

Entwicklung, Bau und Funktion eines extrem flachgehenden Watten-Meßbootes

Von Peter Wieland, Büsum

Summary

The tidal mud flats coming dry in low water, on the German North Sea coast, have so far been topographically surveyed by levelling. Relative to a single point, this classical method is incomparably precise, but it requires a lot of personnel and time, while remaining unsatisfactory as to its results because of variations in tidal mud flats which may consequently occur in the meantime. Said method had therefore to be replaced by a modern and efficient one.

For that purpose, a boat of the Trimaran-type with an extremely easy draught was developed. It is described here in some detail. This flats-surveying boat "ALWALOT" consists of a plastic-coated plywood hull and is provided with a Dr. FAHRENTHOLZ-echograph as well as with a Decca-Hi-Fix-receiving system. It is driven by a SABB-diesel engine of 12/16 H.P. and a three-bladed propeller of 38 cm Ø. With full load, maximum draught inclusive of propeller reaches 44 cm. This special service boat also permits to twice as quickly survey topographically all of the tidal mud surfaces jutting forth as far as 1 m M.S.L., using echo-sounding around time of high water.

Inhaltsverzeichnis

I. Aufgabe und natürliche Bedingungen	53
II. Technische Gegebenheiten	55
III. Planung und Entwicklung	56
A. Bootskörper	
1. Entwicklung des Bootstyps	57
2. Modellversuche	58
B. Antriebsanlage	
1. Propulsionsorgan	63
1.1. Luftpropeller-Antrieb	63
1.2. Impeller-Strahlantrieb (Jet)	63
1.3. Strahlprop-Antrieb	64
1.4. Düsenkolben-Strahlantrieb	65
1.5. Schraubenpropeller-Antrieb	65
2. Antriebsmaschine	66
C. Meßausrüstung	
1. Lotung	66
2. Ortung	67
3. Arbeitsraum	68
IV. Zusammenfassung	69
V. Schriftenverzeichnis	71

I. Aufgabe und natürliche Bedingungen

Die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Schleswig-Holstein hat im Rahmen ihrer Aufgaben unter anderem das natürliche Kräftespiel an den Küsten zu überwachen und die engeren Zusammenhänge zu ergründen.

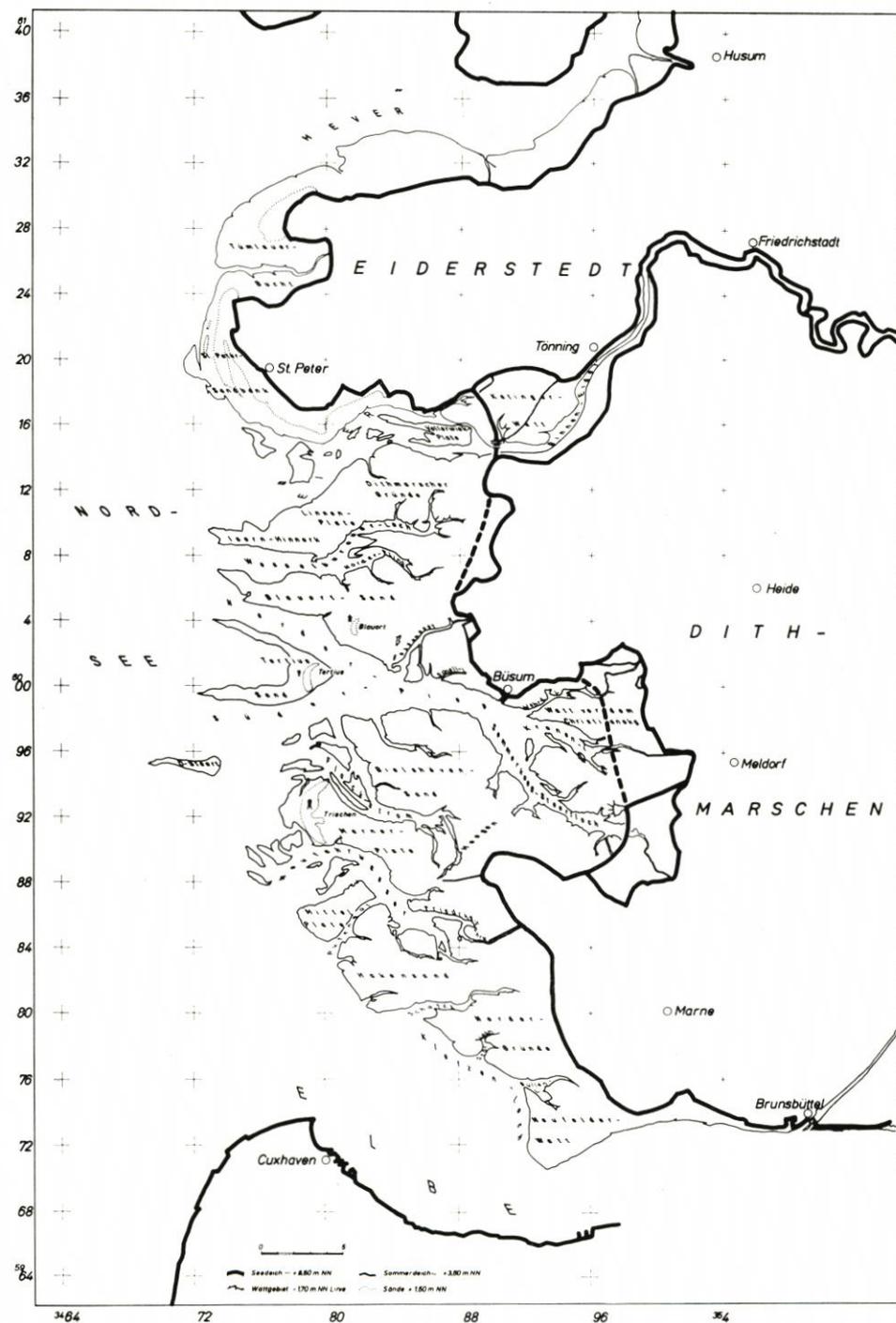
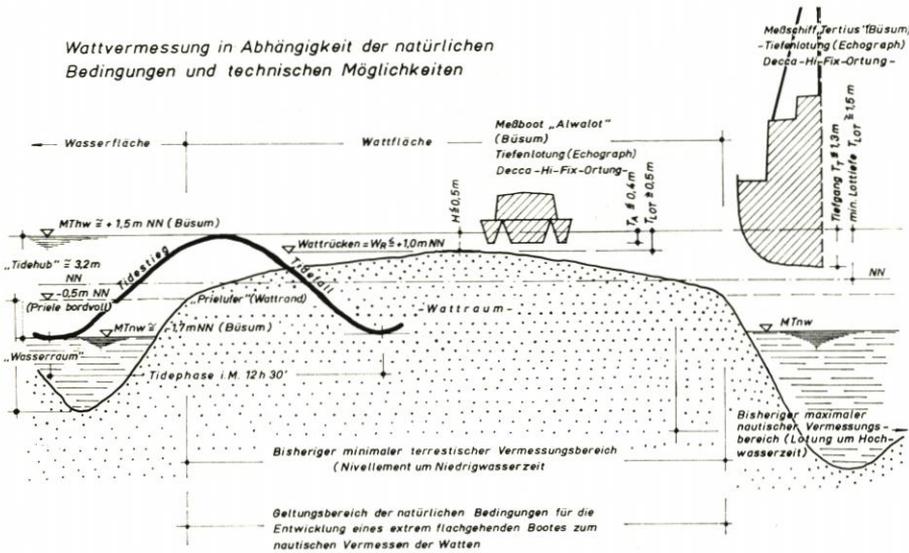


Abb. 1. Übersichtskarte der Dithmarschen vorgelagerten Watten und Außensände und der dieses Gebiet gliedernden Priele

Zu diesem Zweck wird das Wattengebiet an der Nordseeküste wiederholt topographisch vermessen. Die Ergebnisse mehrerer aufeinanderfolgender Messungen geben Aufschluß über Art, Umfang und Richtung morphologischer Veränderungen (1, 3, 5, 7, 9, 15).

Der größere Teil dieses Küstengebiets, nämlich die während der Ebbezeit trockenfallenden Watten, ist bisher nivellitisch vermessen worden. In Erweiterung des zur Vermessung der tieferen Bereiche im Wattenmeer, nämlich der Priele, angewendeten und bewährten Lotverfahrens, war mit dem Ziel, diese Arbeit zu vereinheitlichen und zu rationalisieren, ein für das Loten auch der *Wattrücken* geeignetes, extrem flachgehendes Meßboot zu entwickeln. Dabei waren die an einer Tideküste herrschenden natürlichen Bedingungen zu berücksichtigen.



Das rund 2000 km² umfassende Wattengebiet an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste gliedert sich, bezogen auf die Niedrigwasserbasis, in rd. 65% trockenfallende Wattflächen und 35% Wasserflächen (Priele). Die Rücken der Watten reichen etwa bis auf 1,0 m über NN. Eine Ausnahme bilden jene Teile, die einigen Inseln vorgelagert sind sowie die Vorländer und Außensände (Abb. 1). Bei einer mittleren Tide zwischen + 1,51 m NN (MThw) und (MTnw) - 1,72 m NN (Pegel Büsum, Jahresreihe 1961/70) liegen die Watten rd. 5 Stunden lang trocken und sind bis zu 7,5 Stunden lang 0,5 m bis (tieferen Bereiche) 2,0 m hoch mit Wasser bedeckt (Abb. 2). Meteorologische Einflüsse können dieses Verhältnis verschieben.

II. Technische Gegebenheiten

Das Dezernat Gewässerkunde in Büsum des Amtes für Land- und Wasserwirtschaft Heide verfügt für die Vermessung der Watten über das Meßschiff „Tertius“. Es hat 66 BRT, 143 PS und fährt 8,5 Knoten. Seine Abmessungen über alles sind in der Länge

17,5 m und in der Breite 5,0 m. Es ist ausgerüstet mit einem ATLAS-Echographen M. 1 : 100 zur Tiefenlotung und seit 1969 mit einem Decca-Hi-Fix-Empfänger Typ 9217 für die Ortung. Mittels Decca-Hi-Fix („High Accuracy Position Fixing“) wird die Lageortung bei der Wattvermessung gegenüber den herkömmlichen Verfahren wesentlich vereinfacht. An die Stelle der erst abzusteckenden Lotprofile und des ständigen Einmessens der einzelnen Lotsenkreuzen in ihrem Winkel zu einem festen Bezugspunkt tritt das einmal errechnete und in Karten des Maßstabs 1 : 10 000 vorliegende konstante „hyperbolische Meßnetz“ der jeweils benutzten Hi-Fix-Kette.

Die „Tertius“ kann beide in ihrem Hauptarbeitsgebiet vorhandenen Hi-Fix-Ketten (Hamburger Kette, Eiderkette) empfangen und die Hyperbelscharen als Lotlinien benutzen. Mit einem Tiefgang von 1,25 m ist sie in der Lage, bei MThw das Gebiet der Priele und der angrenzenden Watten bis zu einer Höhe von maximal $\pm 0,0$ m NN zu erfassen. Das sind aber nur reichlich 40 % des Gesamtgebiets.

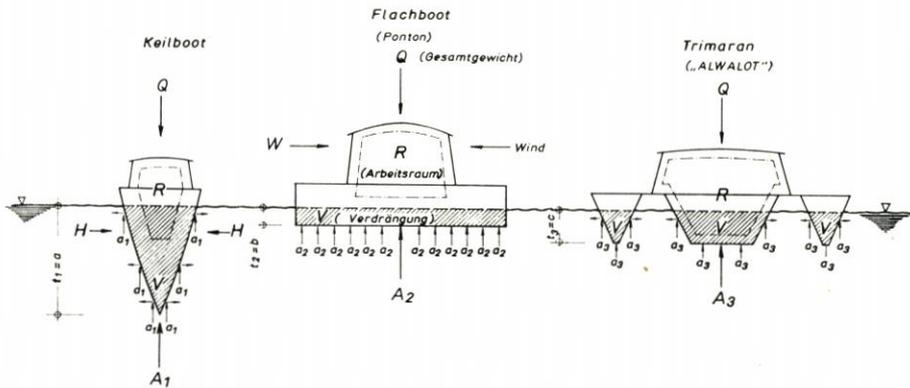


Abb. 3. Eintauchschema schwimmender Körper

Um die Methode der topographischen Wattaufnahme zu vereinheitlichen, rationeller zu gestalten und der anzustrebenden Momentaufnahme näherzukommen, wurde für das Loten auch der durch die „Tertius“ nicht erfassbaren Watten ein geeignetes, d. h., ein extrem flachgehendes Meßboot gebraucht.

III. Planung und Entwicklung

Unter den genannten Bedingungen muß ein zur Lotung der Watten einsetzbares Boot folgende Forderungen erfüllen:

1. Extrem geringer Tiefgang
2. Gute Arbeitsleistung
3. Ausreichende Energieversorgung
4. Kursstabilität
5. Niedriger Lärmpegel
6. Befriedigende Seetüchtigkeit
7. Gutes Verhalten in Flachwasser und Seegang
8. Geschützter Arbeitsraum

Die Entwicklung vollzog sich in drei, teilweise parallel zu verfolgenden Hauptschritten: Bootskörper, Antriebsanlage, Meßausrüstung.

A. Bootskörper

1. Entwicklung des Bootstyps

Muß mit Rücksicht auf die bei MThw im ungünstigsten Fall verfügbare maximale Wassertiefe von 50 cm die Eintauchtiefe auf netto höchstens 40 cm beschränkt bleiben, so ergeben sich entsprechend für ein Verdrängungsboot große Werte für Länge und Breite. Die günstigste Form wäre im Extrem ein Ponton (Abb. 3). Ein solcher Typ würde jedoch einen hohen Widerstand und geringe Kursstabilität, verbunden mit geringem Abdriftwiderstand aufweisen. Außerdem würde das Propulsionsorgan merklichen Einfluß auf den Trimm nehmen und schwer unterzubringen sein, soll die Gefahr der Grundberührung ausgeschlossen werden. Die als Meßraum erforderlichen Aufbauten müßten unverhältnismäßig

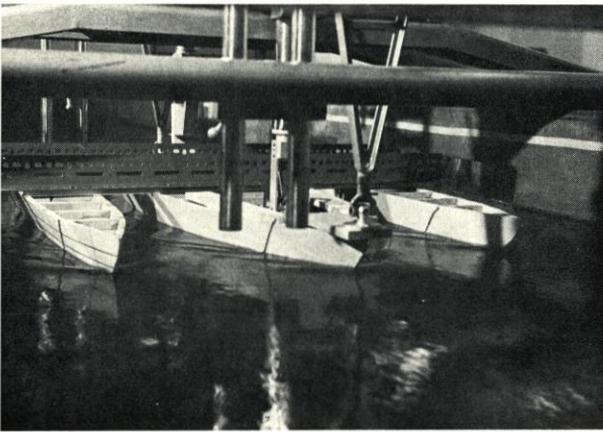


Abb. 4
Holzmodell des Trimaran und
Versuchsanordnung im
Umlauftank (Aufnahme:
Wieland 1969)

hoch aufragen, was aerodynamisch ungünstig wäre und die dynamische Instabilität zu groß werden ließe. Bei scharf geschnittener, schlanker Keilform wäre das Boot unter den günstigeren hydrodynamischen Bedingungen schneller, leichter steuerbar und optimal kursstabil. Antriebsanlage, Meßgeräte und Mannschaft würden leicht unterzubringen sein. Die Roll- und Stampfwinkel des Bootes würden jedoch nachteilig größer, vor allem aber würde der wirksame Tiefgang das Maß, bei dem ein Einsatz des Bootes für den geplanten Zweck gerade noch möglich ist, weit überschreiten.

Beide Formen sprengen also in gegensätzlicher Richtung den für die zu bewältigende Meßaufgabe zulaßbaren Rahmen. Der zwischen diesen zu findende Kompromiß-Typ ist das *Mehrrumpfboot*. Der Katamaran (Zweirumpfboot) scheidet aus, weil er lediglich einen Teilschritt darstellen würde, nicht zuletzt auch wegen Fehlens ausreichenden Platzes in der Mittschiffsebene. Es wurde deshalb die Form eines *Trimaran* gewählt. Der hydrodynamisch günstige, jedoch zu tief eintauchende, schlanke Rumpf wurde aufgelöst in drei kleinere, miteinander verbundene Einzelkörper, wodurch die Verdrängung verteilt, der Auftrieb günstiger und damit der Tiefgang geringer wird. Durch scharfen Zuschnitt jedes einzelnen Körpers kann gegenüber dem Verdrängungsboot der Wellenwiderstand herabgesetzt und der Abdriftwiderstand und damit die Kursstabilität gegenüber dem Ponton merklich erhöht werden. Die Formgebung der Rümpfe hatte aber auch hier letztlich zugunsten des Tiefganges zu erfolgen. Alle drei Rümpfe wurden daher an der Unterseite etwas abgeflacht (Abb. 15).

Die benetzte Oberfläche ist beim Trimaran größer als beim Verdrängungsboot, wodurch eine gewisse Widerstandserhöhung hingenommen werden muß. Eine daraus sich ergebende niedrigere Grenze der erreichbaren Fahrt-Geschwindigkeit bleibt jedoch ohne spürbaren Nachteil, denn bereits die Meßmethode und das Befahren nur flach überfluteter Watten setzt der Arbeitsgeschwindigkeit ähnliche Grenzen.

Länge und Breite des Bootes, variierbar durch Verschiebung der Seitenrümpfe längs und quer zur Mittelrumpfachse, mußten so gewählt werden, daß ausreichend Platz für die erforderlichen Einrichtungen war und die Roll- und Stampfeigenfrequenz günstig wurde und damit die entsprechenden Winkel bei Seegang klein genug, so daß die sonst erforderliche cos-Korrektur der geloteten Wassertiefen überflüssig wird. Weiterhin war bei der Formung des Körpers zu beachten, daß die Amplituden der Bewegungen des Bootschwerpunktes als Meßfehler in das Ergebnis der Wassertiefenlotung eingehen. Um diese klein zu halten, war der Bootskörper dem unter Meßbedingungen herrschenden charakteristischen Seegang anzupassen. Bei der Entwicklung eines im Wattenmeer einzusetzenden Bootes ist besonderes Augenmerk auf sein stationäres Verhalten unter Flachwassereinfluß zu richten. Unter dem Einfluß der Wassertiefe wird nämlich das den Bootskörper bei Fahrt begleitende Wellensystem verändert, und zwar bilden sich auf flachem Wasser in Länge und Höhe die gleichen Wellen wie bei höherer Geschwindigkeit in tiefem Wasser. Der Einfluß beginnt bei einer

$$\text{„FROUDESchen Tiefenzahl } Fh_0 = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h_0}} \geq \text{ca. } 0,5$$

Der zugehörige Wellenwiderstand wird größer und erreicht sein Maximum bei $Fh_0 = 1,0$ („kritische Geschwindigkeit“). Die Widerstandszunahme wird begleitet von einer starken Vergrößerung des hecklastigen Trimmings und einer Zunahme der dynamischen Eintauchung des Bootes“ (11).

Soweit theoretisch erfaßbar, wurde ein den gestellten Forderungen weitgehend gerecht werdender Bootskörper der in Abbildung 4 dargestellten Form entwickelt. Um jedes Risiko auszuschließen, das die Einsetzbarkeit des Bootes wegen des geringen Spielraumes unter den zu berücksichtigenden natürlichen Bedingungen schnell in Frage stellen könnte, wurde dieses Ergebnis in bezug auf das Widerstandsverhalten durch Modellversuche im Schiffbau-Strömungs-Laboratorium der Fachhochschule Kiel, Leiter: H. POSTEL, untermauert (11, 12).

2. Modellversuche

Das von mir geleitete Dezernat Gewässerkunde (Sachgebiet Hydrologie und Küstenmorphologie) in Büsum hat in den Jahren 1970/72 unter entscheidender gedanklicher und praktischer Mitwirkung meines Mitarbeiters ALFRED JUNGE den *Trimaran* für die Wattvermessung entwickelt. Das Boot wurde mit Ausnahme der Aufbauten als Versuchsmodell in Holz nachgebildet. Die Daten sind folgende:

	Boot (Entwurf)	Modell
	Haupttrumpf:	
L_{wl}	(Länge, bezogen auf Wasserlinie)	5,50 m
B_{wl}	(Breite, bezogen auf Wasserlinie)	1,52 m
T	(Tiefgang)	0,25 m
V	(Verdrängung)	1,213 m ³
Ω	(benetzte Oberfläche)	7,88 m ²
		1100 mm
		304 mm
		50 mm
		9,71 dm ³
		31,55 dm ²

Seitenrumpf:		
L_{wl}	5,50 m	1100 mm
B_{wl}	0,43 m	86 mm
T	0,25 m	50 mm
V	0,286 m ³	2,29 dm ³
Ω	3,26 m ²	13,05 dm ²
Abstand der Seitenrumpfe (Mitte bis Mitte):		
s_y	3,50 m	700 mm
Verschiebung der Seitenrumpfe gegenüber dem Haupttrumpf heckwärts:		
s_x	0,50 m	100 mm

Durchführung und Auswertung der Ende 1969 im Umlauftank des Kieler Schiffbau-Strömungs-Laboratoriums vorgenommenen Versuche am Modell erfolgten nach dem in (10) genannten Verfahren. Zur Beantwortung der Frage, ob der entwickelte Trimaran für die nautische Wattvermessung bei geringen Wassertiefen grundsätzlich geeignet ist, im einzelnen

1. ob die Widerstandseigenschaften brauchbar sind
2. welche Meßgeschwindigkeiten unter Flachwassereinfluß erreichbar sind
3. wie sich Trimm und dynamische Absenkung unter Flachwasserbedingungen verhalten
4. ob aus der Umströmung des Hauptkörpers eine Störung des Echogebers zu erwarten ist

wurden folgende Versuche gefahren:

1. Haupttrumpf allein: Widerstandsversuch mit Trimm- und Absenkungsmessung auf einer korrespondierenden Wassertiefe $h_0 = 3,35$ m
2. Haupttrumpf allein: Widerstandsversuch mit Trimm- und Absenkungsmessung auf einer korrespondierenden Wassertiefe $h_0 = 2,0$ m
3. Trimaran: Widerstandsversuch mit Trimm- und Absenkungsmessung auf einer korrespondierenden Wassertiefe $h_0 = 3,35$ m
4. Trimaran: Widerstandsversuch mit Trimm- und Absenkungsmessung auf einer korrespondierenden Wassertiefe $h_0 = 1,1$ m
5. Trimaran: Wellenentwicklung bei großer und kleiner Wassertiefe (optisch)

Als Ergebnis (11) wurden zunächst sowohl für den Haupttrumpf als auch für den Trimaran bei größerer und kleinerer Wassertiefe die in Abb. 5 dargestellten, über dem Quadrat der Geschwindigkeit V_{0TT} gemessenen Modellwiderstände gefunden.

Zur Beurteilung der Widerstandseigenschaften des Trimaran wurden seine Restwiderstandsbeiwerte mit denen des Haupttrumpfes allein verglichen, denn der direkte Vergleich der Modellwiderstände ist wegen der unterschiedlichen Verdrängungen nicht möglich. Danach ist „die Überlegenheit des Trimaran eindeutig und läßt den Schluß zu, daß die Interferenz der Wellensysteme¹⁾, insbesondere in der Nähe der (angenommenen) Meßgeschwindigkeit (etwa 6 Kn) günstig ist ($V_{we} = \text{ca. } 1,35$). Auch im ungünstigen Widerstandsbereich ($V_{we} = \text{ca. } 1,15$) ist der Trimaran dem Einrumpfboot nicht unterlegen“.

Unter Flachwassereinfluß werden die Widerstände merklich erhöht. Im Meßtiefen-Grenzbereich ist daher die Meßgeschwindigkeit entsprechend zu drosseln.

Die auf die Großausführung umgerechneten Modellwiderstände des Trimaran auf tiefem und flachem Wasser sind in Abb. 6 dargestellt. Betrachtet man als optimale Geschwindigkeit die bei Beginn des steilen Widerstandsanstiegs gemessene, so ergibt sich für die verschiedenen Wassertiefen folgendes Bild:

$$h_0 = 3,35 \text{ m} - V_{opt} = \text{ca. } 5,9 \text{ Kn}$$

$$h_0 = 1,10 \text{ m} - V_{opt} = \text{ca. } 4,7 \text{ Kn}$$

¹⁾ Interferenz der Wellensysteme: Gleichzeitiges Zusammentreffen in einem Raumpunkt. Bei direkter Überlagerung zweier Wellen = Verstärkung der Wirkung; bei verzerrter Überlagerung (Wellenberg auf Wellental) = Auslöschung.

Werden diese Werte als maximal mögliche Meßgeschwindigkeiten angesehen, so zeigt sich, daß der ursprünglich angenommene Wert (6 kn) bei großer Wassertiefe bestätigt wird, bei kleiner Wassertiefe jedoch mit etwas geringerer Geschwindigkeit gemessen werden muß.

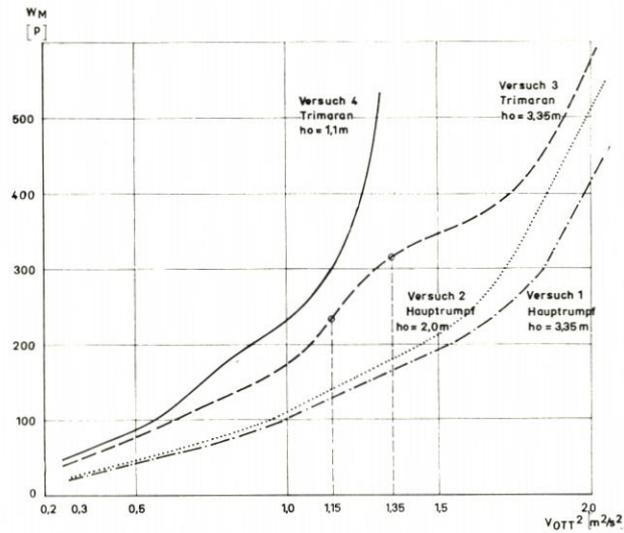


Abb. 5. Modellwiderstände W_M über dem Quadrat der Geschwindigkeit V_{0TT} (Aus: 11)

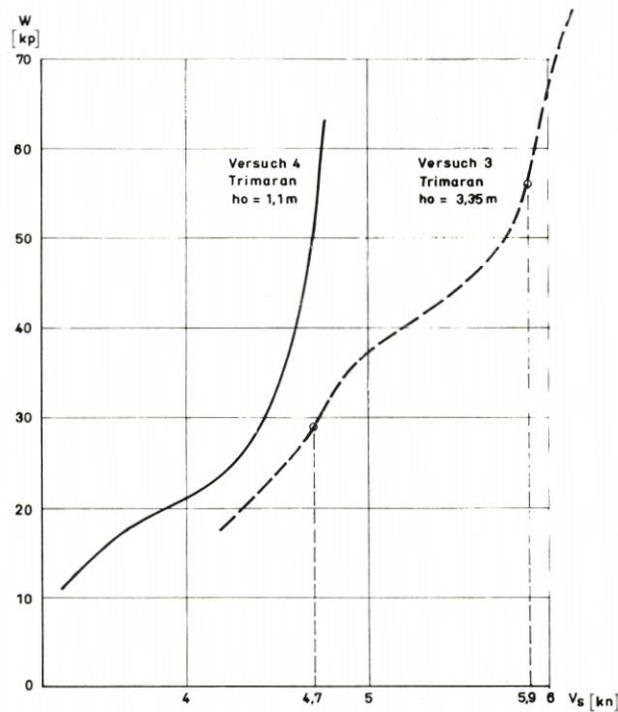


Abb. 6. Modellwiderstand W über der Bootsgeschwindigkeit V_s umgerechnet auf die Großausführung (Aus: 11)

Versuche über dynamische Absenkung und Trimm²⁾ des Modells, deren Ergebnisse, umgerechnet auf die Großausführung, in Abb. 7 dargestellt sind, zeigen, daß der Trimm zunächst geringfügig buglastig ist. In Nähe der gefundenen Optimalgeschwindigkeiten wechselt dieser in schnell ansteigenden hecklastigen Trimm über. Daher sind auch vom Trimm her die ermittelten Optimalgeschwindigkeiten als maximale Meßgeschwindigkeiten zu betrachten.

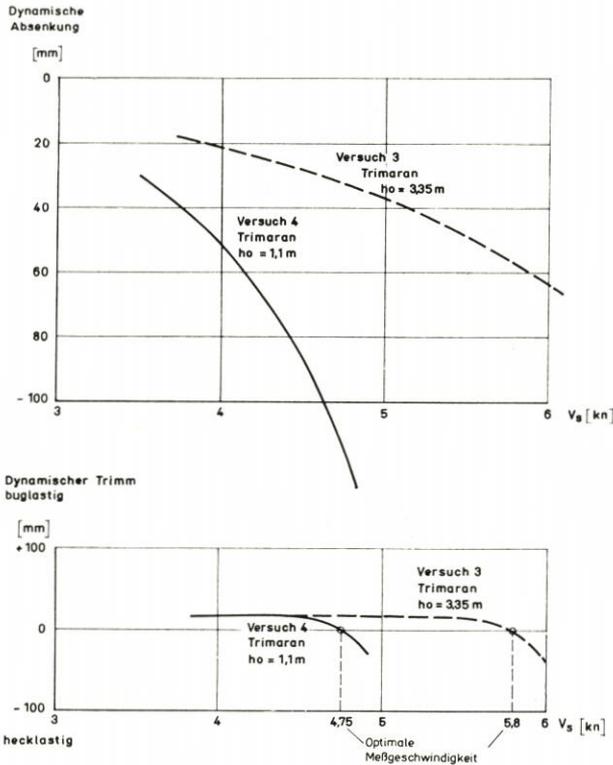


Abb. 7. Dynamische Absenkung und Trimm umgerechnet auf die Großausführung (Aus: 11)



Abb. 8
Wellenbildung beim Widerstandsversuch mit Trimm- und Absenkungsmessung auf einer korrespondierenden Wassertiefe $h_0 = 1,1$ m (Aufnahme: Postel 1969)

Optische Beobachtungen der Wellenentwicklung am Unterwasserschiff ergaben für den Bereich der maximalen Meßgeschwindigkeiten bei den verschiedenen Wassertiefen eine einwandfreie Strömung ohne Luftenbruch, so daß eine Störung des für die Tiefenlotung an der Unterseite des Haupttrumpfes zu montierenden Echogebers nicht zu erwarten ist (Abb. 8).

²⁾ *Trimm* = Neigung längsschiffs (im Gegensatz zu Krängung = Neigung querschiffs).

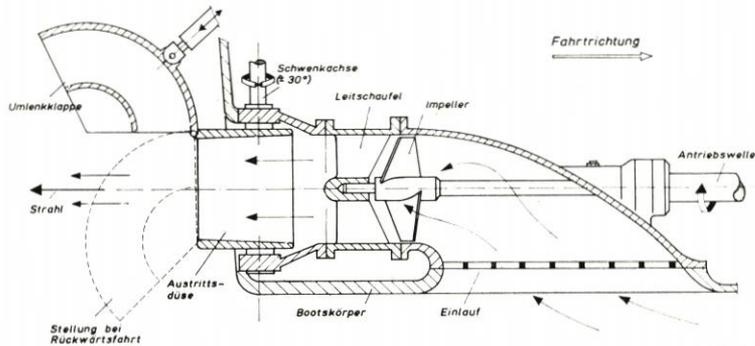
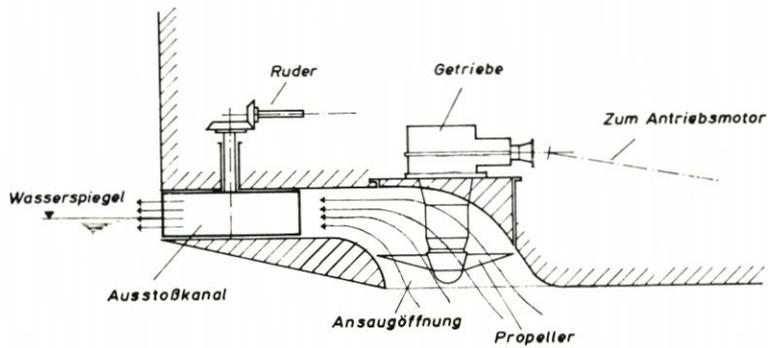


Abb. 9. Impeller-Strahlantrieb (JET) nach MUNTE in (8)

Schnitt



Grundriß - Ruderstellung bei Achterausfahrt

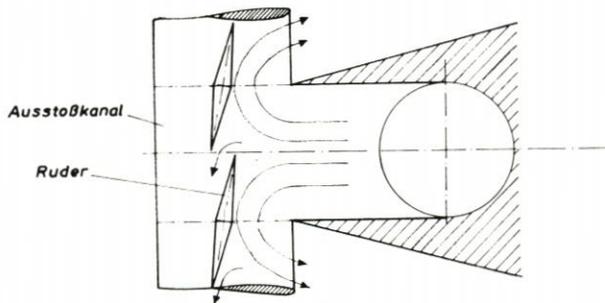


Abb. 10. Strahlprop-Antrieb „CLAUSEN-Propeller“ (Schema)

Der entwickelte Trimaran ist also hinsichtlich der untersuchten Eigenschaften als Watten-Meßboot gut geeignet. Das Sicherheitsmaß ist darüber hinaus durch die beiden völlig geschlossenen Seitenrümpfe besonders hoch (Unsinkbarkeit des Bootes).

B. Antriebsanlage

Die Antriebsanlage, bestehend aus Propulsionsorgan (Vortriebsorgan) und Antriebsmaschine, muß folgende Bedingungen erfüllen:

1. Minimaler Einfluß auf den Tiefgang des Bootes; deshalb
 - 1.1. minimales Gesamtgewicht
 - 1.2. minimaler Brennstoffverbrauch (geringe Tank-Vorratshaltung)
 - 1.3. kein Überschreiten des Eintauchmaßes des Bootskörpers durch das Propulsionsorgan
2. Gute Eignung für langsame Meßfahrt und Flachwasserverhältnisse bis zu leichtem Seegang
3. Leistungsreserve zugunsten der Seetüchtigkeit
4. Sicherstellung des elektrischen Energiebedarfs
5. Minimale Geräusentwicklung
6. Unempfindlichkeit (Feuchte), Robustheit, Wartungsextenstität
7. Geringer Platzbedarf
8. Minimaler Vibrationseffekt
9. Angemessene Investitionskosten

Die Antriebsmaschine ist dem zuvor zu findenden geeigneten Vortriebsorgan anzupassen.

1. Propulsionsorgan

1.1. Luftpropeller-Antrieb

Einen zunächst wichtigen Vorteil weist dieses Vortriebsorgan dadurch auf, daß es direkt die Eintauchtiefe des Bootes nicht beeinflusst. Der grundsätzliche Nachteil des Luftpropeller-Antriebes aber liegt darin, daß das Boot durch ein Medium bewegt werden muß (Wasser), das 810mal dichter ist als jenes Medium, das der Propeller zu diesem Zweck beschleunigen muß (Luft). Der schlechte Wirkungsgrad zwingt zu einer unverhältnismäßig hohen Motorleistung. Das Gesamtgewicht, die Geräusentwicklung, die Vibration und nicht zuletzt auch die Investitionskosten würden das tragbare Maß überschreiten. Darüber hinaus würde durch die erforderliche Anordnung des auch konstruktiv aufwendigen Luftpropellers auf dem Überwasserschiff einer freizügigen Gestaltung der Aufbauten zu enge Grenzen gesetzt.

1.2. Impeller-Strahlantrieb (Jet)

Der Jet spielt etwa ab 1954 eine zunehmende Rolle im Schiffbau, nachdem eine lange, zunächst unbefriedigende Entwicklung vorausgegangen war (14). Seine Funktionsweise beruht darauf, daß mit Hilfe eines im Boot horizontal angeordneten Pumpenrades (Impeller) durch eine Einlaßöffnung im Bootsboden Wasser angesaugt, beschleunigt und durch eine Austrittsöffnung am senkrechten Spiegel wieder ausgestoßen wird (Abb. 9). Dabei ist wichtig, was lange Zeit nicht erkannt und verschiedentlich noch heute falsch gesehen wird, daß der Wasserstrahl nicht unterhalb des Wasserspiegels austritt, um ein Abstoßen vom Wasserkörper zu erreichen, sondern nahezu ohne Reibungsverluste frei in das dünnere Medium Luft entlassen wird (13, 14). Nach dem Newtonschen Impulssatz wird nämlich der Vorschub des Bootes durch Beschleunigen der angesaugten Wassermasse im Pumpenring bewirkt.

HAMILTON-Jets, die sich trotz einer Vielzahl von Möglichkeiten bisher allein durchsetzen, eignen sich als Einzelanlage nur für Boote von 3,70 bis 6,10 m Länge über alles,

und als Doppelinstallation für solche von 5,50 bis 9,10 m Länge über alles, vorausgesetzt, daß es Gleiter sind, die mit aller Fracht nicht mehr als allerhöchstens 16 Kp/PSe wiegen; Optimalgewicht 10 Kp/PSe.

Wegen der bestehenden Vorteile, gerade auch im Hinblick auf den zu erreichenden extrem geringen Tiefgang des Meßbootes, schien dieses Vortriebsorgan besonders geeignet:

1. Kein Verlust an Tiefgang durch über den Bootsboden ragende Teile des Propulsionsorgans. Abstand zwischen Ansaugfläche (Bootsboden) und Impellerachse etwa 15 cm
2. Hoher Propulsionswirkungsgrad gegenüber dem Schraubenantrieb. Wirkungsgrad (Schubleistung / Motorenleistung) bei 45 km/h = 0,5, wird bis in höchste Geschwindigkeiten gehalten
3. Übertreffende Manövriereigenschaften. Braucht kein Untersetzungsgetriebe, kein Wendegetriebe, kein Ruder
4. Sehr robust und unkompliziert. Völlig unempfindlich gegen harte Gegenstände unter Wasser. Bedenkenloses Trockenfallenlassen ohne Schraubenschäden möglich
5. Relativ geringe Anschaffungskosten

Diesen, dem Vorhaben sehr entgegenkommenden Eigenschaften standen einige problematische gegenüber:

1. Gesamtanlage in der Regel schwerer und voluminöser als Schraube mit Welle und Ruder. Hinzu kommt die im Umfang der mitzuführenden Wassermenge wegfallende Verdrängung
2. Anlage muß mit hohen Drehzahlen von 3000–4000 U/min (Nennleistung) gefahren werden. Das erfordert eine entsprechende Antriebsmaschine. Höheres Gewicht erhöht den Tiefgang!
3. Bei Arbeitsgeschwindigkeit (Langsamfahrt) kein Trimm. Das führt bei den häufig auftretenden kurzen Windwellen infolge Hervortauchens der Ansaugfläche zu Ansauglücken und Vortriebsunregelmäßigkeiten. Außerdem liegt der am Heck anzuordnende Jet mit seiner Ansaugfläche dann nicht optimal zugleich an der tiefsten Stelle

Sämtliche Vorteile, die der Jet für schnelle Gleitboote besitzt, für die er auch entwickelt wurde, werden beim langsam fahrenden Boot zum Nachteil! Ansauglücken wären zwar durch Einbau einer Benetzungspumpe für das Laufrad auszuschalten, jedoch würde dies zu größerer Empfindlichkeit führen und auch das Gewicht weiter erhöhen.

1.3. Strahlprop-Antrieb

Für ein langsam fahrendes Boot wesentlich besser geeignet ist der sog. *Clausen-Propeller*: eine Kombination des Jet mit dem normalen Propeller an vertikaler Welle (Abb. 10). Diese vertikal oder auch geneigt angeordnete Achspumpe erzeugt den Wasserstrahl, wobei sich das Pumpenrad in der mit dem Bootsboden bündigen Einlaufdüse dreht. Unmittelbar darüber liegt der horizontale Ausstoßkanal.

Dieser *Clausen-Propeller* wird in 3 Typen hergestellt:

1. „*Naviprop*“ = Bugstrahlruder; zweiarmiger Ausstoßkanal.
2. „*Kreuzprop*“ = Für Schiffe mit mehr als einer Hauptfahrtrichtung; vierarmiger Ausstoßkanal.
3. „*Strahlprop*“ = Hauptantrieb für Schiffe mit einer Hauptfahrtrichtung speziell für untiefe Gewässer; einarmiger Ausstoßkanal. Hierbei lenkt das „*Clausen-Reversierruder*“ den Strahl so, daß jede gewünschte Schubrichtung, auch achteraus, ohne Wendegetriebe erzeugt wird.

Der „*Strahlprop*“ wurde, theoretisch, in Verbindung mit dem Watten-Meßboot geprüft. Im Prinzip erfüllt er die Anforderungen. Schwierigkeiten aber, die zu einem Ver-

nicht führen mußten, bereiteten das zu hohe Gesamtgewicht sowie auch die zu hohen Kosten. Das hängt auch damit zusammen, daß Anlagen für kleine Boote, besonders bei geringen Gewichten wie im vorliegenden Fall, nicht serienmäßig produziert werden und eine Sonderanfertigung notwendig geworden wäre.

1.4. Düsenkolben-Strahlantrieb

Die vorgenannten Propulsionsorgane sind mit Nachteilen vor allem in bezug auf Volumen und Gewicht behaftet. Dies führte etwa ab 1950 bei Blohm + Voss, Hamburg, zur Entwicklung eines Wasserstrahlantriebes, der das große Fördervolumen der Kreiselpumpe mit der großen Förderhöhe der Kolbenpumpe in sich vereint. Das Ergebnis ist der Düsenkolben-Strahlantrieb (8).

Dieser Antrieb scheint aber nur für größere Schiffe geeignet. Außerdem waren zu der Zeit, als entschieden werden mußte, nur erst einige Prototypen gefertigt und auch die Preise nicht überschaubar.

1.5. Schraubenpropeller-Antrieb

Dieses wichtigste, bewährte und wohl kaum zu verdrängende bekannte Antriebsorgan schien zunächst für die hier zu erfüllende Aufgabe schlecht geeignet. Der Schraubendurchmesser kann nämlich praktisch kaum so klein gehalten werden, daß er nicht über den im vorliegenden Fall flachen und nur wenig eintauchenden Bootsboden hinausragt. Also vergrößert jeder Zentimeter, um den die Schraube hervorragt, direkt den Tiefgang.

Andererseits sind Propellerdurchmesser und Antriebsleistung aufeinander abzustimmen. Je kleiner der Durchmesser, desto höher die erforderliche Drehzahl und Leistung des Motors. Das führt zu höherem Gewicht und entsprechend größerem Tiefgang. Für das Watten-Meßboot kam deshalb, wie in Kapitel B.2. zu zeigen sein wird, nur ein in den Abmessungen und im Gewicht möglichst kleiner Motor in Frage, mit einer für den gedachten Zweck gerade ausreichenden Leistung und einer Schraube, nicht kleiner als 36 cm Durchmesser.

Nun stand diesen konträren Bedingungen die Tatsache gegenüber, daß der im Bereich der größten Eintauchtiefe im Bootsboden zu installierende Geber (Schwinger) für das Echolot zum einwandfreien Rückempfang der ausgesendeten Wellen zwischen Unterkante und Wattoberfläche ein Wasserpolster von mindestens 10 cm benötigt. Von einer seitlichen – zwischen den Rümpfen – und damit höher möglichen Anordnung der Schwinger wurde Abstand genommen, weil praktische Erfahrungen im Wattenmeer gezeigt haben, daß bei Wassertiefen unter dem Bootsboden von weniger als 10 cm wegen des dann zu geringen Auftriebs nautische Vermessungen (Lotungen) nicht mehr möglich sind. Durch weitgehende Tunnelung in dem zum Heck etwas höher gezogenen Bootsboden wurde die Schraube daraufhin unter Berücksichtigung eines ausreichend bleibenden Propulsionsgütegrades so weit wie möglich nach oben verlegt (Abb. 15). Dadurch wurde erreicht, daß sie einschließlich einer zu ihrem besonderen Schutz bei leicht möglicher Grundberührung angeordneten, flachen Stevenhacke nur 9 cm über den tiefsten Punkt des Bootsbodens ragt, also innerhalb des ohnehin erforderlichen Schwingerpolsters bleibt, und somit den anzusetzenden Soll-Tiefgang nicht erhöht.

Eine kleinere Außenbordanlage würde den zu stellenden Anforderungen nicht gerecht werden können. Die Gesamtlast von Motor und Propeller wäre auf das Heck konzentriert

und würde den dynamischen Trimm sehr stark beeinflussen. Der Tiefgang z. B. beim „Johnson“-Außenbordtrieb von $9\frac{1}{2}$ PS würde mindestens bereits 35 cm betragen. Eine Kippstellung ist möglich, jedoch darf diese „Flachwasser-Antriebsposition“ nur kurzzeitig benutzt werden. Vor allem aber ist es nicht möglich, damit die erforderliche Stromversorgung sicherzustellen. Dem Vorteil des geringen Gesamtgewichts und der leichten Montierbarkeit steht der bei Verdrängern relativ geringe Wirkungsgrad, der relativ hohe Brennstoffverbrauch und die erfahrungsgemäß höhere Empfindlichkeit gegen Feuchte gegenüber.

2. Antriebsmaschine

Grundsätzlich war zunächst zu entscheiden zwischen Diesel- und Benzinmotor. Für letzteren spricht die geringere Lärmentwicklung und das etwas geringere Gewicht. Dieses hebt sich aber auf, weil wegen des erheblich höheren Brennstoffverbrauchs eine entsprechend umfangreichere Vorratshaltung auf dem Schiff notwendig wird.

Der Dieselmotor dagegen ist sehr robust, unkompliziert, unempfindlich und sparsam im Brennstoff-Verbrauch. Da das Meßboot während der Sommermonate häufig mehrere Tage auf See bleibt, wenn auch dann nachts bei einem Mutterschiff ankernd, wurde die notwendige Zuverlässigkeit besonders hoch eingeschätzt und somit der Schiffsdiesel gewählt.

Die Maschine war zugunsten eines geringen Gesamtgewichts so klein wie möglich zu halten, mußte aber leistungsmäßig stark genug sein, um eine Arbeitsgeschwindigkeit von angenommen etwa 5–6 Knoten sowie die für die im nachfolgenden Kapitel genannten Meßgeräte erforderliche E-Versorgung sicherzustellen. Gleichzeitig sollte zur Sicherheit (ausreichende Seetüchtigkeit des Bootes) eine Mindestleistungsreserve vorhanden sein. Diesen Anforderungen genügt der verwendete 2-Zylinder SABB-Diesel-Viertaktmotor, Typ 2 HG mit 12–16 PS Schraubenleistung; bei 1500 U/min = 12 PS, bei 2000 U/min = 16 PS. Er hat eine Untersetzung von 2:1, Bohrung/Hub von 90/90 mm, einen Zylinder-Inhalt von 1140 cm³ und ein Verdichtungsverhältnis von 1:20. Weiterhin ist er ausgestattet mit einem Wendegetriebe, festem, 3flügeligem Propeller von 380 mm ϕ , überlangem Stevenrohr von 900 mm, mit einer 24-V-Drehstromlichtmaschine, einer Außenhaut-Süßwasser-Umlaufkühlung und einer von Hand zu betreibenden hydraulischen Steueranlage mit einem am Spiegel aufgehängten Ruder. Er wiegt mit Schalldämpfer insgesamt 190 kg.

Der SABB-Diesel ist ein echter Schiffsmotor, also Langsamläufer (Tourenzahl des Propellers 750–1000 u.p.m.), mit guter Laufruhe und sparsamem Brennstoffverbrauch, der im Normalfall 200 gr/PS/h beträgt, bei einem Schmierölbedarf von 3 gr/PS/h. Der Brennstofftank erhielt ein Fassungsvermögen von 45 l. Damit wird für das Meßboot ein zeitlicher Aktionsradius erreicht, der im Mittel 15 Stunden beträgt. Da jeweils etwa 3 Stunden um Hochwasserzeit gelotet wird, reicht der Brennstoffvorrat für 5 Tiden, einschließlich der Fahrten zum und vom Einsatzort (wenn das Mutterschiff nicht dabei ist) für 4 Tiden.

C. Meßausrüstung

1. Lotung

Nachdem entschieden worden war, daß der Schwinger (Echogeber) in üblicher Weise am Bootsboden installiert werden kann, weil das dafür erforderliche Wasserpolster von mindestens 10 cm während des Lotens verfügbar ist (siehe Kapitel 1.5.), und weil durch

seitliche Anordnung zwischen den Rümpfen und durch die im dort teils verwirbelten Wasser gebildeten Luftbläschen die Echoanzeige mangelhaft würde, war ein möglichst leichtes, zuverlässiges, raumsparendes, im extremen Flachwasser präzise aufzeichnendes und wenig elektrische Energie beanspruchendes Echolot zu finden.

Gewählt wurde aus mehreren anderen geeigneten Geräten der „ULTRAGRAPH V 40 TS 50“ von Dr. FAHRENTHOLZ, Kiel (Abb. 11). Dieses Gerät ist ausgelegt für eine Spannung von 24 V = (DC) 3–5 A, Leistungsaufnahme 4 Watt, mit einer Sendeleistung von 600 Watt und einer Frequenzkontrolle zur Eichung. Der Vorschub des 200 mm Registrierstreifens beträgt 30 + 60 mm pro Minute. Die Meßbereiche bewegen sich von 0 bis



Abb. 11
Meßanlage der ALWALOT:
Links: = Decca-Hi-Fix-Empfänger Typ 9217 für die Lageortung; rechts: Dr. Fahrentholz „ULTRAGRAPH V 40 TS 50“ zur Tiefenlotung (Aufnahme: Wieland 1972)

9 m und, nach Umschaltung, von 8 bis 17 m. Für die Aufzeichnungen wurde ein Tiefenmaßstab von 1 : 50 gewählt. Der ULTRAGRAPH ist 605 × 430 × 220 mm groß und wiegt rund 35 kg. Er wurde etwa in der Mitte auf dem Arbeitspult flach geneigt montiert. Dadurch ist eine optimale Bedienung gewährleistet.

2. Ortung

Da die Stromquelle begrenzt ist, war trotz des für den Hi-Fix-Empfänger geforderten eigenen Stromkreises zu versuchen, mit nur *einem* Stromkreis für Echolot und Hi-Fix-Empfänger auszukommen. Mit Einverständnis der AEG gelang dies durch Einbau einer geeigneten Drehstromlichtmaschine von 24 V, 650 W, 27 A und zweipoliger Isolierung.

Kurz vor der Entscheidung über den zu wählenden Empfängertyp brachte die DECCA NAVIGATOR COMPANY Ltd. London eine Neuentwicklung heraus, den HI-FIX AIRCRAFT RECEIVER Typ 9410. Die Vorteile dieser Hubschrauberversion waren wie folgt genannt:

1. Gesamtgewicht rund 50 % niedriger
2. Getrennte Anzeige (Empfängerteil kann zugunsten größerer Arbeitsfläche unter dem Gerätetisch installiert werden)
3. Energiebedarf um rund 50 % niedriger
4. Keine Röhren mehr als Schaltelemente (höherer Unanfälligkeitsgrad)
5. Beliebige Umstellbarkeit auf andere Frequenzen durch Steckkarten

Demgegenüber stehen einige Nachteile:

1. Tochteranzeigergerät fehlt; es muß durch einen zweiten Satz Anzeigeteile ersetzt werden
2. Höhere Kosten (etwa 2500,- DM)
3. Anzeigeabweichungen vom Sollwert (Hi-Fix-Festpunkte) sind nicht korrigierbar!

Die Vorteile ließen diesen Empfängertyp besonders geeignet erscheinen. Daher wurde er zunächst auch eingebaut. Die Erfahrungen damit waren jedoch in einem unerwarteten Bereich unbefriedigend: Auch nach mehrmonatigem Betrieb war der Empfang insgesamt nur wenige Stunden ungestört. Die Ursache konnte trotz Einsatz eines Austauschgeräts gleichen Typs nicht gefunden werden. Außerdem brachte das Fehlen der Angleichsmöglichkeit bei Abweichungen zwischen Ist- und Sollanzeige vor allem arbeitstechnisch größere Nachteile als bekannt war.

Deshalb wurde das neue Boot schließlich wie die „Tertius“ mit einem Empfänger vom Typ 9217 ausgestattet (Abb. 11), mit einer Stromaufnahme von insgesamt 7,5 A für Empfänger, Lüfter und Tochteranzeige und einem Gesamtgewicht von rund 22 kg. Damit ist zugleich die Ersatzteilfrage optimal gelöst. Die Anordnung der Geräteteile im Meßraum erfolgte in der Weise, daß jederzeit die Pattern I und II sowohl von dem am Echolot arbeitenden Meßtechniker als auch vom Steuermann mühelos gelesen werden können, bei gleichzeitiger Überwachung der Empfangsanlage. Nach den ersten Probe-Meßfahrten zeigte sich, daß auf die Tochteranzeige verzichtet werden kann.

3. Arbeitsraum

In der Zuordnung dieses Unterkapitels zur Meßausrüstung wird die Hauptfunktion deutlich: Aufnahme der Meßgeräte, des Personals, der Steueranlage sowie der Arbeitskarten und Hilfsmittel.

Es war also ausreichende Fläche (Geräte) und Höhe (Stehhöhe), ein Arbeitstisch, Witterungsschutz, Belüftungsmöglichkeit, gute Belichtung (Arbeitsplatz) und Sicht (Steuermann) zu schaffen. Der Gesamttraum durfte nicht zu hoch über die Wasserfläche hinaufragen, um Windkräften möglichst wenig Angriffsfläche zu bieten.

Der in Form eines Trimarans gewählte Bootstyp bietet nahezu ideale Möglichkeiten für die Unterbringung der Anlagen und Geräte und zur Ausbildung des erforderlichen Raumes. Der gegenüber den Seitenrumpfen größere Mittelrumpf kann dafür voll ausgenutzt werden. Auf einer Länge von etwa 3,2 m wurde der mittlere Abschnitt überdacht. Dieser Aufbau reicht bis 1,0 m über das Bootsdeck hinauf, die innere Gesamthöhe erreicht damit etwa 1,8 m, und krägt seitlich bis reichlich zu den Seitenrumpfen hin aus, auf denen er sich abstützt (Abb. 13, 14, 15). Die so im Innern entstehenden horizontalen Seitenflächen von je $1,8 \times 0,8$ m wurden als Kartentische ausgebildet. Der vordere Tisch ist $2,4 \times 0,8$ m groß und etwas geneigt, um das Arbeiten an dem in ihn eingelassenen Echographen zu erleichtern. Seitlich links davon steht das Decca-Hi-Fix-Empfangsgerät, dessen Anzeige vom Meßtechniker gut eingesehen werden kann (Abb. 12, 15). Rechts neben dem Sitzplatz des Meßtechnikers sind auf dem Bootsboden die Batterien flach angeordnet, so daß eine zusätzliche Sitzbank entstand für einen Hilfstechner, der bei umfangreichen Meßprogrammen zur Ablösung gebraucht wird.

In der hinteren Mitte des Raumes, zugleich Bootsmittle, ist der Motor installiert, dessen Auspuff senkrecht nach oben durch das Dach geführt ist, und neben ihm an Steuerbord die Steueranlage (Abb. 12, 15) mit einem seitlichen Klappsitz für den Schiffsführer. Der Deckaufbau ist zur optimalen Durchleuchtung des Innenraumes rundherum durch insgesamt 16 Plexiglasfenster aufgelöst. Gleichzeitig erhält dadurch der Schiffsführer ein uneingeschränktes Sichtfeld. Im Dach ist vorn eine Lüftungsklappe eingebaut und daneben auf ihm, senkrecht über dem Schwinger des Echolots, die Hi-Fix-Empfangsantenne.

Im freien Bugteil des Mittelrumpfes wurde der Tank untergebracht. Durch zwei Türen sind der Steuerstand und der Arbeitsraum von achtern direkt zugänglich.



Abb. 12
Innen-Gesamtansicht der
ALWALOT: im Hintergrund
die Meßanlage und Karten-
tische, im Vordergrund rechts
die Steueranlage und links der
isoliertverkleidete Motor mit
vertikalem Auspuffrohr
(Aufnahme: Priemer 1972)

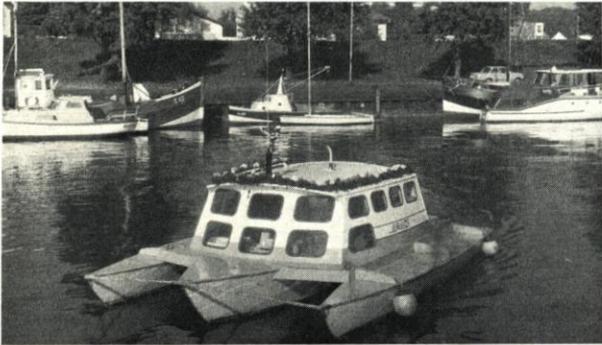


Abb. 13
Gesamtansicht des
Watten-Meßbootes ALWALOT
(Aufnahme: Wieland 1972)



Abb. 14
Rückansicht des Watten-Meß-
bootes ALWALOT (Aufnahme:
Wieland 1972)

IV. Zusammenfassung

Um einer „Momentaufnahme“ näherzukommen, als dies durch die klassische Methode (Nivellement) möglich ist, um außerdem die Wattvermessung zu rationalisieren und im Verfahren zu vereinheitlichen, sollten auch die Watten nautisch vermessen werden.

Daraus ergab sich die Aufgabe, ein dafür geeignetes, extrem flachgehendes Meßboot zu konstruieren.

Ein Studium des Bootsmarktes zeigte, daß es ein den speziellen Anforderungen im Flachwassereinsatz (Wattenmeer) genügendes Meßboot bisher nicht gibt. Unterstützt durch Strömungsversuche im Schiffbaulaboratorium der Fachhochschule in Kiel wurde daher in eigener Arbeit vom gewässerkundlichen Dezernat in Büsum die „ALWALOT“ entwickelt und bei der Bootswerft Hans M. HATECKE in Freiburg/Unterelbe gebaut.

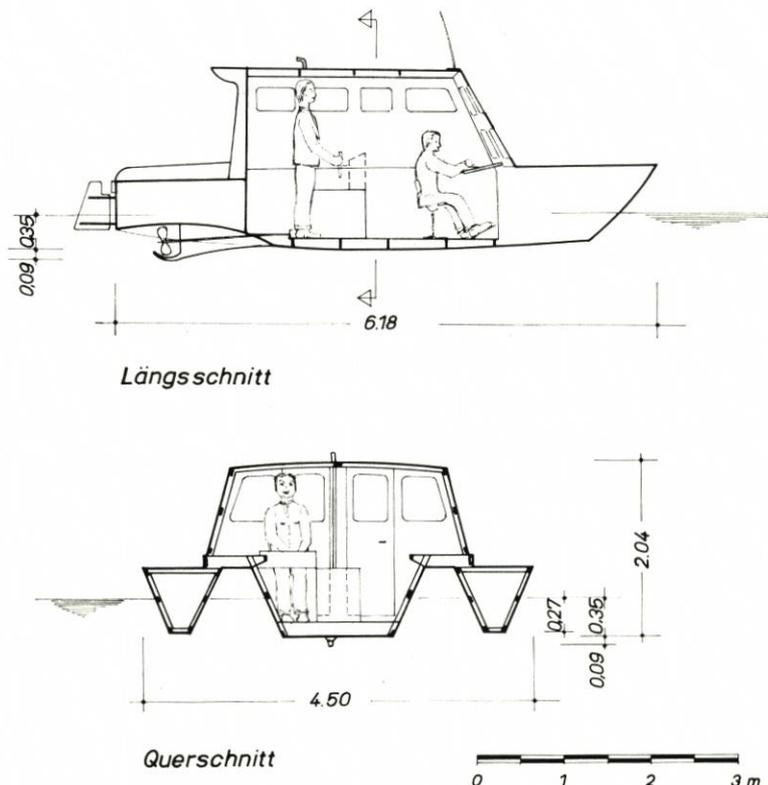


Abb. 15. Das Watten-Meßboot „ALWALOT“ in seiner Raumaufteilung mit Anordnung des Propulsionsorgans und Abmessungen

Das Watten-Meßboot „ALWALOT“ ist ein schraubengetriebener *Trimaran* aus 10 mm dickem Schiffsbausperrholz mit einer Länge über alles von 6,18 m, einer Breite über alles von 4,50 m und einer Höhe über alles von 2,04 m (Abb. 15). Es ist ausgestattet mit einem 2-Zylinder-SABB-Diesel-Viertaktmotor mit 12–16 PS echter Schraubenleistung. Das Boot wiegt etwa 1,7 t und erreicht Geschwindigkeiten von etwa 6 kn bei Meßfahrt, bis zu 8 Knoten bei freier Fahrt. Nach ersten Erfahrungen im dithmarscher Wattenmeer-gebiet während der Meßperioden 1972 und 1973 erfüllt das Boot alle wesentlichen in dieses gesetzten Erwartungen und ist im Falle plötzlichen Witterungsumschwungs in der Lage, bei westlichen Winden bis an die Stärke 7 Bft heran mit eigener Kraft sich fortzubewegen. Alle drei Rumpfe erhielten an der Außenhaut einen zusätzlichen Schutz gegen mechanische Einwirkungen durch doppelte, im Eintauchbereich vierfache Kunststoffbeschichtung.

Für die Tiefenmessung ist das Boot ausgerüstet mit einer Hi-Fix-Ortungsanlage vom Typ 9217 der Fa. DECCA, London, und mit einem Echolot des Typs „Ultragraph V 40 TS 50“ von Dr. FAHRENTHOLZ, Kiel (Abb. 11).

Der Arbeitstiefgang, d. h., einschließlich Besatzung, beträgt insgesamt 44 cm. Im einzelnen setzt sich dieser wie folgt zusammen:

Eintauchtiefe des Hauptpumpfes	30 cm
Maß des über den Bootsboden hinausragenden Schraubenteils mit Schuh	9 cm
Belastungseffekt durch 2 Mann Besatzung (je 1 cm)	2 cm
Geschwindigkeiten während des Messens (Trimm)	3 cm
	44 cm

Der schmale Stahlschuh zum Schutz der Schraube hat sich gut bewährt. Das zunächst befürchtete Aufsetzen und Festhaken im sandigen Wattboden ist nicht eingetreten. Im Bereich von Lahnungen oder ähnlichen Hindernissen wird nicht gelotet. Das Hi-Fix-Empfangsgerät arbeitet auch bei dem einen nur vorhandenen Stromkreis einwandfrei. Das gleiche trifft für den Echographen zu, dessen großer Registriermaßstab mit 1 : 50 Einzelheiten in der Oberfläche des wenig modellierten Watts gut wiedergibt und die Auswertung der Aufzeichnungen vereinfacht.

Die Kosten des neuen Watten-Meßbootes beliefen sich (1971) auf insgesamt rund DM 92 000,- einschließlich Echograph (DM 12 000,-) und Decca-Hi-Fix-Empfangsanlage (DM 42 000,-).

Die Genauigkeit der klassischen Wattvermessung (Nivellement) kann naturgemäß durch das neue Verfahren nicht übertroffen werden, aber die Vermessungsleistung je Tide wurde durch den Einsatz der ALWALOT um 100 % gesteigert, und außerdem kann das für viele morphogenetische Probleme im Gezeitenbereich sich immer wieder in den Vordergrund drängende Bedürfnis nach einer „Momentaufnahme“ ausreichend befriedigt werden.

Mit Hilfe der ALWALOT wird es möglich, die wachsenden Aufgaben insbesondere im Rahmen der zur Beweissicherung notwendigen Untersuchungsprogramme im Gebiet der *Außeneider* (Eiderabdämmung) und der *Meldorfer Bucht* (Speicherkoog Dithmarschen) bei gleichbleibend knappen Personalbestand meßtechnisch zu bewältigen.

V. Schriftenverzeichnis

1. DOLEZAL, R.: Grundkarten der Wattaufnahme an der Westküste Schleswig-Holsteins. In: Allg. Vermessungsnachrichten, H. 11, 1952.
2. GÖHREN, H.: Über die Genauigkeit der küstennahen Seevermessung nach dem Echolotverfahren. In: Hamburger Küstenforschung. H. 2, 1968.
3. HABERSTROH, E. G.: Forschungsarbeiten im Dithmarscher Wattenmeer. In: WESTKÜSTE I, 2, 1938.
4. HEERS, K.-F.: Watt-, Meß- und Arbeitsschiff „Nige Wark“. In: Schiff und Hafen, Heft 9, 1964.
5. KNOP, Friedr.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands – Methode und Ergebnisse ihrer Überwachung. In: DIE KÜSTE XI, 1963.
6. KRAUSE, W. A., GÖHREN, H., LASSEN, H.: Eine Funkortungskette für gewässerkundliche Arbeiten in der Außenelbe. In: Wasser und Boden, Heft 4, 1967.
7. LORENZEN, Johann M.: Planung und Forschung im Gebiet der schleswig-holsteinischen Westküste. In: WESTKÜSTE I, 1938.
8. MUNTE, H.-H.: Der Düsenkolbenantrieb. Technische Berichte, Nr. 9, Blohm + Voss, Hamburg 1969.
9. PETERSEN, M.: Die topografische Wattkarte und ihre Bedeutung für den Küstenschutz. In: Die Wasserwirtschaft, 1969.

10. POSTEL, H.: Erfahrungen bei Widerstandsversuchen von Oberflächenschiffen im Umlauf-tank. In: Hansa – Schifffahrt – Schiffbau – Hafen, 106. Jahrg., Nr. 17, 1960.
11. POSTEL, H.: Untersuchungen über ein extrem flachgehendes Wattmeßboot. Unveröffentlicher Bericht Nr. 12 664; Fachhochschule Kiel, Fachbereich Technik. Prüf- und Untersuchungsstelle, 30. 12. 69.
12. POSTEL, H.: Das Schiffbau-Strömungslaboratorium der Staatlichen Fachhochschule Kiel. In: Bootswirtschaft, H. 7, 1972.
13. SCHUSTER, S.: Fortschritte bei der Entwicklung der Schiffs-Strahlantriebe. In: Hansa – Schifffahrt – Schiffbau – Hafen. 105. Jahrg., Sondernummer SRG, 1968.
14. STREPP, H. G.: Mit vollem Strahl, Strahlantrieb für Motorboote. In: Die Yacht, H. 4, 1969.
15. WIELAND, P.: Aufgaben der Küstenforschung. In: Dithmarschen-Zeitschrift für Landeskunde und Heimatpflege, Beilage, H. 1, 1970.