

Neues Verfahren zur Beschickung von Lotungen im Tidegebiet

Von Bernhard Gerken† und Laszlo Köves

Summary

The accuracy of the conventional methods used to reduce soundings in the Outer Elbe region does not meet present and future requirements. Therefore a new method has been developed. Basically, the difference of high and low water travel times between two gauges, as well as the gradient of the line connecting high/low water heights at those gauges, are used to calculate the necessary correction. As main advantage, the character of the derived local tide curve as required for the reduction could be retained, inspite of meteorologic and morphologic influences. The mean error could thus be reduced. For practical use, reduction tables have been computed. Further improvement might be achieved by greater density and more suitable location of reference gauges.

1. Einleitung

In der Arbeit der an der deutschen Nordseeküste tätigen Ingenieure und Wissenschaftler nimmt die topographische Vermessung durch Lotungen der Gewässersohle einen immer breiter werdenden Raum ein.

Zur Lösung der verschiedenartigsten Aufgabenstellungen in den Mündungsgebieten der Tideströme und dem Küstenvorfeld werden Karten mit möglichst genauen Tiefenangaben benötigt. Hier nun liegt das Problem, da zwischen der auf den Watten vielfach durchgeführten nivellitischen Vermessung oder der Vermessung mit Hilfe des Wasserlinienverfahrens erreichbaren Genauigkeit von etwa $\frac{1}{4}$ dm bis zu 1 dm (Lit. [1], [3], [4], [6]) und der mit Schiffen durchgeführten Tiefenmessungen durch Lotungen im angrenzenden Seegebiet eine qualitativ große Lücke klafft.

Nach allem, was bisher an Untersuchungen über die Genauigkeit der küstennahen Seevermessung bekannt ist, muß mit bis zu dem Zehnfachen an Fehlern gerechnet werden. Wissenschaftliche Untersuchungen über die Naturvorgänge im Küstenvorfeld, genannt sei hier als Beispiel das Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Sandbewegung im deutschen Küstenraum“, müssen – soweit sie sich an Tiefenkarten orientieren – an Aussagekraft verlieren, solange nicht annähernd gleiche Begrenzungen der Fehler wie in der Wattvermessung erreicht werden können.

Hinzu kommt, daß die mit der Seevermessung betrauten Dienststellen des Bundes und der Länder nach eigenem, oft historisch gewachsenem Verfahren arbeiten, wobei zwangsläufig durch die häufige Überlappung der Vermessungsbereiche zusätzliche Schwierigkeiten entstehen.

Vergleichende Untersuchungen, z. B. Errechnung von Sandbilanzen aus Tiefenänderungsplänen u. ä., müssen zwangsläufig Kritik nach sich ziehen, solange nicht nach einheitlichen Verfahren gearbeitet wird.

Das Problem der Seevermessung liegt darin, die zum Zeitpunkt der Lotung vorhandene Wasserstandshöhe genau bestimmen zu können. Durch die Gezeiten mit ständig sich ändernden Wasserständen erhält die Reduzierung des jeweils angetroffenen Wasserstandes

auf ein einheitliches Bezugsniveau, allgemein als „Beschickung“ bezeichnet, ihr besonderes Gewicht.

2. Allgemeines

2.1. Beschickungsverfahren im Mündungsgebiet der Außenelbe

Zur Errechnung der Wasserstände für die Herstellung von Tiefenkarten werden verschiedene Verfahren verwendet, die mehrfach in der Literatur behandelt worden sind.

In einer zusammenfassenden Untersuchung für die speziell in der Außenelbe verwendeten Verfahren hat GÖHREN (2) 1968 berichtet. Er hat vier Beschickungsverfahren untersucht und gegenübergestellt.

Es sind dies im einzelnen:

- a) Beschickung nach der Fortschrittsgeschwindigkeit der Tidewelle
- b) Beschickung nach der Fortschrittsgeschwindigkeit wie unter a) und Höhenreduzierung nach dem Thw-Gefälle
- c) Beschickung nach mittleren Tidekurven
- d) Beschickung nach der Fortschrittsgeschwindigkeit der Tidewelle wie unter a) und Höhenreduzierung nach den Tidehubveränderungen

Im Außenelberegion wird das Verfahren b) von der Forschungsgruppe Neuwerk, c) vom Wasser- und Schiffsamt Cuxhaven und d) vom Deutschen Hydrographischen Institut praktiziert.

Als Ergebnis hat GÖHREN gefunden, daß das Verfahren b) die besten Werte um die Hochwasserzeit und das Verfahren c) die beste Übereinstimmung zwischen beschickten und gemessenen Wasserständen während der übrigen Tidezeiten erbringt. Das Verfahren d) wird überwiegend im Seegebiet mit gutem Erfolg für die Herstellung von Wasserstandsrechnungskarten angewendet, dagegen ist es in den Mündungsgebieten den Verfahren b) und c) unterlegen.

Durch die besondere Aufgabenstellung des Wasser- und Schiffsamtes Cuxhaven können die durchzuführenden Peilungen des Schiffsamtes nicht auf die Hochwasserzeit beschränkt werden, sondern müssen während des gesamten Arbeitstages bei den verschiedensten Tidephasen durchgeführt werden.

Darüber hinaus benötigt das Wasser- und Schiffsamt Cuxhaven, im Gegensatz zur Forschungsgruppe Neuwerk, die für die Beschickung mehrere Hilfspegel heranzieht, nur den Pegel 1. Ordnung Cuxhaven Steubenhöft.

Das Verfahren c) wird seit ca. 50 Jahren mit zwischenzeitlichen Verbesserungen im Elbmündungsgebiet mit recht gutem Erfolg angewendet. Durch das im Laufe der Zeit verdichtete Hilfspegelnetz im Ästuar der Elbe war nun Gelegenheit gegeben, sich kritischer mit dem Verfahren auseinanderzusetzen.

Umfangreiche Voruntersuchungen vieler Einzelheiten haben ergeben, daß Beschickungsfehler nach dem bisher beim Wasser- und Schiffsamt Cuxhaven durchgeführten Verfahren c) in Größenordnungen zwischen 3–4 dm, in Ausnahmefällen zwischen 5 und 6 dm und im Mittel zwischen 1 bis 2 dm auftraten. Gefunden wurden diese Fehler, indem man tatsächlich gelaufene Tiden von dem Bezugspegel auf die in der Außenelbe aufgestellten Hilfspegel „beschickt“ und mit den dort gemessenen Wasserständen vergleicht.

2.2. Beschreibung des bisher verwendeten Verfahrens c)

Das derzeit noch vom Wasser- und Schiffsamt Cuxhaven verwendete Beschickungsverfahren bezieht die geloteten Wassertiefen auf die mittleren Tideverhältnisse im Meßgebiet. Der Außenelbereich ist in einzelne Zonen eingeteilt, für die je nach Tidephase an Hand von Tabellen Korrekturwerte des Wasserstandes gegen den Bezugspegel Cuxhaven-Steubenhöft entnommen werden. So ergibt sich der Wasserstand am Peilort aus dem gleichzeitig beobachteten Wasserstand am Bezugspegel, verbessert um den vorgenannten Korrekturwert.

Für Peilungen im Außenelbereich sind Tabellen aufgestellt worden, die für bestimmte Zonen des Peilbereiches die erforderlichen Beschickungswerte enthalten. Als Unterlage für die Tabellen sind Aufzeichnungen von Behelfspegeln oder anderen Pegeln 3. Ordnung verwendet und daraus mittlere Tidekurven konstruiert worden.

In Heft 4, Abschn. 4 des Untersuchungsberichtes über „Die Beschickung von Lotungen im Küstengebiet der Deutschen Bucht und im Wattenmeer“ wird das Verfahren eingehender beschrieben.

Treten während der Ausführung von Peilungen etwa mittlere Verhältnisse ein, finden sich gute Übereinstimmungen zwischen beschickten und gemessenen Wasserständen. Mit Zunahme der Abweichungen von den mittleren Verhältnissen nimmt die Größe der Beschickungsfehler zu.

Die unter Ziff. 2.1. genannten Beschickungsergebnisse entsprechen nicht mehr den einleitend beschriebenen Anforderungen an die Genauigkeit von Tiefenkarten. Dies gab Anlaß, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem die maximalen Fehler 2 dm und im Mittel 0,5 bis 1 dm nicht überschreiten durften. Im folgenden wird das Untersuchungsergebnis des neuen Verfahrens erläutert, das grundsätzlich abweicht von allen bisher bekannten Verfahren.

3. Beschickungsverfahren nach der Laufzeitänderung der Tidewelle und Höhenreduzierung nach dem MThw/MTnw-Gefälle

3.1. Theoretische Grundlagen

MThw/MTnw-Gefälle

Wird die Tidekurve eines Außenpegels mit einer zugehörigen Tidekurve des Bezugspegels verglichen, stellen sich im Regelfall unterschiedliche Thw- und Tnw-Scheitelhöhenwerte ein. Aus dem Abstand des Außenpegels zum Bezugspegel und den vorbeschriebenen Scheitelhöhenwerten bestimmt sich das Thw/Tnw-Gefälle.

Die Differenz der zugehörigen Scheitelhöhenwerte wird im folgenden als Δh -Wert bezeichnet.

Beim Vergleich vieler Tiden wird im allgemeinen eine gute Übereinstimmung der Δh -Werte in sich und untereinander gefunden.

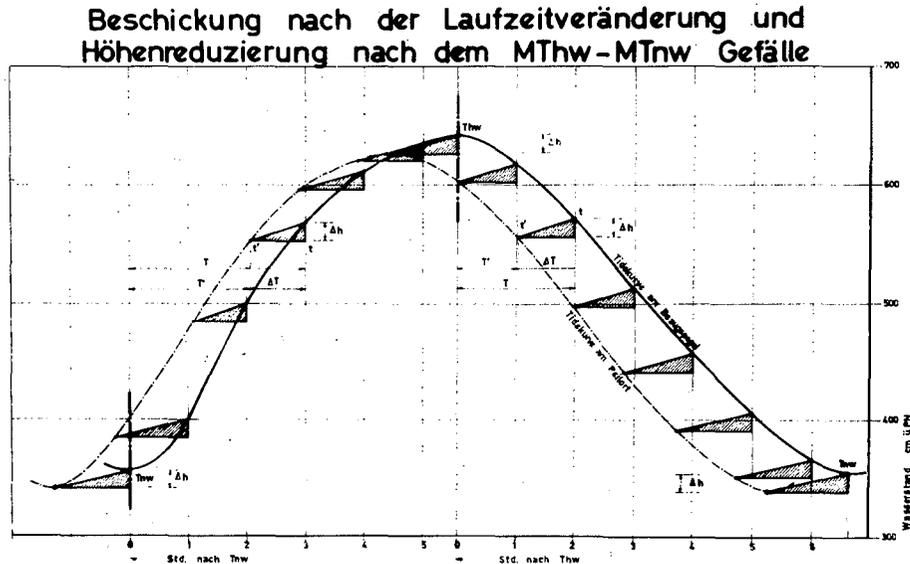
Aus dem statistischen Mittel, nach den später unter Ziff. 3.2. noch festgelegten Bedingungen, läßt sich das MThw- bzw. MTnw-Gefälle für jeden Außenpegel bestimmen.

Laufzeitänderung

Unter Laufzeit soll hier die zeitliche Bewegung der Tidescheitel zwischen dem Außen- und Bezugspegel verstanden werden. Die Laufzeiten der Thw-Scheitel mehrerer Tiden sind annähernd gleich. Ebenso die Laufzeiten der Tnw-Scheitel. Bei Gegenüber-

stellung der Laufzeiten beider Scheitel treten größere, von der Entfernung abhängige Differenzen auf. Die direkt nicht meßbare Änderung der Laufzeiten zwischen den Scheiteln ist wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Untersuchung.

Um die Änderung der Laufzeiten meßbar zu machen, mußte der Δh -Wert als konstant angenommen werden. Dies konnte deshalb geschehen, weil der Δh -Wert bei einer Reihe von untersuchten Tiden nur unwesentlichen Schwankungen unterworfen war. (Die Abweichungen der Δh -Werte vom statistischen Mittel betragen maximal lediglich 5 cm.)



Unter Benutzung des gemittelten Δh -Wertes läßt sich dann die Laufzeit in gewünschten Intervallen bestimmen (nach Abb. 1 als Beispiel für jede Stunde, für den Aufbau der Beschickungstabellen in Abständen von 10 Minuten).

Neben den gesetzmäßigen Einflüssen können stärkere meteorologische Einflüsse sowohl die Laufzeit als auch die Δh -Werte in erheblichem Maße beeinflussen, so daß für die Untersuchungen nur weitgehend ungestörte Tiden, sogen. „Schönwettertiden“, herangezogen worden sind. Da die Lotungen mit Schiffen im Außenelbereich im allgemeinen nur bis etwa Windstärke 5 Bft durchführbar sind, wurden nur Tiden bis zu dieser Grenze ausgewertet.

Zur Bestimmung der mittleren Δh - und damit der Laufzeitwerte sei angemerkt, daß hierfür nicht die statistischen mittleren Tidekurven (5) des betreffenden Außenpegels benutzt werden konnten, sondern eigene, in zeitlicher Beziehung zum Bezugspegel stehende mittlere Tidekurven errechnet werden mußten (hierzu Abb. 2). Als zusätzliche Fehlerquellenbegrenzung wurde außerdem, wie bei dem bisher praktizierten Verfahren, die Tide aufgeteilt nach Tnw- und Thw-Bereichen (Abb. 1).

Durch die Einführung der Laufzeitveränderungen konnte eine zeitgleiche Beschickung mit den ihr anhaftenden Fehlern entfallen. In Abb. 3 sind die unterschiedlichen Auswirkungen beider Beschickungsmethoden im System verdeutlicht. Es sind zwei Tidepaare mit unterschiedlichen Tidenstiegen gegenübergestellt. Die Tide 2 stellt mittlere Verhältnisse am Lotungs- und Bezugspegelort dar. Das Ergebnis der Beschickung nach dem bisherigen Ver-

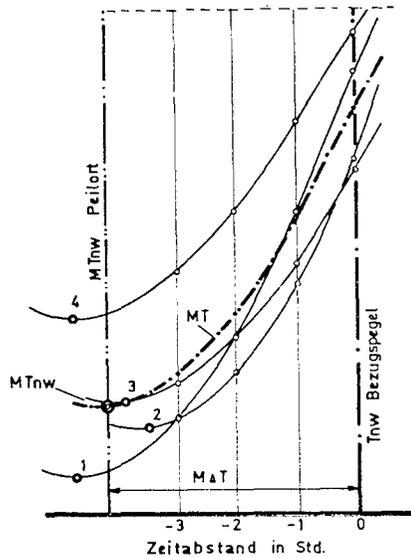


Abb. 2

Auswirkung der Beschickung Theoretischer Nachweis

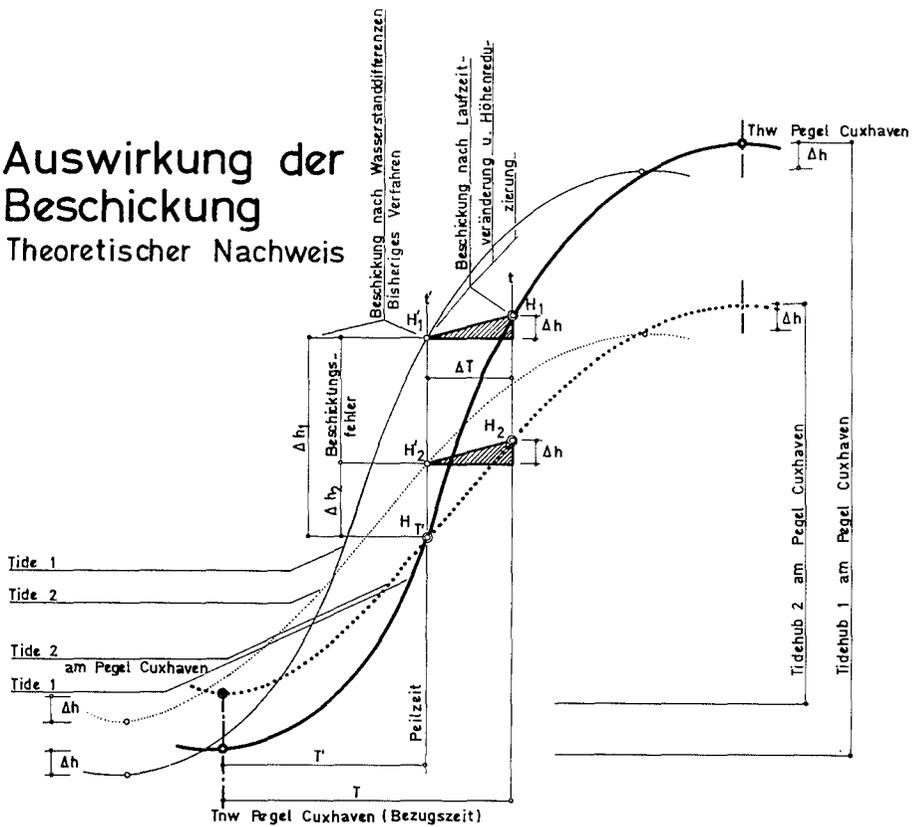


Abb. 3

fahren gleicht dem des neuen Verfahrens. Bei der Tide 1 dagegen wird durch den steileren Tidedestieg ein großer Beschickungsfehler durch die im alten Verfahren eingeführten konstanten und zeitgleichen Wasserstandsdifferenzwerte auftreten müssen. Durch Einführung der Laufzeiten nach dem neuen Verfahren läßt sich ein solcher Fehler weitgehend vermeiden.

Aus Abb. 4 geht hervor, daß die Charakteristik der durch Beschickung gefundenen Tidekurve trotz morphologisch und meteorologisch bedingter Umformungen erhalten bleibt. Dies trifft nach Wissen der Verfasser bislang bei keinem der bekannten Verfahren über den gesamten Verlauf der Tide zu.

Zum besseren Verständnis der unterschiedlichen Auswirkungen beider Beschickungsverfahren sind in Abb. 5 zwei gelaufene Tiden nach beiden Verfahren beschickt und die daraus resultierenden Wasserstandsdifferenzen mit den am Außenpegel abgelesenen Werten verglichen worden. Es zeigt sich, daß bei der Beschickung nach dem bisherigen Verfahren nur eine konstante Wasserspiegeldifferenzlinie in Abhängigkeit von der jeweiligen Tide des Bezugspegels zu erreichen ist. Hier bietet das neue Verfahren Vorteile, da die Wasserstandsdifferenzen variabel bleiben und sich den gemessenen Wasserstandsdifferenzen weitgehend anpassen.

Nach den vorstehend beschriebenen allgemeinen Erkenntnissen können für die Aufstellung eines tabellarischen Beschickungsverfahrens folgende Grundlagen aufgestellt werden:

- a) Aus statistischen Daten kann die Steigung der MThw- und MTnw-Linien zum Bezugspegel ermittelt und als vom Beschickungsort abhängiger, konstanter Mittelwert errechnet werden. Dies ist der Δh -Wert.

Deckt sich der Δh -Wert nicht mit dem zur Zeit der Lotung tatsächlich eingetretenen Differenzwert, so geht dieser als Fehler direkt in die Beschickung ein. Nach Überprüfung kann es sich dabei nur um wenige cm handeln. Hierzu siehe Abb. 6.

- b) Durch die Einführung des konstanten Differenzwertes Δh läßt sich die Änderung der Laufzeit während des Ablaufes der Tide in jeder Phase feststellen.

Stimmt die so ermittelte Laufzeitänderung nicht mit den zur Zeit der Lotung tatsächlich eingetretenen Werten überein, so ergeben sich aus der Minutenabweichung

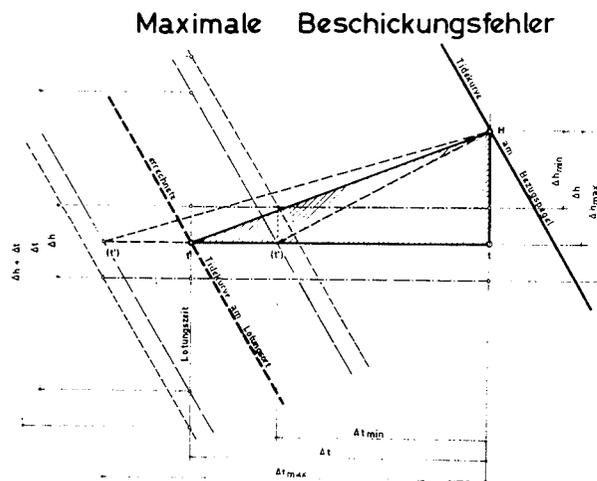


Abb. 6

resultierende cm-Differenzen (Abb. 6). Je nach Steigung der Tidekurve am Meßtage gehen diese Differenzen zusätzlich direkt als Fehler in die Beschickung ein. Sie können das Gesamtfehlerresultat allerdings ebenso verringern oder aufheben.

Aus den vorangegangenen theoretischen Überlegungen läßt sich die Beschickung nach Abb. 7 wie folgt formulieren:

Der Wasserstand am Lotungsort zum Zeitpunkt t' ist gleich dem Wasserstand am Bezugspegel im Zeitabstand T' (theoretischer Zeitabstand zwischen Thw- bzw. Tnw-Scheitel des Bezugspegels und der Lotungszeit) $\pm \Delta T$ (Laufzeit im Zeitabstand T) $\pm \Delta h$.

Hieraus ergibt sich, bezogen auf die Eintrittszeiten der Scheitel

$$H'_{T'} = H_T \pm \Delta h$$

oder

$$H_{T'} = H_{T'} \pm \Delta T \pm \Delta h$$

oder bezogen auf die Lotungszeit:

$$H_{t'} = H_t \pm \Delta h$$

Es bedeuten:

- H' = Wasserstand am Lotungsort (cm)
- H = Wasserstand am Bezugspegel (cm)
- T' = Zeitabstand zwischen dem vorangegangenen Scheitel und der Lotungszeit (Stunden — Minuten)
- T = Zeitabstand zwischen dem vorangegangenen Scheitel und der Lotungszeit zuzüglich der Laufzeit: $T' + \Delta T$ (Stunden — Minuten)
- ΔT = Laufzeit (Stunden — Minuten)
- Δh = Höhendifferenz nach dem MThw/MTnw-Gefälle (cm)
- t' = Lotungszeit (Uhrzeit)
- t = Lotungszeit zuzüglich Laufzeit: $t' + \Delta T$ (Uhrzeit)

Wasserstandsermittlung am Lotungsort

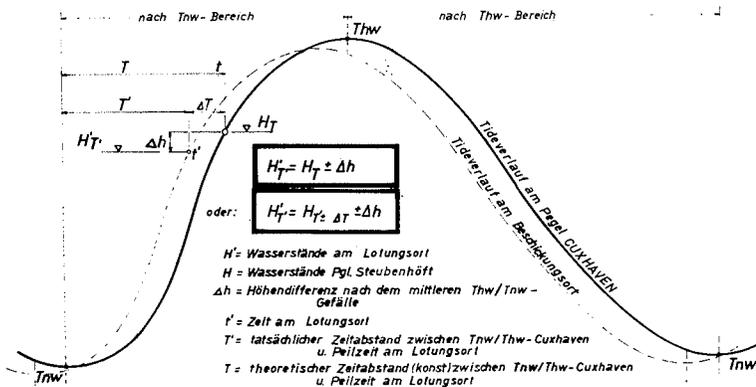


Abb. 7

Nach den aufgezeigten Kriterien kann das hieraus entwickelte Beschickungsverfahren als

„Beschickung nach der Laufzeitveränderung der Tidewelle und Höhenreduzierung nach dem M_{Thw}/M_{Tnw} -Gefälle“ bezeichnet werden.

3.2. Aufstellung von Beschickungstabellen

Für die Anwendung in der Praxis lassen sich aus diesen Beschickungsformeln Tabellen zusammenstellen, die mit geringem Mehraufwand an Zeit gegenüber den bisherigen Verfahren Beschickungen im Untersuchungsgebiet ermöglichen.

Hierzu waren die im folgenden aufgeführten Arbeiten erforderlich:

- a) Von den für die Untersuchung erforderlichen Außenpegeln sowie dem Bezugspegel Cuxhaven/Steubenhöft sind 20 einwandfrei bezüglich Höhe und Zeit geschriebene Tidekurven ausgewählt worden. Tiden, die durch Wind über Stärke 5 Bft beeinflusst wurden, sind für die weitere Untersuchung ausgeschlossen worden.
- b) Für jeden der für das Untersuchungsgebiet zur Verfügung stehenden insgesamt 10 Pegeln wurden die Tnw - und Thw -Gefälle zum Bezugspegel in cm als Δh -Werte ermittelt. Dabei ließ sich feststellen, daß das Thw -Gefälle annähernd dem Tnw -Gefälle glich. Nur im Neuwerker Fahrwasser, das vom Hauptfahrwasser durch den Leitdamm Kugelbake getrennt verläuft, traten größere Abweichungen zwischen beiden Gefällen auf. Während im Hauptfahrwasser maximale Differenzen bis zu 5 cm nachgewiesen wurden, sind im Neuwerker Fahrwasser solche von 15 cm festgestellt worden. Zur Vermeidung größerer Beschickungsfehler mußte deshalb in den Tabellen für das Neuwerker Fahrwasser eine lineare Interpolation durchgeführt werden.
- c) Für jeden Pegel (Außen- und Bezugspegel) sind, bezogen auf die Eintrittszeit des Tnw bzw. Thw am Bezugspegel, die mittleren Tidekurven (Abb. 2) errechnet worden. Mit den so gefundenen mittleren Tidekurven eines jeden Pegels sind die Zeitabstände (in Stunden und Minuten), bezogen auf die mittleren Eintrittszeiten der Tnw bzw. Thw des Bezugspegels, unter Berücksichtigung der vorher ermittelten Höhendifferenzwerte Δh in Abständen von 10 Minuten (bezogen auf den Bezugspegel) festgestellt und in Tabellen zusammengestellt worden.
- d) Da im gesamten Untersuchungsgebiet nur 10 Hilfspegel zur Verfügung standen, mußte zur Reduzierung der Beschickungsfehler eine Aufteilung in eine größere Anzahl von Beschickungsfeldern vorgenommen werden. Die Felder sollten Seitenlängen von 2-3 km nicht überschreiten.

Als Begrenzung der einzelnen Felder sind die Hyperbelhauptlinien nach dem Hi-Fix-Ortungsverfahren ausgewählt worden (siehe Abb. 8). Dies hat seinen Grund in der Aufbereitung der Lotungsdaten für die manuelle und elektrische Datenverarbeitung, besonders, um die Umrechnung in das Gauß-Krügersche Koordinatensystem zu vereinfachen.

Sind die so bestimmten Felder nicht direkt durch einen Hilfspegel besetzt – und das ist bei der Mehrzahl der Fall – müssen die Tabellenwerte durch Interpolation ermittelt werden.

Im Gegensatz zum bisherigen Verfahren, bei dem eine Aufteilung in Zonen quer zur Stromachse erfolgte, wird durch die neue Feldaufteilung das z. T. in erheblichem Maße auftretende Quergefälle berücksichtigt.

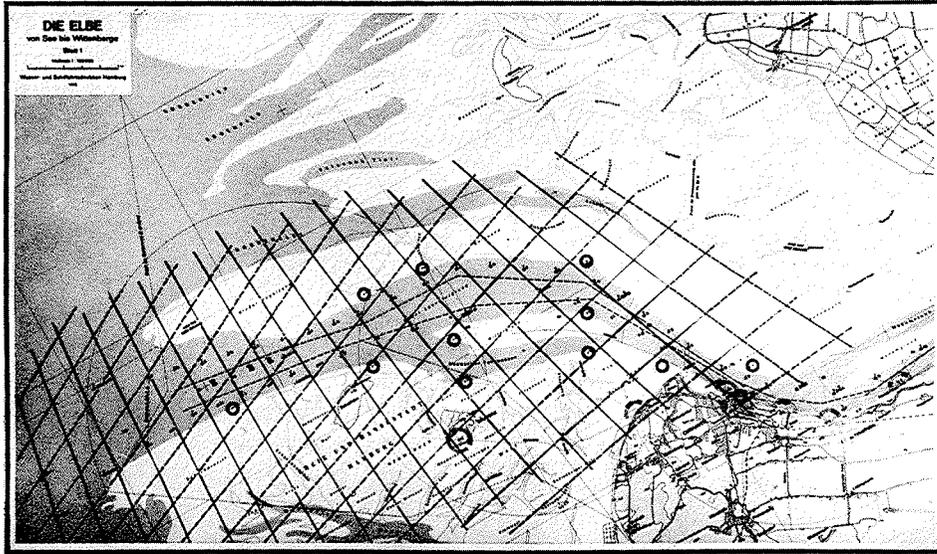


Abb. 8. Beschickungskarte für die Elbe

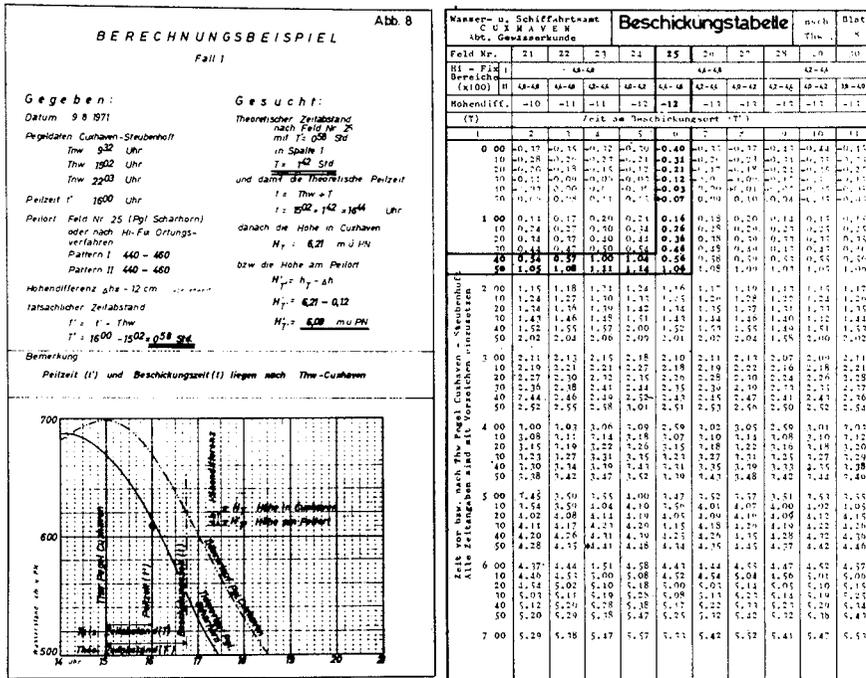


Abb. 9. Berechnungsbeispiel

3.3. Anleitung zur Benutzung der Tabellen

Mit den Tabellen läßt sich die Beschickung in folgenden Schritten durchführen:

- Pegeldaten des Bezugspegels feststellen. Hierzu ist die vor der Lotungszeit liegende Eintrittszeit des Scheitels am Bezugspegel festzuhalten.
- Feststellung des Lotungsortes für die Auswahl der Beschickungstabelle.
- An Hand der gewählten Tabelle und der zugehörigen Feldnummer ist die zugehörige Höhendifferenz Δh abzulesen.
- Mit der Lotungszeit t' den Zeitabstand T' berechnen.
- Mit dem Zeitabstand T' und der zugehörigen Feldnummer den theoretischen Zeitabstand T nach der Tabelle ermitteln.

Abweichungen beschickter u. beobachteter Wasserstände

Beschickung auf Pegel CUXHAVEN - Staubenhöft

Pegel: Kl. Vogelsand

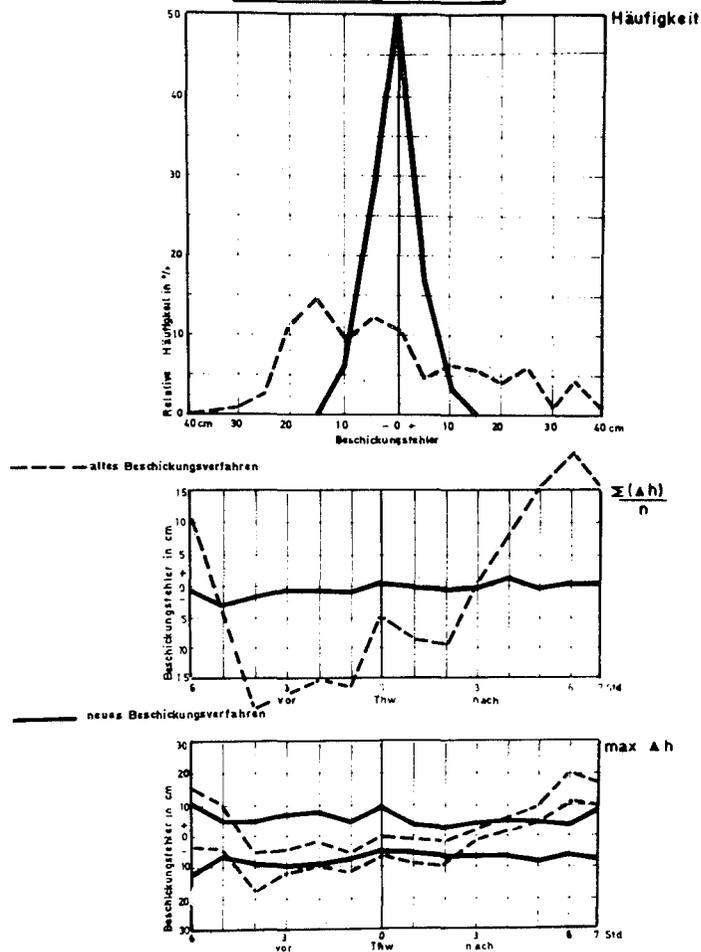


Abb. 10

- f) Theoretische Peilzeit t für den Bezugspegel berechnen und den Wasserstand am Tideschrieb über Pegelnull ablesen.
- g) Die Wasserstandshöhe am Bezugspegel mit dem Δh -Wert reduzieren.

Damit ist die Wasserstandshöhe am Lotungsort über Pegelnull bestimmt.

In Abb. 9 sind Berechnungsbeispiele nach dem vorstehenden Schema durchgeführt.

Abweichungen beschickter u. beobachteter Wasserstände

Beschickung auf Pegel CUXHAVEN - Steubenhöft

Pegel: Scharhörn

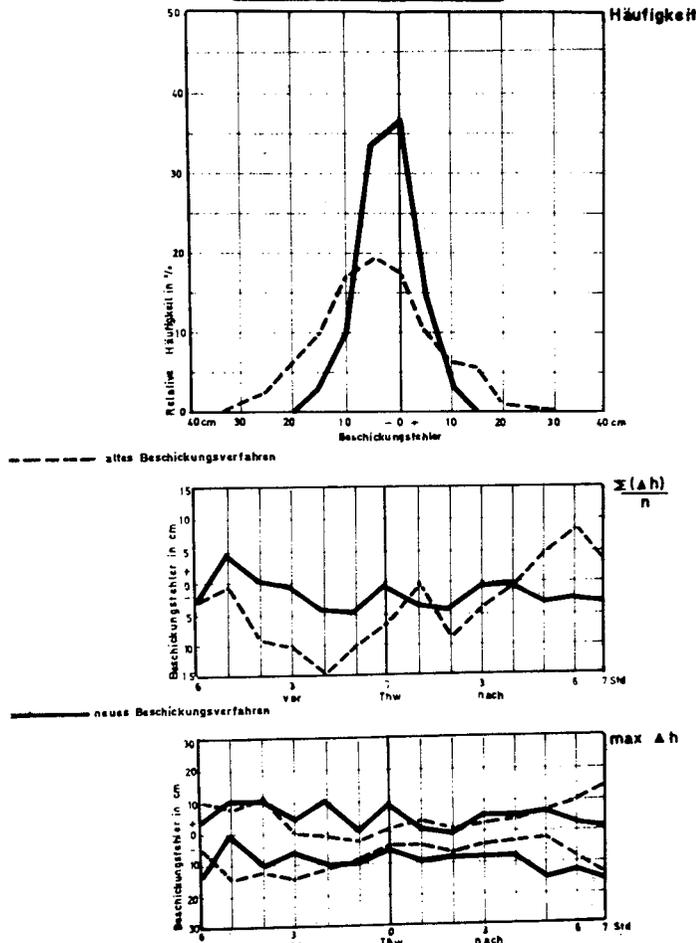


Abb. 11

Der zuerst für den ungeübten Bearbeiter möglicherweise kompliziert erscheinende Rechengang wird nach einer kurzen Einarbeitungszeit als einfach und praktikabel betrachtet.

Der erforderliche Zeitaufwand für die manuelle Beschickung einer 8stündigen Peilung liegt bei ca. 40 bis 45 Minuten, die für die Beschickung nach dem bisherigen Verfahren bei etwa 30 Minuten.

3.4. Beschickungsfehler

Die Beschickungsfehler halten sich in den unter Ziff. 2.2. geforderten Grenzen.

In den Abb. 10 und 11 sind die Abweichungen der beschickten und an den Pegeln beobachteten Wasserstände für 20 Tiden als Häufigkeit, mittlere und maximale Fehler nachgewiesen. Die Abb. 12 und 13 weisen die mittleren und maximalen Abweichungen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Bezugspegel nach. Die zunächst nicht erwarteten größeren Fehler bei den zum Bezugspegel nähergelegenen Pegeln Zehnerloch, Mittelgrund West und Buchtloch haben vermutlich ihre Ursache in den an diesen Stellen einmündenden Nebenfahrwassern oder Großpielen.

4. Weitere Verbesserungen der Beschickung

Wird an eine weitere Eingrenzung der Beschickungsfehler gedacht, stellt sich zunächst die Forderung nach einem wesentlich dichteren Pegelnetz. Diese Forderung besteht in erster Annahme zu Recht, da von Pegeln mit geringem Abstand zueinander der Wasserstand zur Lotungszeit direkt ohne Umrechnung oder durch einfache Interpolation mit einer Genauigkeit im dm-Bereich gewonnen werden kann.

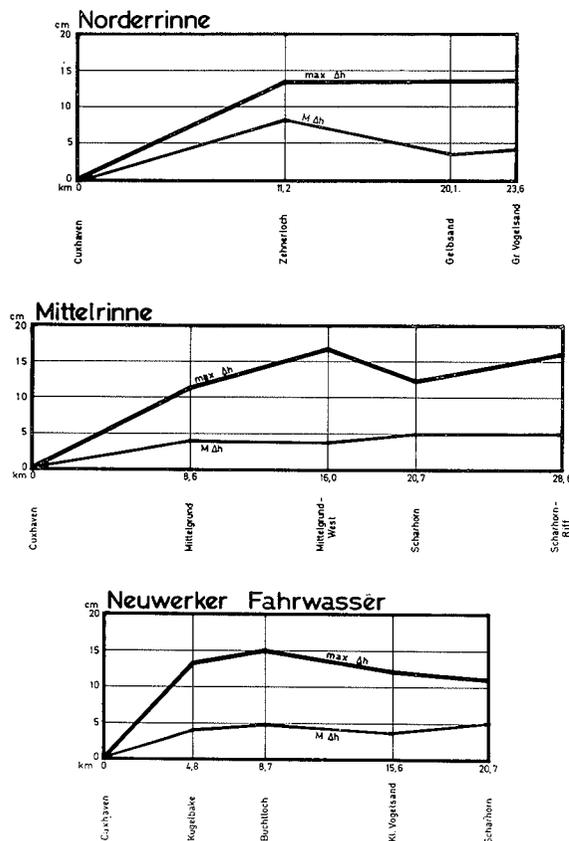


Abb. 12. Abweichung beschickter und beobachteter Wasserstände nach Tnw

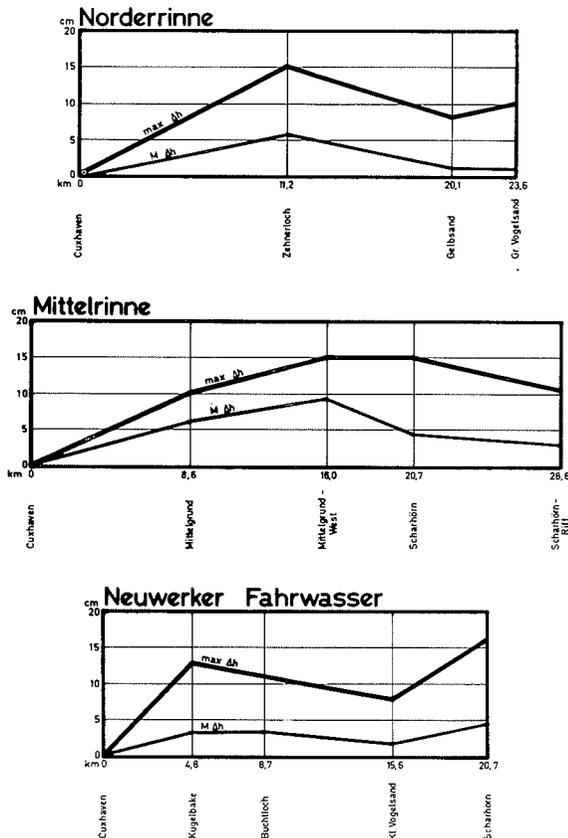


Abb. 13. Abweichung beschickter und beobachteter Wasserstände nach Thw

Dies setzt aber voraus, daß alle Pegel absolut sicher bezüglich Höhe und Zeit laufen; zumindest müßten Kontrollen vor und nach der Peilung der angesprochenen Pegel vorgenommen werden. Abgesehen davon, daß hierdurch unwirtschaftliche Zeitverluste hingenommen werden müssen, ist an eine Realisierung hierfür weder heute noch in absehbarer Zeit zu denken. Immerhin müßten unter Berücksichtigung eines Maximalabstandes der Pegel untereinander von etwa 4–5 km für den Untersuchungsbereich der Außenelbe etwa 25 Pegel zur Verfügung stehen.

Da mit dem neuen Beschickungsverfahren größere Fehler als 1,5 bis 2 dm nicht zu erwarten sind (im Mittel unter 1 dm), andererseits aus der Sicht künftiger Küstenforschung und -technik eine Genauigkeit von ± 1 dm zu fordern sein wird, wäre ein sicherer, ständiger Pegel 1. Ordnung am unteren Ende des Peilgebietes, also etwa in Höhe der Position des Feuerschiffes „Elbe 1“ auf dem Großvogelsand-West zu fordern.

Dieser neue Pegel könnte als ständig abzurufender Funkpegel wertvolle Hilfe bei der Reduzierung des auch mit dem vorliegenden neuen Beschickungsverfahren noch verbliebenen Restfehlers leisten.

Verbesserungen des vorliegenden Verfahrens scheinen möglich, da hier die Laufzeit der Tidescheitel des zuvor geforderten „Außenpegels“ zum Bezugspegel wie auch der Höhendifferenzwert Δh bekannt werden. Aus den Daten beider Pegel, deren Entfernung

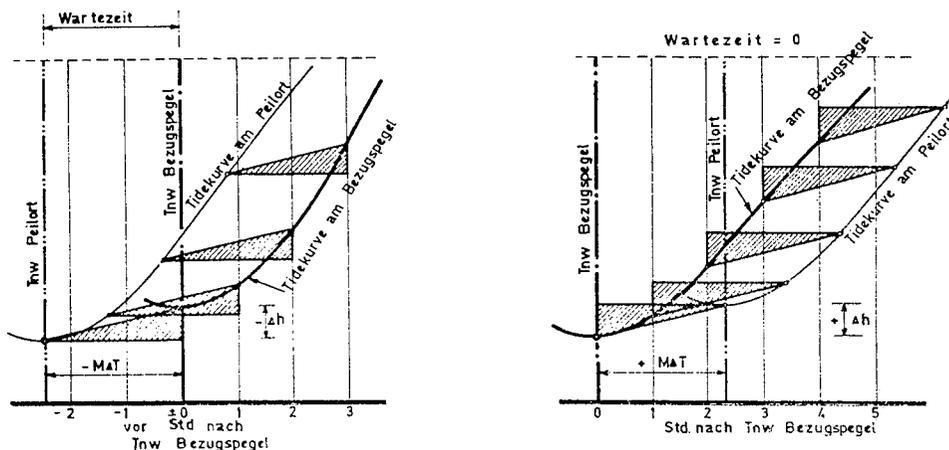


Abb. 14 und 15. Auswirkung des Pegelstandortes

etwa 45 km betragen könnte, ließen sich größere Abweichungen von den in den Berechnungstabellen eingearbeiteten Δh - und Laufzeitwerten erkennen und eliminieren. Außerdem wäre denkbar, den Außenpegel als Bezugspegel zu benutzen, wodurch Wartezeiten bei der Beschickung entfallen würden und damit eine Beschickung an Bord mit entsprechend zusätzlicher elektronischer Ausrüstung möglich wird. Die Auswirkung des Bezugspegelstandortes ist in Abb. 14 und 15 dargestellt.

5. Schlußbemerkungen

Ausgang für die Untersuchungen waren die ständig gestiegenen Anforderungen an die Genauigkeit der Tiefenkarten im Ästuar der Elbe. Das Tidegebiet der Außenelbe mit dem Übergang in das offene Seegebiet und den anschließenden Wattenmeeren und seinen vielschichtigen hydraulischen und morphologischen Problemen boten umfassende Gelegenheit, sich eingehend mit den Fragen der Beschickung auseinanderzusetzen.

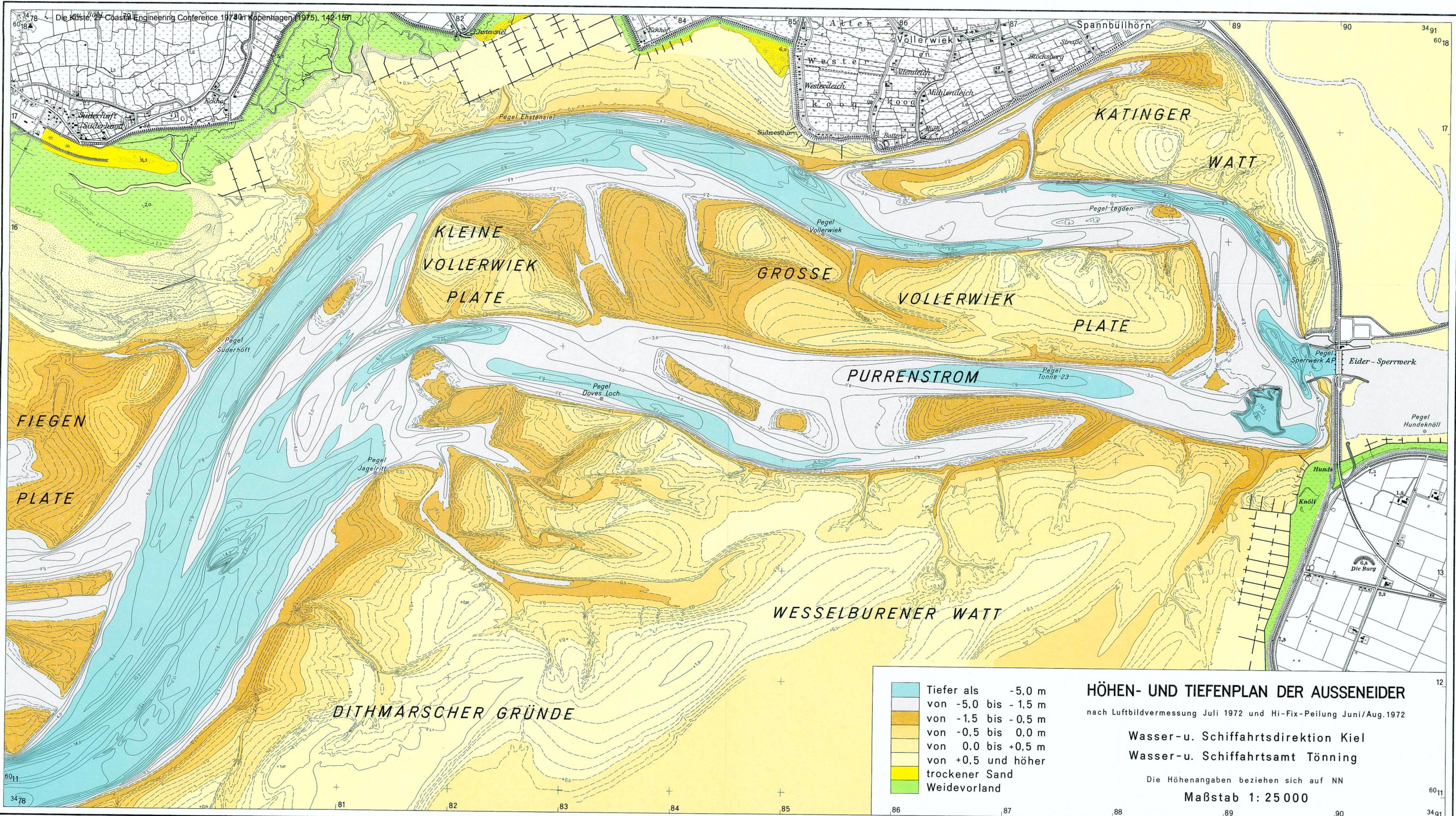
Die bestehende Lücke zwischen der mit hoher Genauigkeit durchzuführenden nivellistischen Vermessung der Wattgebiete und der bisher oft unzureichend gelösten Seevermessung soll durch diesen Beitrag eingeengt werden. Durch Verfeinerung der technischen Einrichtungen von Ortungs- und Tiefenmeßgeräten sind Verbesserungen der Ergebnisse noch möglich und wünschenswert.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten kann das neue Verfahren nach Ansicht der Verfasser in anderen Revieren des deutschen Küstenraumes Eingang finden. Zweifellos bedarf es dazu kritischer Überprüfungen für andere Tidegebiete. Im Bereich des Wasser- und Schiffsamtes Tönning hat RICHTER nach dem neuen Verfahren erste Untersuchungen durchgeführt und als Ergebnis hohe Genauigkeiten in der Beschickung gefunden.

6. Schriftenverzeichnis

1. DOLEZAHN, R.: Grundkarten der Wattaufnahme an der Westküste Schleswig-Holsteins Allgemeine Vermessungsnachrichten Nr. 11, 1952.

2. GÖHREN, H.: Über die Genauigkeit der küstennahen Seevermessung nach dem Echolotverfahren. *Hamburger Küstenforschung*, H. 2, 1968.
3. GÖTZ, J., HOMEIER, H., KOWALSKI, H., LUCK, G.: Vermessung des Jadebusens mit Hilfe des Wasserlinienverfahrens. *Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz der Nieders. Wasserwirtschaftsverwaltung, Jahresbericht 1969, Band XXI (1971)*.
4. GROTHENN, D.: Untersuchungen zur Wattvermessung. *Wiss. Arb. d. Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der TH-Hannover*, Nr. 23, 1964.
5. LÜDERS, K.: Über die Genauigkeit verschiedener Verfahren zum Entwerfen der „mittleren Tidekurve“. *Neues Archiv für Niedersachsen*, H. 19, 1950.
6. SIEFERT, W., LASSEN, H.: Vermessungsarbeiten im Elbmündungsgebiet. *Hamburger Küstenforschung*, H. 2, 1968.
7. SINDERN, J., KATHAGE, F.: Das Wasserlinienverfahren – eine neue Art der Wattvermessung. *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen*, Jg. 10, H. 6, 1966.
8. WETZEL, G., LUCHT, F.: Vergleichende Untersuchung der angewendeten Beschickungsverfahren in den Küstengewässern der Deutschen Bucht und im Wattenmeer. *DFG Forschungsbericht: Sandbewegung im Küstenraum*, Wiesbaden 1971.
9. DHJ o. V.: *Handbuch für die Vermessung des Deutschen Hydrographischen Instituts*, Hamburg, 1946.



	Tiefer als -5,0 m
	von -5,0 bis -1,5 m
	von -1,5 bis -0,5 m
	von -0,5 bis 0,0 m
	von 0,0 bis +0,5 m
	von +0,5 und höher
	trockener Sand
	Weidevorland

HÖHEN- UND TIEFENPLAN DER AUSSENEIDER

nach Luftbildvermessung Juli 1972 und Hi-Fix-Peilung Juni/Aug. 1972

Wasser-u. Schifffahrtsdirektion Kiel

Wasser-u. Schifffahrtsamt Tönning

Die Höhenangaben beziehen sich auf NN

Maßstab 1: 25 000

Die Küste, 27 Coastal Engineering Conference 1974 in Kopenhagen (1975), 142-157

Druck: Landesvermessungsamt Schleswig - Holstein, 1975

Kartographie: G. Wüst, Hamburg, Grundlage für den Grundriß: Top. - Karte 1: 25 000
 Abb. 8. Zum Aufsatz „SINDERN/SCHRÖDER: Die Verwendung des Luftbild-Wasserlinienverfahrens zur morphologischen Überwachung eines Ästuars“. Die Küste, Heft 27/1975