jade und deren Nachbarschaft

aus dem Jahre 1911 vor, die vom Strombauressort gewonnen und zusammen mit dem Marineobservatorium Wilhelmshaven bearbeitet wurde. Auf diese unveröffentlichte Arbeit stützt sich die Schrift von Max Blum: „Die Gezeitenerscheinungen der Jade“ (Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, Neue Folge, Reihe A, Heft 22, Berlin, Mittler & Sohn 1931), aus der die hier beigegebenen Abbildungen entnommen sind.

Die erste Abbildung zeigt den Verlauf der Flutstundenlinien und der Linien gleichen mittleren Tidenhubs. Die Flutstundenlinien verbinden Punkte, an denen gleichzeitig Hochwasser eintritt. Die zur Kennzeichnung der Linien benutzten Zeitangaben sind die sog. Hafenzeiten, die weiter unten besprochen werden. Wir können zunächst ihre Differenzen benutzen, um ein Maß dafür zu haben, um wieviel früher oder später das Hochwasser an zwei verschiedenen Orten eintritt.

Man kann zum Vergleich die der Arbeit von L. Möller „Das Tidegebiet der Deutschen Bucht“ (Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde, Berlin, Neue Folge, Reihe A, Heft 23, Mittler & Sohn, Berlin 1933) beigegebene Karte heranziehen. Diese Karte zeigt, wie die Flutstundenlinien in der offenen See nördlich der Jademündung nord-südlichen Verlauf haben, an der Küste der ostfriesischen Inseln mit ihren Watten aber nach Westen umgebogen werden. Das Hochwasser schreitet von Westen nach Osten vor, wird aber infolge der Reibung in den flachen Küstengebieten stark verzögert. Somit verlaufen die Flutstundenlinien an der Jademündung etwa von Südwesten nach Nordosten, und die Wassermassen treten dementsprechend von Nordwesten herkommend in die Jade ein. Die Jade ist eine bis auf ihren nördlichen Einlaß allseitig geschlossene Bucht. Tritt im Norden eine Flutwelle in sie ein, so muß diese an der südlichen Begrenzung des Busens reflektiert werden, und es muß sich eine stehende Welle ausbilden. Dem entspricht die Tatsache, daß der Gezeitenstrom fast gleichzeitig mit Hoch- und Niedrigwasser kentert. Bei stehenden Wellen können aber keine Linien gleicher Hochwasserzeit auftreten, sondern es müssen sich Gebiete gleicher Hochwasserzeit bilden, die durch die Knotenlinien getrennt sind, und deren Hochwasserzeiten abwechselnd um eine halbe Periode, also um 6 Stunden 12 Minuten voneinander verschieden sind. Die Karte zeigt uns nun Linien gleicher Hochwasserzeit, die so verlaufen, daß das Hochwasser rund eine Stunde braucht, um von der eigentlichen Jademündung nach Süden hin bis zum Ende des Jadebusens vorzudringen. Die Vorstellung, daß die Schwingungsform der Jade näherungsweise eine stehende Welle ist, braucht man aber darum nicht ganz auf-

Abb. 1, als sie absolute Niveauangaben enthält. Im Großen erkennt man, daß die Hochwasserhöhen wie bei einer stehenden Welle vom Meere aus nach dem Innern des Busens hin zunehmen und die Niedrigwasserhöhen abnehmen. Man muß nun aber vorsichtig sein, wenn man den Linienverlauf im einzelnen erklären will. Da es sich um absolute Höhenangaben handelt, gehen hier die Fehler der Nivellements für die einzelnen Pegel ein. Die meisten derselben sind Hilfspegel, von denen sich mehrere in größerer Entfernung vom Ufer befinden, und die Weichheit des Bodens tritt als weiterer Hinderungsgrund für eine genaue Einmessung hinzu. Darum wird man hier mit Fehlern rechnen müssen, die sich freilich kaum vermeiden ließen, und Blum macht deshalb auf die verhältnismäßig große Ungenauigkeit der Karte aufmerksam, die man besonders nördlich der Linie Voslapp-Butjadingen annehmen muß.

Für die Linienführung kann man eine Kontrolle durchführen, indem man aus der Karte 2 den Unterschied zwischen Hoch- und



Abb. 2. Verlauf der Linien gleichen mittleren Hochwasserstandes (—) und Niedrigwasserstandes (---) von 5 zu 5 cm.

Niedrigwasserstand bildet und mit den Angaben der Karte 1 vergleicht. Für Wilhelmshaven findet man Übereinstimmung, aber für den Ort des Feuerschiffes Geniusbank findet man $3\frac{1}{2}$ cm Unterschied. Die Höhenunterschiede zweier Nachbarlinien betragen aber in Karte 2 selbst nur 5 cm, so daß sie bei einer Verbesserung von 3 cm ihren Verlauf wesentlich ändern würden. Das gilt vor allem dann, wenn die Linien einen weiten Abstand voneinander haben, wie z. B. in dem besonders fraglichen nördlichen Gebiet die Niedrigwasserlinien 95 cm und 100 cm, zwischen denen die Feuerschiffe „Bremen“ und „Minsener Sand“ eingetragen sind. Hier verlaufen die Linie des Tidenhubs 280 cm in Karte 1 und die Hochwasserlinie 380 cm in Karte 2 beide der Verbindungslinie der Feuerschiffe parallel, die Niedrigwasserlinien 95 cm und 100 cm schneiden diese Linien aber unter einem ziemlich großen Winkel. Dieser Verlauf der drei Linien enthält also einen inneren Widerspruch, weil bei gleichem Tidenhub und gleichem Hochwasserniveau auch die Niedrigwasser für beide Feuerschiffe gleich sein müssen, man darum also auch die Niedrigwasserlinien an dieser Stelle den beiden andern Linien parallel zeichnen müßte.

Aus diesen Gründen der Unsicherheit der Linienführung sind Schlüsse aus derselben nur mit Vorsicht zu ziehen. Im Süden, wo mit größerer Genauigkeit gerechnet werden kann, ist die Bogenform der Hochwasserlinie 425 im Jadebusen sicherlich als richtig anzusehen. Die bei Flut in den Tiefs ankommenden Wassermassen breiten sich fächerförmig aus und finden das Ende ihrer Bewegung an der halbkreisförmigen, von West über Süd nach Ost verlaufenden „Südbegrenzung“ des Busens. An dieser Südbegrenzung müssen theoretisch die schwingenden Wassermassen ihren höchsten Stand erreichen, gleichgültig, ob diese gerade oder gebogen verläuft. Sehen wir weiter nordwärts, so fällt die Niedrigwasserlinie 65 cm auf. Entspricht die Zeichnung der Wirklichkeit, so ist das Niedrigwasser auf der Ostseite der Jade höher als im Westen. Blum zieht hier die auf

den Ebbstrom wirkende rechtsablenkende Kraft der Erdrotation zur Erklärung heran. Man kann aber vielleicht eher noch Stauwirkung der östlichen Wattgrenze annehmen, denn das abfließende Wasser wird — begünstigt durch den in den Karten eingezeichneten Leitdamm — in seiner Stromrichtung eine ziemlich große Ostkomponente enthalten und gegen das östliche Jadeufer anfließen. Nun muß man zwar berücksichtigen, daß nach K. Lüders „Umrechnung von Gezeitenstromgeschwindigkeiten auf Mittelwerte“ (Veröffentlichungen des Marineobservatoriums Wilhelmshaven, Neue Folge, Heft 1, Mittler & Sohn, Berlin 1934) zur Niedrigwasserzeit nur noch ein schwacher Ebbstrom fließt, der keine sehr große Stauwirkung erzeugen wird; bei einer geringen Stromstärke kann aber auch, wie schon weiter oben bemerkt, die rechtsablenkende Kraft der Erdrotation nicht groß sein. Auf Karte 1 kam bereits die Bedeutung der Geniusbank im Verlauf der Flutstundenlinien zum Ausdruck. Auch hier macht sich ihr Einfluß bei den Niedrigwasserlinien geltend. Der Darstellung nach wirkt die Bank erniedrigend auf den Stand des Niedrigwassers.

Weiter im Norden zum Ausgang der Jade hin nehmen die Hochwasserlinien beachtenswerte Formen an, welche zeigen, daß auf den Watten die Hochwasser höher liegen als an entsprechenden Stellen im Fahrwasser. Das gilt auch für das Watt südlich Wangerooge und bildet eine Parallele zu den Höhenverhältnissen des Hochwassers im Jadebusen.

Schließlich sei noch der Bereich nördlich Wangerooge betrachtet, in dem die Hoch- und Niedrigwasserlinien sich kreuzen. Bei einer Schwingung kann man die Mittellage zwischen den beiden Grenzlagen als ungestörte Null-Lage ansehen. Dabei ist es günstig, wenn — wie in unserm Falle — die Angaben für die obere und auch für die untere Grenzlage jeweils Mittelwerte aus einer Reihe von Einzelbeobachtungen sind. Bilden wir nun das arithmetische Mittel zwischen Hoch- und Niedrigwasser an irgendwelchen Punkten, so sehen wir, daß diese Mittelwasserstände überall in der Jade mit 238 ± 2 cm gleich hoch liegen. Nur an der Wilhelmshaven gegenüberliegenden Ecke bei Eckwarderhörn finden wir 243 cm, dort, wo wir bei Ebbestrom Stauwirkung vermutet haben. In der Gegend nördlich Wangerooge nehmen nun diese Werte zu, und zwar von Nordosten nach Südwesten, so daß wir vor Wangerooge selbst 250 cm finden. Hier darf man deshalb bei Flut eine Stauwirkung durch die Insel annehmen, denn der Hochwasserspiegel steigt von Norden nach Süden zur Insel hin an und beim Eintritt des Hochwassers kentert der Flutstrom noch nicht, da er weiterhin der Jade und dem Jadebusen, wo das Hochwasser erst $1\frac{3}{4}$ Stunden später eintritt, Wassermassen zuführen muß, um dort ein weiteres Steigen zu ermöglichen.

Will man sich nun einen Eindruck über das jeweils in der Jade herrschende Gefälle verschaffen, so würde beim Vorhandensein einer stehenden Welle die Karte 2 für die beiden Grenzlagen Auskunft geben. In Wirklichkeit treten aber die Hoch- und Niedrigwasser nicht an allen Punkten gleichzeitig ein, und will man auch Werte für die zwischen Hoch- und Niedrigwasser liegenden Zeiten erhalten, so findet man in der oben erwähnten vom Strombauressort der Marinewerft durchgeführten 14tägigen Beobachtungsreihe an den 42 Pegelstellen Material. Blum hat mehrere Fluten und Ebben herausgegriffen und Mittelwerte gebildet, die er veröffentlicht hat. Diese Tabelle enthält aber Unklarheiten, und die Anzahl der benutzten Einzelwerte ist zu klein. Es soll darum auf eine Arbeit von K. Lüders „Entstehung der Gezeitschichtung auf den Watten im Jadebusen“⁴ zurückgegriffen werden, die eine graphische Darstellung des Gefälles zwischen Minsener Olde Ooge und Wilhelmshaven auf Grund der mittleren Tidekurven dieser beiden Orte enthält. Wir entnehmen daraus die folgende Tabelle:

Wasserstand Minsener Olde Ooge minus Wasserstand Wilhelmshaven.

	6h 12m	6h	5h	4h	3h	2h	1h	0h
	vor/nach Hw. Wilhelmshaven							
Flut . . .	+0,46	+0,52	+0,63	+0,54	+0,40	+0,18	-0,15	-0,56
Ebbe . . .	+0,46	+0,40	-0,04	-0,43	-0,72	-0,86	-0,83	-0,56

Das Größtgefälle bei Flut tritt gleich +63 cm 52 Minuten nach Niedrigwasser und bei Ebbe mit -87 cm 1h 40 m nach Hochwasser Wilhelmshaven ein.

Frägt man sich, für welchen Zeitpunkt man bei Flut das Größtgefälle von Minsener Olde Ooge nach Wilhelmshaven erwarten kann, so ergibt sich für eine stehende Welle die Niedrigwasserzeit, für eine fortschreitende die Mittelwasserzeit für den Mittelpunkt der Strecke Minsener Olde Ooge—Wilhelmshaven. Im ersten Fall sind das sechs Stunden, 12 Minuten vor Hochwasser in Wilhelmshaven, im zweiten Fall, wenn man eine reine Sinuswelle annimmt und die Hafenzeiten aus Karte 1 mit $11^{\text{h}48}$ für Minsener Olde Ooge und $0^{\text{h}53}$ für Wilhelms-

⁴ Senckenbergiana Bd. 12, 1930, S. 229 ff.

haven zugrunde legt, drei Stunden 39 Minuten vor Hochwasser in Wilhelmshaven. Die Tabelle gibt etwa das Mittel aus beiden Zeiten gleich fünf Stunden 20 Minuten. Bei Ebbe müßte man das Größtgefälle nach der entgegengesetzten Richtung für eine stehende Welle zur Hochwasserzeit und bei einer mit gleichbleibender Geschwindigkeit fortschreitenden reinen Sinuswelle wieder dann erhalten, wenn der Mittelpunkt zwischen Minsener Olde Ooge und Wilhelmshaven Mittelwasser hat, das ist zwei Stunden und 33 Minuten nach Hochwasser in Wilhelmshaven. Auch hier liefert das Mittel den wahren Wert. Die Höchstbeträge des Gefälles, $+0,63$ m bzw. $-0,87$ m sind wesentlich höher als die Niedrig- bzw. Hochwasserstandsunterschiede zwischen den beiden Orten Minsener Olde Ooge und Wilhelmshaven. In den letzten Zeitabschnitten der Flut und der Ebbe fließt das Wasser dem Gefälle entgegen; bei Flut 1 h 25 m lang, bei Ebbe etwas über 1 Stunde lang. Darin kommt der Schwingungsvorgang der Wassermassen besonders zum Ausdruck.

Verfolgt man das Gefälle auf der besagten Strecke im einzelnen, so zeigt sich, daß es keineswegs überall gleichmäßig ist. Die stärkste Störung bewirkt auch hier wieder die Geniusbank, bei der das Gefälle auf der jeweiligen Luvseite zur Stromrichtung gegensinnig ist.

Während es sich soeben beim Gefälle um die Form der Wasseroberfläche für einen Längsschnitt der Jade zu bestimmten Zeitpunkten handelte, kann jetzt der zeitliche Verlauf des Wasserstandes an einzelnen Orten betrachtet werden. Er wird durch die Kurven der Schreibpegel anschaulich dargestellt. Die einfachste Schwingung ist sinusförmig, darum ist es zweckmäßig, die Gezeitenkurven mit einer Sinuskurve zu vergleichen. Gehen wir wieder von der offenen See aus, so können wir aus der Karte L. Möllers entnehmen, daß dort die Tidekurven in der Regel nicht symmetrisch sind. Bezeichnet man die zu dem vom Niedrig- zum Hochwasser aufsteigenden Kurvenast gehörige Zeitdauer als Dauer des Steigens, so muß diese bei einer sinusförmigen Gezeitenkurve sechs Stunden 12 Minuten betragen. Nun zeigt die Karte, daß vor den westfriesischen Inseln bis nach Norderney hin ein kleineres Gebiet ziemlich nahe der Küste liegt, in dem die Dauer des Steigens Werte bis zu sechs Stunden 32 Minuten annimmt, während sonst im Gegensatz dazu in der ganzen Deutschen Bucht zu kleine Steigedauern auftreten. Die Verkürzung erreicht dabei für ein großes Gebiet den Wert von 35 Minuten. Die Erklärung für die sich damit ergebende Asymmetrie der Tidekurven gibt L. Möller durch die Strömungen. Außer den reinen Gezeitenströmungen läuft in der Nordsee noch ein nahezu gleichbleibender „Reststrom“, der im Gegensinn des Uhrzeigers verläuft. Er überlagert sich den Flut- bzw. Ebbeströmungen und muß dadurch die eine Strömung verstärken, der andern aber entgegenarbeiten. Damit ist auch ein Einfluß auf die Zeitdauer der Tidedrömungen verbunden. Bei Verstärkung des Flutstroms tritt eine Verlängerung der Steigedauer ein, im anderen Fall eine Verkürzung. Nun fließt in dem oben bezeichneten Gebiet vor den westfriesischen Inseln der Reststrom tatsächlich mit dem Flutstrom in gleicher Richtung und verlängert die Steigedauer. Er muß dann aber des Küstenverlaufs wegen nach Norden bzw. Nordwesten umbiegen und kommt damit in die Richtung des ablaufenden Wassers. Hier wird also die Falldauer verlängert und die Steigedauer verkürzt. In beiden Fällen ergeben sich asymmetrische Tidekurven. Aus dieser Deutung folgt, daß dort, wo Restströme fehlen, wieder symmetrische Gezeitenkurven auftreten müssen. Das bestätigt sich durch die Tidekurven der Jade. Ordnet man diese der Lage der Pegelorte nach von Nord nach Süd, so geht man mit Wangerooge West von einer Kurve mit verkleinerter Steigedauer aus, deren Scheitel demnach links von der Mitte liegt. Je weiter man nun nach Süden vorrückt, um so mehr rückt auch der Kurvenscheitel nach rechts, bis er schließlich bei Wilhelmshaven in der Mitte liegt. Wir haben also für Wilhelmshaven und südlich davon für den Jadebusen Gezeitenkurven, bei denen die Steigedauer gleich der Falldauer ist; gehen wir wieder nordwärts, so verkürzt sich die Steigedauer zugunsten der Falldauer mehr und mehr, bis schließlich bei Wangerooge West die Steigedauer um 51 Minuten kürzer ist als die Falldauer.

Aus der Tatsache, daß die Tidekurven von Wilhelmshaven und aus dem Jadebusen symmetrisch sind, darf man aber nicht auf Übereinstimmung mit einer Sinuskurve schließen.

Abb. 3 zeigt einen Vergleich der mittleren Tidekurve von Wilhelmshaven mit einer Sinuskurve von gleicher Höhe. Es ergibt sich, daß für die Dauer des Steigens die Tidekurve höher liegt als die Sinuskurve, die absteigenden Kurvenäste stimmen dagegen recht gut überein.

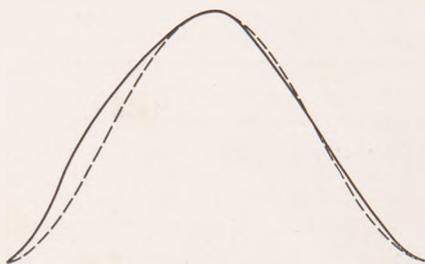


Abb. 3. Abweichung der mittleren Tidekurve von Wilhelmshaven von der Sinuskurve gleicher Höhe.

Abb. 3 zeigt einen Vergleich der mittleren Tidekurve von Wilhelmshaven mit einer Sinuskurve von gleicher Höhe. Es ergibt sich, daß für die Dauer des Steigens die Tidekurve höher liegt als die Sinuskurve, die absteigenden Kurvenäste stimmen dagegen recht gut überein.

Dasselbe hat bereits — wenn auch in anderer Form — im Jahre 1856 Hagen in einem Akademievortrag „Über die Fluth- und Bodenverhältnisse des Preußischen Jadegebietes“ (Monatsberichte der Kg. Preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jg. 1856, S. 339 ff.) ausgesprochen. (Hagen berichtet auch an dieser Stelle, daß für Wilhelmshaven die mittlere Steigedauer um 8,6 Minuten größer ist als die mittlere Falldauer. Er benutzte aber zur Mittelbildung nur 17 Tidekurven, während auf Grund langjähriger Beobachtungen die mittlere Steigedauer zu 6 Std. 12 Min., die mittlere Falldauer zu 6 Std. 13 Min. festgestellt ist.) Zur Deutung dieser Kurvenform bedient sich Blum einer Untersuchung Hessens, des ehemaligen Leiters des Marineobservatoriums Wilhelmshaven. Hessen hat alle Pegelkurven des Jahres 1911 ihrer Niedrigwasserhöhe nach in 8 Gruppen eingeteilt. Bei der ersten Gruppe liegen alle Niedrigwasser unter 0 cm, bei der zweiten liegen sie zwischen 0 und $+40$ cm, bei der dritten zwischen $+40$ und $+80$ cm usw. Jede Kurve wurde dann mit der ihr der Höhe nach entsprechenden Sinuskurve verglichen und die Differenzen Pegelkurve minus Sinuskurve gebildet. Für jede Gruppe wurden darauf die Werte gleicher Phase gemittelt. Für die Dauer des Steigens zeigt die Abb. 4 das Ergebnis.

Die Abszisse ist in sechs Mondstunden eingeteilt, und zwar gehört der Wert 0 zum Niedrigwasser und der Wert 6 zum Hochwasser. Die

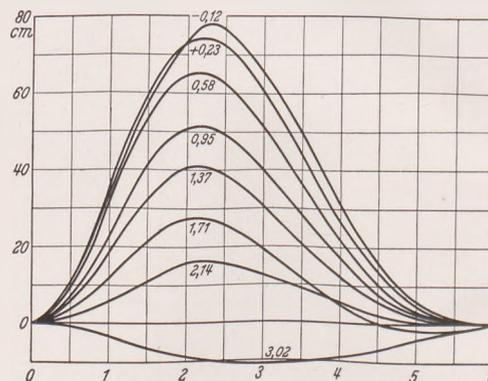


Abb. 4. Aufgetragene Differenzen zwischen Tidekurven und Sinuslinien entsprechender Höhe.

Ordinate gibt für jede Gruppe die gemittelten Differenzen zwischen Pegelkurve und Sinuskurve. Zu jeder Gruppe gehört also eine Kurve der Abb. Die Kurven sind durch den Mittelwert des Niedrigwassers der Gruppe gekennzeichnet. Wir sehen, daß die Abweichungen von der Sinuskurve um so größer sind, je tiefer das Niedrigwasser liegt, und in einer gewissen Höhe zwischen 214 und 302 cm verschwinden. Um diese festzustellen, hat Blum die Maximalabweichungen der Kurven als Ordinaten und die zugehörigen Niedrigwassermittel als Abszissen aufgetragen und findet eine Linie, die die X-Achse im Punkte $+270$ cm schneidet. Die Höhe $+270$ cm, bezogen auf Wilhelmshavener Pegellinie, scheint demnach eine besondere Bedeutung zu haben. Nach Blum ist dieses die Höhe, in der die Watten mit ihrem außerordentlich kleinen Gefälle aufhören und das Fahrwasser mit seinem viel steileren Abfall beginnt. Setzt — so schließt Blum — nach Niedrigwasser der Flutstrom ein, so muß die Steiggeschwindigkeit groß sein, solange die Oberfläche des zu füllenden Raumes klein ist. Dies gilt für die eigentliche Rinne, ändert sich aber plötzlich, sobald die Wattkante in 2,70 m Höhe erreicht ist. Nun sind weite Gebiete zu überfluten, und die Oberfläche kann darum nur noch langsam ansteigen. So wird in der sehr schnell erfolgenden bedeutenden Vergrößerung der Oberfläche der einströmenden Wassermassen beim Übertritt auf das Watt die Ursache für die Form der Flutkurve angegeben.

In der Abb. 4 sieht man nun, daß die Kurvenmaxima, die dem Knick im aufsteigenden Ast der Pegelkurve entsprechen sollen, alle fast gleichzeitig, nämlich $2\frac{1}{4}$ Mondstunden nach Niedrigwasser eintreten. Dies ist nach der vorausgegangenen Erörterung nicht einzu-sehen. Da der Knick erst kurz vor Verstreichen der halben Steigedauer eintritt, muß beim Steigen des Wasserspiegels bis zur Wattkante schon eine ziemlich große Wassermasse in die Jade eingetreten sein, verglichen mit der bis zum Hochwasser einströmenden Gesamtmasse. Bei einem Niedrigwasserwert von $-0,12$ cm muß nun der Wasserstand um 282 cm bis zur kritischen Höhe von 270 cm ansteigen. Das Einströmen der dazu nötigen Wassermengen muß darum längere Zeit dauern, als wenn der Niedrigwasserstand 214 cm beträgt und nur ein Anstieg um 56 cm nötig ist. Also müßten sich die Maxima im Bilde um so mehr nach rechts verlagern, je niedriger der Niedrigwasserstand ist. Das ist in der graphischen Darstellung aber nur ganz schwach angedeutet. Man muß also außer dem Relief noch andere Zusammenhänge zur Erklärung der Abweichung von der Sinusform beim steigenden Kurvenast heranziehen.

Zunächst muß bei den Kurvengruppen Hessens beachtet werden, daß diejenigen mit außergewöhnlich niedrigem und hohem Niedrig-

wasser durch starke Winde zustande gekommen sind und bei diesen die Abweichung von der Sinusform in allererster Linie auf den Wind- einfluß zurückzuführen ist. Damit sind diese Kurven aber mit den übrigen in unserem Zusammenhang gar nicht vergleichbar.

Nun weist Blum in seiner Arbeit gelegentlich mit Recht auf eine Abhängigkeit der Flutkurvenform vom Gefälle hin, und es leuchtet ohne weiteres ein, daß hier auch das Gefälle außer der Form des Jadebettes mit in Betracht gezogen werden muß. K. Lüders hat in der oben erwähnten Arbeit über die Entstehung der Gezeitenschichtung auf den Watten im Jadebusen eine ausführliche Diskussion der Tidekurvenform für Wilhelmshaven durchgeführt. Diese bezieht sich auf mittlere Verhältnisse, so daß wir sie zu einer Besprechung der acht Kurvengruppen Hessens nicht heranziehen können. Dagegen erhalten wir eine klare Darstellung der Abhängigkeit der Tidekurvenform vom Gefälle und vom Relief des Jadebettes. Das Gefälle erreicht 52 Minuten nach Niedrigwasser seinen Höchstwert (gemessen zwischen Minsener Olde Ooge und Wilhelmshaven) und bewirkt ein schnelles Ansteigen des Wasserstandes in Wilhelmshaven. Die Steiggeschwindigkeit, die durch die Neigung der Flutkurve gemessen wird, wächst daher sehr schnell. Sie erreicht 1 Std. 30 Min. nach Niedrigwasser ein Maximum und fällt sofort danach wieder steil ab. Dieser Abfall erklärt sich nun aus der Form des Jadebettes. Ihr zufolge wächst die Zunahme der Wasseroberfläche in der Zeiteinheit vom Niedrigwasser ab stark an und erreicht ein Maximum 2 Std. 7 Min. nach Niedrigwasser. Da die Gefällezunahme die Steiggeschwindigkeit erhöht, die Oberflächenzunahme sie aber vermindert, erklärt sich das Maximum der Steiggeschwindigkeit und seine Lage 1 Std. und 30 Min. nach Niedrigwasser, also zeitlich genau in der Mitte zwischen den Maxima des Gefälles und der Geschwindigkeit der Wasserflächenzunahme ohne weiteres. Der Knick in der Flutkurve erscheint im Mittel also bereits 1 Std. 30 Min. nach Niedrigwasser und gehört zu dem Niveau +1,60 m. Zur Zeit der schnellsten Wasserflächenzunahme, also 2 Std. 7 Min. nach Niedrigwasser, ist der Wasserstand gleich +2,15 m (alles auf Wilhelmshavener Pegelnull bezogen), so daß also das Niveau +2,70 m nicht die Bedeutung hat, die ihm Blum zuerkennt. Es war, wie oben ausgeführt,

aus den acht Kurvengruppen Hessens abgeleitet, in denen der Wind- einfluß bei extremen Wasserständen in Erscheinung tritt, während er bei mittleren Verhältnissen ganz verschwindet. Man kann also Blum nicht zustimmen, wenn er betreffs der Form der Flutkurve sagt, „daß diese Erscheinung ihren Grund nur in der Gestalt des Jadebettes hat“.

Zum Schluß seien noch einige Bemerkungen über die Sturmfluten gemacht⁵. Bei starken Winden findet meist eine ungewöhnliche Erhöhung bzw. Erniedrigung des Wasserstandes durch den sog. Windstau statt, denn ein kräftiger Wind erzeugt eine entsprechend starke Oberflächenströmung, die dort aufgestaut wird, wo sie auf eine Küste trifft; weht der Wind aber ablandig, so ist eine Erniedrigung des Wasserstandes die Folge. Der veränderliche Luftdruck muß die Lage des Wasserspiegels ebenfalls beeinflussen. Diese meteorologisch bedingten Wasserstandsschwankungen überlagern sich mit den durch die Gezeiten hervorgerufenen. Wird ein Gezeitenhochwasser durch Windstau überhöht, so muß ein besonders hoher Wasserstand eintreten. Zur Springzeit (für Wilhelmshaven drei Tage nach Voll- und Neumond) treten die höchsten Tidehochwasser auf. Ein auflandiger Orkan bringt also zu diesen Zeiten die größte Gefahr. Die Wasserstandserhöhung an der Küste wird mit der Dauer des Sturmes so lange zunehmen, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht ist. Örtliche, auf ein engeres Gebiet begrenzte starke Winde sind am wirksamsten, wenn sie mehrere Stunden lang bis zum Hochwassereintritt wehen. Beim höchsten Hochwasser wurden 772 cm erreicht; es liegt also 354 cm über mittlerem Hochwasser. Das niedrigste Niedrigwasser liegt bei -175 cm um 234 cm unter mittlerem Niedrigwasser. Es können demnach durch die Winde ganz außerordentliche Spiegelschwankungen hervorgerufen werden.

Die meteorologisch bedingten Schwankungen der Wasseroberfläche sind unperiodische Erscheinungen. Es ist aber denkbar, daß zwei gleichsinnige, also z. B. eine Spiegelerhöhung erzeugende Impulse auf ein Wasserbecken mit einem Zeitunterschied erfolgen, der gleich der Periode der Eigenschwingung des Beckens ist. Dann muß ein Aufschaukeln der Wassermassen eintreten, das unter Umständen hohe Sturmfluten zur Folge hat.

Die Werrakanalisierung und ihre Bedeutung für das Land Thüringen und den Seehafen Bremen.

Von Wasserbaudirektor Karl Müller, Hannover.

Das natürliche Hinterland für den Seehafen Bremen ist das Wesergebiet mit den Flüssen Aller, Werra und Fulda sowie mit dem Mittel- landkanal. Der gegebene Ausfuhrhafen für den Hauptteil des Landes Thüringen ist der Seehafen Bremen.

Die Wasserstraßendirektion Hannover betreut das gesamte Wesergebiet, soweit Reichswasserstraßen in Frage kommen, sowie die anschließenden Mittellandkanalstrecken. Das zugehörige Kanalgebiet reicht von Bergeshövede am Dortmund-Ems-Kanal bis nach Peine und das Wesergebiet von der Bremer Schleuse bei Hemelingen bis nach dem Einzugsgebiet der Fulda einschließlich der zugehörigen Dime- mel- und Edertalsperre sowie nach der Werra bis Falken. Es strahlt aus durch die beabsichtigte Werrakanalisierung bis nach Wartha bei Eisenach und Bamberg am Main (Abb. 1).

Die Weser ist von den fünf Hauptströmen Norddeutschlands zwar der kleinste, aber der einzige, der durch rein deutsches Land fließt.

Vergleicht man die Verkehrszahlen im Kanalgebiet und im Weser- gebiet, so ergibt sich, daß der Verkehr nach t/km auf der Weser mit ihren Nebenflüssen Fulda und Aller

im Jahre 1932 =	312 Mill. t/km
„ „ 1933 =	310 „ „
„ „ 1934 =	314 „ „
„ „ 1935 =	419 „ „

betrug, während auf dem Mittellandkanal zwischen Bergeshövede und Peine—Braunschweig der Verkehr

im Jahre 1932 =	339 Mill. t/km
„ „ 1933 =	384 „ „
„ „ 1934 =	556 „ „
„ „ 1935 =	670 „ „

betrug.

Man ersieht daraus die geringere Zunahme des Verkehrs auf den Stromstrecken und einen sprunghaft bedeutenden Anstieg auf den Kanalstrecken. Berücksichtigt man, daß in den letzten Jahren eine übergroße Trockenheit den Verkehr auf der Weser erheblich beeinträchtigt hat, so ist es bemerkenswert, daß noch ein Verkehrszuwachs im Weserverkehr zu verzeichnen war.

Dies ist ein untrüglicher Beweis dafür, daß das Verkehrsbedürfnis

auf der Weser sehr groß ist und durch kein anderes Verkehrsmittel so befriedigt werden kann.

Am meisten hat die Oberweser im Verkehr durch die Trockenheit gelitten.

Als Beweis, wie sehr die Eröffnung von neuen Wasserstraßen den Verkehr anreizt, gebe ich für den Mittellandkanal einige Zahlen. Der Verkehr durch die Schleuse Anderten betrug in Ost- und Westrichtung zusammen

im Jahre 1932 =	762 000 t
„ „ 1933 =	993 000 t
„ „ 1934 =	1 720 000 t
„ „ 1935 =	2 193 000 t

Man ersieht daraus, daß nach Eröffnung der Häfen Hildesheim, Peine und Braunschweig ein ganz erheblicher Zuwachsverkehr festgestellt ist. Der Zuwachs durch die Schleuse Anderten betrug von 1933—1934 rd. 730 000 Gütertonnen, von 1934—1935 rd. 472 000 t. Im Jahre 1936 ist der Verkehr weiter gestiegen.

Eine künstliche Wasserstraße soll einer erstrebten Entwicklung Rückgrat geben, die sich auf lange Zeit, auf Jahrhunderte hinaus unter Umständen erstreckt. Durch die Verbesserung der Wasserstraße wird die allgemeine Volkswirtschaft gefördert. Es kommt lediglich darauf an, die Wasserwege zu verbessern, um dadurch den Verkehr auf die Wasserstraße zu bekommen.

Für das Wesergebiet ist nunmehr die Kanalisierung der Werra bis oberhalb Eisenach in Thüringen dringlich.

Für die Kanalisierung der Werra von Münden bis Wartha sind zwei Entwürfe bearbeitet worden, von denen der eine, der sog. Hauptentwurf, auf den Verkehr von 1000 t-Schiffen abgestellt ist. Durch den anderen Entwurf, den sog. eingeschränkten Entwurf, ist versucht worden, die Baukosten möglichst zu verringern unter vorläufiger Beschränkung des Verkehrs auf das 600 t-Schiff. Dem Ausbau für das 1000 t-Schiff ist aber insofern schon Rechnung getragen, als die Anlagen, deren spätere Erweiterung gar nicht oder nur mit verhältnismäßig hohen Kosten möglich ist, in den künftig erforderlichen Abmessungen vorgesehen sind. Die Wasserstraße nach dem eingeschränkten Ent-

⁵ Lüders, K.: Die Sturmfluten der Nordsee in der Jade. Die Bau- techn. Jg. 14 (1936) Heft 13 u. 15.

wurf ist für solche Schiffe befahrbar, wie sie auf der nachregulierten Oberweser verkehren können. In Betracht kommen zunächst zwei verschiedene Regelschiffe. Das eine hat bei 65 m Länge, 8,20 m Breite und 1,60 m Tiefgang eine Tragfähigkeit von 560 t, die bei 2 m Tiefgang auf 750 t steigt. Das andere läßt bei 65 m Länge, 9,20 m Breite und 1,60 m Tiefgang 655 t Ladung zu. Die Frage, wie dieser letzte Schiffstyp für die Zukunft auf der Weser und für die kanalisierte Werra verbessert werden kann, wird noch erwogen. Die Schaffung eines Weser-Werraschiffs, das bei einem vollen Tiefgang von etwa 1,60 m eine Tragfähigkeit von 750 t besitzt und so gebaut sein muß, daß der Leer-

Für die Schifffahrt ist eine möglichst geringe Zahl von Staustufen am günstigsten.

Die Lage der Ortschaften, die meistens eine Veränderung des Grundwassers, namentlich eine Erhöhung, nicht vertragen können, erfordert weitgehende Rücksichtnahme. Es kommt hinzu, daß die alten Kraftwerke möglichst bestehen bleiben müssen, um die Kosten für ihren Ankauf zu sparen. Hierdurch wird in vielen Fällen auch der Bau eines Wehres entbehrt werden können.

Das Gefälle der Schleusen schwankt im allgemeinen zwischen 2,80 m und 5,20 m. Nur bei der Schleuse Unterrieden sind 6 m Höhenunterschied zu überwinden, während bei der Schleuse Mihla das Gefälle sogar 10,50 m beträgt. Die lichte Weite der Schleusen beträgt durchweg 12 m, die nutzbare Länge 110 m und die Drempeltiefe 3 m.

Für die Stauewehre müssen als Wehrkonstruktionen mit Rücksicht auf Eisgang und Hochwasserabführung und auf die schnelle Regelung des Staues, die sowohl für die Schifffahrt als auch für die Landwirtschaft erforderlich ist, bewegliche Wehre mit größeren Öffnungen vorgesehen werden. Auf Grund eingehender Berechnung sind mit nur einer Ausnahme sämtliche Neubauwehre mit zwei Öffnungen von je 20 m Lichtweite geplant.

In Münden beträgt die Gesamtwehrweite $2 \cdot 25 = 50$ m, weil dort eine Verbesserung der ungünstigen Hochwasserabflußverhältnisse erreicht werden soll. Im übrigen sind die Wehrpfeiler so hoch zu führen, daß die Verschlusskörper 1 m über den Hochwasserspiegel herausgehoben werden können.

Die Werra hat von ihrer Mündung bis zum Endpunkt der Kanalisierung am Eingang des bei Wartha vorgesehenen Hafens bei etwa 78 m Höhenunterschied eine Lauflänge von rd. 116 km, die durch die Begradigungen nach dem eingeschränkten Entwurf auf rd. 104 km verkürzt wird. Zur Überwindung dieses Gefälles sind 18 Staustufen nebst 18 Schleusen erforderlich.



Abb. 2. Werra-Kanalisation von Hann.-Münden bis Wartha.



Abb. 1. Wasserstraßen im Bezirk der Wasserstraßendirektion Hannover.

tiefgang etwa 30 cm beträgt, und daß bei einer Tauchtiefe von 1 m die Beförderung einer Gütermenge von 350—375 t möglich ist, wird angestrebt. Ein solcher Schiffstyp würde die Verkehrsmenge auf der Weser erheblich vergrößern können, da dieser mit seiner größeren Breite auch unbedenklich auf dem Mittellandkanal verkehren kann. Dieses Zukunftsschiff würde auch die Entwicklung des Verkehrs auf der kanalisierten Werrastrecke außerordentlich fördern.

Während beim Hauptentwurf für die Werra eine Fahrwassertiefe von 2,30 m vorgesehen ist, beträgt sie im eingeschränkten Entwurf nur 1,80 m, entsprechend den Fahrwasserverhältnissen der Oberweser bei Mittelwasser. Die Abmessungen der Schleusen und die Längenabmessungen der Vorhäfen sind in beiden Entwürfen gleich, weil nachträgliche Änderungen zu kostspielig sein würden. Aus demselben Grunde stimmen die lichte Höhe und die lichte Weite der Neubaubrücken und der umzubauenen Brücken in beiden Entwürfen überein. Als kleinste Krümmungshalbmesser sind im Hauptentwurf 400 m, im eingeschränkten Entwurf 250 m zugelassen (Abb. 2).

Viele Flußkrümmungen, die im Hauptentwurf abgeflacht oder durch Durchstiche ersetzt werden, können daher nach dem eingeschränkten Entwurf bestehen bleiben.

Der eingeschränkte Entwurf folgt im allgemeinen dem Flußlauf, der sich in teilweise sehr engen Windungen durch das Tal schlängelt. Eine günstige Möglichkeit zur Begradigung der Schifffahrtsstraße bietet die Anlage der Schleusen. Sie können fast durchweg in Durchstiche gelegt werden, die größere Flußschleifen abschneiden. In einigen Fällen sind Durchstiche dadurch nötig geworden, daß die Schifffahrtsstraße Brücken vermeiden muß, deren Umbau sehr schwierig ist oder auch zu unterbleiben hat, damit ein kulturgeschichtlich wertvolles Bauwerk erhalten bleibt.

Verzeichnis der Staustufen

Staustufe	Gefälle m	Normalstau der oberen Haltung N. N. +	Kanalkilometer der Schleuse	Länge der Haltung km
1. Hann.-Münden	2,80	+119,80	0,85	4,81
2. Letzter Heller	5,20	+125,00	5,24	5,42
3. Hedemünden	3,30	+128,30	10,97	6,26
4. Ermschwerd	4,20	+132,50	16,83	5,53
5. Unterrieden	6,00	+138,50	22,50	4,89
6. Oberrieden	3,00	+141,50	27,28	5,09
7. Ellershausen	3,00	+144,50	32,34	6,16
8. Allendorf	2,80	+147,30	38,88	5,80
9. Kleinvach	4,70	+152,00	44,21	4,66
10. Jestädt	4,00	+156,00	49,01	4,99
11. Eschwege	3,65	+159,65	53,80	5,63
12. Frieda	4,35	+164,00	59,58	3,51
13. Wanfried	3,00	+167,00	63,11	5,66
14. Großburschla	4,50	+171,50	68,60	5,81
15. Treffurt	4,00	+175,50	74,68	4,31
16. Falken	4,50	+180,00	78,91	9,13
17. Mihla	10,50	+190,50	88,03	12,90
18. Spichra	4,00	+194,50	100,94	3,57

Die Verteilung der Schleusen ergibt sich aus der Berücksichtigung von Zwangspunkten, die die Lage von mehreren Schleusen fest bestimmen und für die Anordnung der übrigen nur einen geringen Spielraum lassen.

Als Bauplatz für die Eingangsschleuse der Werrakanalisierung bei Münden kommt nur eine Stelle kurz oberhalb der Mündung der Werra in die Weser in Betracht, da durch die Errichtung des Staues unterhalb der Stadt die Vorflutverhältnisse zu sehr verschlechtert würden.

Die zweite Staustufe „Am letzten Heller“ ist bereits vor mehreren Jahren angelegt worden. Die neue Schifffahrtsschleuse muß hier seitlich von dem schon vorhandenen Wehr erbaut werden. Der Stau ist rd. 5 km von Münden entfernt und so angeordnet, daß er sich in den Kanalisierungsentwurf gut einfügt. Der Stau „Am letzten Heller“ reicht bis zum alten Mühlenwehr von Hedemünden.

Die nächstfolgende Staustufe Hedemünden ist weit unterhalb Blickershausen und Gertenbach, aber noch oberhalb der Stadt Hedemünden vorgesehen worden, da hier die Flußteilung der Werra für die Anlage des Schleusendurchstichs günstig ist.

Die nun folgende Staustufe Ermschwerd ist oberhalb Ermschwerd so vorgesehen, daß in Witzhausen eine Hebung der gewöhnlichen Wasserstände nicht eintritt.

Weiter oberhalb liegt die Engstelle des Werratales am Ludwigstein bei Werleshausen, deren Verbreiterung nur mit großen Kosten möglich ist. Die Errichtung einer Wehranlage kurz unterhalb der Engstelle erscheint daher geboten. Die zugehörige Schleuse Unterrieden ist in einem Seitenkanal vorgesehen, der oberhalb der Ortschaft Unterrieden vom Fluß abzweigen und als Seitenkanal am rechten Talhang entlang bis zum Ludwigstein führen soll. Um die Durchfahrt an der Eisenbahnbrücke der Bahnlinie Eichenberg—Niederhone möglichst zu erleichtern, ist die nächste Staustufe Oberrieden unterhalb der Brücke vorgesehen.

Rund 11 km von der Staustufe Oberrieden entfernt liegt der seit langem bestehende Stau Allendorf. Da auf dieser Strecke das Gefälle

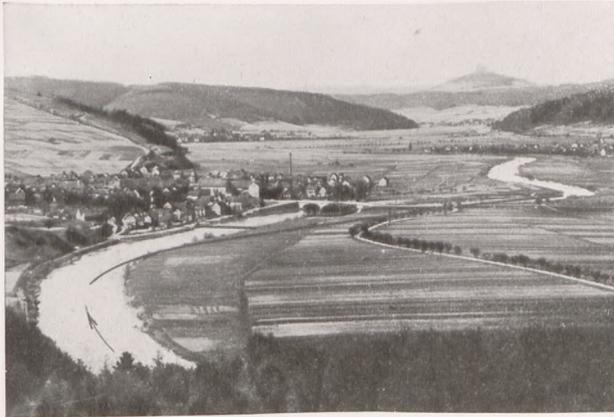


Abb. 3. Werratal, von der Pfalzburg stromab.

der Werra sehr stark ist, war die Zwischenschaltung eines weiteren Staues nötig. Etwa in der Mitte zwischen Oberrieden und Allendorf gestattet das flache Ufer gegenüber der Einmündung des von Bad Sooden kommenden Solgrabens die Anlage des Schleusenkanals der Staustufe Ellershausen.

Für die Werrastrecke oberhalb Allendorf ist bemerkenswert, daß der Flußalcharakter ober- und unterhalb des Ortes Falken ganz verschieden ist (Abb. 3).

Während unterhalb der Ortschaft Falken das Tal eine Breite bis zu mehr als 2 km hat, ist es oberhalb Falken bis etwa Kreuzburg oft nur so breit, daß kaum ein schmaler Weg neben dem Flußlauf Platz findet. Diese Geländegestaltung ist für die Durchführung der Wasserstraße oberhalb Falken außerordentlich günstig, da auf die Bodenbewirtschaftung und den Hochwasserabfluß nur wenig Rücksicht genommen zu werden braucht. Zweckmäßig wird daher der Engpaß durch möglichst hohe Staustufen überwunden, von denen die erste an seinem Anfang liegt, also etwa mit der vorhandenen Kraftstufe Falken zusammenfallen kann.

Die Erhaltung des Staues Eschwege ist deshalb anzustreben, damit die Grundwasserverhältnisse in der größtenteils am Oberwasser liegenden Stadt möglichst wenig geändert werden. Die Bellassung der Staustufe bei Eschwege unter Beibehaltung der vorhandenen Wehre ist um so eher möglich, als die Schifffahrtsstraße nicht durch die Stadt, sondern in einem langen Schleusenkanal nördlich von der Stadt durchgeführt werden soll.

Die Entfernung von Eschwege bis Allendorf beträgt in der begradigten Strecke rd. 15 km. Mit Rücksicht auf die Höhenlage des Staues in Allendorf sind zwei Zwischenstufen nötig. Die erste ist in der Doppelschleife des Flusses gleich oberhalb des Dorfes Kleinvach vorgesehen, die zweite in dem günstigen Bogen bei Jestädt.

Der Abschnitt Eschwege—Falken ist rd. 25 km lang. Maßgebend für seine Einteilung war das zu erhaltende Kraftwerk Wanfried sowie

die 1 km lange Felsstrecke oberhalb Groß-Burschla, in der Baggerungen mit sehr großen Kosten verbunden sind und die deshalb möglichst in das Oberwasser einer Staustufe zu legen war. Hierdurch waren für die Unterteilung der Strecke zunächst die Zwangspunkte Wanfried und Groß-Burschla gegeben.

Da eine Erhöhung des alten Normalstaues in Eschwege nur in sehr engen Grenzen möglich ist, kommt eine wesentliche Vergrößerung



Abb. 4. Werratal, oberhalb Straßenbrücke Kreuzburg.

der Stauweite nicht in Betracht. Die Errichtung einer weiteren Zwischenstufe ist daher bei Frieda vorgesehen. Der Stau in Wanfried kann so weit erhöht werden, daß er bis Groß-Burschla reicht (Abb. 4).

Wanfried war in den früheren Zeiten die Umschlagstelle für den Werraverkehr von Schiff auf Landstraße. Bei Wanfried sind noch die alten Lagerhäuser für diesen Umschlag erkennbar.

Die Strecke zwischen Groß-Burschla und Falken ist rd. 11 km lang. Eine Unterteilung ist erforderlich, weil mit Rücksicht auf die verhältnismäßig tiefe Lage des Ortes Heldra ein allzu hoher Stau nicht zulässig ist. Der Zwischenstau soll bei Treffurt so angelegt werden, daß die Stadt am Unterwasser liegt.

Oberhalb Falken ist nur noch die 22 km lange enge Strecke bis Kreuzburg und das 5 km lange Anschlußstück in dem Talkessel von Kreuzburg bis Spichra zu betrachten.

Da die lange Stromschleife beim Dorf Mihla mit einem Halbmesser von nur 300 m für die Schifffahrt ungünstig ist, auf der anderen Seite aber die Höhen- und geologischen Verhältnisse der Landzunge zwischen Ebenshausen und Bahnhof Mihla die Anlage eines Durchstichs gestatten, ist vorgesehen, den Stau von NN + 190,50 m in dem Durchstich zu errichten. Damit ist die für die Schifffahrt sehr günstige Lösung erreicht, bei Mihla 4 km abzuschneiden und die ganze dann noch 13 km lange Strecke mit einer Schleuse zu überwinden.

Auch unterhalb des Durchstichs Mihla liegen die Verhältnisse recht günstig. Der Stau soll so hoch gelegt werden, wie die Keller- und Vorflutverhältnisse bei Frankenroda es gestatten.



Abb. 5. Werratal, Staustufe Spichra.

Die Staustufe Spichra (Abb. 5) liegt durch das von der Werrakraftwerke A. G. errichtete Kraftwerk fest und staut bis zum Hafen Wartha. Die neue Schifffahrtsschleuse wird seitlich vom bestehenden Wehr errichtet.

Um die Landwirtschaft tunlichst vor Schäden zu bewahren, müssen die infolge Veränderung des Grundwasserstandes entstehenden Nachteile durch geeignete Maßnahmen ausgeglichen werden. Die Untersuchung der Talsohle durch Flachbohrungen hat ergeben, daß die Verwässerungsschäden mit wenig Ausnahmen durch Dränagen vermieden werden können, wobei die Kosten nicht halb so hoch werden wie durch Aufhöhungen. Diese Maßnahme ist sogar dort mit Aussicht

auf Erfolg möglich, wo der Stau erheblich über der Talsohle liegt. Auf sorgfältige Dichtung der Stauverwallungen ist hierbei allerdings zu achten. Die Entwässerung der drainierten Flächen kann meistens ins Unterwasser der Schleuse erfolgen; nur in einigen Fällen sind Pumpwerke zur Aufrechterhaltung der Vorflut nötig.

Auf die Verhütung von Wasserentziehungsschäden am oberen Ende der Haltung war bei der Wahl der Staustufen besonders Rücksicht zu nehmen. Soweit nicht ein Ausgleich durch künstliche Bewässerungs- oder Beregnungsanlagen in Betracht kommt, ist die Entschädigung der Grundstücksbesitzer vorgesehen.

Durch die Ausführung der Werrakanalisierung sind erhebliche Verbesserungen für den Hochwasserabfluß gegeben.

Die Ausübung der Fischerei soll unter allen Umständen gesichert bleiben. Dabei kann später entschieden werden, ob neben den Aaleitern an den Wehren zweckmäßig auch Fischpässe eingebaut werden, oder ob Haltungsfischerei mit Bruteinsatz eingeführt werden soll.

Als Endpunkt der Kanalisierungsstrecke ist der beim Orte Wartha geplante große Umschlaghafen vorgesehen. Seine Unterbringung an dieser Stelle ist in technischer Beziehung zweckmäßig, da das breite Tal genügend Raum zur Anlage des Hafens nebst Anschlußgleisen bietet. In wirtschaftlicher Beziehung ist die Lage deswegen besonders günstig, weil durch den Anschluß an die Durchgangslinie Frankfurt—

Pegel zu Hann.-Münden, von kleinen örtlichen Schwankungen abgesehen, ein Wasserstand von mindestens 1,15 m gehalten wurde.

Auf der Abb. 6 sind für die Jahre 1932—1935 die tatsächlich eingetretenen sowie diejenigen Wasserstände eingetragen, die ohne das Zuschußwasser der Edertalsperre eingetreten wären. Es ergibt sich, daß ohne die Zuschußwassermenge an Stelle eines Wasserstandes von etwa 1,20 m ein niedrigster Wasserstand

im Jahre	1932	von	0,73 m
„	„	1933	„ 0,74 m
„	„	1934	„ 0,63 m
„	„	1935	„ 0,73 m

vorhanden gewesen wäre. Dies ergibt einen Unterschied von 48 bis 57 cm. Mit Hilfe der Edertalsperre ist also eine konstante Tauchtiefe an der Oberweser entsprechend einem Wasserstand von rd. 1,20 m am Pegel zu Hann.-Münden auch in trockenen Jahren fast das ganze Jahr hindurch zu halten. Im Jahre 1935, das sicher als trocken angesprochen werden muß, ist in dem Monat Juli sogar ein Wasserstand von etwa 1,40 m gehalten worden. Dies ist einmal in der trockenen Zeit als Probe zugelassen; es hat sich dabei das überraschende Ergebnis gezeigt, daß die Umschlagsmengen nach der Verringerung des Wasserstandes von 1,40 m auf 1,20 m in Hann.-Münden im August an der Oberweser gleich geblieben sind.

Es ergibt sich, daß bei der Oberweser für die wirtschaftliche Durchführung des Verkehrs auf der Weser zunächst ein Wasserstand von etwa 1,20 m am Pegel Hann.-Münden ausreicht. Auf der Oberweser fahren jetzt Schraubenschlepper, von denen man früher annahm, daß sie dort nicht verkehren könnten, mit gutem Erfolg.

Die Arbeiten, die zur etwaßmäßig sichergestellt sind, und zwar die Kanalisierung der Mittelweser von Minden bis Bremen und die Niedrigwasserregulierung an der Oberweser genügen zunächst, um das bisherige 600 t-Schiff bzw. das verbesserte Weserflußschiff von etwa 750 t wirtschaftlich bis Hann.-Münden zu bringen.

Es ist daher technisch durchaus richtig, wenn zunächst die Kanalisierung der Werra von Hann.-Münden aufwärts bis ins Kaligebiet für diese Schiffe durchgeführt wird. Dies ist zu erreichen mit dem eingeschränkten Entwurf der Werrakanalisierung.

Die Kosten für die Kanalisierung der Werra von Hann.-Münden bis Wartha würden nach dem jetzigen Preisstand für den eingeschränkten Entwurf für das 600 bzw. 750 t-Schiff 67,5 Millionen betragen.

Eine Vollkanalisierung der Weser auch auf der Strecke von Minden bis Münden wird erst notwendig, wenn die Kanalisierung der Werra für das 1000 t-Schiff durchgeführt wird, und wenn mit der Herstellung der durchgehenden Werra-Main-Verbindung gerechnet wird. Wenn auch diese Verbindung zur Zeit noch nicht in die Tat umgesetzt werden kann, so muß doch das Ziel als solches nicht aus dem Auge verloren werden. Der Gedanke eines Ausbaus der Weser und Werra zu einer Großschiffahrtsstraße muß als Nord-Süd-Verbindung von Bremen nach dem Donaunraum in den Kreisen der Wirtschaft, des Handels und der Schifffahrt lebendig bleiben.

Das industrielle und an Bodenschätzen reiche Thüringen mit seinen Nachbargebieten ist eins von den wenigen Gebieten in Deutschland, die bisher keinen vollwertigen Anschluß an das mitteleuropäische Wasserstraßennetz haben. Das Bedürfnis nach einer solchen Wasserstraße ist von den thüringischen Fürsten schon früh erkannt. Nach Beendigung des dreißigjährigen Krieges sind die Pläne, die Werra besser schiffbar zu machen, erneut aufgegriffen, weil man wußte, daß für die Belebung der Wirtschaft von Thüringen eine Wasserstraße erforderlich war.

Anfang dieses Jahrhunderts regten sich wieder namhafte Kräfte, die eine Verbindung der Weser mit dem Main und auch die Verbindung Thüringens mit dem Nordseehafen Bremen forderten.

Die transporttechnische Lage Thüringens ohne Wasserweg ist als Vorbedingung für das Bestehen lebhafter Industrien nicht günstig. Fast ganz Thüringen strebt nach dem Wesergebiet, nur ein kleiner Teil liegt im Einflußgebiet der Saale und damit im Elbegebiet.

Eine fruchtigste Lage für Thüringen läßt sich durch die Werrakanalisierung nach der Weser hin ermöglichen.

Die wirtschaftliche Auswirkung eines neuen Verkehrsweges läßt sich am besten an dem sog. Einflußgebiet desselben veranschaulichen.

Das Einflußgebiet ist dasjenige Gebiet, innerhalb dessen der Bezug eines bestimmten Gutes aus einer bestimmten Gegend vorteilhafter wird, als er bisher unter Benutzung der älteren Verkehrswege gewesen ist. Umgekehrt gilt dasselbe für den Versand. Orte des Einflußgebietes werden durch den neuen Verkehrsweg wettbewerbsfähiger als bisher.

Die Abb. 7 zeigt den Einfluß der Werrakanalisierung auf die Wirtschaft des Landes Thüringen. Die Hauptindustriorte sind nach ihrer Bedeutung als verschieden große Kreise dargestellt. Der Maßstab für diese Kreisflächen ist der Kohlenverbrauch. Es sind nicht alle Orte, sondern nur die, welche einen jährlichen Kohlenverbrauch von 5000 t und mehr haben, aufgenommen. Im ganzen kommt zur Zeit in dem

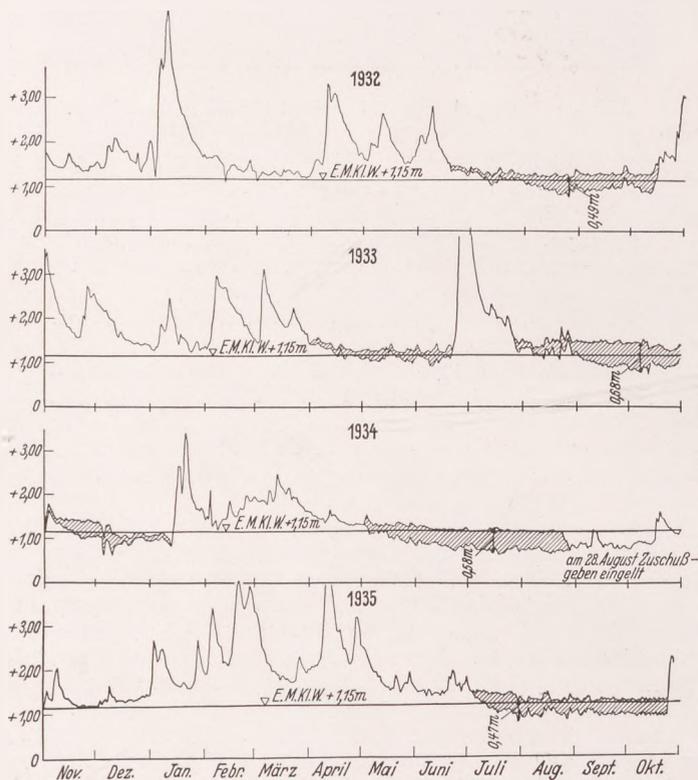


Abb. 6. Wirkung des Talsperren-Zuschußwassers auf den Wasserstand der Weser in Hann.-Münden.

Bebra—Halle—Berlin die kürzeste Verbindung mit den großen westthüringischen Orten hergestellt wird.

Auf der Oberweser ist in den letzten Jahren dauernd mit kleinen Mitteln an vielen Stellen die Fahrstraße verbessert worden. Auch ist die neue Schleuse in Hameln geschaffen worden, ferner sind die Fahrwasserhältnisse in der Latferder Klippenstrecke mit gutem Erfolg vorwärts gebracht. Außerdem sind die noch im Stromprofil vorhandenen und lästigen Brückenpfeiler bei verschiedenen Brücken an der Oberweser durch Brückenneubauten beseitigt.

Mit dem Ausbauplan für die Oberweser, der in seiner Gesamtheit als Niedrigwasserregulierung bezeichnet wird, sollen die entwerfsmäßigen Fahrwassertiefen überall dort, wo sie noch nicht vorhanden sind, voll erreicht werden. Sie betragen

oberhalb Karlshafen	1,10 m	unter	E.M.Kl.W.
von Karlshafen bis Hameln	1,25 m	„	E.M.Kl.W.
von Hameln bis zur Werramündung	1,35 m	„	E.M.Kl.W.
und von der Werremündung bis Minden	1,40 m	„	E.M.Kl.W.

Die Vorteile, die das Zuschußwasser aus den Talsperren bietet, werden in vollem Umfange ausgenutzt, wenn durch die Regulierungsarbeiten die Engstellen, die scharfen Krümmungen, das ungleichmäßige Gefälle und die Form des Weserbettes den Verhältnissen besser angepaßt sind.

Mit Hilfe des Zuschußwassers von den Talsperren ist es in den letzten Jahren erreicht worden, daß in den trockenen Monaten am

Einflußgebiet für Ruhrkohle ein Verbrauch von rd. 1 Million t in Betracht.

Über das Einflußgebiet der Kohle geht das der anderen Industriegüter noch erheblich hinaus. Der Eisenverbrauch entspricht überall auch dem Kohlenverbrauch, ebenso ist der Anfall von Eisenschrott, das auf dem Wasserweg billiger zum Ruhrgebiet gebracht werden könnte, dem Kohlenverbrauch nach gestaffelt.

Als umrandete Quadrate sind die Kalimengen von der Werra und vom Eichsfeld gekennzeichnet. Die Werrawerke liegen im Herzen

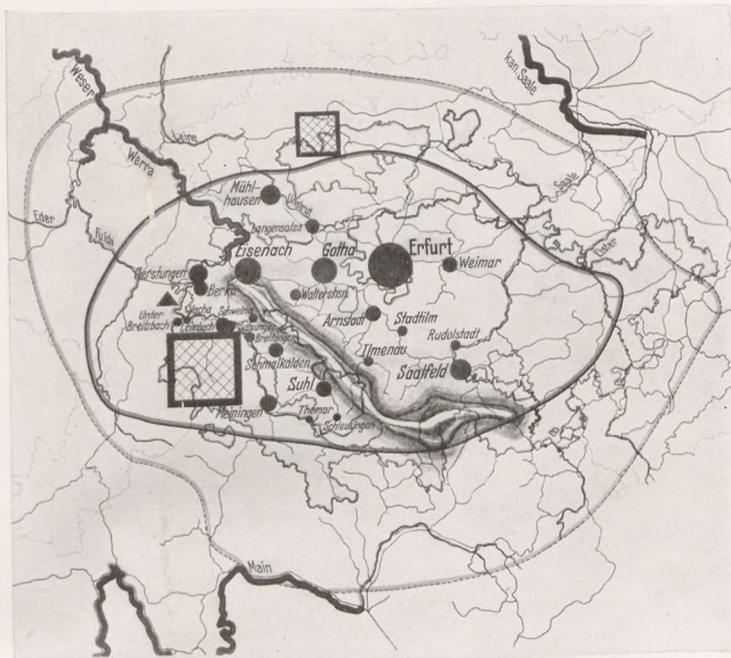


Abb. 7. Einfluß der Werrakanalisierung auf die Wirtschaft Thüringens.

des um Wartha konstruierten Einflußgebietes, während die des Eichsfeldes am nördlichen Rande liegen. Die letzteren werden daher nicht in Wartha, sondern in einem weiter abwärts gelegenen Werrahafen ihre Industrie- und Düngesalze umschlagen. Die Mengen, die hier in Betracht kommen, sind sehr bedeutend. Sind doch bereits im Jahre 1935 in Hann.-Münden über 175 000 t meist hochwertige Salze aufs Schiff umgeschlagen worden, 2/3 davon von den Werrawerken, 1/3 vom Eichsfeld.

Bei Kohle liegen die Wettbewerbsverhältnisse für die Wasserstraße besonders schwierig, da sie auf direktem Bahnweg zu einem niedrigen Ausnahmetarif, dagegen als Umschlaggut eines Hafens zum normalen Tarif befördert wird. Trotzdem ist das Einflußgebiet der Werra auch für Kohle noch ziemlich beträchtlich und umfaßt den größten Teil des Landes Thüringen.

Sehr günstig zur Werra liegen auch die Schwerspat- und Flußspatgruben bei Gerstungen auf dem linken Ufer des Flusses. Ihre Lage ist auf dem Bilde durch ein Dreieck gekennzeichnet. Man kann damit rechnen, daß etwa 25 000 t dieser Mineralien den Weg über die Werra zu den Glasfabriken usw. des In- und Auslandes suchen werden.

Mitten durch das Einflußgebiet zieht sich der Thüringer Wald hindurch. Sein Stein- und Holzreichtum wird durch die Werrakanalisierung in hervorragender Weise erschlossen. Von seiner nördlichen wie südlichen Abdachung kann Gruben- und Bauholz gleich bequem der Werra zugeführt werden, um nach dem Westen und dem Norden von Deutschland zu gelangen. Man wird nach dem tatsächlichen Versand der Oberweser mit einem jährlichen Versand von 50—100 000 t von der Werra aus rechnen dürfen.

Das gute Steinmaterial, insbesondere der Trachyt von Langensalza und der Porphyr des Thüringer Waldes, wird durch den Wasserweg in seinem Wert wesentlich gesteigert.

Die Abb. 7 zeigt aber auch, daß nicht nur das gebirgige Land, sondern auch die großen fruchtbaren Talflächen Thüringens durch die Werra in den Bereich der westdeutschen Wasserstraßen hineingezogen werden. Es wird sich daher in Wartha ein lebhafter Umschlag von Getreide, insbesondere von Thüringer Braugerste und Malz und von überseeischem Futtergetreide entwickeln können.

Der überseeische Handel Thüringens und Nord-Bayerns sowohl im Bezug von Kolonialgütern wie im Versand von Industriegütern würde ohne Frage durch die Werrakanalisierung außerordentlich belebt werden. Die deutschen Unterweserhäfen werden dadurch in ihrem Wettbewerb mit den ausländischen Rheinhäfen sehr gestützt.

Im Schoß der deutschen Erde schlummern eben noch manche Schätze, die nur nicht gehoben werden, weil ihre Beförderung zur

Verbrauchsstätte die Kosten so verteuert, daß die Verwendung ausländischer Güter vorteilhafter erscheint. Die Binnenschifffahrt ist für die gesamte Verkehrsschifffahrt nicht zu entbehren. Sie trägt in weitem Umfange zur Verbilligung des Gesamtverkehrs bei.

Die Reichsregierung unter Adolf Hitler hat die Weser in ihrer Bedeutung als besondere Verkehrsstraße für den deutschen Seehafen Bremen erkannt und Mittel für die Durchführung der Kanalisierung der Mittelweser von Minden bis Bremen sowie für die Niedrigwasserregulierung der Weser durch den Reichshaushalt bereitgestellt. Durch die bereits in Angriff genommene Kanalisierung der Weser von Minden bis Bremen wird diese für 1000 t-Kähne mit 2 m Tauchtiefe ausgebaut (Abb. 8).

Hierdurch wird der vollwertige Anschluß an den Mittelwandkanal für Bremen über Minden hergestellt. Der Bau der Staustufen bei Drakenburg und Petershagen ist im Gange, die Inangriffnahme der Arbeiten bei den 3 weiteren Staustufen bei Langwedel, Schlüsselburg und Landesbergen folgt.



Abb. 8. Lageplan betr. Weserkanalisierung zwischen Minden und Bremen.

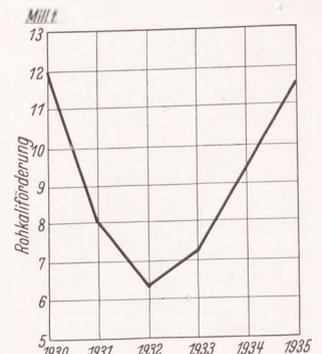


Abb. 9. Entwicklung der Rohkaliförderung.

Die Lage der Staustufen an der Mittelweser von Minden bis Bremen ist in der Abb. 8 näher erkennbar.

Für die Verbesserung des nur für 600 t-Schiffe gebauten Ems-Weser-Kanals sind erhebliche Mittel durch den Reichshaushalt gesichert, welche bezwecken, diese Strecke auch für das 1000 t-Schiff befahrbar zu machen.

Für die Verbindung Thüringens mit der Weser bei Hann.-Münden ist die Kanalisierung der Werra erforderlich. Es genügt zunächst, das auf der Oberweser nach Durchführung der Niedrigwasserregulierung



Abb. 10. Kalianlage in Bremen.

wirtschaftlich berechnete Schiff von 600 bzw. 750 t Tragfähigkeit durch die Kanalisierung der Werra an Thüringens heranzubringen. Bei Wartha, in der Nähe von Eisenach, ermöglicht der Umschlaghafen den Anschluß an die Durchgangslinie Frankfurt/Main—Bebra—Halle—Berlin die günstigste Verbindung nach den großen thüringischen Orten. Vorerst ist nur die Kanalisierung der Werra als Anschluß-

wasserstraße an das Wesergebiet für Thüringen von Hann.-Münden bis nach diesem Umschlaghafen bei Wartha geplant.

Wie sehr gerade die Kaliwerke in Thüringen nach dem Wasserweg der Werra-Weser mit ihren Frachten hindrängen, dafür geben die an der Kaliumschlagstelle in den letzten beiden Jahren umgeschlagenen Mengen ein beredtes Zeugnis.

Die Entwicklung der gesamten Kaliförderung in Deutschland für die Jahre 1930—1935 in Abb. 9 läßt deutlich erkennen, daß seit 1933 ein stetiger Aufstieg in der Förderung vorhanden ist. Daß hierbei die Werrawerke an dem Aufstieg am meisten beteiligt sind, ergeben folgende Zahlen:

In k_2 Doppelzentnern sind in den Werrawerken in Thüringen im ganzen gefördert:

im Jahre	1931	=	2 500 000
„	„	1932	= 2 200 000
„	„	1933	= 2 800 000
„	„	1934	= 3 600 000
„	„	1935	= 3 900 000

Das bedeutet gegen 1931 einen Anstieg im Jahre 1935 von 56%.

An der Werra sollen die besten Kalivorkommen in der Welt vorhanden sein. Durch billige Wasserfrachten muß angestrebt werden, daß diese Kalivorkommen durch Verarbeitung zu hochwertigem ballastfreiem Mischdünger so wirtschaftlich veredelt werden, daß jede Auslandskonkurrenz ausgehalten werden kann. Mit niedrigen Wasserfrachten können Rohphosphate über Bremen Weser-Werra-aufwärts ohne Umladung nach den Werrawerken gebracht werden, um dort zu phosphorsäurehaltigen Düngemitteln umgearbeitet, mit Stickstoff und Kali gebunden zu einem hochwertigen Mischdünger verarbeitet zu werden. Wenn dieser dann über Bremen der ganzen Landwirtschaft der Erde in billigster Form wieder angeboten wird, so kann damit gerechnet werden, daß in Zukunft auf der Werra-Weser die vollen Schiffe mit Mischdünger, auf der Weser-Werra immer wieder volle Schiffe mit Rohphosphat von Bremen aus nach der Werra als Bergfracht zur Folge haben.

Der Ausbau der Weser und Werra muß unbedingt mit der Ausgestaltung der anderen deutschen Wasserstraßen Schritt halten, da sonst zum Schaden der Weser und für die Industrie in den Gebieten der Oberweser, Werra und Fulda Störungen in ihrer Absatzfähigkeit eintreten.

Für den Seehafen Bremen ist die Binnenschifffahrt auf der Weser und Werra von überragender Bedeutung. Für die Kaliausfuhr der Werrawerke über die Weser hat Bremen eine große Umschlagereinrichtung gebaut (Abb. 10), die es ermöglicht, den Werra-Weser-Kahn unmittelbar an das Seeschiff zu legen und so mit den geringsten Kosten die Ware an das Seeschiff abzugeben oder aber vorübergehend in die vorhandenen großen Lagerschuppen zu bringen. Der Seehafen

Bremen braucht für das Durchhalten und zu seiner Weiterentwicklung unbedingt die Frachtgüter aus dem oberen Werra- und Wesergebiet. Für die leistungsfähige Verbindung der Weser über die Werra nach dem Main kommt in Zukunft nur die Vollkanalisierung der Weser-Werra in Betracht.

Die Vollkanalisierung der Weser von Minden bis Münden und der Werra von Hann.-Münden über Wartha bis nach Bamberg a. M. würde



Abb. 11. Weser-Main-Kanal.

nach dem jetzigen Preisstand rd. 450 Millionen RM betragen. Durch diese Verbindung würden Thüringen und Bremen neben dem Anschluß nach dem mitteldeutschen Wasserstraßennetz auch den Anschluß an den Donaunraum für die Ausfuhrprodukte erhalten.

Eine Übersicht des Wasserweges von Bremen über die Weser-Werra und den Main nach dem Donaubegebiet gibt Abb. 11.

Der Schwebelift.

Von Professor Dr.-Ing. E. h. Richard Petersen, Hamburg-Blankenese.

I. Zweck.

Luftseilbahnen und Kabelkrane haben sich für bestimmte Aufgaben als die besten Fördereinrichtungen bewährt. Ihre Entwicklung hat mehrere Jahrzehnte gestockt, weil über die Biegungsspannungen im Drahtseil eine unrichtige Auffassung herrschte, nämlich, daß die Biegungsspannung, die ein unverseilter Draht erhält, durch die schraubenförmige Verflechtung des Drahtes in der Litze und der Litze im Seil verkleinert würde.

Durch die Arbeiten von Benoit und Woernle¹ ist klargestellt worden, daß das Umgekehrte richtig ist, daß die Biegungsspannung des Drahtes im Seil erheblich höher ist als beim unverseilten Draht.

Die erste Nutzenanwendung fand diese Erkenntnis in den modernen Luftseilbahnen, die nach dem Kriege von Zuegg und Bleichert im Hochgebirge gebaut wurden. Durch eine Herabsetzung der Biegungsspannung im Trageseil unter gleichzeitiger Erhöhung der Zugspannung gelang bei ihnen eine bedeutende Vergrößerung der zulässigen Spannung bis weit über 1000 m (vgl. Abb. 23 und 24).

Eine zweite Nutzenanwendung, die zu einer beträchtlichen Vergrößerung der zulässigen Last führt, ist der Schwebelift.

Der Schwebelift ist hervorgegangen aus Modellversuchen, die vom Verfasser an der Technischen Hochschule Danzig mit Unterbrechungen seit 1921 durchgeführt wurden. Über die Anfangsergebnisse, die der heutigen Lösung vorangingen, ist bereits in einem früheren Auf-

satz² berichtet worden. Unter den verschiedenen Versuchsreihen hat sich nun die nachfolgend beschriebene Bauweise als besonders erfolgversprechend ergeben.

Der Schwebelift DRP. 602 145 dient ähnlichen Aufgaben wie der bisherige Kabelkran, unterscheidet sich aber von diesem grundsätzlich.

Der Schwebelift kann erheblich größere Lasten tragen und ist frei von den störenden Schwingungen des Fahrkorbes, die den Kabelkran für manche Aufgaben ungeeignet machen. Das bisherige Anwendungsgebiet des Kabelkrans wird durch den Schwebelift beträchtlich erweitert.

Abb. 1—5 zeigen beispielsweise die Arbeitsweise eines Schwebeliftes, der als Personen und Kraftwagenfähre zur Überbrückung einer 300 m breiten Wasserstraße dienen soll, die von Seeschiffen befahren wird. Die lichte Durchfahrts Höhe für die Schiffsmasten ist mit mindestens 45 m vorgesehen.

Der Fahrkorb, 30 m lang, 4 m breit mit 120 m² Grundfläche faßt 400 Fußgänger oder 6 Kraftwagen je 5 t. Der Fahrkorb steht auf dem linken Ufer und wird beladen (Abb. 1), dann angehoben (Abb. 2), dann hinübergefahren auf das andere Ufer (Abb. 3 u. 4, die Bahn ist eine Ellipse), dann abgesetzt auf den Boden (Abb. 5), und entladen. Das Förderspiel vom Abheben (Abb. 1) bis zum Aufsetzen (Abb. 5) dauert etwa 100 Sekunden und einschließlich Aus- und Einladen etwa 3 Minuten. Die Leistungsfähigkeit dieser Anlage in jeder Richtung entspricht somit einem Verkehr von 1 Kraftwagen je Minute oder 1 Fußgänger je Sekunde.

¹ Benoit u. Woernle: Die Drahtseilfrage. Karlsruhe: Verlag Gutsch 1915. — Woernle: Zur Beurteilung der Drahtseilschwebbahnen für Personenbeförderung (Habilitationsschrift). Berlin: Verlag Krayn 1913. — Beitrag zur Klärung der Drahtseilfrage. Z. VDI 13 (1929).

² Petersen: Der Schwebelift. Bautechn. 31 u. 34 (1929).

Die Anlagekosten sind veranschlagt mit rd. 900 000 RM, wovon über die Hälfte auf die Türme kommt. Eine Hochbrücke würde an dieser Stelle etwa 20 Millionen RM kosten, ein Tunnel noch mehr.



Abb. 1.

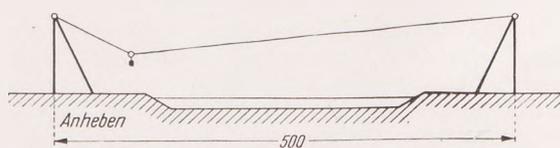


Abb. 2.

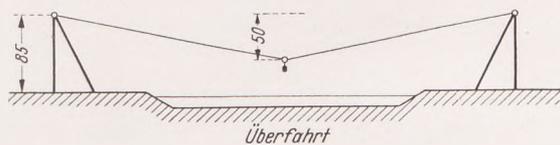


Abb. 3.

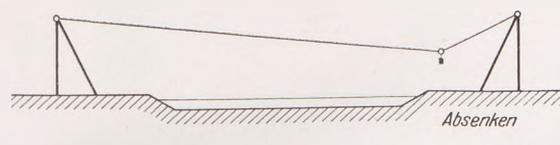


Abb. 4.



Abb. 5.

Abb. 1 bis 5. Arbeitsweise eines Schwebelifts als Personen- und Kraftwagenfähre über einer von Seeschiffen befahrenen Wasserstraße.

Wo die natürliche Geländegestaltung Türme entbehrlich macht, werden die Anlagekosten niedriger. Abb. 6 zeigt einen Querschnitt des Rheintales zwischen Koblenz und Bingerbrück. Die Strombreite ist 240 m, der Haltestellenabstand 290 m. Bei einem Fahrkorb mit

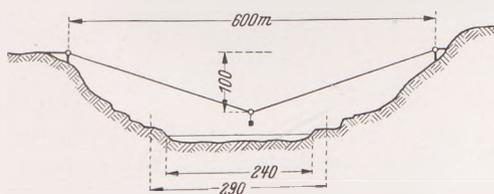
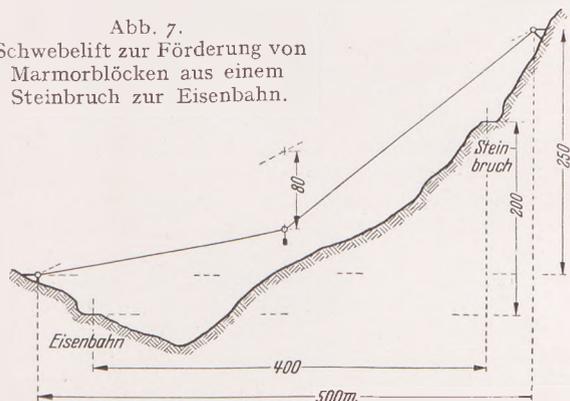


Abb. 6. Schwebelift als Personen- und Kraftwagenfähre.

$15 \cdot 3 = 45 \text{ m}^2$ Grundfläche, der 3 Kraftwagen je 5 t oder 200 Fußgänger faßt, würde die Anlage, die keine besonderen Turmbauten erfordert, etwa 300 000 RM kosten.

Abb. 7. Schwebelift zur Förderung von Marmorblöcken aus einem Steinbruch zur Eisenbahn.



Der Schwebelift eignet sich auch als Bergaufzug, sofern die Haltestellen in einer einzigen Spannweite ohne Zwischenstützen verbunden werden können. Die Spannweite kann bei großem Durchhang 1000 m beträchtlich überschreiten. Abb. 7 zeigt eine Anlage im Gebirge, die geeignet ist, aus einem Steinbruch Marmorblöcke bis 30 t Gewicht zu der 200 m tiefer liegenden Eisenbahn auf der anderen Talseite zu befördern. Abb. 1—7 zeigen, daß der Schwebelift Aufgaben bewältigen soll, die man mit dem Kabelkran überhaupt nicht mehr oder nur noch sehr schwer erfüllen könnte. Dabei braucht der Schwebelift nur verhältnismäßig dünne Seile. Selbst bei der Fähre nach Abb. 1—5 geht die erforderliche Seildicke über 40 mm nicht hinaus.

Abb. 1—7 zeigen Aufgaben, die immer nur vereinzelt vorkommen werden.

In viel größerer Zahl werden die kleineren Förderanlagen für

Nutzlasten bis etwa 5 t gebraucht. Abb. 8 zeigt einen fahrbaren Schwebelift mit Greifer für den Kohlenumschlag zwischen Eisenbahn und Binnenschiff. Die Türme fahren auf Schienen. Eine solche Anlage ist bei gleicher Leistungsfähigkeit billiger als eine Verladebrücke. Die übliche Verladeeinrichtung mit Kranen, die auf einer zu diesem Zweck gebauten Ufermauer fahren, ist teuer. Der Schwebelift braucht keine Ufermauer, die Ufer können unbefestigt bleiben. Ähnlich sehen Förderanlagen für Erz und Kies aus. Nur den Durchhang wird man bei schwerem Gut größer machen.

Ein weites Anwendungsgebiet wird der Schwebelift auch als Baustellengerät finden. Bei Talsperrenbauten und bei ähnlichen Aufgaben, bei der Herstellung der Pfeiler für einen Brückenbau über ein scharf eingerissenes Tal wird der Schwebelift in manchen Fällen die beste Lösung sein, um den Beton von der Mischmaschine in einem Kippkübel bis zum Arbeitsplatz zu bringen. Ein Kübelinhalt bis 4 m^3 oder sonstige Nutzlasten bis 10 t machen keine Schwierigkeit.

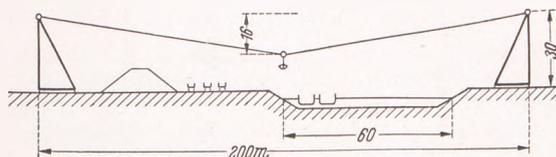


Abb. 8. Fahrbarer Schwebelift für den Kohlenumschlag zwischen Eisenbahn und Binnenschiff.

Neben den Massengütern, die mit dem Greifer gefaßt oder in den Kippkübel gefüllt werden, können natürlich auch alle sonstigen Güter befördert werden, die man an einen Kranhaken anzuhängen pflegt.

Auch als Hellingkran wird der Schwebelift vorteilhaft sein.

II. Kabelkran und Schwebelift.

a) Tragfähigkeit.

Vom Kabelkran unterscheidet sich der Schwebelift durch den großen Durchhang. Abb. 9 zeigt eine an Seilen aufgehängte Last P, l bedeutet die Spannweite, f den Durchhang. Abb. 10 zeigt den dazu gehörenden Kräfteplan.

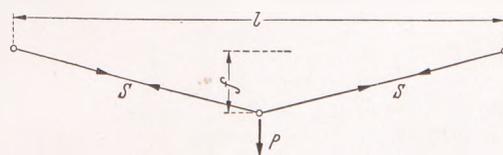


Abb. 9. Eine an Seilen aufgehängte Last.

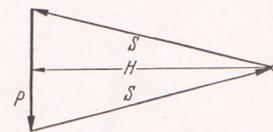


Abb. 10. Kräfteplan zu Abb. 9. $\frac{1}{2}P : H = f : \frac{1}{2}l$.

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke folgt:

$$\frac{H}{P} = \frac{1}{4f} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{4f} \sqrt{1 + \left(\frac{2f}{l}\right)^2} \dots \dots \dots (2)$$

Diese Gleichungen sind in der folgenden Tafel ausgewertet:

für	$\frac{f}{l} = \frac{1}{80}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$
wird	$\frac{H}{P} = 20$	10	5	2,5	2,0	1,5
	$\frac{S}{P} = 20$	10	5,03	2,55	2,06	1,58
gültig für den Kabelkran mit Rädern in Radgestell				den Schwebelift		

Je größer der Durchhang f bei gleicher Spannweite l genommen wird, um so kleiner wird H und damit die Seilkraft S, die sich erst bei großem Durchhang merklich von H unterscheidet.

Abb. 11 zeigt das Bild eines Kabelkrans mit zweiräderigem Radgestell. Das Zugseil für die Längsförderung und das Hubseil zwischen Radgestell und Fahrkorb sind in Abb. 11 weggelassen.

Abb. 12 zeigt den Kräfteplan an der Lastangriffsstelle. Der Durchhang f infolge der Last P in Abb. 11 entsteht, wenn man sich das Trageil gewichtslos denkt. In Wirklichkeit kommt zu diesem f aus P noch ein weiterer Durchhang aus dem Eigengewicht des Trageiles hinzu. Dieser kommt aber für die folgende Überlegung nicht in Betracht, da die Seilkraft S durch das Eigengewicht des Trageiles nicht merklich vergrößert wird.

Entscheidend für die Gestaltung des Kabelkrans ist, daß die Krümmung des Trageiles unter dem Rad einen erheblich größeren

Halbmesser hat als das Rad. Rad und Seil berühren sich daher nur in einem Punkt ebenso wie Eisenbahnrad und Eisenbahnschiene. Der Winkel zwischen den Seilachsen rechts und links des Rades ist sehr klein.

Bei Lastenbahnen hatte man schon lange vor der neuen theoretischen Erkenntnis aus der Erfahrung gefunden, daß mit Rücksicht auf die Lebensdauer des Trageisles die Seilkraft S mindestens gleich dem 40fachen des Raddruckes V sein muß. Dem entspricht eine Biegungsspannung des Seiles $\sigma_b \geq 2 \text{ t/cm}^2$. Bei einem zweirädrigen Radgestell wird somit entsprechend Abb 11 und 12 $P = 2V$, $S = 20P$ und

$\frac{f}{l} = \frac{1}{80}$. Der Knick im Seil unter dem Rade hat einen Winkel von rd. $1\frac{1}{2}^\circ$.

Bei den modernen Personenluftseilbahnen ist man noch weiter gegangen und hat $S = 80V$ (bis $100V$) gemacht, entsprechend einer Biegungsspannung $\sigma_b \geq 1 \text{ t/cm}^2$.

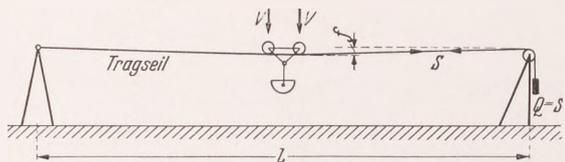


Abb. 11. Kabelkran mit zweirädrigem Radgestell.



Abb. 12. Kräfteplan zu Abb. 11.

Wichtig ist noch folgendes: Eine geringe Änderung des Durchhanges f in Abb. 11 hat in Abb. 12 eine große Änderung der Seilkraft S zur Folge. Deshalb ist es bei der Luftseilbahn und dem Kabelkran unumgänglich notwendig, die mögliche Seilkraft S nach oben zu begrenzen. Das geschieht in der Regel durch ein freispielendes Spannungsgewicht $Q = S$ oder dadurch, daß man die rechte Stütze pendelnd schräg stellt und durch ihr Gewicht das Trageisil spannt.

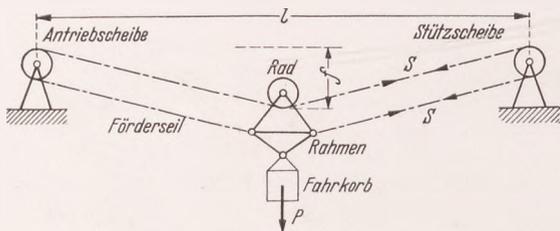


Abb. 13. Das Förderseil des Schwebeliftes.

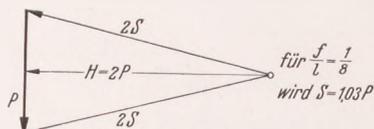


Abb. 14. Kräfteplan zu Abb. 13.

Abb. 13 zeigt das Förderseil des Schwebeliftes. Auch hier ist das Hubseil zwischen dem Fahrkorb und dem Rahmen zunächst weggelassen. Abb. 14 zeigt den Kräfteplan zu Abb. 13.

Die beiden Enden des Förderseiles sind im unteren Strang gelenkig an den Rahmen angeschlossen. An diesen Anschlußstellen entsteht überhaupt keine Biegungsspannung im Förderseil. Das Förderseil ist sodann über zwei Stützscheiben und mit seinem oberen Strang unter einem im Rahmen gelagerten Rade geführt. An diesen Stellen erhält das Seil Biegungsspannungen. Hier handelt es sich aber nicht um Punktberührung, sondern um Umschlingungen der Scheiben durch das Seil. Für die Biegungsspannung des Förderseiles ist maßgebend der Durchmesser der Scheiben, nicht aber die Größe des Umschlingungswinkels. Infolgedessen ist auch die Größe des Durchhanges f ohne Einfluß auf die Biegungsspannung des Seiles.

Dies ist der grundlegende Unterschied zwischen Kabelkran und Schwebelift. Beim Kabelkran ist der zulässige Durchhang beschränkt durch die Biegungsspannung des Seiles, beim Schwebelift nicht.

Nimmt man nun den Durchhang f in Abb. 13 10mal so groß als in Abb. 11, so wird die Summe der Seilkräfte in Abb. 14 gleich $\frac{1}{10}$ der Seilkraft in Abb. 12, und da zwei Seilstränge tragen, für den einzelnen Seilstrang gleich $\frac{1}{20}$ gegenüber Abb. 12.

Man bekommt bei Abb. 13 etwa die gleiche Biegungsspannung im Förderseil wie bei Abb. 11 im Trageisil, wenn man die im Bergwerksbetrieb übliche Regel befolgt, den Durchmesser der Stützscheiben und des Rades in Abb. 13 mindestens gleich dem 100fachen der Drahtstärke oder dem 80fachen der Seildicke zu machen.

Man braucht aber nur $\frac{1}{20}$ des Querschnittes und bekommt daher für die gleiche Last P ein dünnes Seil aus dünnen Drähten, infolgedessen auch für die Stützscheiben und das Rad Abmessungen, die bequem ausführbar sind. Praktisch handelt es sich um Scheibendurchmesser zwischen 1 und 3 m.

Andererseits, wenn man die Summe der Seilquerschnitte in Abb. 13 gleich dem Tragseilquerschnitt in Abb. 11 macht, kann die Last P in Abb. 14 10mal so groß sein als in Abb. 12. Indem man nun die erforderliche Summe der Seilquerschnitte statt auf zwei auf eine größere Anzahl von Seilsträngen verteilt, wird es möglich, beim Schwebelift mit mehreren dünnen Seilen sehr große Lasten zu tragen.

Zu beachten bleibt dabei, daß beim Kabelkran in Abb. 12 das Eigengewicht des Tragseiles außer Betracht bleibt, während es beim Schwebelift in Abb. 14 berücksichtigt ist. Die Einzellast P in Abb. 14 enthält das halbe Seilgewicht (Abb. 25 u. 26).

In Abb. 13 wird die eine der beiden Stützscheiben angetrieben und dadurch der Rahmen zwischen den Stützscheiben bewegt. Die Bahn des Rahmens ist eine Ellipse. Beim Schwebelift ist somit das Förderseil gleichzeitig Trag- und Zugseil.

Nun fehlt in Abb. 13 noch das Hubseil, das den Fahrkorb gegenüber dem Rahmen hebt und senkt. Die einfachste Anordnung mit festliegenden Hubseilsträngen ist in Abb. 15 dargestellt. So würde etwa eine Betonfördereinrichtung für einen Talsperrenbau aussehen.

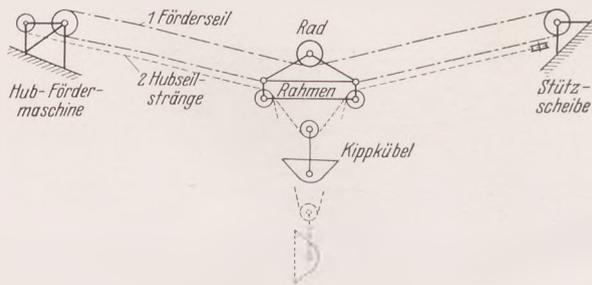


Abb. 15. Schwebelift mit einem Förderseil und zwei festliegenden Hubseilsträngen, geeignet für die Betonförderung bei Talsperrenbauten.

Das Hubseil ist in der Nähe der rechten Stützscheibe befestigt. Der Fahrkorb hängt an einem Rade in einer Schlaufe des Hubseils. Die Schlaufe wird von zwei Scheiben getragen, die unter dem Rahmen gelagert sind. Durch Drehen der Hubtrommel wird der Fahrkorb, hier ein Kippkübel, gehoben und gesenkt. Die Hubhöhe kann beliebig groß sein.

Bei der Fahrt laufen das Rad des Kippkübels und die beiden Scheiben unter dem Rahmen am festliegenden Hubseil entlang.

Die Zugspannung im Förderseil und im Hubseil ändert sich mit der Belastung und der Laststellung. Bald ist das Hubseil, bald das Förderseil straffer gespannt. Deshalb soll man in der Regel nicht beide Seile in die gleiche senkrechte Ebene legen. Es muß vermieden werden, daß ein tiefer durchhängender oberer Seilstrang sich an einem straffer gespannten unteren Seilstrang scheuern könnte. Man vermeidet dies am einfachsten, indem man das Hubseil in zwei Strängen im Grundriß beiderseits des Förderseiles anordnet. Als waagerechter Abstand zwischen den einzelnen Seilen genügt etwa $\frac{1}{200}$ der Spannweite.

Der Schwebelift nach Abb. 15 mit einem Förderseil und zwei festliegenden Hubseilsträngen ist die einfachste Form einer Lastenfördereinrichtung, die für alle Aufgaben sich eignet, wo man das Fördergut an einen Lasthaken aufhängt oder mit einem Trichter in einen Kippkübel füllt.

Abb. 16 zeigt ein Modell mit einem Förderseil und zwei festliegenden Hubseilsträngen. Von Abb. 15 unterscheidet es sich nur dadurch, daß die Stützscheiben auf Türmen gelagert sind. Von rechts nach links sieht man den Treibscheibenantrieb des Förderseiles, die Hubtrommel des Hubseiles, den Turm mit den Stützscheiben, den Trichter der Betonmischmaschine und den am Rahmen hängenden Kippkübel. Die beiden Hubseilstränge zwischen Trommel und Stützscheiben decken sich im Bilde zufällig.

Abb. 17 zeigt die Aufhängung des Kippkübels am Rahmen noch deutlicher. Der Schwerpunkt des leeren Kübels liegt unter, der des beladenen Kübels über der Kippachse. Der leere Kübel wird durch eine selbsttätig einschnappende Sperrklinke verriegelt. Beim Füllen des Kübels hält die Sperrklinke den Kübel fest. Erst beim Aufsetzen auf den Boden wird die Sperrklinke durch die an ihr hängende dünne Stange ausgelöst, und der Kübel kippt seine Ladung aus.

Für eine Last $P = 4 \text{ t}$ reichen ein Förderseil von 20 mm und zwei Hubseilstränge von 10 mm \varnothing . Wenn man als obere Grenze der Seildicke etwa 40 mm annimmt, so ist diese Anordnung brauchbar bis zu einer Last P rd. 20 t.

Die Last P besteht aus der Nutzlast N , dem Fahrkorbgewicht,

dem Rahmengewicht und dem halben Seilgewicht. Je nach der Art des Fördergutes, der Gestalt des Fahrkorbes und je nach der Spannweite liegt P in der Regel zwischen $P = 3 N$ bis $P = 4 N$, ausnahmsweise ist $P = 2 N$ möglich (vgl. hierüber den Abschnitt III).

groß sein, daß der Fahrkorb beim Lösen der Bremse unter allen Umständen zur Erde absinkt und nicht etwa in der Luft hängen bleibt. Die Hubmaschine hat daher außer der Nutzlast nur einen Teil des Fahrkorbgewichtes zu heben.

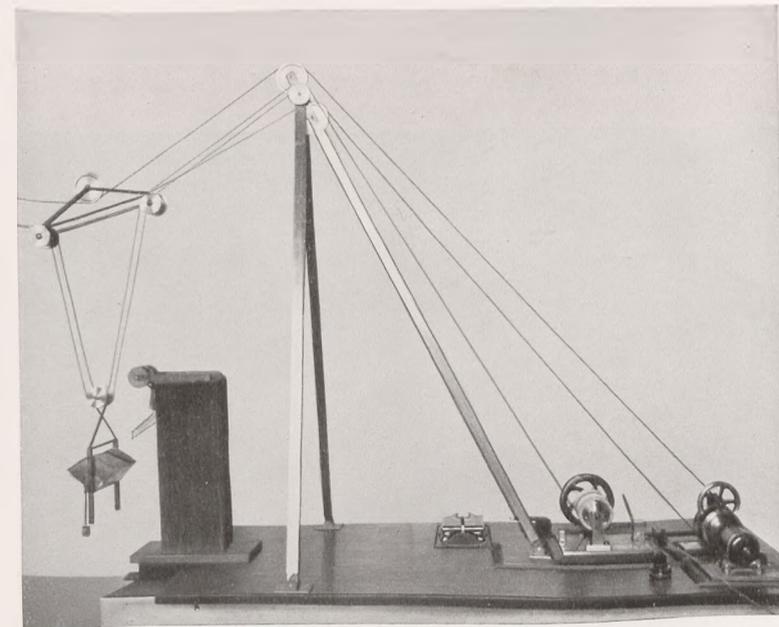


Abb. 16. Modell eines Schwebelifts für Betonförderung mit einem Förderseil und zwei festliegenden Hubseilsträngen.

Somit reicht in den meisten vorkommenden Fällen die Anordnung nach Abb. 15 mit einem Förderseil und zwei festliegenden Hubseilsträngen als Lastenförderanlage aus. Ist das nicht der Fall, so nimmt

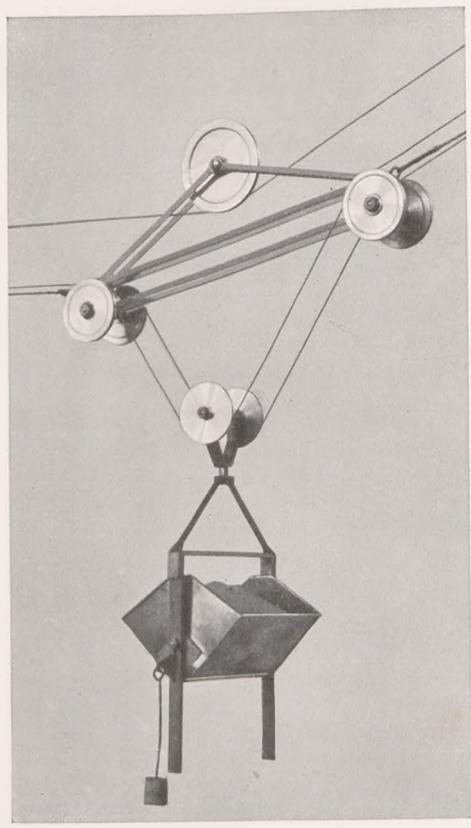


Abb. 17. Rahmen und Kippkübel zu Abb. 16.

man zunächst zwei Förderseile und ein Hubseil oder zwei Förderseile und zwei Hubseile.

Abb. 18 zeigt eine andere Anordnung, den Schwebelift mit einem Förderseil und zwei u m l a u f e n d e n Hubseilen. Die beiden Enden der Hubseile sind am Fahrkorb befestigt. Im übrigen sind die Hubseile ähnlich geführt wie das Förderseil, aber an der linken Seite laufen sie über Spannscheiben. Das Gewicht der Spannschlitten wird so bemessen, daß es das Leergewicht des Fahrkorbes zum größten Teil ausgleicht. Immerhin muß der Überschuß an Fahrkorbgewicht so

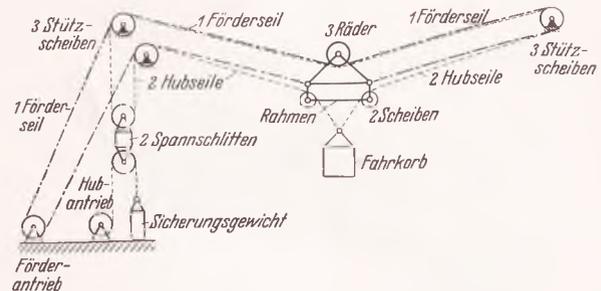


Abb. 18. Schwebelift mit einem Förderseil und zwei umlaufenden Hubseilen.

Der Spannschlitten wird durch ein Seil bewegt, dessen linkes Ende auf die Hubtrommel aufgewickelt, dessen rechtes Ende an einem Sicherungsgewicht befestigt ist, das in der Regel auf dem Boden aufruhet. Wird der Fahrkorb beim Beladen überlastet, so zieht die Hubtrommel nicht den Fahrkorb, sondern das Sicherungsgewicht hoch. Wenn aber das Sicherungsgewicht vom Boden abgehoben wird, so wird der Strom abgeschaltet, und die Bremse fällt ein. Beim Überlasten des Fahrkorbes kann somit das Förderspiel überhaupt nicht beginnen. Die gleiche Sicherung läßt sich auch in die Anordnung nach Abb. 15 einbauen.

Bei dem großen Durchhang des Schwebeliftes ist der Anteil, den das Hubseil von der Summe der Seilkräfte übernimmt, nicht unerheblich und bei Abb. 18 doppelt so groß wie bei Abb. 15. Das Förderseil kann dementsprechend dünner genommen werden.

Die Anordnung nach Abb. 18 ist nicht geeignet für große Hubhöhen, um so besser aber bei geringen Hubhöhen. Ob man eine Lastenförderanlage nach Abb. 15 oder 18 ausführt, ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

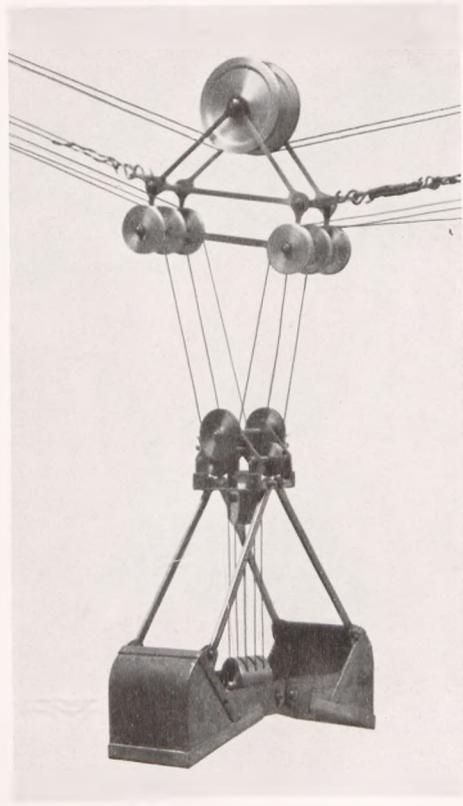


Abb. 19. Rahmen und Greifer eines Modells für Kohlenförderung mit zwei Förderseilen, einem umlaufenden Schließseil und zwei festliegenden Halteseilsträngen.

Für den Greiferbetrieb braucht man ein Schließseil und ein Halteseil. Als eine gute Lösung hat sich eine Anordnung ergeben, bei der man das umlaufende Schließseil in die Mitte legt, beiderseits daneben je ein festliegendes Halteseil und je ein Förderseil. Abb. 19 zeigt ein Modell dieser Anordnung, das zu Abb. 8 paßt. Der Schwebelift mit Greifer hat daher zwei Förderseile, drei Hubseile, kann aber auch statt mit dem Greifer mit einem Lashaken oder

einem Kippkübel arbeiten, während die Förderanlage nach Abb. 15 nicht mit dem Greifer arbeiten kann.

Die Hauptbedeutung der Anordnung nach Abb. 18 liegt aber in der Verwendung des Schwebeliftes als *P e r s o n e n -* und *K r a f t -* *w a g e n f ä h r e*.

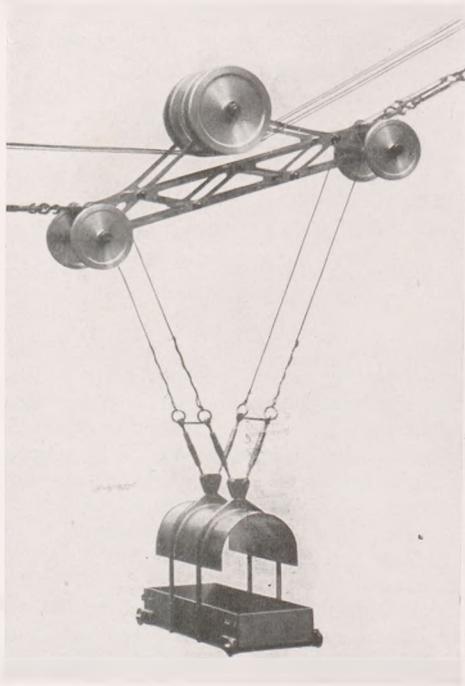


Abb. 20. Rahmen und Fahrkorb eines Modells für einen Kraftwagen oder 100 Personen mit zwei Förderseilen und zwei umlaufenden Hubseilen.

Abb. 20 zeigt ein Modell mit einem Fahrkorb für einen Kraftwagen von 7,5 t Gewicht oder für 100 Fußgänger. Das Modell hat zwei Förderseile, zwei umlaufende Hubseile.

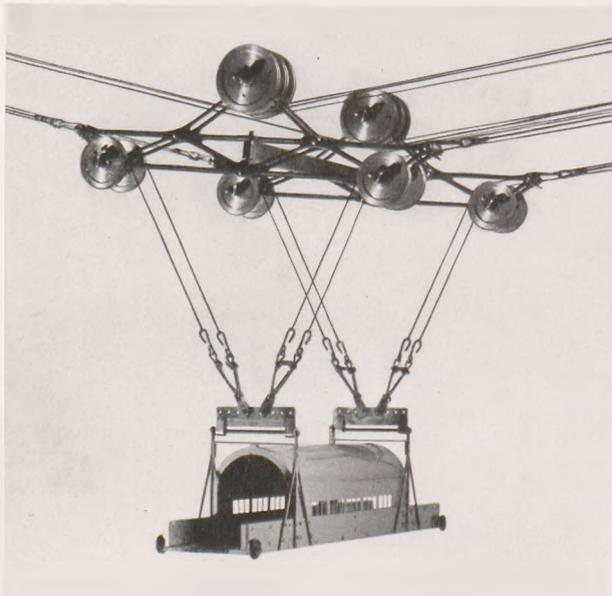


Abb. 21. Rahmen und Fahrkorb eines Modells für sechs Kraftwagen oder 400 Personen mit zwei Förderseilen und vier umlaufenden Hubseilen.

Abb. 21 zeigt ein Modell für sechs Kraftwagen von 5 t Gewicht oder für 400 Fußgänger. Das Modell hat zwei Förderseile, vier umlaufende Hubseile und entspricht den Abb. 1—5.

Abb. 22 zeigt die zugehörige Maschinenanlage. Rechts sieht man vier Fördertrommeln, links vier Hubtrommeln. Zum Ausgleich von Längenänderungen der Seile kann jede Trommel einzeln versteckt werden. In der Mitte neben der Fördermaschine ist der Fahrtenzeiger sichtbar, der die Stellung des Rahmens in seiner Bahn anzeigt und die richtige Schaltung der Antriebe sichert. Die Hubmaschine kann nur angelassen werden, wenn der Rahmen sich über einer Haltestelle befindet, die Fördermaschine nur bei hochgezogenem Fahrkorb usw. Die Maschine enthält die Sicherungen, die im Bergwerks- und Seilbahnbetrieb üblich sind.

Wenn man einen Schwebelift nach Abb. 1—5 mit vier Förderseilen von 40 mm und vier Hubseilen von 30 mm Dicke ausrüstet, so trägt er eine Last P von mehr als 100 t und ist dabei so bemessen, daß beim Ausfall irgendeines Seiles die übrigen Seile noch ausreichende Sicherheit bieten.

Bei vier Förderseilen ist Treibscheibenantrieb vorzuziehen mit Rücksicht auf einen selbsttätigen Ausgleich von Längenänderungen der Seile.

Die mögliche Spannweite des Schwebeliftes wird im Ge-

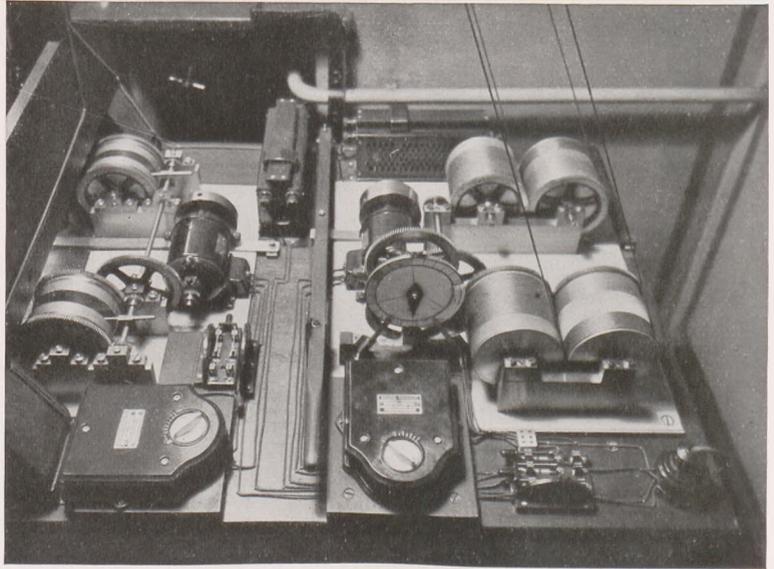


Abb. 22. Hubmaschine und Fördermaschine zu Abb. 21.

birge, wo keine besonderen Türme nötig sind, begrenzt durch das Eigengewicht der Seile und kann 1000 m beträchtlich überschreiten.

In der Ebene muß der notwendige Durchhang f durch besondere Türme geschaffen werden. Bei $\frac{f}{l} = \frac{1}{10}$ sind 100 m Spannweite mehr gleichbedeutend mit 10 m Turmhöhe mehr. Die Kosten der Türme wachsen etwa mit dem Quadrat ihrer Höhe und setzen somit der Spannweite eine Grenze. In der Ebene sind für den Schwebelift Spannweiten von etwa 200—600 m zweckmäßig.

b) Störende Schwingungen.

Der wichtigste Teil der Modellversuche war die Untersuchung der möglichen Schwingungen des Fahrkorbes und der Seile. Rein rechnerisch läßt sich dieser Teil der Aufgabe überhaupt nicht erledigen, weil mehrere Einflüsse durcheinanderspielen, die sich nicht genügend voneinander trennen oder gegeneinander abgrenzen lassen. Aber der Modellversuch beantwortet jede auftretende Frage sofort eindeutig.

Wenn man beim Kabelkran aus dem freischwebenden Fahrkorb die Ladung auskippt, so wird bei der plötzlichen Entlastung das Tragseil vom Spangewicht stramm gezogen (Abb. 11). Der entleerte Fahrkorb schnell in die Höhe und tanzt mehrere Meter auf und nieder. Der Rest der Ladung fällt aus größerer Höhe herunter. Durch diese großen senkrechten Schwingungen werden die Arbeiter gefährdet. Aus diesem Grunde wurde der Kabelkran von mehreren großen Bauunternehmungen als Baustellengerät nicht mehr gerne verwendet, sondern durch andere Fördereinrichtungen ersetzt.

Beim Schwebelift wurden diese störenden Schwingungen in einfacher Weise dadurch vermieden, daß man ihre Ursache beseitigte. Beim Schwebelift ist ein freispielendes Spangewicht nicht vorhanden und nicht nötig, weil nach Abb. 13 und 14 eine geringe Änderung des Durchhanges f auch nur eine unbedeutende Änderung der Seilkraft S zur Folge hat. Eine senkrechte Bewegung des Rahmens beim Auskippen der Ladung aus dem freischwebenden Fahrkorb tritt nur entsprechend dem Maße ein, in dem sich die Sehnenlänge des unter seinem Eigengewicht durchhängenden Förderseiles infolge der Änderung der Seilkraft ändert. Dieses Maß ist sehr gering.

Der Modellversuch, einmal mit dem Kabelkran, sodann mit dem Schwebelift, wirkte jedesmal verblüffend auf den Beschauer, der das zum erstenmal sah. Die beim Kabelkran gefürchteten großen senkrechten Schwingungen des Fahrkorbes, der freischwebend ausgekippt wird, sind beim Schwebelift völlig beseitigt.

Ebenso ist der Schwebelift frei von Schwingungen des Fahrkorbes in Richtung der Fahrt. Das wurde erreicht durch die schräge Führung der Hubseilstränge zwischen dem Fahrkorb und den Scheiben des Rahmens.

Hängt der Fahrkorb Abb. 18 zwischen diesen beiden Scheiben so, daß die Neigung der Hubseilstränge die gleiche ist, so ist auch ihre Seilkraft gleich groß. Wird aber der Fahrkorb aus der Mittellage seitwärts verschoben, so wird die Neigung der Seilstränge und damit ihre Seilkraft verschieden.

Der steiler geneigte Strang hat eine größere Seilkraft. Nun kann aber der Unterschied der beiden Seilkräfte die Summe der Bewegungswiderstände und der Beschleunigungskräfte nicht überschreiten. Wenn der Unterschied der beiden Seilkräfte größer wird, so folgt der Fahrkorb der größeren Kraft und kehrt wieder in die Mittellage zurück. Dies ist der Grund, weshalb das Hubseil in Abb. 18 keinen Fahrtrieb braucht. Wird der Rahmen durch das Förderseil in der Richtung der Bahn bewegt, so kommt der Fahrkorb mit dem Hubseil von selbst mit, weil der Fahrkorb sich nur um ein geringes Maß aus der Mittellage entfernen kann. In Abb. 15 bei festliegendem Hubseil ist die Wirkung etwas anders, das Endergebnis aber ein ähnliches.

Die Summe der Bewegungswiderstände der Hubseile in Abb. 18 ist klein im Vergleich mit der Seilkraft. Eine Biegung des Seiles über eine Scheibe hat einen Widerstand³ von etwa $\frac{1}{2} - \frac{3}{4} \%$ der Seilkraft. Die Summe der Bewegungswiderstände ist aber groß genug, um eine künstlich hineingebrachte Schwingung des Fahrkorbes in einer einzigen Schwingung abzdämpfen. Diese Wirkung wird bei der Anordnung Abb. 18 vollkommen, bei der Anordnung nach Abb. 15 in einer für die Lastenförderung ausreichenden Weise erreicht.

Auch hier wirkt der Modellversuch überraschend. Bei der Fahrt treten Schwingungen des Fahrkorbes in der Richtung der Fahrt nicht auf. Infolgedessen kann man mit einer hohen Fördergeschwindigkeit arbeiten.

Eine Sorge war längere Zeit die Frage, ob nicht durch hartes Anfahren oder ruckweises Bremsen ein Peitschen der Seile hervorgerufen werden könnte. Hierüber hat Geheimrat Lorenz von der Technischen Hochschule Danzig eine besondere Untersuchung angestellt, deren Ergebnis folgendes ist:

Ein mit gleichmäßiger Geschwindigkeit umlaufendes Seil gerät in Schwingungen mit einer Schwingungsweite gleich der Spannweite $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ der Spannweite usw. Diese Schwingungen überlagern sich und können durch Resonanz zu einem betriebsgefährlichen Peitschen werden, wie man es gelegentlich bei Seiltrieben beobachten kann. Wenn aber in der Achse des Seiles eine Beschleunigung wirkt, so lassen sich die Bewegungsgleichungen des Seiles nicht mehr in die Form einer Schwingungsgleichung bringen. Das heißt, es entsteht keine Schwingung. Beim Schwebelift ist das der Fall (Abb. 33). Resonanz hat ferner zur Voraussetzung ein Gleichbleiben des bisherigen Zustandes. Nun ändert sich aber während der Fahrt die Spannweite der einzelnen Seilstränge dauernd. Also ist auch Resonanz nicht möglich.

Der Modellversuch bestätigt dies. Wenn man künstlich ein Peitschen der Seile erzeugt und dann die Fördermaschine anlaufen läßt, so bügelt der fahrende Rahmen die Schwingungen der Seile aus. Was übrigbleibt, sind kleine unregelmäßige Zitterschwingungen der Seile, die einer Resonanz nicht unterworfen, also für den Betrieb bedeutungslos sind.

Der Rahmen ist sehr steif gegen Verdrehung in der senkrechten und in der waagerechten Ebene. Am Rahmen laufen sich alle Schwingungen der Seile tot.

Über das Verhalten des Fahrkorbes bei Sturm quer zur Fahrtrichtung sind eingehende Untersuchungen angestellt worden, die zu dem Ergebnis führten, daß die Notwendigkeit einer Betriebseinstellung erst bei einer Windgeschwindigkeit auftreten wird, bei der auch der Kraftwagenverkehr auf der Straße aufhört. Bei den Personenluftseilbahnen im Hochgebirge pflegt man den Betrieb einzustellen, wenn die Windgeschwindigkeit 20 m/sec überschreitet. Beim Schwebelift liegt die Grenze wesentlich höher.

III. Berechnung des Schwebeliftes.

Über die Bedeutung der Biegungsspannungen im Seil geben Abb. 23 und 24 eine anschauliche Vorstellung.

Abb. 23 zeigt die Beanspruchung eines unverseilten Drahtes von 2 mm Dicke, der mit 50 kg gezogen und über eine Scheibe von 1000 mm \varnothing , also dem 500fachen der Drahtdicke gebogen wird. Die Zugspannung $\sigma_z = 1,6 \text{ t/cm}^2$ entspricht etwa $\frac{1}{10}$ der Zerreißfestigkeit. Die Biegungsspannung wird etwa $\sigma_b \approx \pm 4,0 \text{ t/cm}^2$. Die Summe $\sigma_z + \sigma_b$ ergibt auf der einen Seite des Drahtes eine Zugspannung von $5,6 \text{ t/cm}^2$, auf der anderen Seite eine Druckspannung von $2,4 \text{ t/cm}^2$.

Zu dieser Grundspannung eines unverseilten Drahtes kommen für den verseilten Draht noch beträchtliche Zusatzspannungen hinzu.

Die regelmäßige Betriebsbeanspruchung der Drähte liegt erheblich über der Zerreißfestigkeit des gewöhnlichen Brückenbaustahles. Die Folge dieser hohen Beanspruchung, die im Kran- und Bagger-

betrieb noch häufig überschritten wird, ist eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer der Seile.

Wenn man nun den Scheibendurchmesser verdoppelt, so sinkt die Biegungsspannung σ_b auf die Hälfte. Verdoppelt man dafür die Zugspannung σ_z auf $\frac{1}{5}$ der Zerreißspannung, so entsteht das Spannungsbild der Grundspannung nach Abb. 24. Das ist wesentlich günstiger. Die besonders schädliche Druckzone in Abb. 23 ist beseitigt. Für den verseilten Draht gilt dasselbe mit einem gewissen Zuschlag.

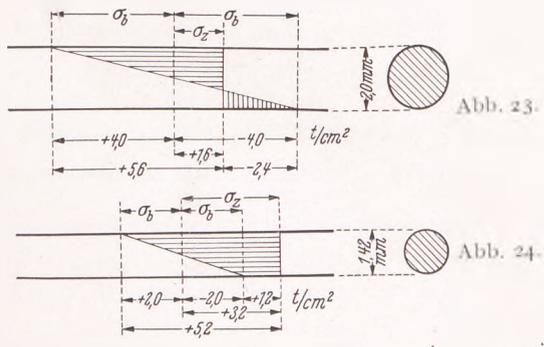


Abb. 23 u. 24. Zugspannung und Biegungsspannung im unverseilten Draht.

Man kommt mit dem halben Seilquerschnitt aus, infolgedessen sinkt die Biegungsgrundspannung noch weiter, weil der Draht dünner geworden ist als $\frac{1}{1000}$ des Scheibendurchmessers. Um das Spannungsbild Abb. 24 zu erreichen, genügt die Vergrößerung des Scheibendurchmessers D von 1000 auf 1400 mm.

Bei der gleichen Seilkraft hat das Seil mit dem halben Querschnitt eine bedeutend größere Lebensdauer.

Die Biegungsgrundspannung eines Drahtes im Tragseil des Kabelkranes bei Punktberührung zwischen Rad und Seil ist:

$$\sigma_b = \frac{V}{S} \sqrt{E \cdot \sigma_z} \dots \dots \dots (3)$$

Die Biegungsgrundspannung eines Drahtes im Förderseil des Schwebeliftes bei Umschlingung der Scheibe durch das Seil ist:

$$\sigma_b = \frac{\delta}{D} \cdot E \dots \dots \dots (4)$$

V = Raddruck, S = Seilkraft, E ~ 2150 t/cm², σ_z = Zugspannung = t/cm², δ = Drahtdicke, D = Scheibendurchmesser.

Über die wirklichen Biegungsspannungen im Seil vgl. die Arbeiten von Benoit und Woernle.

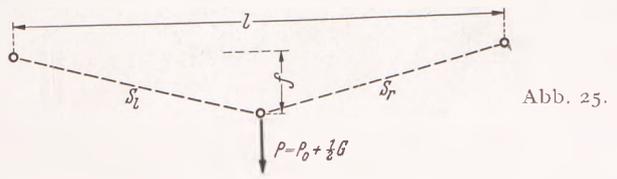


Abb. 25.

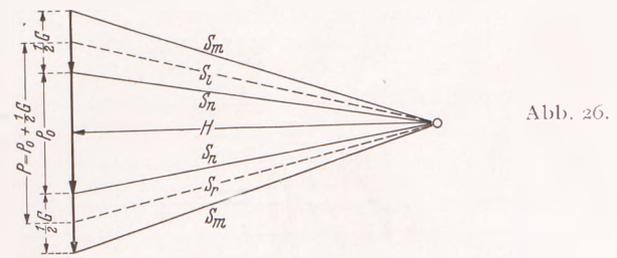


Abb. 26.

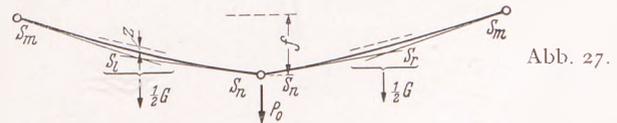


Abb. 27.

Abb. 25—27. Größte Seilkräfte bei Stellung der Last in der Bahnmitte.

Beim Schwebelift entstehen die größten Seilkräfte bei Stellung der Last in der Mitte der Bahn entsprechend Abb. 25. P₀ bedeutet das Gewicht von Rahmen + Fahrkorb + Nutzlast, G bedeutet das Gewicht der Seile.

Wenn man zunächst das Seil gewichtslos annimmt, dafür aber zu P₀ das halbe Seilgewicht hinzusetzt, so entspricht in Abb. 26 der gestrichelte Kräfteplan: P = P₀ + $\frac{1}{2}$ G, S_r, S_l der gestrichelten geraden Seillinie in Abb. 25. Die wirkliche gekrümmte Seillinie ist in Abb. 27 gezeichnet. Die zugehörigen Seilkräfte sind im Kräfteplan Abb. 26: S_m S_l S_n, S_n S_r S_m.

Der Durchhang des einzelnen Seilstranges unter seinem Eigengewicht ist = z (Abb. 27).

³ Hecker: Über den Biegewiderstand von Drahtseilen. Borna/Leipzig: Robert Noske 1933.

Das notwendige Seilgewicht G ergibt sich aus folgender Überlegung:

für $\frac{f}{l} = \frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$
$\frac{H}{P} = 1,5$	2,0	2,5	3,0

Schätzt man nun vorläufig $\frac{1}{2} G \leq P_0$, so wird nach Abb. 26

$\frac{S_m}{P} = 1,68$	2,14	2,63	3,09
------------------------	------	------	------

Bei einer Zugspannung $\sigma_z = 3,2 \text{ t/cm}^2$ ergibt sich daraus der erforderliche Seilquerschnitt $F = \frac{S_m}{3,2}$ in cm^2 und das erforderliche Seilgewicht $g = 0,95 F$ in kg/m .

Setzt man nun:

$$g = 2 \alpha P = \text{kg/m} \quad \text{für } P = \text{Tonnen}, \dots \quad (5)$$

so wird $\alpha = 0,25 \mid 0,32 \mid 0,39 \mid 0,46$.

Das Seilgewicht ist:

$$G \sim \frac{g \cdot l}{1000} = \frac{2 \alpha l}{1000} \cdot P = \frac{2 \alpha l}{1000} (P_0 + \frac{1}{2} G).$$

Daraus ergibt sich:

$$\frac{\frac{1}{2} G}{P_0} = \frac{\alpha l}{1000 - \alpha l} \dots \quad (6)$$

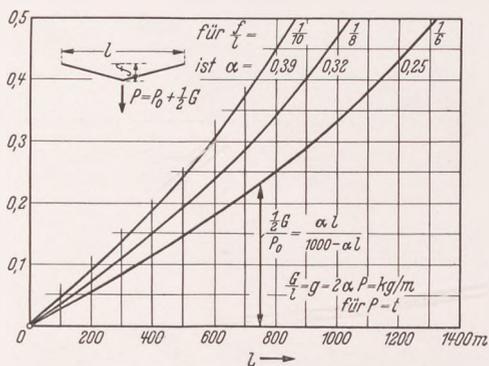


Abb. 28. Abhängigkeit des notwendigen Seilgewichts G von P_0 , l , f .

Diese Beziehung ist in Abb. 28 dargestellt. Sobald man das Gewicht $P_0 = \text{Nutzlast} + \text{Fahrkorb} + \text{Rahmen}$ ermittelt hat, ergibt Abb. 28 das notwendige Seilgewicht für jede beliebige Spannweite. Beispielsweise wird nach Abb. 28 das Seilgewicht G gleich der Last P_0

bei $\frac{f}{l} = \frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
für $l = 1330$	1040	860 m.

Von der Art der Nutzlast ist zunächst das Gewicht des Fahrkorbes (ob ein einfacher Lasthaken oder ein großräumiger Behälter) abhängig, von der Summe beider das Rahmengewicht.

Für die erste Schätzung kann man annehmen:

$$P_0 \geq 2 N \leq 3 N.$$

$N = \text{Nutzlast}$.

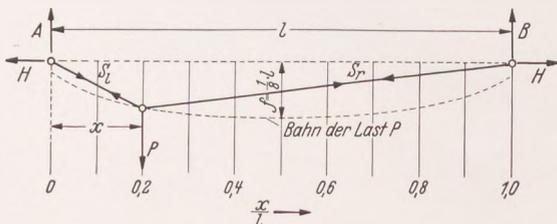


Abb. 29.

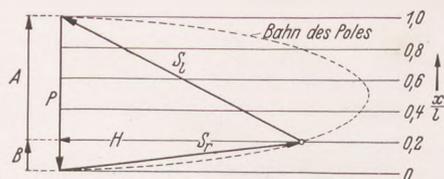


Abb. 30.

Abb. 29 u. 30. Einfluß der Laststellung auf die Seilkräfte S_1 und S_2 bei $\frac{f}{l} = \frac{1}{8}$.

Abb. 29, so wandert der Pol des Kräfteckes über die Kurve in Abb. 30.

Abb. 29 und 30 gelten für ein $\frac{f}{l} = \frac{1}{8}$.

Die Seilkräfte S_1 und S_2 werden nun auf mehrere Seilstränge verteilt. Zunächst kommt davon in Abzug die Seilkraft der Hubseile. Diese tragen das Gewicht des beladenen Fahrkorbes. Beim Hochziehen des Fahrkorbes wird die Neigung der Hubseilstränge zwischen Fahrkorb und Rahmen allmählich flacher. Dementsprechend erhöht sich die Seilkraft im Hubseil. In der Regel wird die flachste Neigung einen Winkel von 45° nicht unterschreiten.

Die nach Abzug der Hubseilkräfte verbleibenden Förderseilkräfte verteilen sich nunmehr auf die unteren und oberen Seilstränge. Nach Abb. 31 ergibt sich, daß die beiden Seilstränge auf der rechten

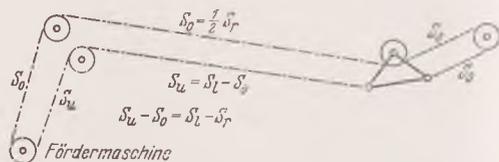


Abb. 31. Verteilung der Seilkräfte auf die oberen und unteren Seilstränge.

Seite und der obere Seilstrang auf der linken Seite immer die gleiche Seilkraft S_0 erhalten müssen:

$$S_0 = \frac{1}{2} S_r. \dots \quad (7)$$

Der untere Seilstrang links erhält die Seilkraft S_u

$$S_u = S_l - S_0 \dots \quad (8)$$

Endlich ist die Umfangskraft des Förderantriebes

$$S_u - S_0 = S_l - S_r \dots \quad (9)$$

In Abb. 32 sind sodann die Werte $\frac{S_l}{P}$ und $\frac{S_r}{P}$ als Ordinaten für die Laststellung $\frac{x}{l}$ für $\frac{f}{l} = \frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{10}$ aufgetragen.

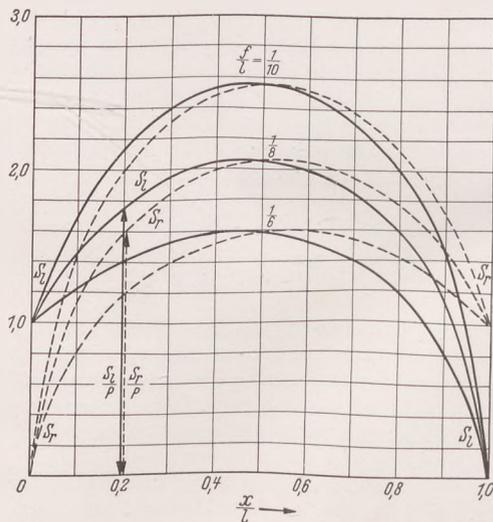


Abb. 32. Abhängigkeit der Seilkräfte S_1 und S_2 von P , $\frac{x}{l}$, $\frac{f}{l}$.

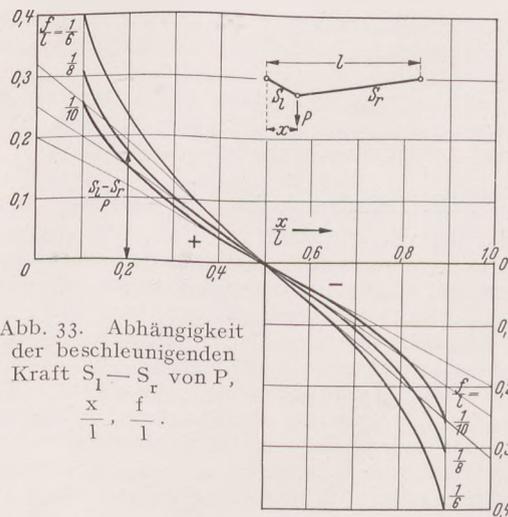


Abb. 33. Abhängigkeit der beschleunigenden Kraft $S_1 - S_2$ von P , $\frac{x}{l}$, $\frac{f}{l}$.

Abb. 33 zeigt die Werte $\frac{S_1 - S_2}{P} = \frac{S_u - S_0}{P}$, denen in der

ersten Hälfte der Überfahrt die Beschleunigung des Rahmens, in der zweiten Hälfte die Verzögerung entspricht. Wenn man zunächst

Während der Fahrt des Rahmens ändern sich die Seilkräfte nach Abb. 29 und 30. Wandert die Last P über die elliptische Bahn in

vom Fahrwiderstand absieht, so stellt sich die Überfahrt als ein Pendelschwing dar, der keiner Energiezufuhr von außen bedarf. Man wird daher die Arbeit Fahrwiderstand mal Weg zweckmäßig in solcher Form zuführen, daß der wirkliche Bewegungsvorgang dem Pendelschwing möglichst nahekommt. Die Seillänge, die von der Fördermaschine abgewickelt wird, ist etwas kürzer als die Bahn des Rahmens.

Als Umfangskraft der Fördermaschine hat $S_u - S_0$ nur insofern Bedeutung, als sie von der Bremse der Fördermaschine während des Stillstandes gehalten werden muß, und daß die Fördermaschine (gegebenenfalls mit einem besonderen Vorgelege) diese Umfangskraft muß ziehen können, wenn einmal die Endstellung des Pendelschwunges vom Rahmen nicht erreicht wurde.

Die kleinste Seilkraft in einem Förderseilstrang ist die Seilkraft S_u entsprechend Abb. 31, die entsteht, wenn der vollbeladene Fahrkorb über der rechten Haltestelle in die höchste Lage gezogen ist. Dieser kleinste Wert von S_u darf eine bestimmte Grenze nicht unterschreiten, bei Treibscheibenantrieb wegen der Reibung, ferner weil der Durchhang z dieses Seiles unter seinem Eigengewicht nicht beliebig groß werden darf.

Die kleinste Seilkraft im Hubseil entsteht bei aufgesetztem Fahrkorb und ist bei der Anordnung nach Abb. 18 gegeben durch das Gewicht des Spannschlittens.

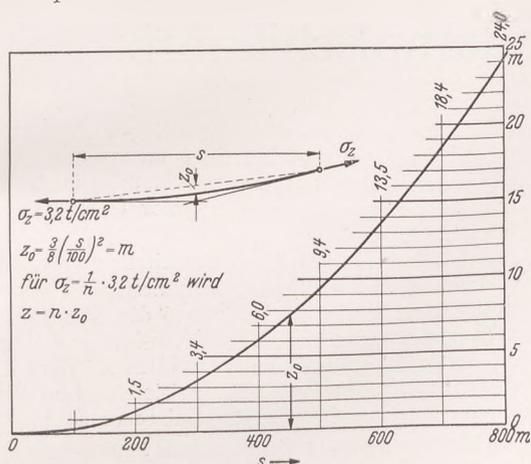


Abb. 34. Durchhang z_0 eines annähernd waagrecht mit $\sigma_z = 3,2 \text{ t/cm}^2$ gespannten Litzenseiles.

Abb. 34 zeigt den Durchhang z_0 , den ein annähernd waagrecht gespanntes Seil von der Länge s aus seinem Eigengewicht erfährt, wenn es mit der Zugspannung $\sigma_z = 3,2 \text{ t/cm}^2$ gespannt ist.

$$z_0 = \frac{3}{8} \left(\frac{s}{100} \right)^2 = \text{Meter} \dots \dots \dots (10)$$

Ist die Zugspannung $\sigma_z = \frac{1}{n} \cdot 3,2 \text{ t/cm}^2$, so wird der Durchhang:

$$z = n \cdot z_0 \dots \dots \dots (11)$$

Aus den Abb. 32 und 33 ergibt sich, daß die Haltestelle nicht zu nahe an den Turm gelegt werden darf. Für den ersten Entwurf empfiehlt es sich, bei $\frac{f}{l} = \frac{1}{10}$ die Spannweite etwa gleich dem 1,4fachen des Haltestellenabstandes zu wählen. Dabei ist in der Regel noch Treibscheibenantrieb für die Fördermaschine möglich.

Ob man Trommel- oder Treibscheibenantrieb wählt, hängt bei mehreren Förderseilen auch davon ab, wie die Längenänderungen der einzelnen Seile gegeneinander ausgeglichen werden. Jedenfalls ist zu beachten, daß die einzelnen Trommeln, ebenso wie die Treibscheiben bei gleicher Drehzahl nicht gleiche Seillängen abwickeln.

Das ist in der Ungleichheit ihrer Durchmesser, aber mehr noch in der Ungleichheit der Seildicken begründet und darf beim Schwebelift nicht vernachlässigt werden.

Bei mehrseitigen Anlagen muß die Verteilung der Belastung auf die einzelnen Seile statisch bestimmt sein. Es darf nicht möglich sein, daß ein Seil unter Entlastung eines anderen Seiles eine unvorhergesehene Mehrbelastung erfährt.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich, daß für Aufgaben entsprechend Abb. 1—5 und 8 im allgemeinen ein Durchhang gleich $\frac{1}{10}$ der Spannweite zweckmäßig erscheint. Bei leichten Gütern, z. B. Kohlen, kann er noch kleiner sein. Bei Aufgaben entsprechend Abb. 6 und 7 wird man den Durchhang größer nehmen, wenn das Gelände dies erlaubt.

Die Türme sind beim Schwebelift höher als beim Kabelkran,

aber bei gleicher Last P ist der Seilzug auf den Turmkopf und das Kippmoment kleiner als beim Kabelkran. Das Kippmoment ist besonders wichtig, wenn die Türme fahrbar gemacht werden. Es erreicht seinen größten Wert bei Stellung der Last P in der Mitte der Bahn.

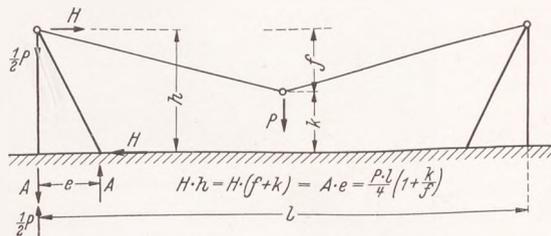


Abb. 35. Kippmoment des Turmes.

Nach Abb. 35 wird das Kippmoment:

$$A \cdot e = H \cdot h = H (f + k) .$$

$$A \cdot e = \frac{P \cdot l}{4} \left(1 + \frac{k}{f} \right) \dots \dots \dots (12)$$

Das Kippmoment wird also mit wachsendem f kleiner.

Beispielsweise für $P = 10 \text{ t}$, $l = 120 \text{ m}$, $k = 12 \text{ m}$.

beim Kabelkran mit 4 Rädern	beim Schwebelift		
mit $\frac{f}{l} = \frac{1}{40}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$
wird $f = 3$	12	15	20 m
$h = f + k = 15$	24	27	32 m
wird $A \cdot e = 1500$	600	540	480 tm
und für $e = \frac{h}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h}{2}$
wird $A = 200$	50	40	30 t

Die größere Höhe der Schwebelifttürme ist somit kein Hindernis, diese fahrbar zu machen.

Diese Ausführungen dürften genügen für den Nachweis, daß der Schwebelift das bisherige Arbeitsgebiet des Kabelkrans beträchtlich erweitert. Sie dürften auch ein Urteil darüber erlauben, bei welchen Aufgaben der Kabelkran und bei welchen der Schwebelift vorzuziehen ist.

Es ist ein langer Weg mit einigen Fehlgängen gewesen, bis sich diese einfache Lösung fand, die ich nunmehr bekanntgebe, nachdem sie durch Modellversuche, soweit möglich, erprobt und für die Ausführung reif ist.

Meine Arbeiten wurden unterstützt durch:

- die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft,
- die Gesellschaft der Freunde der Technischen Hochschule Danzig,
- den Eisenbauverband,
- die Siemens Bauunion,
- die Siemens-Schuckert-Werke,
- die Elektrizitäts A.-G. vormalig Schuckert & Co.,
- die Danziger Elektrische Straßenbahn A.-G.,
- den Senat der Freien Stadt Danzig,
- die Baubehörde, Strom- und Hafenbau, Hamburg.

Für diese Unterstützung schulde ich um so größeren Dank, als sich von vornherein nicht übersehen ließ, ob bei den Versuchen etwas Nützliches herauskommen würde.

Das Endergebnis ist nicht aus rechnerischen Überlegungen hervorgegangen, sondern aus Versuchen. Jeder neue Versuch brachte eine neue Anregung. Die rechnerischen Überlegungen sind in der Regel die nachträgliche Erklärung von Ergebnissen, die zunächst durch Versuche klargestellt wurden.

Die benutzten Modelle stehen bei der Bauingenieurabteilung der Technischen Hochschule Danzig und sind dort zu besichtigen. Von diesen Modellen befinden sich zur Zeit vorübergehend

- ein Kabelkran,
- eine Betonförderanlage nach Abb. 15—17,
- eine Fähre nach Abb. 1—5, 18, 21, 22

im Modellsammlungsraum der Baubehörde, Strom- und Hafenbau, Hamburg.



Abb. 1.

Fahrgast-Motorschiff „Albert Leo Schlageter“ der Köln-Düsseldorfer Rheindampfschiffahrt.

Von Marine-Stabsing. a. D. Direktor R. Schröter VDI, Düsseldorf.

Nachdem im Jahre 1927 die ersten beiden Fahrgast-Motorschiffe „Freiherr vom Stein“¹ und „Beethoven“² neben den bis dahin seit 100 Jahren das Feld allein beherrschenden Raddampfern in den Fahrdienst eingereiht wurden, sind diesen in den darauffolgenden drei Jahren noch weitere drei Motorschiffe gefolgt, die jeweils einen Fortschritt gegenüber ihren Vorgängern aufzuweisen hatten. Allen gemeinsam war dabei der normale Schraubenantrieb.

Mit dem am 1. Juli 1936 in Dienst gestellten M. S. „Albert Leo Schlageter“ (Abb. 1) ist dieser Antrieb in der Rheinschiffahrt erstmalig verlassen und durch den Voith-Schneider-Antrieb ersetzt worden.

Auch sonst weist das Fahrzeug noch einige bemerkenswerte Neuerungen auf. So wurden, ebenfalls erstmalig auf dem Rhein, mit Büchi-Aufladung versehene, schnelllaufende Motoren verwendet, die auf einer gemeinsamen Grundplatte aufgestellt sind, welche gegen das Schiffsfundament durch eine Anzahl zweckmäßig angeordneter Federelemente isoliert ist und nach allen Richtungen frei schwingen kann.

Mit dem Bau des Fahrzeuges wurde die Firma Ewald Berninghaus, Kölner Werft, in Köln-Deutz, Mitte Dezember 1935 beauftragt.

Ausführungsbedingungen.

Verlangt war ein in jeder Beziehung den neuesten technischen Erfahrungen entsprechendes Schiff von nicht mehr als 1,15 m Tiefgang in voll ausgerüstetem Zustand, mindestens 16 km/Std.-Geschwindigkeit stromaufwärts, Begrenzung des Schiffes der Höhe nach, so daß einerseits die vorhandenen Landebrücken benutzt werden können und zum anderen auch die Fahrt auf dem Main bis Frankfurt ausgeführt werden kann. Größter Wert war ferner auf Erzielung von Vibrations- und Geräuschfreiheit in den von den Fahrgästen benutzten Räumen und Decks zu legen. Zu dem Zweck sollten u. a. die Antriebsmotoren nicht, wie bisher mittschiffs, sondern im Hinterschiff untergebracht werden.

Diese Bedingungen boten dem Konstrukteur mancherlei Schwierigkeiten, besonders auch durch die Verlegung der Hauptgewichte — Motoren und Propeller — in das Hinterschiff.

Sie wurden in eingehender Zusammenarbeit aller Beteiligten (Bauwerft, Reederei, Motorenfabrik, Propellerlieferant und Schwingungssachverständige) wohl restlos gelöst.

Vorversuche, Bauzeit und Probefahrtsergebnisse.

Der Liniendiagramm des Schiffes stellt das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen den Firmen Berninghaus und J. M. Voith dar, wobei die neuen Erkenntnisse über das Zusammenarbeiten von Schiff und Voith-Schneider-Propeller, die im Heidenheimer Strömungsgerinne gewonnen worden sind,³ weitestgehend berücksichtigt werden konnten. Um den Einfluß der beschränkten Wassertiefe so klein wie möglich zu halten, wurde das Hinterschiff so gestaltet, daß den Propellern das Wasser weitmöglichst von den Seiten und nicht vom Schiffsboden zuströmen konnte. Im Heidenheimer Strö-

mungsgerinne wurden in Vorversuchen die Sog- und Nachstromwerte bestimmt und die Strömungsverhältnisse untersucht. Anschließend erfolgten die systematischen Flachwasserversuche in der Hamburgischen Schiffbauversuchsanstalt in sehr guter Übereinstimmung mit den Heidenheimer Meßergebnissen.

Nach Abschluß der umfangreichen Vorarbeiten wurde am 15. März 1936 der Stapel gelegt, und nach einer bemerkenswert kurzen Bauzeit von 3 1/2 Monaten konnte am 30. Juni 1936 die Abnahmeprobefahrt auf der 72 km langen Strecke Uerdingen-Köln-Mülheim vorgenommen werden. Diese verlief in allen Teilen zur vollen Zufriedenheit.

Während der Probefahrt von Uerdingen bis Köln wurden bei einem Kölner Pegel von 2,74 m folgende Ergebnisse erzielt:

Mittlere Motorenleistung (beurteilt aus Brennstoffverbrauch und Auspufftemperatur)	485 PSo
mittlere Fahrgeschwindigkeit stromauf	16,81 km/h
„ Stromgeschwindigkeit	6,67 km/h
„ Geschwindigkeit gegen Wasser	23,48 km/h
auf einer mittleren Wassertiefe von	5,66 m.

Die in Abb. 2 wiedergegebenen Modellversuchsergebnisse (umgerechnet auf die Großausführung) beziehen sich auf 5 m Wassertiefe, bei welcher mit der oben angegebenen Motorenleistung nur eine Geschwindigkeit von etwa 22,45 km/h hätte erreicht werden können.

Die Errechnung der Schleppleistungswerte für die Probefahrtswassertiefe aus jenen für WT = 5 m gestattet die Angabe der zu erwartenden Probefahrtgeschwindigkeit, die sehr gut mit der gemessenen übereinstimmt.

Dieses Ergebnis kann als erneuter Beweis für die Zuverlässigkeit der heutigen Schiffsmodellversuche und deren Umrechnungsverfahren auf die Großausführung angesehen werden.

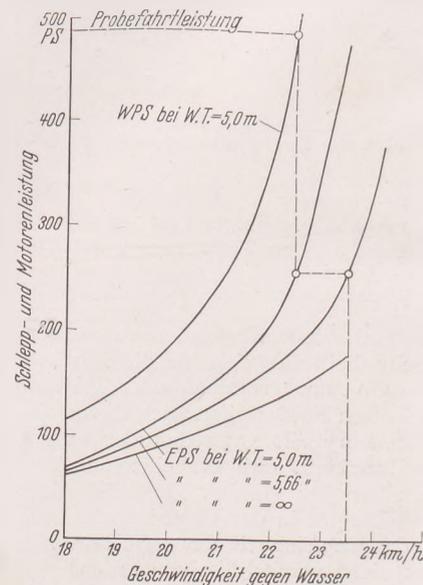


Abb. 2. Modellversuche bei der Hamb. Schiffbau-Versuchsanst. (Schiffsrauigkeit berücksichtigt).

Schiff.

Die Hauptdaten des Fahrzeuges sind folgende:

Länge über alles	48,00 m
Breite über Spanten	6,80 m
Seitenhöhe	2,20 m
Tiefgang betriebsfertig	1,15 m
Maschinenleistung	2 × 275 PSe
Geschwindigkeit gegen den Strom	16 bis 17 km/Std.
„ mit dem Strom	29 bis 30 km/Std.
Zulässige Fahrgastzahl	825

¹ Schröter, R.: Die Doppelschrauben-Personenmotorschiffe „Freiherr vom Stein“ und „Beethoven“. Z. VDI 45 (1927) S. 1583.

² H e c h t e l, H.: Motorschiff „Beethoven“. Werft Reed. Hafen 17 (1927).

³ M u e l l e r, H.: Schiffsmodellversuche im Strömungsgerinne, Zeitschrift Schiffbau 1936, Heft 10.

Das Schiff ist als Doppeldeckschiff mit versenktem Hauptdeck gebaut. 4 wasserdichte Voll- und 2 Halbschotte teilen den Schiffskörper in 7 wasserdichte Abteilungen. Die Abb. 3—7 zeigen Seitenansicht und Deckspläne. Im Bug liegt der Kollisionsraum, gleichzeitig als Ballast und Trimm-tank ausgebildet. Nach hinten anschlie-

geschlossene Motorenraum mit schallisolierter Schottwand, und weiter die Wohnräume sowie Brausebad und WC. für das Schiffs- und Restaurationspersonal.

Hieran schließt sich der durch eine wasserdichte Tür zugängliche Propellerraum an, durch den noch ein Notausgang für das Personal führt.

Auf dem Vorderteil des Oberdecks, über dem Speisesaal, befindet sich eine durch seitliche Schiebefenster und ein festes Schutzdach abgeschlossene Laube (Abb. 9), die nach allen Seiten freie Sicht gestattet und in der etwa 150 Fahrgäste sitzen können. Das Schutzdach ist im vorderen Teil so eingerichtet, daß es bei gutem Wetter durch Zurückschieben eines auf Rollen laufenden Teiles geöffnet werden kann.

Durch zwei Pendeltüren ist die Laube auch nach hinten zu abgeschlossen, in geschickter gelöster Weise sind ihr zu beiden Seiten die Toiletteanlagen und mittschiffs eine Fahrkartenausgabe vorgeordnet. Hierdurch ist gleichzeitig eine Art Schallschleuse gebildet, durch die etwa auf dem Hinterdeck auftretende Geräusche von der Laube ferngehalten werden.

Auf dem Mitteldeck befinden sich die Ein- bzw. Aussteigestellen und der Niedergang zum Speisesaal. Das Hinterdeck ist als freies Sonnendeck mit bequemen Rückenlehnbanken ausgestattet und bietet, besonders bei gutem Wetter, einen beliebten Aufenthalt mit schönster Sicht nach allen Seiten.

Über eine in dem mittleren Deckshaus angeordnete Treppe und einen mit Seitengeländern versehenen Laufgang in der Mitte des Sonnenschutzdecks gelangt man zu dem über der Laube liegenden Steuerstand, von dem die Schiffsführung eine gute Übersicht über das ganze Fahrzeug und die Fahrstrecke hat.

Maschinenanlage.

Zum Antrieb des Schiffes dienen zwei nichtumsteuerbare compressorlose 6-Zylinder-Viertakt-Dieselmotoren, Bauart BA6M 324 der Humboldt-Deutzmotoren A.-G. in Köln-Deutz mit einem Zylinderdurchmesser von 200 mm, einem Hub von 240 mm und einer Leistung von je 275 PSe bei 725 Umdr./min. Die Motoren arbeiten

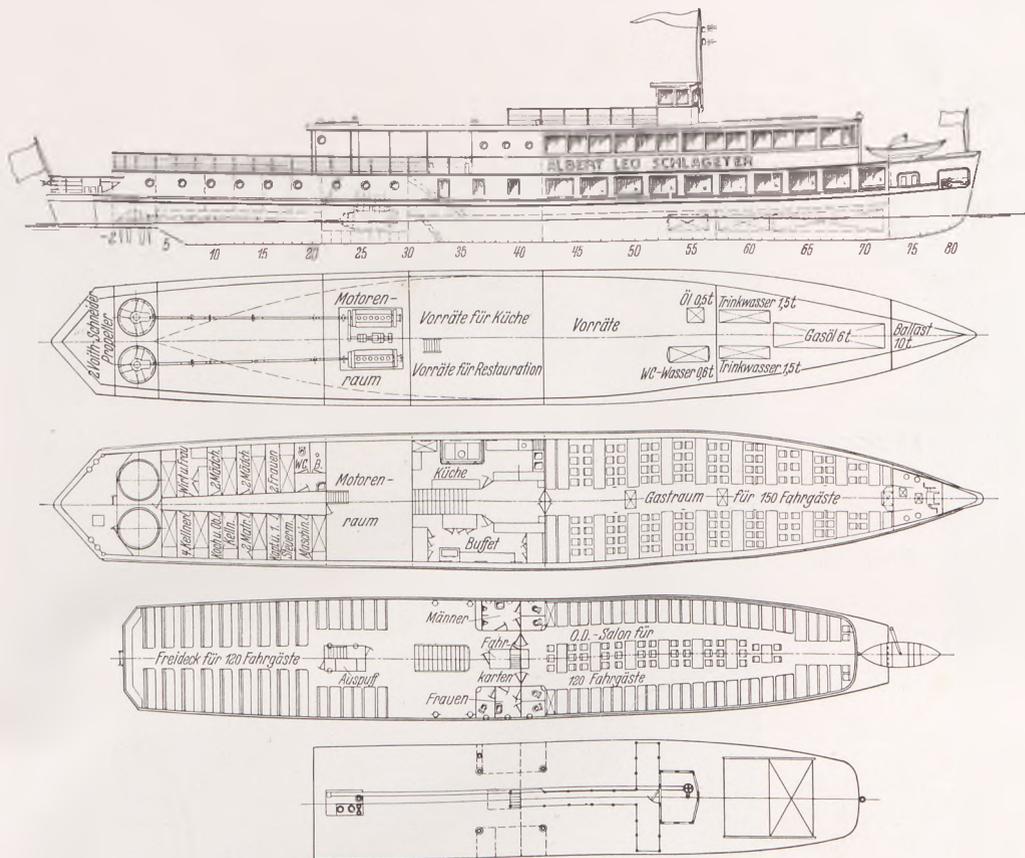


Abb. 3 bis 7. Seitenansicht und Deckspläne.

End, sind im Unterschiff die Brennstoff- und Trinkwassertanks, sowie die Druckwasseranlage untergebracht, die auch als Gewichtsausgleich für die im Hinterschiff angeordneten Propeller- und Motorenanlagen dienen.

Die bisher im Vor- und Hinterschiff getrennt angeordneten Fahr- und Speisräume sind hier zu einem großen Speisesaal (Abb. 8) zusammengezogen, der etwa 150 Fahrgästen, an Tischen sitzend, Platz bietet und mit Warmwasserheizung ausgerüstet ist. Die Wände sind in hellem



Abb. 8. Speisesaal, Ansicht von hinten nach vorn.

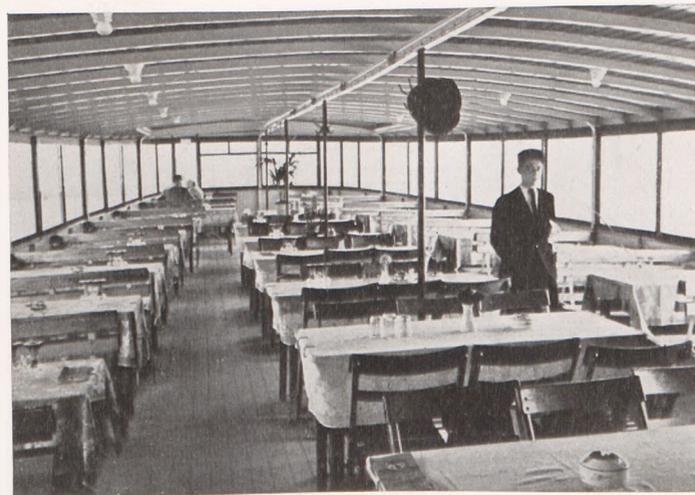


Abb. 9. Laube auf dem Oberdeck.

Eichenholz gehalten, die Decke kassettenförmig ausgeführt und in Weißlack getupft.

Nach hinten zu schließen sich, durch einen Vorraum und die große Zugangstreppe in der Mitte getrennt, auf Bb.-Seite die geräumige Küche, auf Stb. das Buffet in gleicher Größe an. Beide Räume sind mit allen für einen zeitgemäßen Wirtschaftsbetrieb benötigten Einrichtungen, besonders auch mit großen Wein- und Fleischkühlschränken, ausgestattet. Unterhalb befinden sich, durch eine Treppe zugänglich, die Vorratsräume.

Hinter den Wirtschaftsräumen liegt der allseits vollkommen ab-

nach dem Strahlzerstäubungsverfahren. Zur Brennstoffförderung dient eine Brennstoffpumpe mit Schrägschlitzsteuerung.

Der vorgeschriebene geringe Tiefgang und besonders die Verlegung der Motoren in das Hinterschiff bedingten in noch stärkerem Maße, als dies bei der bisherigen Mittschiffsanordnung der Fall war, ein möglichst geringes Gewicht der Motorenanlage. Diese Forderung wurde erfüllt durch Verwendung von Motoren mit einem Turbo-Aufladegeräte, System Büchi. Es sind dies die ersten Motoren, die mit dieser Aufladung auf dem Rhein in Betrieb sind.

Bei diesem Verfahren werden die aus den Zylindern austretenden

Auspuffgase zum Antrieb einer kleinen Turbine benutzt. Die Turbine ihrerseits treibt ein Gebläse an, das den Motoren Luft mit einem gewissen Überschuß und unter einem Druck von etwa 0,15 at zuführt. Durch die überreichliche Luftmenge werden die sonst verbleibenden Restgase aus dem Zylinder ausgespült. Hierdurch und durch den Überdruck der Spülgase erhalten die Zylinder eine größere Luftfüllung, so daß in ihnen mehr Brennstoff verbrannt und dadurch eine größere Leistung abgegeben werden kann. Dabei wird die Beanspruchung der Motoren gegenüber dem Betrieb ohne Aufladung in keiner Weise erhöht, da die Mehrleistung nicht durch eine Erhöhung der Zünddrücke,

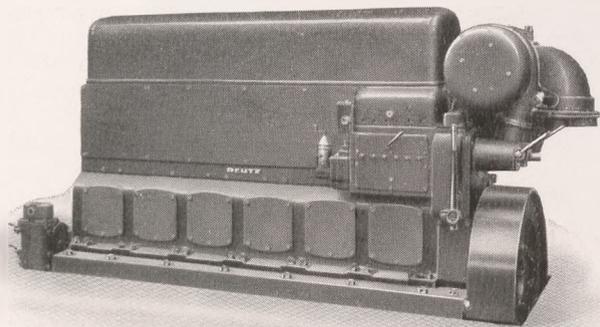


Abb. 10. Deutz-Viertakt-Dieselmotor mit Aufladung, System Büchi. (Bedienungsseite).

sondern durch eine Verbreiterung des Verbrennungsdiagramms erreicht wird. Es tritt auch keine höhere Wärmebeanspruchung der Zylinder ein, da die vorzügliche Spülung eine ausreichende Kühlung der Zylinderräume zur Folge hat.

Die Ausbildung der Motoren, insbesondere die Anordnung der Turbogebälse, sind aus den Abb. 10 u. 11 zu erkennen. Das Turbogebälse selbst ist über dem Schwungrad angeordnet. Die aus den Zylindern austretenden Auspuffgase werden durch 2 Leitungen zur Turbine geführt und gelangen sodann durch eine weite Leitung ins Freie. Das Gebläse ist auf der gleichen Welle wie die Turbine angeordnet, saugt die Luft durch einen Filter und Schalldämpfer an und drückt sie durch eine weite Leitung zu den Zylindern.

Die Turbinen- und Gebläsewelle läuft mit 22—23 000 Umdr./min, so daß sich für Turbine und Gebläse äußerst gedrängte Abmessungen ergeben. Durch den Anbau des Turbogebälses wird der Raumbedarf

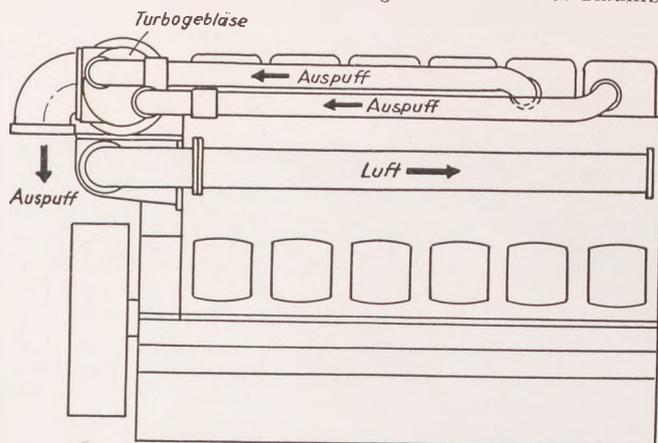


Abb. 11. Anordnung des Büchi-Aufladegerätes.

des Motors kaum vergrößert und das normale Gewicht desselben nur um etwa 4,5% erhöht. Dagegen erhöht sich die Leistung durch die Turbo-Aufladung um ca. 40%; das Leistungsgewicht des Motors sinkt dagegen von 21 auf 16 kg/PSe. Es konnten somit äußerst leistungsfähige und solide Motoren mit reichlichen Triebwerksabmessungen und dementsprechend hoher Lebensdauer bei denkbar niederstem Gewicht geliefert werden.

Jeder der Motoren ist mit einer Kühlwasser- und einer Lenzpumpe ausgerüstet. Die Kühlwasserpumpen sind so bemessen, daß jede einzelne im Notfalle zur Kühlung beider Motoren ausreicht. Von einem der Hauptmotoren wird weiterhin ein Luftverdichter angetrieben, der zum Aufladen der Druckluftanlaßflaschen dient.

Außer den Hauptantriebsmaschinen wurde von der Humboldt-Deutzmotoren A.-G. noch ein Motor von 17 PS bei 1500 Umdr./min geliefert, der mittels Reibungskupplungen einen Luftverdichter, als Reserve für den vom Hauptmotor angetriebenen Verdichter, und bzw. oder eine Gleichstromdynamo zur Licht- und Kraftstromerzeugung antreibt. Diese Dynamo kann mittels eines Spannrollentriebes auch

von einem der Hauptmotoren angetrieben werden, da ja hier die Motoren von Leerlauf bis Vollast mit fast gleicher Umdrehungszahl laufen, so daß der Hilfsmaschinensatz während der Fahrt des Schiffes im allgemeinen nicht in Betrieb gehalten zu werden braucht.

Propeller.

Nach eingehenden Überlegungen und Studien an den Bodensee-Fahrgastsschiffen der Deutschen Reichsbahn entschloß sich die Reederei, bei diesem Neubau erstmalig die von der Firma J. M. Voith in Heidenheim a./Brenz entworfenen und ausgeführten Voith-Schneider-

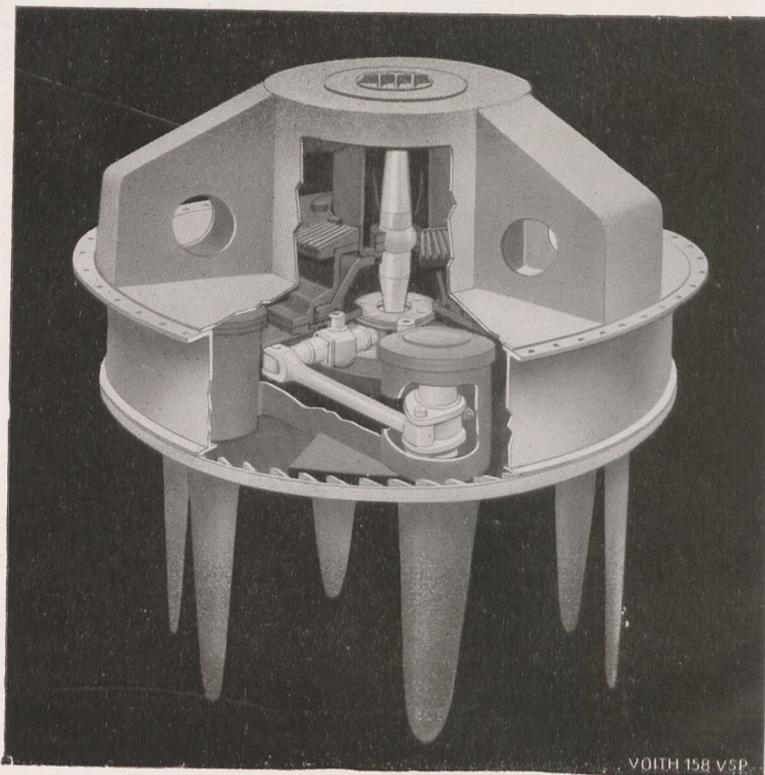


Abb. 12. Voith-Schneider-Propeller.

Propeller einzubauen, da man sich von diesen verschiedene Vorteile gegenüber den bisher verwendeten Schraubenpropellern versprach.

Die beiden Propeller haben einen Durchmesser von 1400 mm und laufen in einem allseits geschlossenen zylindrischen Gehäuse (Abb. 12), dessen unterer Boden mit der Schiffsaußenhaut abschneidet und aus dem die 6, um eine senkrechte Achse beweglichen Schaufelblätter von 0,90 m Länge nach unten frei herausragen (Abb. 13). Das Unteretzungsverhältnis der Propellerdrehzahl zur Motordrehzahl beträgt 1:4,6.

Die Propeller laufen im ganzen Belastungsbereich von Null bis Vollast durch die an die Motoren angebauten Drehzahlregler mit annähernd der gleichen Drehzahl und auch für Vorwärts- und Rückwärtsgang des Schiffes im gleichen Drehsinn, und zwar ist der Stb.-Propeller rechtsdrehend und der Bb.-Propeller linksdrehend. Die Regelung der Schiffsgeschwindigkeit und die Umkehrung der Fahrtrichtung erfolgt lediglich durch Veränderung der Schaufelanstellwinkel und ist so fein regulierbar wie bei keinem anderen Antrieb. Die Be-



Abb. 13. Schiffsheck mit Propellern.

tätigung erfolgt vom Steuerhaus aus mittels zweier Hebel (Abb. 14) und Drahtseilzüge über Servomotoren auf die Propeller in derselben einfachen Art, wie bisher die Bedienung des Maschinentelegraphen.

Die Konstruktion der Propeller ermöglicht aber nicht nur ein Vorwärts- oder Rückwärtsfahren, sondern auch, ohne Vorhandensein eines Steuerruders, jedes Fahrmanöver, selbst Drehen um die senkrechte Mittelachse und sogar seitliche Bewegung. Diese bisher nicht gekannte außerordentliche Steuerfähigkeit ist besonders für die Schifffahrt in beengtem Flußfahrwasser und in Häfen von Bedeutung. In letzteren können derartige Fahrzeuge mit 2 Propellern ohne irgendwelche Hilfe durch Schlepper oder ausgebrachte Leinen und ohne selbst voraus oder zurück manövrieren zu müssen, vom Kai quer ablegen. Auch wenn einer der beiden Propeller ausfällt, ist die Fahr- und Steuerfähigkeit des Schiffes noch sichergestellt.

Die Steuerung des Schiffes wird ohne jeden Kraftaufwand vom Steuerhaus aus mittels eines Steuerrades in Form eines Kraftwagenlenkrades (Abb. 14) durch Drahtseilzüge über Servomotoren betätigt.

Bei Verwendung von Voith-Schneider-Propellern fallen also die sonst benötigte gesamte Steuereinrichtung, einschl. des Ruders selbst, sowie alle den Widerstand vermehrenden Anhänge am Hinterschiff (Wellenhosen und -böcke, Ruderstegen und -hacke usw.) fort, auch können die einfacheren, billigeren, nicht umsteuerbaren Motoren verwendet werden.

Erschütterungen und Geräusche.

Der Forderung auf Vermeidung von Erschütterungen und Geräuschen wurde ganz besondere Aufmerksamkeit zugewandt, und es kann wohl gesagt werden, daß es den Bemühungen der Firma Werner Genest G. m. b. H., Berlin-Tempelhof, gelungen ist, diese Aufgabe nach dem heutigen Stande der Technik zur vollen Zufriedenheit zu lösen. Zu dem Zweck wurden die beiden Hauptmotoren und der Hilfsmaschinensatz auf einer gemeinsamen Grundplatte aufgestellt, die, abweichend von der bei den Reichsbahnschiffen auf dem Bodensee verwendeten Schwingmetall-Zwischenlage, durch zweckmäßig angeordnete Stahlspiralfedergruppen gegen das eigentliche Schiffsfundament isoliert ist.

Alle Rohrleitungsanschlüsse sind elastisch hergestellt worden. Ebenso mußte die Verbindung der Motorenanlage mit den im Schiff fest gelagerten Antriebswellenleitungen elastisch erfolgen, was durch sinnreich konstruierte Kupplungen der Firma J. M. Voith erreicht

wurde. Um auch die Übertragung der durch die Propeller etwa verursachten Erschütterungen auf das Schiff nach Möglichkeit auszuschalten, wurden die oberen Flanschen der Propellergehäuse durch entsprechend dimensionierte Gummiringe gegen das Schiff abgedefert und auch hier die Antriebswellenleitungen mit den vorerwähnten elastischen Kupplungen versehen.

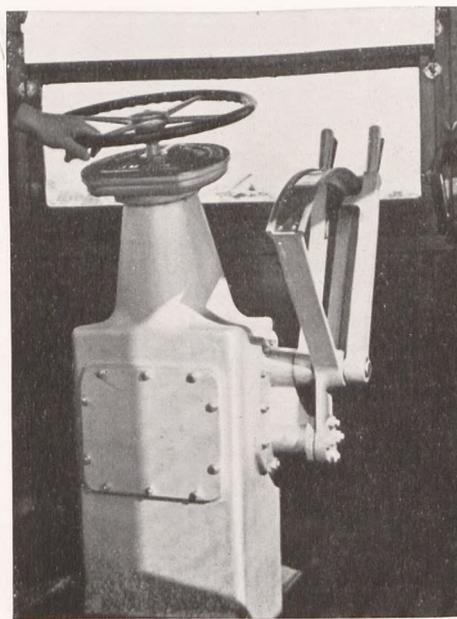


Abb. 14. Steuerstand mit Fahrhebeln.

Die Schalldämpfung der Auspuffgeräusche wurde durch Spezial-Schalldämpfer erreicht. Ferner wurden Schott- und Schachtwände an den erforderlichen Stellen gegen Schall isoliert. Die bisherigen Fahrten des Schiffes haben gezeigt, daß infolge der vorstehend aufgeführten umfangreichen Maßnahmen das Fahrzeug als praktisch vibrations- und geräuschfrei gelten kann und in dieser Beziehung den in langen Jahren bewährten Raddampfern nicht nachsteht.

Der Kreuzer „De Ruyter“.

(Fortsetzung und Schluß.)

Allgemeine Angaben über die Hauptmaschinenanlage. Die Leistung der beiden Hauptturbinenanlagen beträgt für 32 kn Geschwindigkeit bei rd. 320 Umdr./min 66 000 WPS, bei den vorgeesehenen 15% Überlast sind indessen 76 000 WPS und eine entsprechend höhere Geschwindigkeit erreichbar. Das Gewicht der Maschinenanlage — „maschine = en ketelinstallatie“ beträgt nach den betr. Angaben etwa „25% van het toegeladen schip“. Wenn der letztere Begriff auf das normale (Probefahrts-)Displacement bezogen wird, ergibt sich ein Maschinengewicht von $0,25 \cdot 6580 = 1645$ t, mithin, bezogen auf die Höchstleistung von 76 000 WPS, ein solches von 21,7 kg/WPS.

Die in 3 Räumen aufgestellten 6 ölbeheizten Yarrow-Kessel, 4 davon mit je 750 m² Heizfläche, 2 mit je 515 m², zusammen also mit 4030 m² Heizfläche, liefern bei normaler Vollast von 66 000 WPS 320 t Dampf/Stde von 28,1 atü Druck und 350° Temperatur. Bezogen auf Vollast, ergäbe sich ein Dampfverbrauch von 4,85 kg je WPS/Stde, einschließlich des Verbrauchs der Hilfsmaschinen. Bei Einsetzung des gleichen Wertes für Überlast betrüge die erzeugte Dampfmenge 369 t/Stde. Die Forcierung ergibt sich danach zu 91,5 kg Dampf je m² Heizfläche und Stunde für Überlast und 79,4 kg für Vollast.

Der größte Heizöldurchsatz soll 28,5 t/Stde betragen. Auf Vollast bezogen, würden dann 0,432 kg je WPS/Stde einschließlich der Hilfsmaschinen verbraucht.

Für Marschfahrt bis zu 17 kn wird das Schiff durch 2 Marschturbinen, je eine auf die Hochdruckturbinenwelle ihres Satzes über ein Untersetzungsgetriebe 3:1 wirkend, angetrieben. Für die höchste Drehzahl der Marschturbinen von 3500 Umdr./min ergäbe sich eine Drehzahl der Hochdruckkritzellwelle von 1168 und bei dem Untersetzungsverhältnis von 7,65 zwischen letzterer und der Schraubewelle eine Drehzahl der letzteren von 153 Umdr./min.

Die Länge der gesamten Räume für die Hauptmaschinenanlage beträgt etwa 60 m (hinteres Turbinenraumschott auf Spt. 34, vorderes Kesselraumschott auf Spt. 74, Spantabstand = 1,5 m).

Kesselanlage. Abb. 7 gibt die Anordnung von zwei Yar-

row-Kesseln des kleineren Typs (Heizfläche je 515 m²) nebst den zugehörigen Hilfsmaschinen für den Heizraumbetrieb im vorderen Kesselraum wieder.

Die Kessel sind mit seitlicher Beheizung, bei dem kleineren Typ durch 6, bei dem größeren durch 9 in einer Reihe liegende Brenner gebaut und werden entsprechend von einem Mittelgang aus bedient. Jeder Kessel enthält eine Dampftrommel und 3 Wassertrommeln. Zwischen der inneren (obersten) und mittleren Wassertrommel ist der Überhitzer angeordnet. Die innere, mittlere und äußere Wassertrommel enthalten 19 bzw. 7 bzw. 5 Rohrreihen. Über dem obersten Rohrbündel liegen in jedem Kessel zwei Lufterhitzer. Das fünfreihige Rohrbündel ist nach der Kesselaußenseite zu durch feuerfeste Isolierung abgedeckt.

Die strahlende Wärme wird durch die 5er bzw. 7er Rohrbündel aufgenommen. Der maximal zulässige Heizölverbrauch ist auf die der strahlenden Wärme ausgesetzte Rohrfläche bezogen; als diese gilt die strahlungsseitige Projektion der Rohrbündel, das Produkt von Rohrlänge und Bündellänge. Es beträgt bei den beiden Kesseltypen $31,35$ bzw. $21,20$ m², zusammen also $4 \cdot 31,35 + 2 \cdot 21,2 = 167,9$ m². Mit dem zugelassenen Heizölverbrauch von 170 kg/m² und Std. ergibt sich der größte Verbrauch von 28 500 kg/Stde für die gesamte Anlage.

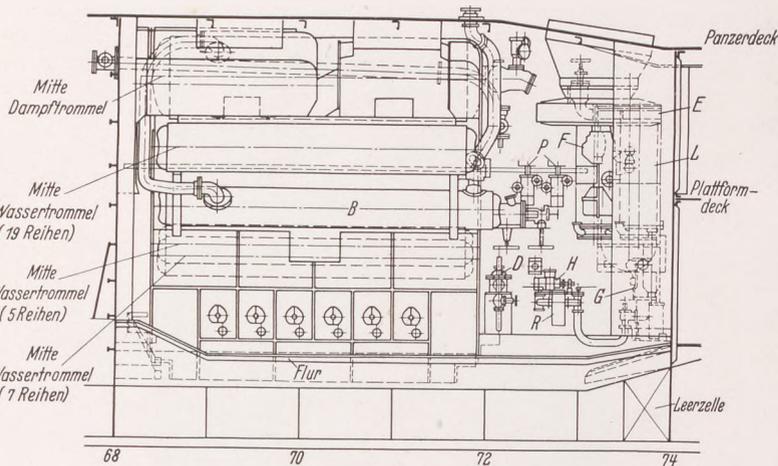
Der Weg der Heizgase geht gegen das 5er Bündel, von dort unter der Leitwirkung der an der Dampftrommel angebrachten Kehrplatte nach dem bzw. durch das 7er Bündel, quer durch das Überhitzerrohrbündel, sodann quer durch das 19er Bündel und schließlich längs der Lufterhitzerrohre und in den Rauchfang.

Die benötigte Verbrennungsluft wird durch gepanzerte Luftschächte von Oberdeck durch je zwei Turbolüfter pro Heizraum, insgesamt 6 Lüfter von zusammen 1800 WPS-Leistung angesaugt und in die Kesselräume gedrückt. Bei Vollast entspricht der Heizraumüberdruck 300 mm Wassersäule. Ein Teil der Luft — maximal 30% — wird durch Leitbleche zwischen dem Boden der Kesselwanne und dem Innenboden hindurch und von hier den Brennern zugeführt. Durch Absaugen der Heizölase aus etwaigem Lecköl unter dem Kessel wird

so die Brandgefahr weitgehend vermindert. Die Regulierung dieser Luft erfolgt durch längsschiffs angeordnete Schieber, welche aus Sicherheitsgründen nicht vollständig geschlossen werden können.

Die restliche Luft wird durch die Luftheritzer geführt und gelangt von dort zwischen der doppelten Stirnwand des Kessels an die Brenner. Der Lufteintritt zum jeweilig hinteren der beiden Luftheritzer liegt so

Längsschnitt



Grundriß des vorderen Kesselraumes

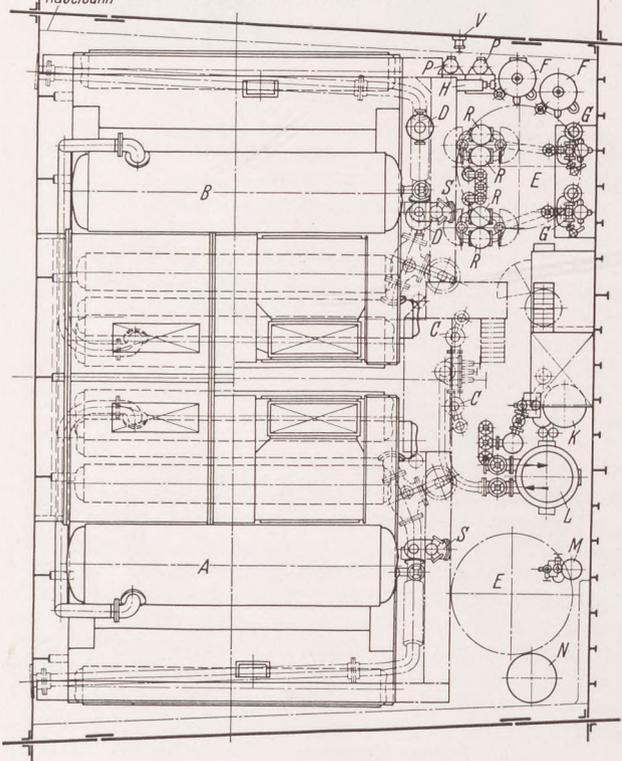


Abb. 7. Einrichtung des vorderen Kesselraumes.

Zeichenerklärung:

- | | | |
|-------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| A = Steuerbordkessel, | G = Heizölpumpe, | O = Sandkiste, |
| B = Backbordkessel, | H = Anheizpumpe, | P = Heizöldruckfilter, |
| C = Speisewassermesser, | K = Hilfsspeisepumpe, | R = Heizölsaugfilter, |
| D = Heizölmesser, | L = Speisewasservorwärmer, | S = Speisewasserregler, |
| E = Turbolüfter, | M = Hafenspeisepumpe, | V = Anlasswiderstand für Anheizpumpe. |
| F = Heizölvorwärmer, | N = Abzapftank für Hilfsmaschinen, | |

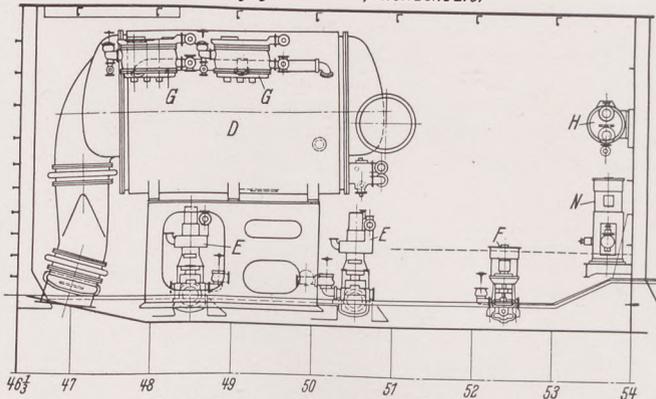
ölmesser nach dem Brennerverteilungskasten. Zum Dampfaufmachen dienen elektrisch betriebene Anheizpumpen.

Eine Hilfsspeisepumpe Typ Weir, welcher das Speisewasser von den Kondensatpumpen in den Maschinenräumen zugeführt wird, drückt über den Speisewasser-Vorwärmer und den Speisewasser-Regler nach dem Unterteil der Wassertrommel.

Anordnung der Hauptmaschinen-Anlage. Die beiden Hauptmaschinen-Gruppen sind vollkommen gleich ausgeführt und haben bei der gegebenen Lage der Getriebe auch den gleichen Drehsinn. Abb. 8 gibt die Anordnung im vorderen Hauptmaschinenraum für die Backbord-Turbinenanlage und die zugehörigen Hilfsmaschinen wieder.

Jede Anlage besteht aus einer Hochdruck- und einer Niederdruckturbinen, welche mit flexibel gekuppelten doppelten Ritzeln am

Ansicht gegen den Hauptkondensator



Grundriß des vorderen Maschinenraumes

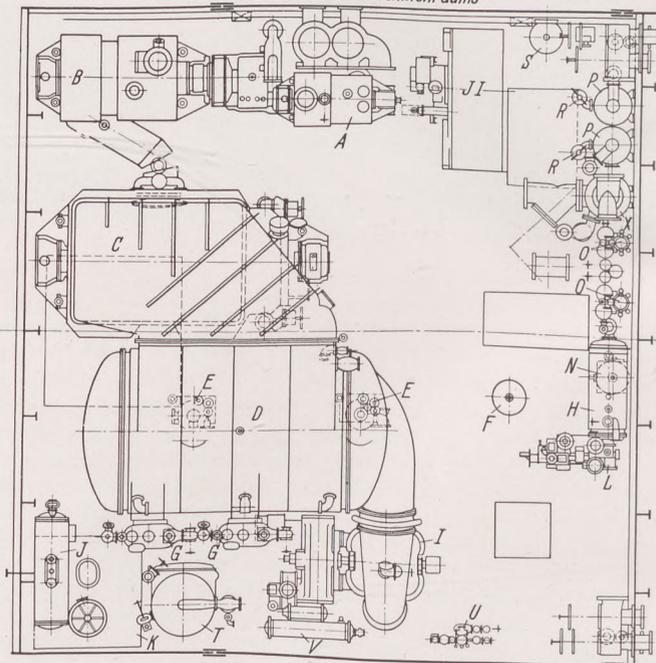


Abb. 8. Einrichtung des vorderen Maschinenraumes.

Zeichenerklärung:

- | | |
|---------------------------------|--|
| A = Marschturbine, | N = Trinkwasserfilter, |
| B = Hochdruckturbinen, | O = Trinkwasserkondensator, |
| C = Niederdruckturbinen, | P = Verdampferpumpe, |
| D = Hauptkondensator, | Q = Hauptspeisepumpe, |
| E = Turbo-Kondensatpumpe, | R = elektrische Schmierölpumpe, |
| F = elektrische Kondensatpumpe, | S = dampfgetriebene Schmierölpumpe, |
| G = Luftpjektor, | T = Schmierölkühler, |
| H = Luftpjektor-Kondensator, | U = Schmierölkühlpumpe, |
| I = Hauptkühlwasserpumpe, | V = Schmierölfilter, |
| J = Abzapfkühler, | W = Manövrierventile für die Hauptturbinen, |
| K = Speisewassertank, | X = Manövrierventile für die Marschturbinen, |
| L = Speisewasserfilter, | JI = Turbodrucklüfter. |
| M = Verdampfer, | |

tief, daß ein Teil der Luft in dem Mittelgang zwischen den beiden Kesseln den für die Raumkühlung nötigen Luftstrom erzeugt.

Jeder Kessel ist mit zwei Sicherheitsventilen, Patent Cockburn-Mac Nicholl, ausgerüstet. Diese Ventile sind mit federbelasteten Steuerventilen versehen, welche bei Überschreitung des zulässigen Dampfdrucks von 29,5 kg/cm² das Hauptventil gegen den Dampfdruck anlüften.

Im übrigen sind die Kessel mit allen modernen Einrichtungen zur Betriebskontrolle, wie Speisewasserreglern System „Robot“, Wasserstandspegelgläsern System Klinger, Igema-Fernpeileinrichtung, Rauchgasdichtprüfern mit Durchsichtbeleuchtung und Sehrohr, thermoelektrischen Pyrometern usw. versehen.

Die beiden „Weir“-Heizölpumpen je Kesselraum saugen das Heizöl über Saugfilter aus dem nächsten Verbrauchstank und drücken es über die Heizölvorwärmer, Autoclean-Filter und Kent-Heiz-

Zahnrad angreifen. Bei Vollast laufen die Hochdruckturbinen mit 2450, die Niederdruckturbinen mit 1775 Umdr./min. Vor die Hochdruckturbinen ist mit besonderem Getriebe die Marschturbine für Fahrtstufen bis zu 17 kn geschaltet. Ihr Abdampf geht nach der Hochdruckturbinen. Zwischen der zweiten und dritten Expansionsstufe der Marschturbine befindet sich eine Abzapfeinrichtung zum Vorwärmen der Hauptturbinen. Die Ausrückkupplung der Marschturbine mit der Rotorwelle der Hochdruckturbinen ist mit dem Zudampfenventil der Marschturbine so verblockt, daß bei ausgerückter Kupplung die Dampfzufuhr zur Marschturbine abgesperrt ist, während bei geöffnetem Zudampfenventil die Kupplung nicht bewegt werden kann.

Die Niederdruckturbine arbeitet nach dem Doppelstromprinzip; der Dampf aus der H.D.-Turbine tritt in der Mitte der N.D.-Turbine ein und strömt von dort über beide Turbinenhälften nach dem Kondensator. Der Abdampf der N.D.-Turbine geht durch einen großen, vollständig elektrisch geschweißten und entsprechend versteiften Abdampfbogen seitlich in den Hauptkondensator. Da letzterer höher liegt als die N.D.-Turbine, ist zwischen Turbine und Kondensator ein tiefgelegener Abzapftank angeordnet. Ein Schwimmer im Abzapftank steuert den Anlasser einer elektrisch betriebenen Pumpe; als Reserve für letztere ist ein parallel mit ihr geschalteter Dampfjektor vorhanden.

Die Hauptkühlwasserpumpen von je 10 500 m³ größter Stundenleistung werden bis zu 20 kn Geschwindigkeit elektrisch, darüber hinaus durch Hilfsturbinen betrieben.

Die Hauptkondensatoren vom „Weir“-Regenerator-Typ werden während des Betriebes durch einen schwimmergesteuerten Schieber auf konstanter Füllung gehalten. Bei hohem Stand wird ein Teil des Druckkondensats nach dem Speisetank gepumpt, während bei niedrigem Schwimmerstand sich der Kondensator aus diesem Tank bis zum Normalstand vollsaugt.

In jedem Maschinenraum sind unter dem Flur 3 Kondensatkreisläufe, davon zwei mit Turboantrieb zu je 120 m³/Stde. und eine mit elektrischem Antrieb zu 60 m³/Stde., letztere für Marschfahrt, eingebaut.

Zum Absaugen von Luft und Dampf aus den Kondensatoren sind seitlich an deren Oberkante je zwei mit überhitztem Dampf von 15 kg/cm² Anfangsdruck arbeitende Luftpumpen angeordnet, von denen jeder drei in Serie geschaltete Strahldüsen enthält. Nach dem Passieren jedes Ejektors wird das angesogene Gemisch durch Zwischenkühler gekühlt. Diese werden ihrerseits vom Kondensat durchströmt und erteilen diesem die erste Vorwärmung. Das auf atmosphärischen Druck verdichtete Dampfgemisch wird aus dem Kondensator zu einem kleinen seewassergekühlten Ejektor-Kondensator geführt. Das Kondensat strömt dann durch die Rohre eines Abzapfkühlers (zweite Vorwärmung) und gelangt von dort nach der Turbospeisepumpe im Maschinenraum bzw. der Reservespeisepumpe (Weir-Kolbenpumpe) im Heizraum. Diese Pumpen drücken das Kondensat über einen mit dem Abdampf der Hilfsmaschinen beheizten Vorwärmer mit 110° Endtemperatur in die Kessel.

Das Abzapfwasser aus den oben erwähnten Abzapfkühlern, in welchem die Abzapfleitungen der Verdampfer, Heizöl- und Speisewasservorwärmer münden, wird in den Ejektor-Kondensatoren nachgekühlt und geht von hier nach Passieren von Filtern in die in den Maschinenräumen aufgestellten geschlossenen Speisetanks von je 10 m³ Inhalt.

Der Salzgehalt des Kondensats wird durch elektrische Salinometer, welche beim Überschreiten der 10 mg/l-Grenze eine rote Signallampe betätigen, kontrolliert.

Die von der Firma Caird & Rayner gebauten Verdampfer liefern 60 m³ Wasser in 24 Stunden; angeschlossen sind Destillier-Kondensatoren mit einer Leistung von 10 m³/Tag.

Zur Schmierölversorgung der Hauptmaschinenanlage sind in jedem Maschinenraum drei Schmierölpumpen von je 50 t Stundenleistung, zwei stehende Weir-Dampfpumpen und eine elektrisch betriebene Stothert & Pitt-Pumpe aufgestellt. Zwei Pumpen sind jeweils für Vollast-, eine für Marschfahrt erforderlich. Das Schmieröl wird über einen Magnetfilter aus den unter dem Flur des Getrieberaumes liegenden Schmieröltanks angesaugt und über Ölkühler bzw. Auto-cleanfilter mit 1—1,5 kg/cm² Druck in die Schmierölverteilungsleitungen der Turbinen und Rädergetriebe gedrückt.

Zur Schmierölkühlung ist in jedem Maschinenraum eine besondere elektrisch betriebene Seewasser-Kreiselpumpe untergebracht.

Zur Lüftung jedes Maschinenraumes dienen zwei Zulufter mit zusammen 29 m³/sec-Leistung, davon ein Turbolüfter mit 22 m³/sec und ein elektrischer Aerex-Schraubenlüfter. Beide Lüfter drücken durch senkrechte Luftschächte in ein unter Flur liegendes Verteilungskanalsystem, aus dem die Luft durch horizontale Stützen unter den Maschinenraumflur geblasen wird; von hier aus tritt sie durch gelochte Flugplatten an den gewünschten Stellen nach oben in den Maschinenraum aus. Ein Teil der Luft wird über Flur durch Punkah-Louvres abgezweigt. Die Luftabfuhr wird durch einen Ablüfter von 6,8 m³/sec-Leistung bewirkt, an dessen Luftleitung alle Dampfrohre der Turbinen, Abzapftanks und alle sonstigen Stellen mit Wrasenentwicklung angeschlossen sind, um die Luftfeuchtigkeit in den Maschinenräumen in zulässigen Grenzen zu halten.

Einzelheiten der Turbinenanlage. Die Turbinen sind nach Plänen und in Lizenz von Parsons von der Firma „De Schelde“, Vlissingen, gebaut.

Das Gehäuse der Marschturbine besteht aus Stahlguß, der obere Gehäuseeteil trägt einen aus Stahlguß gefertigten Düsenkasten, in welchem sich zwei Dampfzufuhrabschlüsse für 6 bzw. 9 Düsen befinden.

Der Rotor ist in einem Stück aus SM-Stahl geschmiedet und ausgebohrt.

Die Beschauelung der Marschturbine besteht im Aktionsteil aus einem zweistufigen Curtis-Rad und im Reaktionsteil aus drei Expansionsstufen von je acht Schaufelkränzen. Die Aktionsbeschauelung ist in rostfreiem Stahl ausgeführt, im Reaktionsteil bestehen die Schaufeln aus Monel-Metall mit Füllstücken aus SM-Stahl. Die Bandagen sind nach dem „Endtightening“-System ausgeführt.

Die Hochdruckturbine ist, abgesehen von dem Fehlen des Curtis-Rades, angenähert ebenso ausgeführt wie die Marschturbine; die Anzahl der Expansionsstufen beträgt hier vier mit je 6, 5, 5 und 5 Schaufelkränzen von verschiedener Höhe. Der Rotor hat gleichen Durchmesser über die ganze Länge.

Das Gehäuse der Niederdruckturbine besteht aus Perlitguß, in seinem vorderen Teil ist die Rückwärtsturbine mit eingebaut.

Der Niederdruck-Rotor ist aus S.M.-Stahl gefertigt; auf ihm sitzen drei Gruppen Scheiben, davon zwei für die Niederdruck- und eine für die Rückwärtsbeschauelung. Letztere besteht aus einem Curtis-Rad mit drei Geschwindigkeitsstufen, an welches sich eine dreikränzige Reaktionsbeschauelung anschließt. Das Rückwärtsrad wird durch 100 Düsen beaufschlagt, welche in vier Düsenkästen untergebracht sind. Zwei Düsenkästen mit je 25 Düsen sind im Gehäuseunterteil, die beiden andern mit 35 bzw. 15 Düsen im Oberteil angeordnet. Die Düsensätze können durch entsprechende Absperrorgane stufenweise zugeschaltet werden.

Die Beschauelung der Niederdruckturbine besteht aus rostfreiem Stahl mit Füllstücken aus S.M.-Stahl.

Die gesamte Länge eines Maschinensatzes mit Getriebe beträgt 12 680 mm, die Baulängen der Marsch-, Hochdruck- und Niederdruckturbine betragen 2223 bzw. 3225 bzw. 5430 mm, die größten Querabmessungen über Außenkante Gehäuseflansch 978 bzw. 1610 bzw. 2735 mm, die Abstände von Mitte Schraubenwelle bis Mitte Hochdruck- bzw. Mitte Niederdruckturbinenwelle betragen 1568 bzw. 1742 mm.

Getriebe. Beide Getriebe liegen in einer gemeinsamen Abteilung zwischen den beiden Hauptturbinen-Räumen. Um beim Volllaufen des Getrieberaumes ihren Ausfall zu verhindern, sind die Gehäuse wasserdicht. Die Getriebe haben ohne Drucklager eine Länge von 3380 mm. Der Getriebekasten ist auf einem gußeisernen Fundament aufgebaut, in welchem die Ritzel und das Zahnrad gelagert sind, und welches seinerseits auf dem vollständig geschweißten Fundament des Schiffskörpers befestigt ist. Der Getriebekasten selbst besteht ebenfalls aus Gußeisen, während die Seiten- und Endstücke aus Silumin gegossen sind. Ritzel und Zahnrad, deren Mittellinien in einer Ebene liegen, sind durch leicht wegnehmbare Deckel aus Silumin guß gut zugänglich.

Hilfsmaschinen. Im hinteren Pumpenraum sind eine Heizölübernahmepumpe mit einer stündlichen Leistung von 100 t, ferner eine Lenz- und Feuerlöschpumpe von 50 t Stundenleistung mit Dampfkolbenantrieb, eine elektrisch betriebene Spülkreiselpumpe, weiter eine elektrisch betriebene Lenz- und Feuerlöschpumpe, eine elektrische Stothert-Pitt-Kreiselpumpe für Dieselöl und zwei elektrische Trink- und Waschwasserpumpen mit parallel geschalteter Handpumpe aufgestellt.

Außerdem befindet sich die hier schon erwähnte Kohlensäureflaschen-Batterie zum Löschen von Heizölbränden.

Im Dieseldynamoraum befindet sich ein elektrisch angetriebener stehender zweizylindriger Vierstufen-Kompressor mit einer Leistung von 61 Luft/min von 100 kg/cm² Druck, welcher zur Versorgung der Anlaßluftflaschen des Dieselmotors und der Luftflaschen für den Betrieb der Flugzeugschleuder dient.

Die Kohlensäure-Kühlanlage umfaßt zwei Kompressoren von je 15000 Kalorien Stundenleistung bei einer Verdampfungstemperatur von -15° C und einer Kühlwassertemperatur von +30°, mit je 14 PS bei 375 Umdr./min, zwei Kondensatoren, zwei Verdampfer, zwei Zwischenkühler, eine Kühlwasserpumpe von 20 m³ Stundenleistung bei 1,6 PS und 1600 Umdr./min, zwei Solepumpen von je 12 m³ Stundenleistung bei 2 PS und 1600 Umdr./min, zwei Ölabscheider mit Filtern, einen Salzablasser und einen Solefilter, einen Luftkühler für 70 m³ Kühlraum und eine Temperatur von -4° C und schließlich einen Ventilator zur Luftumwälzung mit einer Leistung von 4500 m³/h bei 50 mm Wassersäule, 1,75 PS und 1200 Umdr./min.

Die „Wärmeanlagen“ („Verwärmingsinstallatie“) umfassen nach der niederländischen Begriffsbestimmung die Schiffsheizung, die Wäschereien, die Kocheinrichtungen, die Warmwasserapparate, Warmwasserbehälter und die elektrischen Öfen.

Die Gesamtleistung der schon erwähnten Thermotank-Anlage zur Raumheizung beträgt 570000 cal/h.

Die Wäscherei enthält eine Waschmaschine, eine Dampfmgel, einen Auskochkessel und einen Kulissentrockenapparat. In der Mannschaftsküche sind drei Kochkessel und ein Warmwasserkessel aufgestellt.

Elektrische Anlage. Entsprechend den derzeitigen An-

forderungen an eine schnelle und genaue Befehls- und Angabenübermittlung, wie sie für die Feuerleitung, den Navigations- und Maschinendienst erforderlich ist und entsprechend ausgedehnte Apparaturen benötigt — z. B. Echolot, Fahrtmeßanlage, Horchanlage, drahtlose Telegraphie und Telephonie —, der großen Zahl von Hilfsmaschinen, bei denen die gewünschte genaue Regelung der Drehzahl und schnelle Bedienung den elektrischen Antrieb unentbehrlich macht, und den Ansprüchen an die hygienischen und Wirtschaftseinrichtungen — Warmwasserbereiter, elektrisch betriebene Wäscherei und Bäckerei, Klingel- und Telephonanlagen, elektrische Lüftung — ist die elektrische Anlage des Kreuzers verhältnismäßig sehr leistungsfähig. Als Beispiel ist angeführt, daß bei „De Ruyter“ die elektrische Leistung 1 kW für 6 t Displacement ausmacht, während bei dem neuen englischen Schnelldampfer „Queen Mary“ 1 kW erst auf 9 t Displacement kommt, wobei im letzteren Falle zu berücksichtigen ist, daß die Kocheinrichtungen und teilweise die Kammerbeheizung elektrisch betrieben werden.

Bezüglich der Leistungsunterteilung, der Schaltung und Kabelführung der Anlagen ergaben sich entsprechend dem Gebrauch der niederländischen Marine folgende grundsätzliche Anforderungen:

Geschützte Aufstellung der betreffenden Teile unter Panzerdeck bzw. bei Anordnung oberhalb des Panzerdecks Schutz zum mindesten der Kabel durch Panzerschächte („pantserkokers“) gegen Geschoßsplitter;

doppelte Ausführung der wichtigen Einrichtungen bzw. Anordnung einer doppelten Strombelieferung („dubbele voeding“), Anordnung eines Schalters in der gleichen Abteilung, in der sich die betreffende Einrichtung befindet, zur wahlweisen Schaltung auf eine der betreffenden elektrischen Zentren;

Vermeidung einer Parallelschaltung der Generatoren, um Störungen beim Ausfall eines derselben sowie die Schwierigkeiten, welche sich bei ungleichem Abstand der Verbrauchsstellen zwischen zwei voneinander entfernt aufgestellten Generatoren ergeben, zu vermeiden;

Regelung der gesamten Stromverteilung im gewöhnlichen Schiffsbetrieb („bij normale vart“) von einem Schaltbrett aus mit Rücksicht auf Personalersparnis.

Entsprechend den obigen Anforderungen ist die Anlage in drei Zentren und eine zusätzliche Notzentrale unterteilt. Hiervon sind zwei Zentren mit Turbogeneratoren ausgerüstet; sie liegen im vorderen bzw. hinteren Unterschiiff und dienen dem normalen Fahrdienst sowie dem Gefechtsdienst. Die dritte Zentrale auf dem Panzerdeck mit einem Dieselgenerator wird im Gefecht im allgemeinen nicht benutzt, sie versieht im Friedens- und besonders im Hafendienst bei abgestelltem Kesselbetrieb hauptsächlich den „civilen dienst“ für die Wohnungseinrichtung des Oberschiffs.

In der hinteren wie auch der vorderen Zentrale im Unterschiiff sind je zwei Turbogeneratoren mit je einer Leistung von 200 kW bei 220 Volt Spannung aufgestellt. Sie werden durch Dampfturbinen über eine Zahnraduntersetzung von 7000 auf 1000 Umdr./min angeschrieben. Der Abdampf der beiden Turbogeneratoren I und II der hinteren Zentrale wird nach einem Hilfskondensator, an welchem auch der Abdampf der Verdampfer, der Turbohilfsmaschinen und Dampfkolbenhilfsmaschinen der Maschinenräume abgeleitet wird, geführt. Der Hilfskondensator ist vom Weir-Regenerator-Typ, er ist mit elektrisch getriebener Umwälzpumpe und Kondensatpumpe, einem zweistufigen Luftejektor mit Zwischenkühlung und einem Ejektorkondensator ausgerüstet. Dieses geschlossene Speisungssystem ist mit dem Speisungssystem der Hauptmaschinenräume parallel geschaltet.

Die Turbogeneratoren III und IV der vorderen Unterschiiffszentrale von gleicher Leistung sind nicht an die Hilfskondensation angeschlossen, sondern mit einem eigenen Kondensator mit Dampfstrahl-Vakuumerzeuger und eigener rotierender Kondensat- und Zirkulationspumpe, welche über ein Zahnradgetriebe und eine vertikale Hilfswelle durch die Turbine angetrieben werden, ausgerüstet.

Der Dieselgenerator V in der über der vorderen Zentrale gelegenen Oberschiiffszentrale hat eine Leistung von 220 kW entsprechend 360 PSe. Bei dem Diesel handelt es sich um eine sechszyklindrige kompressorlose Viertaktmaschine mit Druckerstäubung, 260 mm Kolbendurchmesser und 350 mm Hub. An den Motor ist ein kleiner Luftkompressor zum Füllen der beiden Anlaßflaschen von je 80 l Inhalt bei 80 kg/cm² Druck angeschlossen.

Das im Unterbau des Turmmastes aufgestellte Notaggregat VI von 6 kW und 225 Volt zur Speisung der Notbeleuchtung wird durch einen vierzylindrigen Verpuffungsmotor von 10 PS Leistung bei 850 Umdr./min angetrieben.

Von den Schaltbrettern der beschriebenen insgesamt vier elektrischen Zentren sind diejenigen im Unterschiiff mit doppeltem Sammelschienensystem ausgerüstet; hier sind alle Stromverbraucher außerhalb der Zentrale über Magnetschalter angeschlossen. Für die

Stromverbraucher in der jeweiligen Zentrale selbst und für die Wechselstromversorgung sind besondere Schaltbretteile vorgesehen.

Während die eine Sammelschiene von einem Generator, z. B. II, der betreffenden Zentrale gespeist wird, ist die andere geteilt, so daß auf jeden Teil nach Wahl der andere Generator, z. B. I, und einer der Generatoren, z. B. III, IV oder V, der anderen beiden Zentren, also jeweils drei Generatoren insgesamt, geschaltet werden können.

Im Gefechtsfall werden dagegen die beiden Unterschiiffszentren unabhängig voneinander bedient. Jede Sammelschiene wird dann durch je einen der beiden eigenen Generatoren gespeist, wozu die geteilte Schiene überbrückt wird. Der Dieselgenerator im Oberschiiff ist dann außer Betrieb und die entsprechenden Kabel spannungslos. Die obigen Schaltungen erfolgen durch Handschalter.

Die Kabel zwischen den beiden Unterschiiffszentren liegen unter dem Panzerdeck auf besonderen Kabelbahnen (Abb. 1) als Bündel von etwa 1 m Höhe verlegt, die je etwa 100 Kabel enthalten. Die Zuführungskabel von der Dieselzentrale zur hinteren Zentrale liegen dagegen über dem Panzerdeck, um bei einem Kesselraumbrand eine ungefährdete Reserve zur Verfügung zu haben.

Zur besseren Übersicht sind auf den Schaltbrettern der Unterschiiffszentren Lichtschaltbilder angeordnet.

Die Kraftstrominstallation (225 Volt) ist grundsätzlich in einen Unterschiiff- und einen im Gefecht nicht gebrauchten Oberschiiffsteil unterteilt. Im Friedensdienst wie im Gefecht benötigte Anlagen sind z. B.: die elektrisch-hydraulischen Höhenricht- und Schwenkmaschinen für die Türme, die elektrischen Munitionsaufzüge, die Pumpen und Lüfter in den Hauptmaschinen und Getrieberäumen, die elektrischen Lenzpumpen, die Umformer für Scheinwerfer, Rudermaschine, Funkentelegraphie, für die Telephon-Gleichstromanlage und die Wechselstromanlage für die Feuerleitung und die Befehlsübermittlung. Im Gefecht nicht im Gebrauch sind dagegen z. B.: die Lüftung des Oberschiffs, die Wäscherei, Bäckerei, Werkstätten usw.

Im ganzen sind 184 Motoren mit Leistungen bis zu 34 PS im Gebrauch.

Die vier stabilisierten und ferngesteuerten Scheinwerfer werden mit etwa 200 Amp. Stromstärke und 84 Volt Spannung durch eigene vertikale Umformer von je 28 kW Leistung und 2150 Umdr./min mit automatischen Anlaufwiderständen gespeist. Ein Umformer wird als Schweißmaschine benutzt.

Die Beleuchtung ist ebenfalls grundsätzlich in einen Unterschiiff- und einen Oberschiiffsteil unterteilt, wozu noch eine Blauglasbeleuchtung für den Gefechtsfall und eine Notbeleuchtung kommen. Die Beleuchtung unter wie über dem Panzerdeck wird durch je einen Backbord- und Steuerbordstrang gespeist, an welche die Lampen abwechselnd angeschlossen sind, um bei Beschädigungen eines Stranges mindestens noch die halbe Lichtstärke in den Räumen verfügbar zu haben. Im ganzen sind rund 1800 Lampen und Steckkontakte vorhanden.

Die von dem Benzinaggregat gespeiste Notbeleuchtung umfaßt etwa 50 Lampen an den wichtigsten Verkehrswegen und Steckkontakte für 200-Watt-Lampen an Deck zum Verlassen des Schiffes bei Nacht. Außerdem sind noch eine an das 24-Volt-Netz angeschlossene Notbeleuchtung in den Kesselräumen und weiter Handakkulampen in den einzelnen Abteilungen vorhanden.

Die 24-Volt-Anlage dient hauptsächlich zum Betrieb der Telephonanlagen mit 154 bzw. 50 Anschlüssen, letztere mit automatischer Telephonzentrale zum Anschluß an das Stadtnetz im Hafendienst, der Klingelanlagen, des Schiffuhrensystems mit 26 Anschlüssen, der Scheinwerferalarmhupen, der Temperaturmesser für die Kühlräume usw. Sie wird durch zwei 2-kW-Umformer mit zwei Akkubatterien von je 296 Amp./h und zwei solche mit je 74 Amp./h (Nickel-Eisenbatterien) mit automatischer Umschaltung auf eine der beiden Unterschiiffszentren gespeist.

Das Wechselstromnetz erhält seinen Strom durch zwei Umformer, einen in jeder Turbozentrale, von je 30 kVA und 220 Volt Spannung ($\cos \varphi = 0,5$). Bei sinkender Spannung wird automatisch auf die andere Zentrale umgeschaltet. An den Verbrauchsstellen wird gegebenenfalls auf niedrigere Spannung transformiert.

Wechselstrom wird hauptsächlich für die nach dem Folgezeigersystem arbeitende Feuerleitungsanlage benötigt: vom Kommandoturm im Top des Gefechtsmastes führt ein Panzerschacht zum Unterschiiff, in welchem die hierzu erforderlichen 50 Kabel untergebracht sind. An das Wechselstromnetz sind ferner die mit 50 Volt arbeitenden Maschinen-, Heizraum-, Ruder- und Ruderzeiger-Telegraphen angeschlossen.

Z u s a m m e n f a s s u n g: Im Anhalt an Veröffentlichungen in den Zeitschriften „De Ingenieur“ und „Schip en Werf“ werden die schiff- und maschinenbaulichen sowie elektrischen Einrichtungen des niederländischen Kreuzers „De Ruyter“ beschrieben.

H. Evers.

Wichtige Fachliteratur.

Auszüge.

SB Widerstand, Leistung, Modellversuche.

Fa 82. Weitere Untersuchungen über den Antrieb von Einschraubenschiffen: Vergleich von Schrauben mit Tragflügel-schnitten und Kreissegmentschnitten bei kleinen Steigungsverhältnissen, Einfluß der Größe des Propellerdurchmessers auf den Wirkungsgrad. (Shipbuild. Shipp. Rec., 19. November 1936, S. 609, Auszug aus einem Vortrag von Dr. Baker vor der Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland.)

In den letzten Jahren sind im englischen National-Schlepptank in Teddington eine Reihe von Untersuchungen über den Antrieb von Einschraubenschiffen ausgeführt worden. Die Ergebnisse sind niedergelegt in 3 Vorträgen von Mitgliedern des Tankstabs, in denen der Einfluß der Flügelform in bezug auf Umriß, Schnitt und Neigung bei gleichbleibender und bei über den Halbmesser veränderlicher Steigung sowohl bei Freifahrt wie hinter dem Schiff untersucht wurde. Ein vierter Vortrag behandelte Versuche im Seegang.

Im Vortrag von Baker wird der Kreis der untersuchten Propeller auf solche mit kleinen Steigungsverhältnissen bis herab zu 0,5 und Propeller mit kleineren Durchmessern, d. h. also auf Antriebe mit größeren Drehzahlen, ausgedehnt.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen gibt die nebenstehende Tabelle.

Alle Werte beziehen sich auf ein Schiff von 121,918 m (400') Länge und 14 kn Geschwindigkeit.

Aus der Zusammenstellung ergibt sich, daß es ratsam ist, Propeller mit Tragflügelquerschnitten zu wählen, wenn kleine Steigungsverhältnisse für verhältnismäßig große Schrauben angewandt werden sollen. Der Wirkungsgradabfall ist bei ihnen wesentlich geringer als bei Schrauben mit Kreissegment-schnitten.

Andererseits zeigt ein Vergleich der unteren Werte der Tabelle mit den oberen, daß es für die Einhaltung einer bestimmten vorgeschriebenen Drehzahl nicht zweckmäßig ist, einen zu großen Propellerdurchmesser mit einem entsprechend kleinen Steigungsverhältnis zu wählen. Für die gleiche Drehzahl gibt ein kleinerer Propeller mit einem von 1 nicht allzu weit abweichenden Steigungsverhältnis bessere Werte.

Flügel-schnitt	Kreissegment					Tragflügel-form				
	← 5,08 m →					← 5,08 m →				
Durchmesser . .										
Steigungsver-hältnis	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
$\eta_{ges} = \text{EPS:WPS}$	0,685	0,690	0,675	0,608	0,568	0,700	0,723	0,720	0,697	0,650
η_p bei Freifahrt	0,615	0,615	0,600	0,535	0,485	0,624	0,645	0,660	0,635	0,570
$\eta_r = \eta_p' : \eta_p$	1,03	1,04	1,01	1,01	1,05	1,02	1,01	1,0	0,98	1,03
$\eta_s = (1 - t) : (1 - w)$	1,08	1,07	1,11	1,12	1,11	1,09	1,11	1,09	1,12	1,11
$w = (v - v_e) : v$	0,265	0,265	0,27	0,275	0,28	0,26	0,27	0,26	0,28	0,28
$t = (S - W) : S$	0,205	0,210	0,190	0,190	0,200	0,195	0,19	0,19	0,19	0,20
N = Drehzahl i. d. Min.	87	98	110	128	145	87	98	110	133	150
Durchmesser . .	← 4,064 m →					← 4,064 m →				
Steigungsver-hältnis										
$\eta_{ges} = \text{EPS:WPS}$										
η_p bei Freifahrt										
$\eta_r = \eta_p' : \eta_p$										
$\eta_s = (1 - t) : (1 - w)$										
$w = (v - v_e) : v$										
$t = (S - W) : S$										
N = Drehzahl i. d. Min.										

Bezeichnungen in der Tabelle: η_p = Propellerwirkungsgrad freifahrend, η_p' = Propellerwirkungsgrad hinter dem Schiff, η_s = Schiffsgütegrad, w = Nachstromziffer, t = Sogziffer, v = Geschwindigkeit des Schiffes, v_e = Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in den Propeller, S = Schub, W = Widerstand.

Im allgemeinen dürfte es nicht empfehlenswert sein, mit dem Steigungsverhältnis auf unter 0,8 zu gehen. KL.

Bücherschau.

Kritische Betrachtungen und Vorschläge zu Festigkeitsmessungen am Schiffskörper. Von Dr.-Ing. P. Maack, Hamburg, 1936. 88 Seiten und 5 Tabellen. Verlag von Boysen und Maasch, Hamburg. Geheftet RM 6,—.

Das Buch, welches 1933 geschrieben wurde, gibt eine Systematik der Festigkeitsforschung im Schiffbau sowie Vorschläge zum Bau von Meßgeräten.

Mit Recht betont der Verfasser einleitend, daß bei den Versuchen Meßfehler begangen worden sind, „deren Vermeidung anderen Ortes eine Selbstverständlichkeit ist“ und daß im Schiffbau die Anlehnung an die in anderen Zweigen der Technik bereits entwickelte Meßtechnik fehlte. Daß die Arbeit sich in ihrem ersten Teil eingehend und kritisch mit den Fehlerquellen der bisherigen Messungen befaßt, ist notwendig, zumal die begangenen Fehler teilweise recht schwerer Natur waren. Die Kritik ist aber eine durchaus aufbauende.

Über die klassischen Versuche von Biles ist viel geschrieben und theoretisiert worden. Sonderbarerweise hat Biles selbst nie in die Diskussion über seine Versuche eingegriffen. Alle bisherigen Analysen dieser Versuche haben nicht befriedigt. Maack beleuchtet die in Frage kommenden meßtechnischen Gesichtspunkte so gründlich, daß nunmehr jedes weitere Für und Wider wohl ausgeschlossen sein dürfte.

Zu der Besprechung der Messungen und Auswertungen der deutschen und englischen Forscher ist zu bemerken, daß Maacks Ausführungen sachlich zuzustimmen ist, stärker wäre von ihm zu betonen gewesen die — man kann schon sagen — Tragik zwischen Wollen und Können bei den meisten Forschern. Meßgeräte, meßtechnische Erfahrungen und vor allem eine Systematik über das große meßtechnisch so verschiedenartige Gesamtgebiet lagen nicht vor; auch zeigten maßgebende Stellen oft nicht das Interesse, welches die Sache verdiente. Die Forscher waren meist auf sich selbst angewiesen. Wenn man bedenkt, mit welchen Mitteln weniger wichtige Fragen der Technik großzügig angefaßt worden sind, so ist es nicht verständlich, daß einzelne Forscher sich mit unzureichenden meßtechnischen Ausrüstungen und Versuchsmöglichkeiten abquälten mußten und dabei oft noch gegen den Widerstand mancher Fachkreise.

Die von Maack aufgestellte Methodik bringt zunächst als neuartige Forderung die Ermittlung der Materialvorspannung. Treffend wird betont, daß bei der Frage, von welchem Urzustand oder Bezugszustand der Messungen auszugehen ist, „die Suche nach einem Bezugspunkt oder Bezugszustand der Messungen oft ein glückliches Leitseil durch die Fülle der Erscheinungen am fahrenden Schiff ist“. Die alte Auffassung, nach welcher beispielsweise aus einer nach der üblichen statischen Längsfestigkeitsrechnung gewonnenen Höchstspannung von etwa 1200 kg/cm² zu folgern wäre, daß die notwendige Festigkeit des Verbandes vorhanden sei, dürfte überwunden sein. Unfälle, besonders in der letzten Zeit, haben eindringlich die Bedeu-

tung der bisher kaum beachteten Vorspannungen gezeigt. Wie wird die Materialanstrengung, wenn sich über die Rechnungsspannung eine etwa gleich große Vorspannung lagert? — Solche Fragen gewinnen heute zunehmend Bedeutung. Neben der Kenntnis der Vorspannungen sind solche Überlagerungen von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der Anstrengungen in den einzelnen Verbänden des so vielfach statisch unbestimmten Gesamtverbandes. Maack wirft das Problem der Vorspannungen nicht nur auf, sondern zeigt mit der von ihm vorgeschlagenen „jungfräulichen Meßlänge“ auch einen Weg, in das Spannungsgewirr Klarheit zu bringen. Die Einflüsse, die sich an der Bildung der Vorspannung beteiligen, sind anschaulich in einem „Vorspannungs- und Spannungsschema für ein zu betrachtendes Plattenelement“ zusammengestellt. Dieses in seiner Vollständigkeit neuartige Schema enthält bereits den gesamten für die Festigkeitsforschung einzuschlagenden Versuchsweg. In umfassender Synthese setzt Maack, vom angelieferten Baumaterial ausgehend, Spannung auf Spannung bis zum höchsten Spannungszustand des im Seegang arbeitenden Schiffes. Die hiermit gegebene Meßfolge steht in direktem Gegensatz zu der Methodik der neueren großen Versuchsunternehmen.

Bei der Analyse des tatsächlichen Spannungszustandes wird die Notwendigkeit der Messung des ebenen Spannungszustandes durch mehrachsige Dehnungsmessungen ausführlich begründet. An Hand von Rechnungen und gestützt auf Bordversuche beweist Maack, daß die bisher an Bord üblich gewesenen einachsigen Messungen es nicht ermöglichen, hinreichend genaue quantitative Daten zu erreichen; ja, es ist zu bezweifeln, ob solche Messungen immer eindeutige qualitative Aussagen zulassen. Überhaupt wird Theorie und Praxis der Dehnungsmessungen in einer Gründlichkeit wie kaum zuvor behandelt. Die dabei vorgeschlagenen Geräte und Versuche sind in erster Linie zur Aufklärung funktionaler Zusammenhänge gedacht. Die an sich als wertvoll bezeichnete statistische Durchforschungsmethode wird nicht besprochen. Sie dürfte für den Schiffbau auch wohl nicht in Frage kommen.

Nach der Behandlung der „Einzelmessungen“: Dehnungsmessungen, Temperaturmessungen, Ausbeulungs- oder Ausknickungsmessungen, andere größere Formänderungsmessungen, Durchbiegungsmessungen, Verdrehungsmessungen, Beschleunigungsmessungen, Schwingungsmessungen, Messungen zum Zustand See und Luft, erfolgt eine Zusammenfassung einer Anzahl Messungen zu einem sog. „Hauptversuch“, der funktionale Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Einzelmessungen klarstellen soll.

Dieser Hauptversuch ist für Maack der Abschluß, nicht der Beginn der ganzen notwendigen Versuchsreihe. Die nicht zu leugnenden Schwierigkeiten, bis zu diesem Hauptversuch vorzudringen, müssen systematisch, am einfachen Schiff und mit einfachsten Belastungsfällen beginnend, überwunden werden. Zu der Systematik gehört auch die Durchführung der sog. „leicht

absplittbaren Einzelversuche“. Diese Einzelversuche werden sowohl für das aufliegende als auch fahrende Schiff eingehend erörtert, wobei besonders der Einfluß der Temperaturspiele berücksichtigt wird. Wenn Maack die Laboratoriumsversuche, welche noch vor wenigen Jahren als streng wissenschaftliche Forschung die Festigkeitsversuche bestimmten, auch als unter Umständen nützliche Einzelversuche erwähnt, geht er doch nicht näher auf sie ein. Heute dürfen diese als überwunden betrachtet werden und werden im Rahmen der neueren Festigkeitsforschung auch nicht mehr durchgeführt.

Schließlich bringt die Arbeit vielseitige und bis ins einzelne durchge-

arbeitete Vorschläge für meßtechnische Geräte. Dabei ist ein mit Feder gelenken in mehreren Achsen arbeitender Dehnungsmesser mit kleiner Meßlänge besonders hervorzuheben.

Mit der — schon weil notwendig — begrüßenswerten Arbeit ist weiterem Fortschritt in der Konstruktion der Schiffe der Weg gebahnt. Sie stellt eine praktisch und theoretisch umfassende Aufgabe von großer Tragweite dar und ist in bestem Sinne Dienst an der deutschen Technik.

Dr. W. Dahlmann.

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



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

Geschäftsstelle: Hamburg 1, Alsterdamm 39 (Fernspr.: 333332 u. 332130).

16. ordentliche Hauptversammlung.

Groß-Hamburg-, Kiel- und Ostsee-Tagung vom 16.–18. 6. 1937.

Die Einladungen zu dieser in Verbindung mit dem Amt für Technik der NSDAP.-Gauleitung Hamburg und der Brennkrafttechnischen Gesellschaft e. V., Berlin, stattfindenden Gemeinschaftstagung sind Ende April versandt worden.

Die Veranstaltungen beginnen am Mittwoch, 16. Juni, in den Räumen der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt mit einem Vortrag des Herrn Direktor Dr.-Ing. G. Kempf über

„Die absoluten Meßwerte in der Modellversuchstechnik und ihre Auswertung für eine zuverlässige Leistungsvorausage der Schiffe“.

danach folgt ein Vortrag des Herrn Schiffbauing. K. Helm, Hamburg, über

„Der Einfluß von Unebenheiten des Flußbodens bei der Fahrt auf flachem Wasser“.

Hiernach Besichtigung des Instituts.

Am Nachmittag findet im Großen Saal des Hotels Atlantic eine Gemeinschaftssitzung statt, bei der das Amt für Technik der NSDAP.-Gauleitung, Hamburg, unter der Verhandlungsleitung des Herrn Gauamtsleiters Ing. H. Führer einen Vortrag des Herrn Dr.-Ing. e. h. A. Thau, Berlin, über

„Die deutsche Kohle in der deutschen Kraftstoffwirtschaft“

bietet.

Hiernach folgt die Brennkrafttechnische Gesellschaft unter der Verhandlungsleitung des Herrn Direktor B. Bleicken mit einem Vortrag des Herrn Dr. Lindner, M.A.N., Augsburg, über

„Untersuchungsverfahren betr. das Verhalten verschiedener Brennstoffe in Dieselmotoren“

und einem Vortrag des Herrn H. Warnecke, Deutsche Werft, Hamburg, über

„Kohlenstaubfeuerung an Bord“.

Den Beschluß des Nachmittags bildet die Gesellschaft der Freunde unter der Verhandlungsleitung des Herrn Dr.-Ing. E. Foerster, Hamburg, mit einem Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. K. Schmidt, Obering. der Humboldt-Deutzmotoren A.-G., Köln, über

„Feste Brennstoffe in Schiffsgasanlagen“.

Am Abend findet eine gesellschaftliche Zusammenkunft für die Teilnehmer der Gemeinschaftstagung im Großen Saal des Hotels Atlantic statt.

Auf Donnerstag, den 17. Juni, ist morgens die satzungsgemäße Mitgliederversammlung angesetzt, dann eine Besichtigung der Seefahrtsschule in Altona — Empfang durch den Oberseefahrts-Schuldirektor Herrn Kapitän W. Reuter —. Dort ist eine Ausstellung von Meßinstrumenten für Schiffsantrieb und Schiffsführung, besichtigt von etwa 15 namhaften deutschen präzisionsmechanischen Firmen, vorbereitet. Ferner finden dort unter der Verhandlungsleitung der G. F. F. Vorträge des Herrn Dr. H. Hort, Siemens-Apparate und Maschinen G. m. b. H., Berlin-Marienfelde, über

„Neuere Methoden zur Dämpfung der Schiffsbewegungen im Seegang“

und des Herrn Kapitän W. Platzoeder von der Seefahrtsschule Altona über

„Die Verwertung neuerer Ergebnisse der meteorologischen und der technischen Wissenschaften zur Steigerung der Sicherheit, der Leistung und der Wirtschaftlichkeit der Seeschifffahrt“

statt.

Am Nachmittag werden die Teilnehmer in drei Gruppen gleichzeitig auf drei dann in Hamburg anwesenden großen Fahrgastschiffen empfangen, und zwar auf dem Turbinendampfer „New York“ der Hamburg-Amerika-Linie, auf dem Turbinendampfer „Windhuk“ der Deutschen Afrika-Linien und auf dem Getriebemotorschiff „Monte Pascoal“ der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft.

Am Freitag, dem 18. Juni, fahren die Teilnehmer nach Kiel, wo sie im Großen Saal des Rathauses durch den Oberbürgermeister der Stadt Kiel, Herrn W. Behrens, empfangen werden. Im unmittelbaren Anschluß daran wird im gleichen Raum Herr Professor K. von Sanden, Direktor der Fried. Krupp Germaniawerft A.-G., einen Vortrag über das Thema

„Streiflichter auf die technische Entwicklung im Schiffs- und Maschinenbau bei der Fried. Krupp Germaniawerft“

halten.

Am Nachmittag werden die Fried. Krupp Germaniawerft A.-G. und die Deutschen Werke Kiel A.-G. von den Teilnehmern besichtigt, und dann folgt, — sofern die technische Möglichkeit besteht, — ein Besuch im Bereiche der Kriegsmarine, über welcher letzteren Programmpunkt jedoch noch entschieden wird. Nach einem geselligen Zusammensein abends im Kieler Hansa-Hotel fahren die Teilnehmer am 19. Juni morgens mit dem Doppelschraubendampfer „Odin“ der Stettiner Dampfschiffsgesellschaft J. F. Braeunlich G. m. b. H. von Kiel nach der Insel Rügen, wo die Teilnehmer vor Stubbenkammer bzw. vor Binz zur Übernachtung abgebootet werden. Am nächsten Tage oder bei längerem Aufenthalt täglich bestehen mittags bzw. spätnachmittags Rückfahrtmöglichkeiten ab Binz bzw. ab Saßnitz über den Rügendamm nach Hamburg bzw. Westdeutschland und nach Berlin bzw. Süddeutschland.

Die gesamten Tagungskosten werden von der Gesellschaft von Hamburg bis Hamburg auf etwa RM 96,—, von Berlin bis Berlin auf etwa RM 113,— einschl. allem veranschlagt. Interessenten können Einladungen in der Hamburger Geschäftsstelle der Gesellschaft der Freunde erhalten.

Gesellschaft der Freunde und Förderer
der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e. V.
RA. Prof. Dr. W. Fischer Dr.-Ing. E. Foerster