

Biophysikalische Ökologie und Ökosystemforschung

Herausgegeben von KURT UNGER und GERHARD STÖCKER

1981. VII, 380 Seiten — 181 Abbildungen — gr. 8° — Leinen 52,— M

Bestell-Nr. 7627898

Bestellwort: Biophys. Oekologie 6563

In diesem Sammelband werden die Beiträge zur Problematik der Biophysikalischen Ökologie und Ökosystemforschung wiedergegeben, die auf der zweiten Arbeitstagung „Umweltbiophysik“ in Leipzig 1977 vorgetragen wurden. In 29 Einzelbeiträgen geht es um die wirkenden Regel- und Steuerungsmechanismen, die dynamischen Zusammenhänge, ihre Kinetik und die Entwicklung pflanzlicher und ökologischer Systeme.

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten



AKADEMIE-VERLAG

DDR-1086 Berlin, Leipziger Straße 3—4

ISSN 0067-5148

10 Juni 1982
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

BEITRÄGE ZUR MEERESKUNDE
Akademie der Wissenschaften der
DDR - Institut für Meereskunde
- Bibliothek
253 Warnemünde
Deutsche Demokratische Republik

BEGRÜNDET VON

ERICH BRUNS

HERAUSGEGEBEN VON

KLAUS VOIGT

UNTER MITWIRKUNG VON

HANS-JÜRGEN BROSI, OTTO KOLP,
GÜNTHER SAGER, KLAUS STRIGGOW

HEFT 46



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1982

1982.509

ISSN 0067-5148

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

BEITRÄGE ZUR MEERESKUNDE

Begründet von

ERICH BRUNS

Herausgegeben von

KLAUS VOIGT

unter Mitwirkung von:

**HANS JÜRGEN BROSIN, OTTO KOLP,
GÜNTHER SAGER, KLAUS STRIGGOW**

HEFT 46

Mit 38 Abbildungen und 4 Tabellen



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1982

Inhaltsverzeichnis

STRIGGOW, K. und A. TIFFERT, Messung der Schallgeschwindigkeit Teil II: Der Schallgeschwindigkeitswandler SGW-73	5
KRÜGER, S. und E. FRANCKE, Erste Applikationsergebnisse mit einem in der DDR entwickelten Ein in situ-Sauerstoffsensoren mit frequenz- analogem Ausgang	13
GÄTKE, J., A. RENNAU, T. SCHEFFLER und T. STOLLE, Ergebnisse der praktischen Erprobung akustischer Sing-around-Strömungsmesser mit verbesserter Auflösung. Meßdynamik und Systemstabilität	23
GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER, Bemerkungen zur unteren Meßgrenze akustischer Strömungsmeßverfahren und das Beurteilungs- kriterium des erforderlichen minimalen Driftweges	31
SCHIMMELPFENNIG, W. und J. GÄTKE, Magnetisches Orientierungssystem	37
WOJKIEWICZ, J., Der Strahlungsbilanzmesser SBM-2 aus dem Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau	43
SONNTAG, D., Theorie und Praxis der Psychrometerformel	49
BENGELSDORFF, E., Entwicklung und Einsatz eines Tiefseebojen-systems	53
MÖCKEL, F., Project of a Hydrometeorological Shallow Water Measuring System (FMS 80). Using Buoys with a VHF Radio Telemetry Link	57
BENGELSDORFF, E., Möglichkeiten der Energieversorgung von Bojen- stationen	63
SCHILDWACH, B., Datensammelsysteme — Aufbau und Wirkungsweise	69
RÓZDZYŃSKI, K., Methoden der Satellitenferndetektion als Entwick-lungs- perspektive der hydrologischen Überwachung von Seegebieten	79
SIEVERT, B., Ergänzung zur Bibliographie über „Ozeanologische Meß- technik“ in der DDR ab 1960	87

Erschienen im Akademie-Verlag, DDR-1086 Berlin, Leipziger Straße 3—4

© Akademie-Verlag Berlin 1982

Lizenznummer: 202 · 100/445/82

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 5820 Bad Langensalza

Bestellnummer: 763 021 0 (2105/46) · LSV 1465

Printed in GDR

DDR 24,— M

Messung der Schallgeschwindigkeit

Teil II: Der Schallgeschwindigkeitswandler SGW-73

Von KLAUS STRIGGOW und ARNULF TIFFERT

Zusammenfassung: Der Schallgeschwindigkeitswandler SGW-73 wurde speziell für den meereskundlichen Einsatz entwickelt und arbeitet nach dem bekannten Impuls-Umlauf- oder „sing-around“-Verfahren. Er setzt die Schallgeschwindigkeit in eine ihr proportionale Frequenz um, wobei der Proportionalitätsfaktor 10 Hz/ms^{-1} beträgt. Da die Schallaufstrecke von den Ultraschallimpulsen in beiden Richtungen durchlaufen wird, hebt sich der Einfluß einer eventuellen Bewegung des Wassers weg. Die Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 20 \text{ cm/s}$. Das für die elektronische Schaltung verwendete Standardgehäuse läßt einen Einsatz bis 5000 m Wassertiefe zu. Es werden zwei Varianten gefertigt; bei der einen sind Stromzuführung und Signalabführung getrennt, und bei der anderen wird für beides ein gemeinsames zweiadriges Kabel verwendet.

1. Einleitung

Der Schallgeschwindigkeitswandler SGW-73 wurde zur Komplettierung der „Ozeanologischen Meßkette OM-75“ des Institutes für Meereskunde der AdW der DDR, welche kürzlich von MÖCKEL [1] beschrieben worden ist und welche zur in-situ-Messung von Temperatur, Druck, Leitfähigkeit und anderer Parameter des Meerwassers verwendet wird, entwickelt. Er kann aber auch als Einzelgerät über ein zweiadriges Kabel beliebiger Länge eingesetzt werden.

Abb. 1 zeigt den vollständigen Wandler.

2. Funktionsprinzip

Die Forderung nach einem mechanisch wie elektronisch einfachen Gerät mit einer Genauigkeit von $\pm 20 \text{ cm/s}$ führten nach eingehenden Literaturstudien (STRIGGOW [2]) auf das Impuls-umlauf- oder „sing-around“-Verfahren, das an Hand von Abb. 2 erläutert sei. Ein Impuls-generator (G) erzeugt einen kurzen elektrischen Impuls, mit dem ein mit dem Wasser in Berührung stehender Schallsender (S) zu einer mechanischen Schwingung ange-

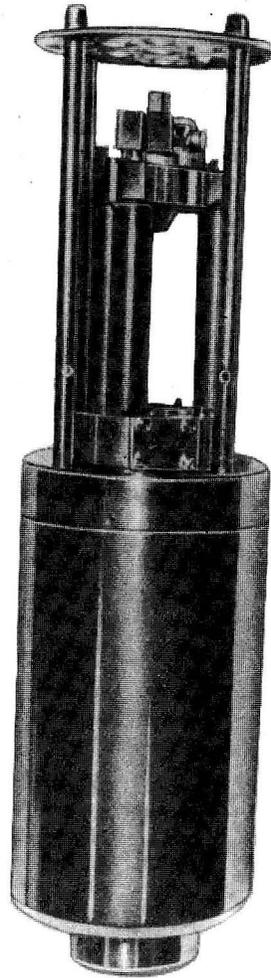


Abb. 1. Schallgeschwindigkeitswandler SGW-73

stoßen wird. Hiermit wird ein Ultraschallimpuls in das Wasser abgestrahlt, welcher einen im Abstand l angeordneten Schallempfänger (E) nach der „Laufzeit“ $t_s = l/c$, worin c die zu messende Schallgeschwindigkeit bedeutet, erreicht und hier ein elektrisches Signal erzeugt. Dieses gelangt über einen Verstärker (V) an einen Trigger oder Schwellwertschalter (T), der den Sender (E) nun erneut anstößt, wodurch sich der beschriebene Vorgang periodisch mit der Impulsumlauffrequenz

$$f = \frac{c}{l} \quad (1)$$

wiederholt.

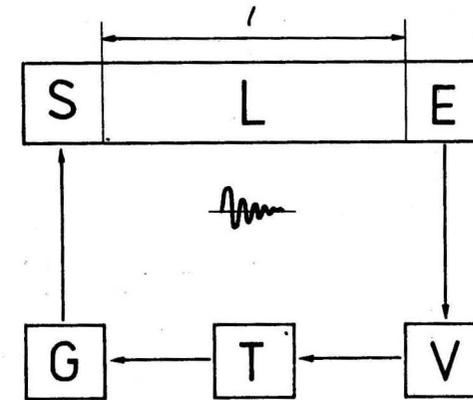


Abb. 2. Prinzip des Impuls-Umlauf-Verfahrens

S Schallsender; G Impulsgenerator;
E Schallempfänger; V Impulsverstärker;
L Schallaufstrecke; T Trigger
l Länge von L;

Für genaue Messungen muß neben der Schallaufzeit t_s noch die (um etwa 2 bis 3 Größenordnungen kleinere) „Totzeit“ t_T des Impulsumlaufkreises berücksichtigt werden, welche teils durch dessen elektrische Eigenschaften, hauptsächlich jedoch — wie in [2] näher ausgeführt ist — durch die mechanische Eigenfrequenz von Schallsender und -empfänger bestimmt ist. An Stelle der Gleichung (1) gilt dann

$$f = \frac{c}{l + ct_T}; \quad c = \frac{lf}{1 - ft_T} \quad (2)$$

Die Gerätekonstanten l und t_T können durch Eichung bestimmt werden.

3. Mechanischer Aufbau

Bei der Entwicklung des Gerätes und besonders bei der Konstruktion des mechanischen Teiles wurden

- ein einfacher, robuster, wartungsarmer und servicefreundlicher Aufbau,
- günstige Fertigungstechnologien,
- die Einhaltung der innerbetrieblichen Gerätestandards sowie
- die Verwendung möglichst vieler Normteile nach der TGL-Norm angestrebt.

Als Gehäuse für die elektronische Schaltung wurde das auch für andere Wandler der OM-75 verwendete und bis 5000 m Wassertiefe einsetzbare Standardgehäuse gewählt. Es besteht ebenso wie die übrigen in direktem Kontakt mit dem umgebenden Medium stehenden Teile aus seewasserbeständigem Chrom-Nickel-Stahl (X 22). Die druckfeste Abdichtung wird durch O-Ringe in Mehrfachanwendung erreicht. Für die (einadrige) Ver-

bindung zum Schallsender und -empfänger wird eine in den Gehäusedeckel eingeklebte druckfeste Transistor-Glasdurchführung (nach TGL 20.0-8310) verwendet.

An diesem Gehäuse ist die Schallaufstrecke (Abb. 3) steckbar (und damit leicht auswechselbar) befestigt. Sie ist so aufgebaut, daß ein Reflektor den Ultraschallimpuls auf den Sender zurückwirft.

Eine derartige Anordnung hat den Vorteil, daß sich der Einfluß einer Bewegung des Wassers innerhalb der Laufstrecke bis auf Fehler 2. Ordnung in v/c (v = Strömungsgeschwindigkeit) herausmittelt. Der Reflektor wird durch drei Stäbe in definiertem Abstand vom Sender/Empfänger gehalten. Diese sind wegen der erforderlichen Längenkonstanz aus Aurodil 36 hergestellt, einem Werkstoff mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von nur $10^{-6}/K$, und zum Korrosionsschutz vergoldet und mit einem PVC-Schlauch über-

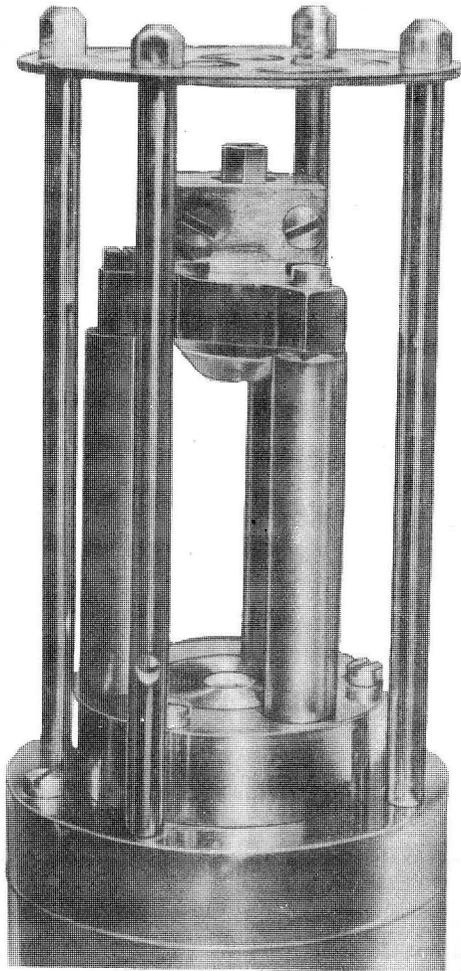


Abb. 3. Schallaufstrecke mit kombiniertem Schallsender -empfänger sowie durch drei Distanzstücke gehaltenem Reflektor und Schutzkorb

zogen. Ein Feingewinde gestattet es, den Reflektor bei der Eichung, welche in einem mit erwärmtem destillierten Wasser gefüllten Bad (siehe [2]) vorgenommen wird, in axialer Richtung so zu verschieben, daß die effektive Länge der Laufstrecke genau $2 \cdot 5$ cm beträgt. Hierdurch erhält der Proportionalitätsfaktor zwischen Impulsumlauffrequenz und Schallgeschwindigkeit den exakten Wert 10 Hz/ms^{-1} , so daß sich aufwendige Umrechnungen erübrigen.

Besondere Aufmerksamkeit bei der Entwicklung galt dem kombinierten Schallsender und -empfänger, dem sogenannten Schallkopf. Sein aktives Element ist eine piezokeramische Scheibe aus Bariumtitanat von 8 mm Durchmesser [3]. Ausgehend von den gegensätzlichen Forderungen nach geringer Totzeit (d. h. hoher Eigenfrequenz) und hoher mechanischer Festigkeit (d. h. großer Dicke und daher geringer Eigenfrequenz) wurde als Kompromiß ein Schwinger mit einer Eigenfrequenz von 5 MHz ausgewählt. Da ein solches Scheibchen unter der Wirkung des hydrostatischen Druckes zerbrechen würde, ist es notwendig, es von der Rückseite her zu entlasten. Das geschieht üblicherweise durch eine ebenfalls unter dem hydrostatischen Druck stehende Fettfüllung. Hier wurde jedoch eine Ölfüllung verwendet, wodurch sich die für den Zusammenbau des Schallkopfes benötigte Zeit wesentlich verkürzt. Die erforderliche öldichte Verbindung zwischen dem Schwinger und seiner Halterung wurde durch die Verwendung eines leitfähigen Klebers (Colcolor-Leitsilber, L 120 M/VI) erreicht. Der rückseitige, im Ölbad befindliche Belag des Schwingers ist über eine Feder und einen aus Normteilen aufgebauten Stecker mit der bereits erwähnten Transistor-Glasdurchführung verbunden.

Um zu vermeiden, daß an der Fassung des Bariumtitanat-Scheibchens Reflexionen des Echos erfolgen, welche sich dem „richtigen“ Schallimpuls überlagern, wurde die Fassung konisch geformt. Um den störenden Einfluß des sekundären Echos (vgl. Abschnitt 4) zu verringern, ist der Reflektor ganz leicht gegen den einfallenden Schallstrahl geneigt. Zum mechanischen Schutz der Schallaufstrecke ist noch ein Schutzkorb vorgesehen.

4. Elektrische Schaltung

Die elektrische Schaltung ist im Prinzip ein astabiler Multivibrator, welcher den Schallsender über ein Differenzglied anstößt und durch das Echo getriggert wird. Dem derzeitigen Angebot an integrierten Schaltkreisen entsprechend wurden die verschiedenen Funktionsgruppen weitestgehend mit dem Komparator B 110 ($\cong \mu A 710$) aufgebaut. Im Hinblick auf das Gehäuse wurde die Schaltung auf runde Platinen ($\varnothing = 50 \text{ mm}$) aufgebaut. Diese sind so belegt und angeordnet, daß alle sich wiederholenden Anschlüsse direkt übereinander stehen, was die Montage und Funktionskontrolle vereinfacht (Abb. 4).

Die kritische Stelle der Schaltung ist die Triggerschwelle. Zur Erläuterung des Problems diene folgende physikalische Betrachtung. Wird der Schwinger mit einem elektrischen Nadelimpuls gemäß Abb. 5 a angeregt, mathematisch durch die DIRACsche Deltafunktion $\delta(t)$ beschrieben, so führt er eine exponentiell abklingende Dickenschwingung gemäß Abb. 5 b aus, die mathematisch durch

$$e^{-t/T} \sin \omega_0 t$$

(ω_0 = Kreisfrequenz der Dickenschwingung, T = Zeitkonstante der Dämpfung)

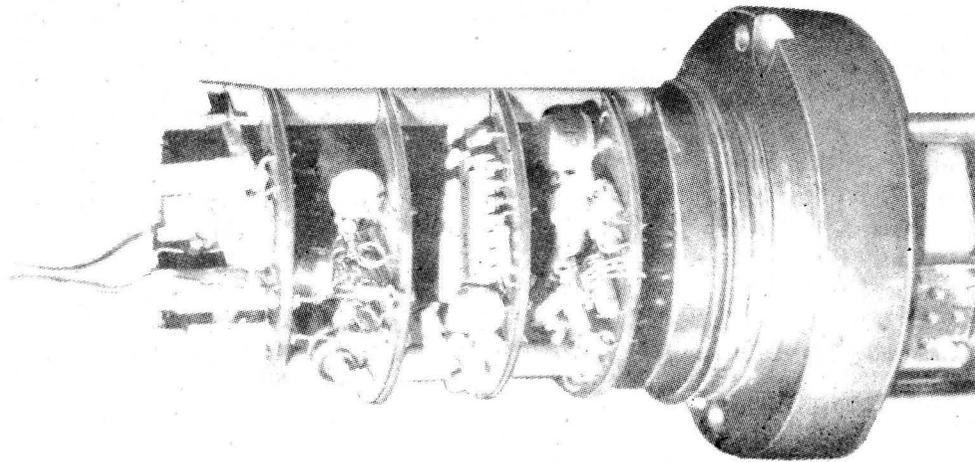


Abb. 4. Elektrische Schaltung

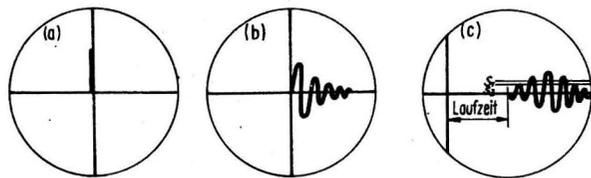


Abb. 5. Idealisierte Signalformen und Einstellung der Triggerschwelle

a) Elektrischer Nadelimpuls zur Anregung des Schwingers; b) Mechanische Reaktion des Schwingers (Dicken-schwingung) auf den elektrischen Nadelimpuls. Dieses ist auch die Form des in das Wasser abgestrahlten Ultraschallimpulses; c) Mechanische und elektrische Reaktion des Schwingers auf das zurückkehrende Echo; S_1 geeignete Triggerschwelle; S_2 ungeeignete Triggerschwelle

beschrieben wird, wobei ein Ultraschallimpuls gleicher Form in das Wasser abgestrahlt wird. Kehrt dieser Impuls nach Reflexion am Reflektor an den Schwinger zurück, wird dieser nun (mechanisch) zu einer (Resonanz-) Schwingung gemäß Abb. 5c angeregt, welche mathematisch durch

$$e^{-t/T} (\sin \omega_0 t - \omega_0 t \cos \omega_0 t)$$

dargestellt wird und deren Amplitude von Null beginnend während der ersten Perioden anwächst und danach wieder abklingt. Im Interesse einer kleinen Totzeit sollte also die Triggerschwelle so niedrig wie möglich eingestellt werden. Dem ist jedoch im *praktischen* Betrieb aus *zwei* Gründen eine Grenze gesetzt. Erstens ist nämlich der Sendepuls nach Abb. 5b beim Eintreffen des Echos noch nicht vollständig abgeklungen, und zweitens eilt dem Echo scheinbar ein niedriger „Vorläufer“ voraus. Dieser Pseudovorläufer entsteht dadurch, daß das Echo am Schwinger teilweise reflektiert wird, dadurch die Laufstrecke ein zweites Mal durchläuft und nun ein „sekundäres“ Signal an den Triggereingang liefert. Bei weiterer Verbreiterung der Hüllkurve und Abnahme ihrer Amplitude wird noch ein „tertiäres“ Echo erzeugt usw. Wegen der notwendigerweise vorhandenen Totzeit koinzidieren die Echos höherer Ordnung nicht mit dem primären Echo, sondern treffen früher am Schwinger ein, so daß der Eindruck von „Vorläufern“ entsteht.

Deshalb muß die Triggerschwelle oberhalb der Amplitude der Pseudovorläufer und der anderen Störungen bleiben. Dabei ist von Wichtigkeit, daß sie nicht in die Nähe eines Extremums des primären Signal gelegt wird, da dann bereits bei geringen Amplitudenschwankungen die Triggerung auf eine andere Flanke springen kann (siehe Abb. 5c).

In der Normalausführung erfolgt die Stromzuführung und die Signalabführung auf getrennten Leitungspaaren. Auf Wunsch des Anwenders kann aber auch eine Variante geliefert werden, bei welcher Energie und Signal auf einem einzigen zweiadrigen Kabel übertragen werden.

5. Technische Daten

Meßprinzip	Sing-around-Verfahren
Trägerfrequenz der Ultraschallimpulse	5 MHz
Meßbereich	1350 ... 1600 m/s
Zeitkonstante	0,1 ms
Effektive Länge der Meßstrecke	$100 \pm 0,001$ mm
Ausgangsfrequenz	13,5 ... 16 KHz
Leerlaufzeit (in Luft)	$12,3 \pm 0,3$ KHz
Meßfehler (1 Minute nach Einschalten)	$\leq 0,20$ m/s
Meßwertauflösung bei Kurzzeitmessung	0,001 m/s
Zulässiger Umgebungsdruck	0,1 ... 50 MPa
Zulässige Umgebungstemperatur	-2 ... +38 °C
Zulässige Strömungsgeschwindigkeit	≤ 7 m/s

Literatur

- [1] MÖCKEL, F.: Die ozeanologische Meßkette OM 75, eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. Beiträge zur Meereskunde (1980) Heft 43, 5–14
- [2] STRIGGOW, K.: Messung der Schallgeschwindigkeit. Teil I: Übersicht über die bekannten, insbesondere die aus ozeanologischer Sicht interessanten Verfahren zur Messung der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten. Beiträge zur Meereskunde (1980) Heft 43, 51–62
- [3] VEB Keramische Werke Hermsdorf: Prospekt Piezoelektrische Bauelemente
Weitere Literatur siehe die Zitate [13] bis [27] in [2].

Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. KLAUS STRIGGOW
Ing. ARNULF TIFFERT
Institut für Meereskunde der AdW der DDR
DDR-2530 Rostock-Warnemünde

Erste Applikationsergebnisse mit einem in der DDR entwickelten in situ-Sauerstoffsensoren mit frequenzanalogem Ausgang

VON SIEGFRIED KRÜGER und EBERHARD FRANCKE

Zusammenfassung: Prinzipieller Aufbau und Funktion eines in der DDR entwickelten in situ-Sauerstoffsensors werden beschrieben. Dabei wird auf konstruktive Besonderheiten und erforderliche Randbedingungen beim Einsatz des Sensors hingewiesen. Ausführlich werden erste Erfahrungen beim Applikationseinsatz unter unterschiedlichen Bedingungen diskutiert sowie der Fortschritt in der ozeanologischen Meßtechnik, wie er sich durch die Verfügbarkeit dieses Sensors darstellt, umrissen.

Summary: The oxygen probe is suitable for universal application at depths down to 3000 m. The sensor is an electrode system after CLARK with a 12 μm PTFE-membrane. The probe contains a temperature sensor which controls the electronic temperature compensation device. A vibrating swash-mechanism ensures that the water permanently flows around the measuring cell and temperature sensor. The compensation device is carefully dynamically matched to the measuring cell so that no false values are produced even if temperatures change rapidly. The measured quantity appears at the output in a linear coding as a frequency-analogue sine signal of 0.75 V_{eff} with a frequency band of 360—560 Hz. Certain points must be borne in mind when using the probe. The most important are:

- measuring facilities at which WINKLER titration can be performed are required for calibration,
- calibration is not to be performed until 10—14 days after servicing because formation processes take place in the polarized measuring cell for this length of time,
- instruments in service and replacement probes must be kept in operation with the measuring cells immersed in water.

The first practical application of this type of oxygen sensor has brought good results. The values measured are in good agreement with those obtained by conventional laboratory techniques using water obtained with a sampler. The information content of the vertical curves exceeds by far that associated with conventional techniques. The rapid availability and listing of the measured data enable operational utilization of the data at the measuring station for marine biological purposes and contributes to the optimization of expedition programmes.

Oceanographers will benefit especially from the

- good resolution in space and time of the oxygen distribution structure,
- the recording of un falsified oxygen data in situ permitting, for instance, the exact determination of certain threshold dissolved oxygen contents (0 ml, 2 ml), and
- the compatibility of the oxygen values with other parameters (especially temperature and salinity) which are measured electrically.

Резюме: Кислородный зонд предназначен для всестороннего применения в океанологии до глубины воды 3000 м. В качестве элемента, чувствительного к кислороду, служит электродная система по Кларку с мембраной толщиной 12 мкм из политетрафлуорэтилена. В зонд входят терморезисторы, которые управляют электронной компенсацией температуры. Выбрационно-обмывочный механизм обеспечивает хороший обмыв измерительного элемента и датчика с терморезисторами. Компенсация хорошо динамически согласована с измерительным элементом, в связи с чем несмотря на короткое время измерения и при быстрой смене температур замеры получаются правильными. Измеряемая величина появляется линейно на выходе в виде частотно-аналогового синусоидального

сигнала, кодированного с 0,75 В_{эфф.} в диапазоне частоты 360 ... 560 Гц. Во время работы с зондом следует учесть некоторые особенности, основные из которых:

- Для выверки требуется устройство, позволяющее проведение титрования по Винклеру.
- Выверку можно провести не раньше как 10—14 суток после проведенного технического обслуживания, потому что в таком периоде в поляризованном измерительном элементе проходят процессы формирования.
- Используемые приборы и запасные зонды должны быть соединены с питанием, находящимся в измеряемой жидкости.

Первые пробы применения этих датчиков содержания кислорода данной конструкции показали хорошие результаты. Полученные показатели хорошо согласуются с пробами, определенными в лаборатории. Объем информации вертикальных кривых во много раз превышает объем информации традиционных методов измерений. В результате обработки и составления в виде таблиц данных измерений оперативное использование результатов на месте измерений становится возможным особенно в ходе работ по морской биологии и содействует оптимизации программы экспедиции. Для океанографа вытекают особенные преимущества благодаря:

- хорошему пространственному и временному разрешению структуры кислородного режима;
- регистрации неискаженных данных содержания кислорода в море, напр. для точного определения определенных пороговых величин содержания растворенного кислорода (2 мл, 0 мл);
- совместимости данных содержания кислорода и других параметров, измеряемых электронной техникой (особенно температуры, содержания солей).

Der im Meerwasser gelöste Sauerstoff stellt für die Meeresforschung eine wichtige Größe dar. Grundlage für die Sauerstoffsättigungstabellen bildet noch heute in den meisten Fällen die chemische Bestimmungsmethode nach WINKLER (1888). Die Probenentnahmetechnik als eine wesentliche Voraussetzung der chemischen Bestimmungsmethoden wurde sehr verfeinert, um Fehler bei der Gewinnung und Aufbereitung der Proben weitestgehend zu vermeiden.

Schon lange besteht jedoch Interesse an direkter Sauerstoffmessung in situ, da die Aussagen aus probengebundenen Meßergebnissen stets nur lückenhaft sein können.

Für die Direktmessung des Sauerstoffgehaltes von wäßrigen Lösungen lassen sich die elektrochemischen Eigenschaften des gelösten Sauerstoffes ausnutzen. Die bekannteste auf diesem Prinzip beruhende Meßzelle ist die Membran-Elektrode nach CLARK (1960). Auch der im Institut für Meereskunde der AdW der DDR in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut Meinsberg entwickelte Sauerstoffsensoren enthält eine derartige Meßzelle nach CLARK als sensibles Element.

Abb. 1 zeigt ein Schnittbild der in Meinsberg entwickelten Meßzelle. Es handelt sich um eine 3-Elektroden-Zelle mit Platin-Kathode, Ag/Ag Cl-Anode und Platin-Hilfskathode.

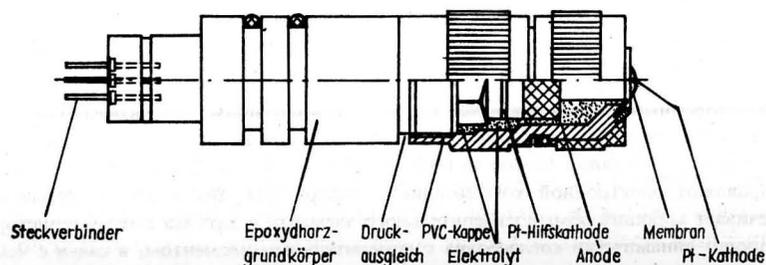


Abb. 1. Schnitt durch die Meßzelle des Sauerstoffsensors

Als Elektrolytflüssigkeit wird eine KCl-Lösung verwendet. Die Diffusionsmembran besteht aus 12 µm starker PTFE-Folie.

Neben der Meßzelle enthält der Sauerstoffsensoren als Besonderheit einen Vibrationspülmechanismus und einen separaten Thermofühler. Durch den Pülmechanismus werden Meßzelle und Thermofühler ständig mit Frischwasser versorgt. Nur dadurch konnte die kurze Einstellzeit von 5 s erreicht werden. Außerdem werden Meßfehler durch Zehrungsverluste der ständig eine geringe Menge Sauerstoff konsumierenden Meßzelle ausgeschlossen. Durch die gesonderte Anordnung des Thermofühlers war es möglich, die thermische Einstellzeit der Temperaturkompensation exakt auf die Meßzelle abzustimmen, womit die bei anderen Geräten auftretenden Kompensationsspiques bei schnellen Temperaturveränderungen vermieden werden. Nennenswert ist außerdem die robuste, für über 3000 m Wassertiefe ausgelegte mechanische Konstruktion des Sauerstoffsensors.

Der Sauerstoffsensoren wurde für den Einsatz an der Ozeanologischen Meßkette OM 75 (MÖCKEL [3]) entwickelt, kann jedoch auch separat oder an anderen Anlagen genutzt werden, die auf der Basis der Übertragung frequenzanaloger Signale arbeiten.

Abb. 2 zeigt die Gesamtansicht des Sensors. Die rechts im Bild befindliche Schutzkappe wird bei größeren Meßpausen auf den Sensor aufgesteckt und mit Wasser gefüllt, um ein völliges Austrocknen der empfindlichen Membran zu verhindern. Außerdem läßt sich diese Kappe für Eichzwecke verwenden. Im Meßkopf befinden sich Elektrode, Thermofühler und Pülmechanismus.

In Abb. 3 ist ein Blockschaltbild der Elektronik des Sensors dargestellt. Es zeigt den für den Betrieb notwendigen Stromversorgungszweig, den eigentlichen Informationsverarbeitungszweig, Vibrator, Meßzelle und Thermofühler. Die Elektronik wird sorgfältig temperaturkompensiert und garantiert selbst einen maximalen Meßfehler von $\pm 1\%$ im Temperaturbereich von 0 bis +40 °C. Das entspricht einem Absolutfehler von $\pm 0,01$ mg/l bei einem Meßbereich von 0 bis 10 mg/l.

Eine Übersicht der wichtigsten technischen Parameter des Sensors ist in Tabelle 1 enthalten. Da die Beziehung der Ausgangsfrequenz des Gerätes linear zum Gehalt des Meßgutes an gelöstem Sauerstoff ist, kann die Eichung in nur zwei Meßpunkten erfolgen. Normalerweise sind dies der sogenannte Nullpunkt und ein zweiter Meßpunkt bei hohem Sauerstoffgehalt, der an die WINKLER-Titration angeschlossen wird. Die Nullpunktbestimmung erfolgt mit einer sauerstofffreien Natriumsulfidlösung.

Die Eichung sollte stets im Eichlabor erfolgen, jedoch sind Nacheichungen am Einsatzort möglich, wenn die WINKLER-Titration durchgeführt werden kann. Eine veränderte Eichung widerspiegelt sich in einer Veränderung der Umrechnungskoeffizienten Ausgangsfrequenz zu Sauerstoffgehalt.

Nach den ersten Applikationsuntersuchungen wurde festgestellt, daß eine repräsentative Eichung der Sensoren, die dann mehrere Wochen gültig sein kann, erst nach etwa zweiwöchigem Dauerbetrieb der Geräte sinnvoll ist. Erst nach 10 bis 14 Tagen sind Polarisierungs- und Formierungsprozesse in der Meßzelle weitestgehend abgeklungen. Dieser Fakt hat Konsequenzen für die gesamte Arbeit mit den Sauerstoffsensoren:

- Es dürfen nur genügend gealterte und sorgfältig geeichte Geräte zum Einsatz kommen.
- Es muß eine genügend große Anzahl an Geräten vorhanden sein, um einen Umlaufzyklus Messung, Wartung, Alterung, Eichung für jedes Einzelgerät zu sichern.
- Gerade im Einsatz befindliche Geräte sowie Ersatzgeräte müssen in Betrieb gehalten werden.
- Am Einsatzort sind die notwendigen Kontroll- und Eichmöglichkeiten vorzusehen.

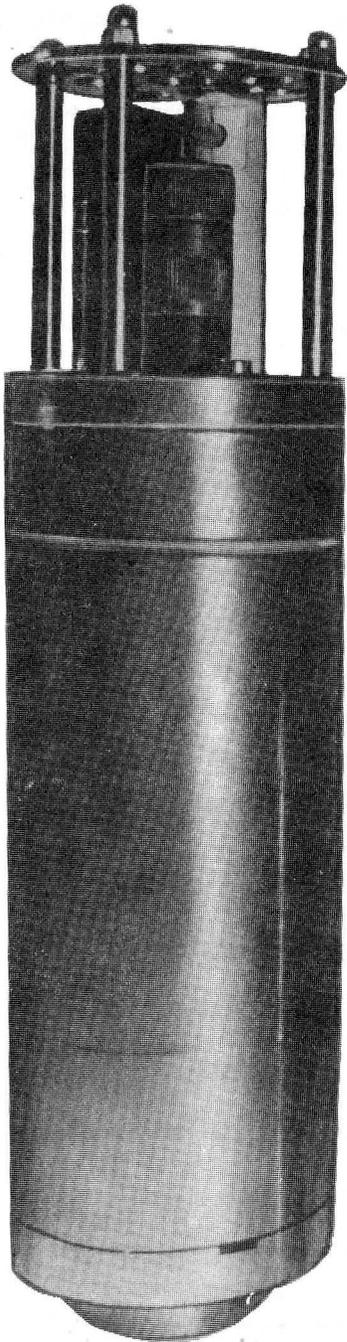


Abb. 2. Gesamtansicht der Sauerstoffsonde mit Schutzkappe

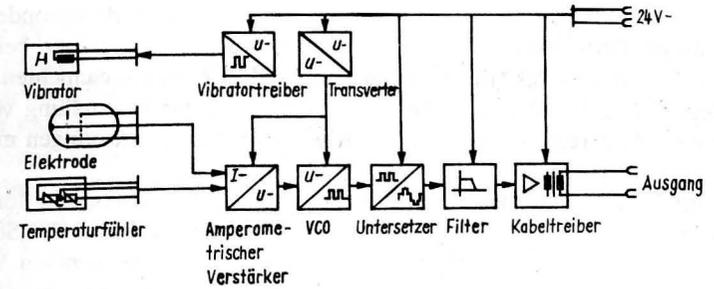
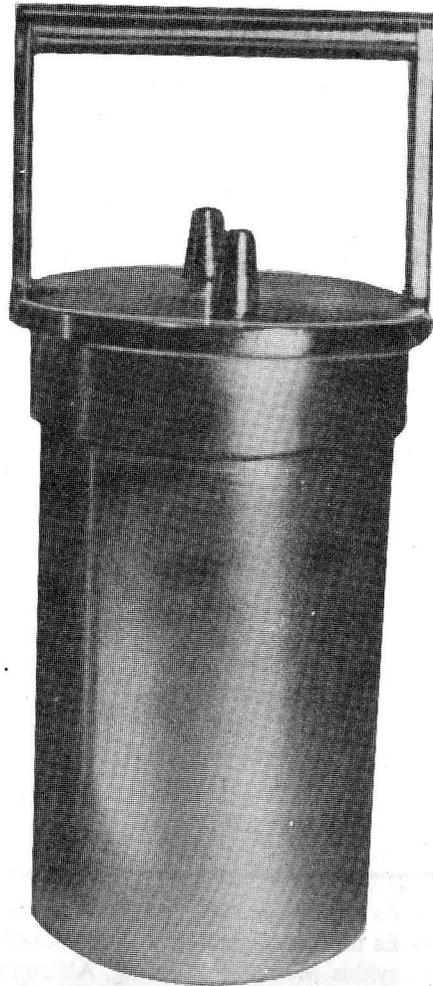


Abb. 3. Blockschaltbild der Elektronik des Sensors

Tabelle 1

Vorläufige technische Kenndaten

Sauerstoffmeßbereich	0,1 bis 10 (20) ml O ₂ pro 1 aq
Meßfehler	± 1% des Meßbereichsendwertes
Meßwertauflösung	± 0,5% des Meßbereichsendwertes
Einstellzeit $t_{90\%}$ (12 µm Teflonfolie)	≤ 5 s
Zulässiger Umgebungsdruck	30 MPa
Zulässige Umgebungstemperatur im Betrieb	0 bis 30 °C
Stromversorgung	24 V =/110 mA
Ausgangssignal frequenzanalog	0,75 V _{eff} Sinus an 600 Ω Last
Frequenzband	360 bis 560 Hz (and. mögl.)
Gerätedurchmesser	70 mm
Gerätelänge	ca. 250 mm
Masse	ca. 3 kg

Ein erster Schritt, diesen Forderungen nachzukommen, ist die zur Zeit laufende Projektierung einer Kontroll- und Eichereinrichtung.

Für den Einsatz an autarken Geräten wird an einer Gerätevariante gearbeitet, in der in abgeschaltetem Zustand ein Primärelement die Polarisation des Elektrodensystems aufrecht erhält.

Der Sauerstoffsensoren wurde seit 1979 im Test auf verschiedenen Expeditionen sowohl in der Ostsee als auch im Atlantik eingesetzt. Damit wurden zwei Ziele verfolgt. Einmal mußte bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen eine möglichst große Anzahl von Vergleichsdaten mit geschöpften und im Labor bestimmten Proben gewonnen, und andererseits mußten die Langzeitkonstanz und mögliche Fehlerquellen infolge Langzeitbetriebes ermittelt werden. Zusätzlich wurden dabei interessante Informationen über die teilweise komplizierte Struktur der Sauerstoffverteilung und deren zeitliche Veränderungen gewonnen. Aus diesem Material wurden einige charakteristische Beispiele zur Demonstration der Leistungsfähigkeit und der Grenzen des Sensors ausgewählt.

Abb. 4 stellt zwei Vertikalsondierungen vom August 1979 dar, denen die im Labor bestimmten Werte gegenübergestellt werden. Abb. 4a wurde im südlichen Gotlandbecken gewonnen. Die starken Abweichungen zwischen Schöpfer- und Sondenwerten deuten auf

die Verschleppung von Wasser bei geringer Queranströmung der Bathysonde hin. Der Richtungssinn dieser Differenzen ergibt sich daraus, daß die Sensorwerte beim Fieren, die Schöpferproben während des Hievens gemessen wurden. In Wasserschichten mit geringen Sauerstoffgradienten stimmen die Werte gut überein. Diese Darstellung verdeutlicht auch den wesentlich höheren Informationsgehalt gegenüber Punktmessungen mit Wasserschöpfern.

In Abb. 4b sind Fier- und Hievkurve sowie Temperaturverlauf an einer Station im Bornholmbecken dargestellt. Die gute Übereinstimmung zwischen Fierkurve des Sensors und Schöpferwerten läßt auf eine wirksame Queranströmung mit ausreichendem Wasseraustausch an den Schöpfern und am Sensor schließen. Die in 34 m Tiefe erkennbare Sauerstoff-Inversion ist eine Folge der noch nicht optimal abgeglichenen Temperaturkompensation des Sensors, deren Auswirkungen sich in der Temperatursprungschicht besonders stark bemerkbar machen. Das Fehlen dieser Inversion in der Hievkurve und deren Verlagerung gegenüber der Fierkurve um ca. 5 m nach oben sind vor allen Dingen eine Folge des konstruktiven Aufbaues des Unterwasserteiles der Meßkette OM 75. Durch den oberhalb der Meßfühler angeordneten Wasserschöpferring befinden sich die Sensoren beim Heben der Sonde ständig in mitgeschleppten Wasserkörpern, wodurch der Austausch behindert und die aufgenommene Variabilität der Meßwertverteilung stark gedämpft wird. Diese Ursache dürfte auch für die Versetzung der Sauerstoffkurve in den homogenen Gebieten der Deck- und der Bodenschicht verantwortlich sein.

Der geschöpfte Bodenwert stellt eine Fehlbestimmung infolge Schöpferundichtigkeit dar. Aus dieser Erkenntnis, die bereits mit anderen Sensoren gewonnen wurde, resultiert die praktizierte Technologie während des Fierens mit der Meßkette OM 75, die Sensormessungen aufzunehmen und im Hieven nur die Schöpfproben zu gewinnen (FRANCKE [2]).

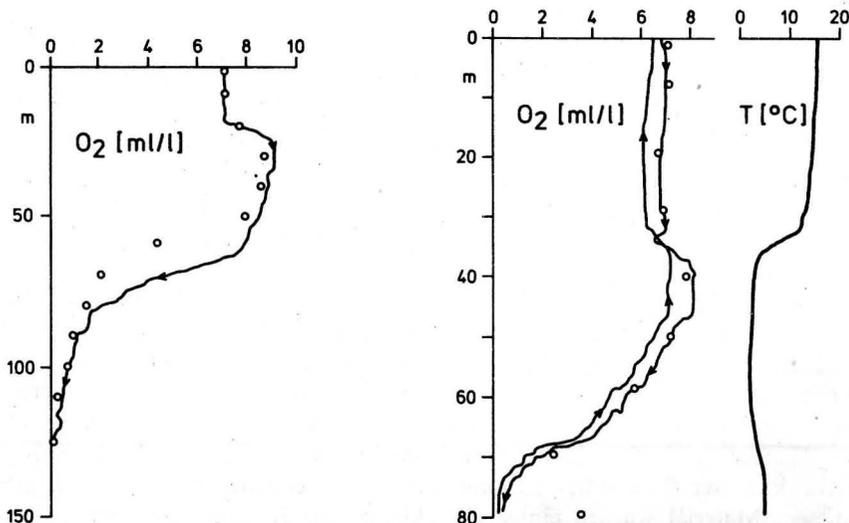


Abb. 4a. Vertikales Sauerstoffprofil im südlichen Gotlandbecken (einschl. Schöpferwerte) — Fierkurve —
b. Vertikale Sauerstoffprofile im Bornholmbecken (einschl. Schöpferwerte) — Fier- und Hievkurve —
und zugehöriges Temperaturprofil

Für die Praxis besitzen derartige Sauerstoffprofile besondere Bedeutung für biologische Untersuchungen und für die Sofortbeurteilung chemischer Verhältnisse. Sie ermöglichen die gezielte Probenentnahme für andere teilweise zeit- und technologieaufwendige Arbeitsverfahren und wirken sich damit qualitätsverbessernd und zeitgewinnend aus.

Ein anderes Beispiel (Abb. 5) vom August 1979 weist nach, daß auch für die Bearbeitung großräumiger Vertikalschnitte durch den Einsatz des Sauerstoffsensors bessere Informationen aus dem Material gewonnen werden können. Der dargestellte Schnitt verläuft durch die Ostsee vom Arkona- über das Gdansk und Gotland-Becken bis zum Finnischen Meerbusen. Infolge der unterschiedlichen Sauerstoffverhältnisse in der Ostsee wird der breite

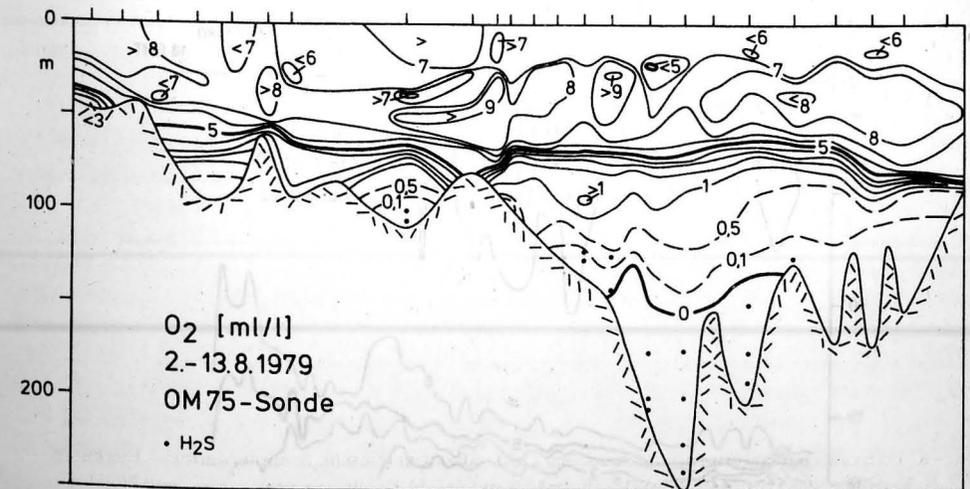
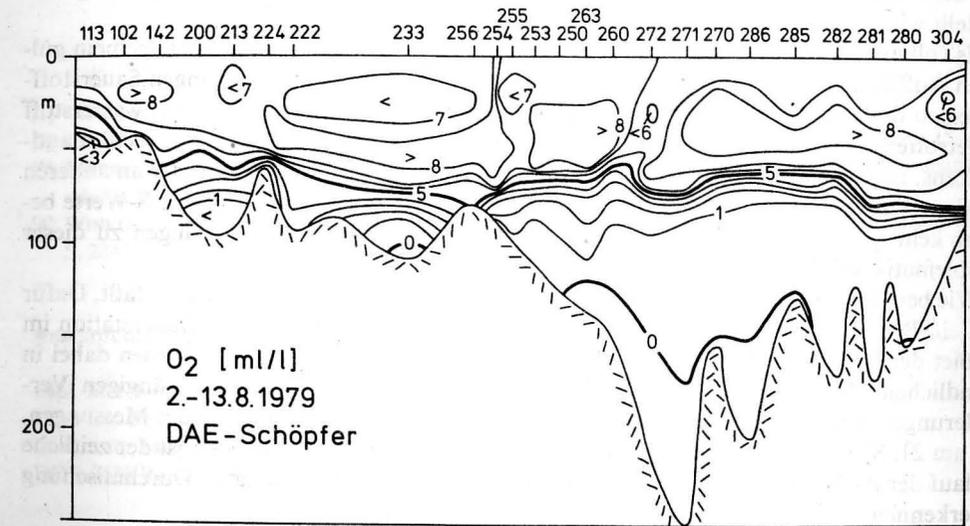


Abb. 5. Vertikaler Sauerstoffschnitt durch die Ostsee vom Arkona- über das Gdansk und Gotland-Becken bis zum Finnischen Meerbusen.

Meßbereich zwischen 0 und 10 ml/l erfaßt und damit der Sensor einem aussagekräftigen Test unterworfen.

Die Meßdaten spiegeln die komplizierten Muster der Sauerstoffverteilung in der Deckschicht wider, die auf Grund produktionsbiologischer Vorgänge entstehen. Das sommerliche Maximum der Zooplanktonproduktion bewirkt niedrige Sauerstoffkonzentration in der lichtdurchfluteten Oberflächenschicht. Durch räumlich inhomogene Verteilungen des Planktons und durch unterschiedliche biochemische Vorgänge bei Tag und auch bei Nacht ergibt sich eine hohe Variabilität im Sauerstoffhaushalt, die vom Sensor mit wesentlich höherer Detailtreue wiedergegeben wird als durch die Punktbestimmungen mit Wassererschöpfern. Während dieses Einsatzes war der Sauerstoffsensor besonders sorgfältig geeicht worden, wodurch die 0-ml-Isolinie des Sauerstoffs auch durch die Sonde zuverlässig dargestellt wird.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß im Gegensatz zur allgemein gültigen Auffassung der Meereschemiker in einigen Meßniveaus bei noch geringen Sauerstoffanzeigen des Sensors von unter 0,1 ml/l geringe Konzentrationen von Schwefelwasserstoff angetroffen wurden. Das wird in den vorliegenden Abbildungen am Südhang des Gotlandbeckens, nördlich des Färörtiefs und im Gdansker Becken deutlich. Wegen der an anderen Stationen mit der Sonde korrekt erreichten O-Werte und der sehr niedrigen H_2S -Werte besteht kein Grund, an den Sensorwerten zu zweifeln. Weitere Untersuchungen zu dieser Problematik sind erforderlich.

Wie bereits angedeutet, werden in den Darstellungen auch zeitliche Abläufe erfaßt. Dafür soll ein Beispiel dienen, das im August 1980 während einer dreiwöchigen Dauerstation im Gebiet der Darßer Schwelle gewonnen wurde. Mit der Meßkette OM 75 wurden dabei in stündlichem Abstand Vertikalserien aufgenommen und daraus die zeitabhängigen Veränderungen dargestellt. Abb. 6 zeigt einen Ausschnitt von der ersten Phase der Messungen, die am 21. 8. infolge eines Sturmes unterbrochen werden mußten. Deutlich ist der zeitliche Ablauf der Auflösung der Sauerstoffschichtung infolge der windbedingten Durchmischung zu erkennen.

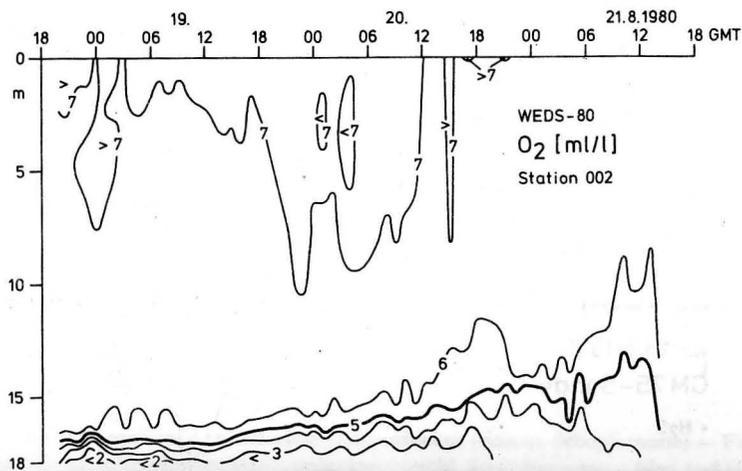


Abb. 6. Messung zeitlicher Variationen des Sauerstoffs auf der Darßer Schwelle

Solche Meßwertaufnahmen sind, abgesehen vom Umfang des Informationsgehaltes, mit der klassischen Titrationsmethode nach WINKLER auf Grund des zeitlichen Aufwandes derartiger Bestimmungen nicht möglich und an moderne elektronische Meßmethoden gebunden.

Für den Ozeanographen ergeben sich also aus der Nutzung dieses Sensors besondere Vorteile durch

- die gute räumliche und zeitliche Auflösung der Struktur der Sauerstoffverteilung,
- die Erfassung unverfälschter Sauerstoffdaten in situ für z. B. die genaue Bestimmung bestimmter Schwellenwerte des Gehaltes an gelöstem Sauerstoff (2 ml, 0 ml) und
- die Kompatibilität der Sauerstoffwerte zu anderen elektronisch gemessenen Parametern (besonders Temperatur, Salzgehalt).

Literatur

- [1] CLARK, L. C., Jr.: Surg. Forum (1960) H. 57
- [2] FRANCKE, E.: Einsatzverfahren mit der Meßkette OM 75. Beitr. Meereskunde (1980) H. 43, 15–22
- [3] MÖCKEL, F.: Die ozeanologische Meßkette OM 75, eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. Beitr. Meereskunde (1980) H. 43, 5–14
- [4] WINKLER, L. W.: Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs. Ber. dtsh. chem. Ges. **21** (1888), S. 2843

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Met. EBERHARD FRANCKE
 Dipl.-Ing. SIEGFRIED KRÜGER
 Institut für Meereskunde der AdW der DDR
 DDR-2530 Rostock-Warnemünde

Ergebnisse der praktischen Erprobung akustischer Sing-around-Strömungsmesser mit verbesserter Auflösung, Meßdynamik und Systemstabilität

Von J. GÄTKE, A. RENNAU, TH. SCHEFFLER und T. STOLLE

Zusammenfassung: Es wurde eine Meßstrecke zur Strömungsmessung nach dem akustischen Sing-around-Prinzip entwickelt und im Labor, in Schlepp- und Strömungskanälen unter definierten Bedingungen und im See-Einsatz erprobt. Die vorliegende Ausführung erlaubt die Messung des horizontalen Strömungsvektors in zwei orthogonalen Komponenten im Bereich von 1 mm/s bis hin zu etwa 3 m/s bei Meßzeiten (Integrationszeiten) ab etwa 20 ms und die Messung der Schallgeschwindigkeit mit einer Auflösung von 1 mm/s.

Die Strömungsmessung nach dem akustischen Sing-around-Prinzip auf der Basis einer Frequenzdifferenzmessung weist in der technischen Realisierung für viele Anwendungsfälle noch unzureichende Parameterwerte auf. Als wesentlicher Komplex sind hier die verhältnismäßig lange Meßzeit, die geringe Empfindlichkeit und die unbefriedigende Systemstabilität infolge der Einschwingzeiten der zur Frequenzvervielfachung eingesetzten PLL-Schaltungen mit relativ hohem Vervielfachungsfaktor zu nennen [1]. Eine Verbesserung einer dieser drei Größen ist kaum ohne negative Konsequenzen für die beiden anderen möglich.

Nach [2] lassen sich Sing-around-Strömungsmesser realisieren, die mit einer Quantisierungshilfsfrequenz $f_H = \frac{1}{t_q}$ arbeiten und hinsichtlich der oben genannten Parameter wesentlich bessere Werte aufweisen. Dabei sind zwei Grundtypen zu unterscheiden, deren Meßregime entweder durch eine feste Sing-around-Umlaufzahl n [3], [4] oder durch eine feste Meßzeit t_M [5], [6], [7] bestimmt wird. In Abb. 1 und 2 sind zur Erläuterung des Prinzips die Blockschaltbilder zweier vereinfachter Realisierungen dieser Grundtypen dargestellt.

Der zeitliche Ablauf nach Abb. 1 ist folgender: Der erste Anregungsimpuls des Sendeschwingers des Sing-around-Kreises setzt den Vorwärts-Rückwärts-Zähler 1 für das Zählen der Sing-around-Umläufe und den Vorwärts-Rückwärts-Zähler 2 für die Periodenzählung der Hilfsfrequenz in Betrieb. Die Zählzeit für beide Zähler wird beendet, wenn im Vorwärts-Rückwärts-Zähler 1 eine vorher festgelegte Anzahl von Sing-around-Umläufen registriert ist. Ein infolgedessen ausgelöstes Signal setzt die Stoppsmarke für den Vorwärts-Rückwärts-Zähler 2, bewirkt die Zählrichtungsumkehr für beide Vorwärts-Rückwärts-Zähler sowie die Umschaltung der Arbeitsrichtung des Sing-around-Kreises. Anschließend läuft dieser Vorgang nochmals ab, und zwar solange, bis der Vorwärts-Rückwärts-Zähler 1 den Zählerstand $Z = 0$ erreicht hat, der bewirkt, daß auch der Vorwärts-Rückwärts-Zähler 2 gestoppt wird, dessen Zählerstand ΔZ nun der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Gesamtmeßzeit T_M proportional ist. Es ergibt sich $T_M \approx 2n \cdot \frac{l}{c}$.

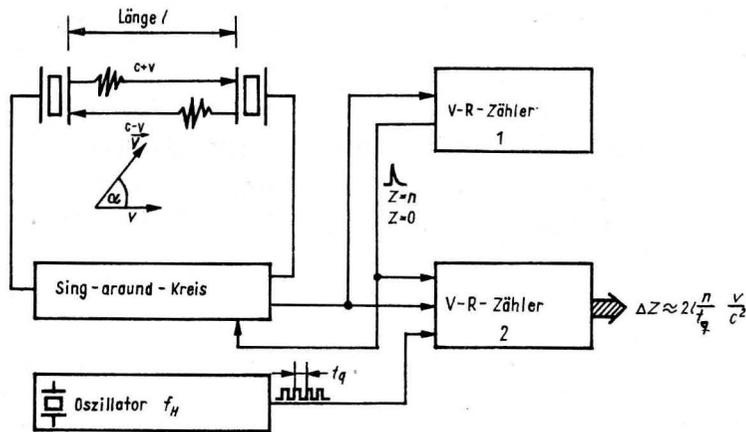


Abb. 1. Blockschaltbild zum Grundprinzip der Sing-around-Strömungsmessung mit konstanter Umlaufzahl und Quantisierungshilfsfrequenz

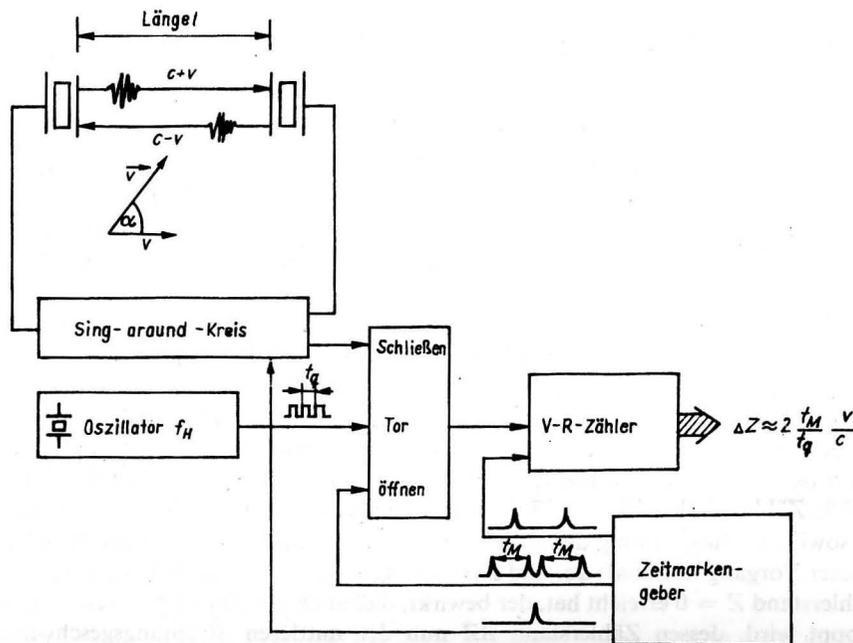


Abb. 2. Blockschaltbild zum Grundprinzip der Sing-around-Strömungsmessung mit konstanter Meßzeit und Quantisierungshilfsfrequenz

Der Meßvorgang nach Abb. 2 läuft folgendermaßen ab: Mit der ersten vom Zeitmarkengeber abgegebenen Marke wird das Tor geöffnet, so daß der Vorwärts-Rückwärts-Zähler die Hilfsfrequenzperioden zu zählen beginnt. Durch die nächstfolgende TH-Flanke der Sing-around-Frequenz wird das Tor geschlossen und damit der Zählvorgang gestoppt. Eine nächste Zeitmarke bewirkt nun eine Zählrichtungsumkehr des Vorwärts-Rückwärts-Zählers. Mit der dritten Zeitmarke beginnt das Rückwärtszählen, wiederum bis zur nächsten TH-Flanke der Sing-around-Frequenz. Danach wird durch die vierte Zeitmarke die Arbeitsrichtung des Sing-around-Kreises umgeschaltet, und der Vorgang läuft nun rückwärts noch einmal ab. Die fünfte Zeitmarke wirkt wie die dritte, die sechste wie die zweite und die siebente wie die erste. Unter der Bedingung, daß in beide Teilmessungen die gleiche Anzahl vollständig absolvierter Sing-around-Umläufe fällt, erhält man wiederum ein zur Strömungsgeschwindigkeit proportionales Zählergebnis ΔZ [7]. Zwischen der Teilmeßzeit t_M und der Gesamtmeßzeit T_M gilt die Beziehung $T_M \approx 2t_M$.

Beide Meßprinzipien wurden für den zeitseriellen Meßbetrieb [8] als Labormuster realisiert. Die wichtigsten Kennwerte seien nachfolgend genannt:

System mit fester Umlaufzahl:

- $n = 44$ bzw. 440 umschaltbar
- zusätzliche Umschaltmöglichkeit auf \bar{v}_{10} , d. h. Integration von 10 Einzelwerten
- Damit konnte ein Meßzeitbereich von $T_M \approx 25$ ms ... 2,5 s überstrichen werden.
- Strömungsgeschwindigkeitsauflösung für $n = 44$: $0,6$ cm/s

System mit fester Meßzeit:

- $t_M = 40$ ms bzw. $0,4$ s, zusätzlich schaltbare Zeitfaktoren 2 und 4
- zusätzliche Umschaltmöglichkeit auf \bar{v}_{10}
- Strömungsgeschwindigkeitsauflösung für $t_M = 40$ ms: $1,7$ mm/s

Die verwendete akustische Meßstrecke war eine Reflektoranordnung mit der Streckenlänge $l = 40$ cm und einem Reflexionswinkel $\alpha = 56,5$ Grad.

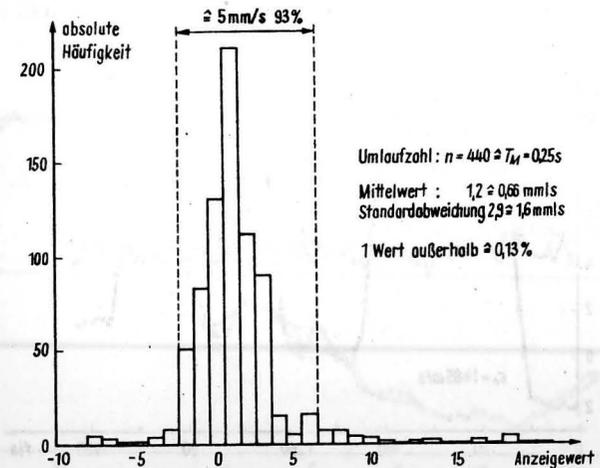


Abb. 3. Histogramm der Anzeigewerte des Strömungsmessers mit konstanter Umlaufzahl bei $v = 0$ für 768 Werte

Da zwei gleiche parallele Meßstrecken mit einem Streckenabstand von weniger als 4 cm vorhanden waren, konnten beide Systeme gleichzeitig unter gleichen Bedingungen betrieben werden. Dadurch waren ausgezeichnete Vergleichsmöglichkeiten gegeben.

Die beiden Labormuster wurden folgenden Tests unterzogen:

- A Untersuchungen des Nullpunktfehlers und der Systemstabilität (Eigenrauschen) bei exakt $v = 0$. Dazu wurde die Meßstrecke in ein Gelatine-Wasser-Gemisch mit vernachlässigbar geringem Feststoffgehalt eingegossen.
- B Untersuchungen zum Einfluß von Schallgeschwindigkeitsänderungen. Dazu wurden Schallgeschwindigkeitssprünge thermisch erzeugt.
- C Untersuchungen zum horizontalen Kosinusverhalten des Meßstreckenaufbaus (Schräg-anströmung).
- D Untersuchungen zur Übereinstimmung beider Labormuster und Vergleichsmessungen mit einem Laser-DOPPLER-Anemometer.
- E Untersuchungen zur Meßdynamik (Auflösung von Strömungsgeschwindigkeitsänderungen).
- F praktische Erprobungen im See-Einsatz.

Die Messungen A bis E wurden in einer Strömungsrinne mit einer Maximalgeschwindigkeit von ungefähr 70 cm/s durchgeführt. Für $v > 25$ cm/s waren erhebliche Turbulenzen festzustellen. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Messungen sollen durch einige Abbildungen belegt werden.

Abb. 3 liefert Aussagen zum Komplex A. Für beide Labormuster wurden Nullpunktfehler unter 2 mm/s und Standardabweichungen kleiner als 3 mm/s bei Stichprobenumfängen um 1000 Werte für alle untersuchten Systemeinstellungen ermittelt.

Abb. 4 zeigt den Einfluß von Schallgeschwindigkeitsänderungen auf das Strömungsmeßergebnis. Schallgeschwindigkeitssprünge von 0,6 m/s mit einer Änderungsgeschwindigkeit von ca. 10 cm/s² wirken sich nicht sichtbar auf das Strömungsmeßergebnis aus.

Aus Abb. 5 ist das sehr gute horizontale Kosinusverhalten der Meßanordnung ersichtlich.

Abb. 6 zeigt den Vergleich beider Systeme mit einem Laser-DOPPLER-Anemometer (LDA). Die Übereinstimmung untereinander und die Linearität sind sehr gut. Die Abweichung von den LDA-Werten (ca. -10%) ist dadurch zu erklären, daß das punktförmige

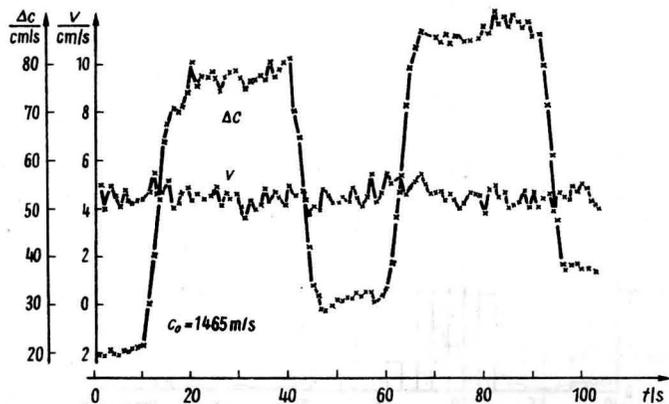


Abb. 4. Einfluß von Schallgeschwindigkeitsänderungen Δc auf das Strömungsmeßergebnis (Einstellung $n = 44, \bar{v}_{10}$)

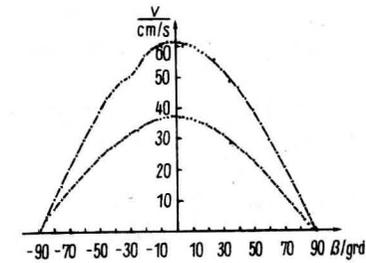


Abb. 5. Abhängigkeit des Meßergebnisses vom Anströmwinkel für zwei verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten (horizontaler Kosinus-Test)

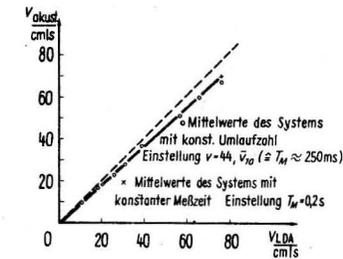


Abb. 6. Vergleichsmessung der akustischen Strömungsmesser mit einem Laser-Doppler-Anemometer (LDA)

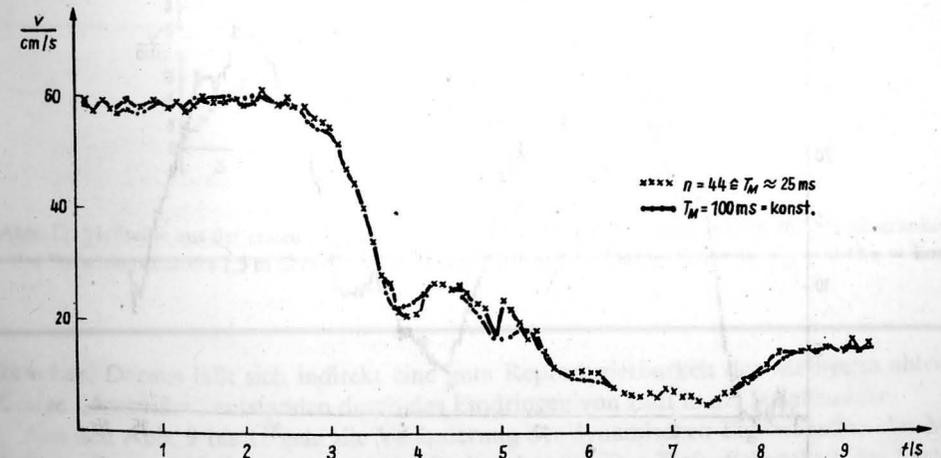


Abb. 7. Dynamischer Vergleich beider Meßsysteme

Meßvolumen des LDA ($\approx 1 \text{ mm}^3$) in der Mitte der Strömungsrinne, d. h. im Maximum des Strömungsprofils lag, die akustische Meßstrecke jedoch durch die linear-integrale Meßweise einen Profilmittelwert lieferte.

In Abb. 7 wird die gute dynamische Übereinstimmung beider Systeme bei auftretenden Strömungsgeschwindigkeitsänderungen deutlich. Die Änderungsgeschwindigkeit nimmt in diesem Fall Werte $> 0,4 \text{ m/s}^2$ an.

Die Ergebnisse zweier unabhängiger Anlaufversuche der Strömungsrinne, die nach verschiedenen Meßzeitregimes aufgenommen wurden, zeigt Abb. 8. Dazu wurde die Umlaufpumpe bei geschlossener Drosselklappe gestartet und 20 s später die Drosselklappe schnell geöffnet. Die zeitliche und quantitative Übereinstimmung beider Kurven ist deutlich er-

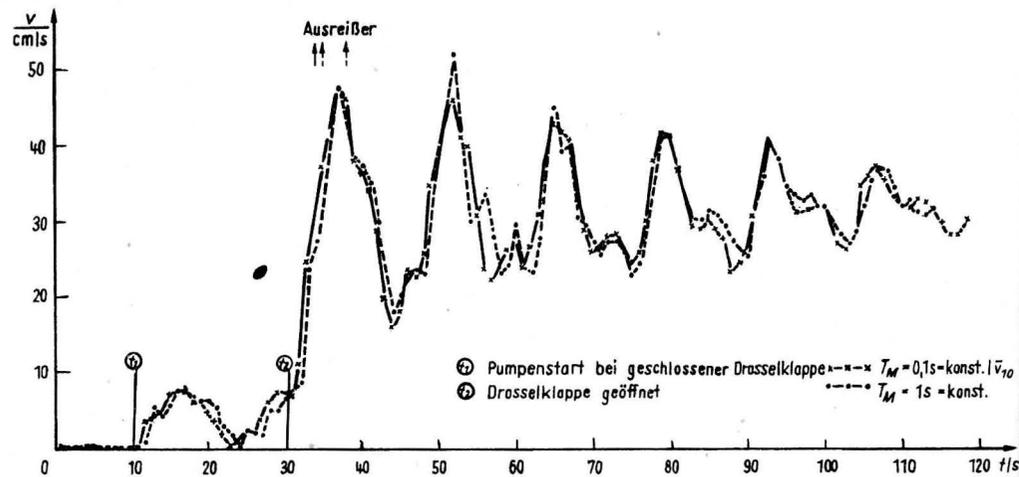


Abb. 8. Anlauftest-Strömungsrinne, Vergleich zweier unabhängiger Versuche

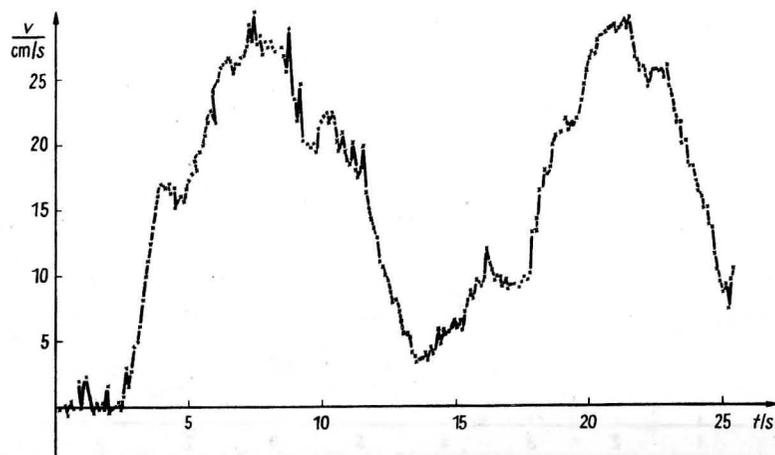


Abb. 9. Anlauftest-Strömungsrinne, Pumpenstart bei geöffneter Drosselklappe, $T_M = 0,1 \text{ s} = \text{konst.}$

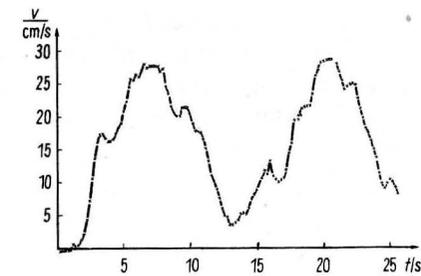


Abb. 10. Anlauftest-Strömungsrinne, Pumpenstart bei geöffneter Drosselklappe, $T_M = 0,2 \text{ s} = \text{konst.}$

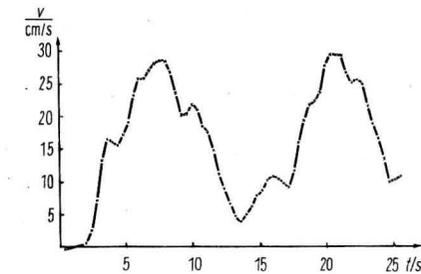


Abb. 11. Anlauftest-Strömungsrinne, Pumpenstart bei geöffneter Drosselklappe, $T_M = 0,4 \text{ s} = \text{konst.}$

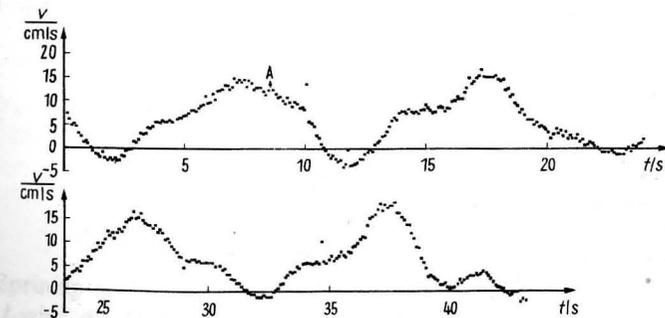


Abb. 12. Meßreihe aus der ersten See-Erprobung während des Experimentes WEDS 80, Grundverankerung des Strömungsmessers 1,5 m über Grund in 16,5 m Tiefe auf der Darßer Schwelle, $T_M = 0,15 \text{ s} = \text{konst.}$

kennbar. Daraus läßt sich indirekt eine gute Reproduzierbarkeit der Meßwerte ableiten. Einige „Ausreißer“ entstanden durch das Eindringen von Luft in die Schallstrecke.

Aus den Abb. 9 bis 11 geht die Veränderung der dynamischen Eigenschaften des Meßsystems für verschiedene konstante Meßzeiten hervor. Der Tiefpaßcharakter des Systems mit einer der Meßzeit proportionalen Zeitkonstante und eine gute Reproduzierbarkeit werden bestätigt.

Abb. 12 zeigt eine Meßreihe aus der ersten See-Erprobung der Labormuster während des von der Akademie der Wissenschaften der DDR durchgeführten Experimentes WEDS 80 zur Erforschung des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee auf der Darßer Schwelle. Bei fester Verankerung des Strömungsmessers direkt über Grund wurden Strömungsgeschwindigkeitsänderungen von $0,1 \text{ m/s}^2$ gemessen.

Literatur

- [1] GÄTKE, J., A. RENNAU, T. SCHEFFLER und T. STOLLE: Ergebnisse praktischer Erprobungen akustischer Strömungsmesser. 3. Symposium Maritime Elektronik 1980. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Technische Elektronik. Vortragsammelband Meßelektronik, 175—182
- [2] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Akustische Sing-around-Verfahren zur Strömungsmessung mit verbesserter Auflösung und Empfindlichkeit. 3. Symposium Maritime Elektronik 1980. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Technische Elektronik. Vortragsammelband Meßelektronik, 167—174
- [3] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Sing-around-Verfahren zur akustischen Strömungsmessung. DDR-Wirtschaftspatent 143 108, Kl. G 01 F 1/66, 19. 4. 1979
- [4] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Schaltungsanordnung zur akustischen Strömungsmessung. DDR-Wirtschaftspatent 143 110, Kl. G 01 F 1/66, 19. 4. 1979
- [5] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Modifiziertes Sing-around-Verfahren zur akustischen Strömungsmessung. DDR-Wirtschaftspatent 143 107, Kl. G 01 F 1/66, 19. 4. 1979
- [6] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Schaltungsanordnung zur akustischen Strömungsmessung. DDR-Wirtschaftspatent 143 116, Kl. G 01 P 5/00, 19. 4. 1979
- [7] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Auswerteverfahren für akustische Sing-around-Strömungsmesser. Anmeldung eines Wirtschaftspatentes, registriert unter WP G 01 F/216916, 15. 11. 1979
- [8] GÄTKE, J., A. RENNAU und T. SCHEFFLER: Zeitparalleler und zeitserieller Betrieb bei der Strömungsmessung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, math.-nat. wiss. Reihe, 26 (1977) H. 10

Anschrift der Verfasser:

Dr. J. GÄTKE, Dipl.-Ing. A. RENNAU,
Dipl.-Ing. TH. SCHEFFLER und H.-Ing. T. STOLLE
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock
Sektion Technische Elektronik
DDR-2500 Rostock

Bemerkungen zur unteren Meßgrenze akustischer Strömungsmeßverfahren und das Beurteilungskriterium des erforderlichen minimalen Driftweges

Von J. GÄTKE, A. RENNAU und TH. SCHEFFLER

Zusammenfassung: Wichtiger Parameter einer Strömungsmeßanordnung ist die untere Meßgrenze. Im Zusammenhang mit der erforderlichen Meßzeit (Integrationszeit) wird der Begriff des erforderlichen minimalen Driftweges eingeführt und als Bewertungskriterium vorgeschlagen.

Summary: An important parameter in marine current measuring systems is the lower limit of measurement. In connection with the necessary time of measuring (time of integration) it will be introduced the term of the „necessary minimum drift length“ and it will be proposed it as criterion of valuation.

Es ist erforderlich, Meßverfahren hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit, ihrer Anwendungsgrenzen, d. h. vor allem hinsichtlich ihres Meßbereiches auszuloten. Er bestimmt nicht zuletzt ihren Einsatz.

Im Mittelpunkt hier steht die untere Meßgrenze. Es ist bekannt, daß sie u. a. das Kriterium ist, die bisher in der ozeanografischen Forschung im Einsatz befindlichen mechanischen Strömungsmesser mit Flügelrad bzw. Rotor durch alternative bzw. bessere Lösungen u. a. in Form akustischer Strömungsmesser abzulösen.

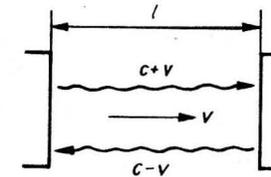


Abb. 1. Skizze der Meßstrecke

Das Meßprinzip sei nachfolgend nochmals kurz erläutert: In einer festen Meßstrecke der Länge l wird die Meßgröße in Form von Laufzeiten durch Verdriftung akustischer Signale in und gegen Strömungsrichtung ermittelt (siehe Abb. 1) Es ergeben sich folgende Signallaufzeiten und daraus abgeleitet die entsprechenden Frequenzen:

	Laufzeiten	Frequenzen	
bei ruhendem Medium (z. B. senkrecht zur Strömung)	$t_0 = \frac{l}{c}$	$f_0 = \frac{c}{l}$	(1)
in Strömungsrichtung	$t_+ = \frac{l}{c+v}$	$f_+ = \frac{c+v}{l}$	
gegen Strömungsrichtung (z. B. [1])	$t_- = \frac{l}{c-v}$	$f_- = \frac{c-v}{l}$	

Die Differenz bzw. die Summe zweier dieser Werte ergeben die zu ermittelnden Größen der Strömungsgeschwindigkeit v bzw. der Schallgeschwindigkeit c , in der Regel in der Form

	<i>Frequenzmessung</i>	<i>Zeitmessung</i>	
Differenz	$\Delta f = f_+ - f_- = \frac{2v}{l}$	$\Delta t = t_- - t_+ = \frac{2vl}{c^2 - v^2} \approx \frac{2vl}{c^2}$	(2)
		(z. B. [3])	
Summe	$\sum f = f_+ + f_- = \frac{2c}{l}$	$\sum t = t_+ + t_- = \frac{2cl}{c^2 - v^2} \approx \frac{2l}{c}$ für $c \gg v$.	

Die beiden Meßgrößen in Form der Laufzeiten bzw. der Frequenzen können prinzipiell in zwei unterschiedlichen *Meßabläufen* ermittelt werden:
zeitseriell: erforderliche Mindestmeßzeit (Integrationszeit)

$$t_{s\min} = t_+ + t_- \approx 2t_0 \quad (3)$$

Es genügt eine Einstreckenausführung, d. h. ein Schwingerpaar (z. B. [4]).
zeitparallel: erforderliche Mindestmeßzeit (Integrationszeit)

$$t_{p\min} = t_- \approx t_0 \approx \frac{1}{2} t_{s\min} \quad (4)$$

Es bedarf einer Doppelstreckenausführung, d. h. zwei Schwingerpaare (z. B. [5]), (bzw. 2-Sendefrequenzenbetrieb)

(Vor- und Nachteile dieser beiden Meßabläufe sollen in dieser Arbeit nicht behandelt werden).

Einleuchtend ist, daß bei entsprechenden Parametern die Differenzgrößen klein ausfallen und damit die relativen Meßfehler groß werden können. Dies ist der Grund für die Einführung des bekannten sogenannten *Sing-around-Prinzips*, d. h. des mehrmaligen Signaldurchlaufs durch die Meßstrecke (z. B. [6]). Das bedeutet

- eine effektive Verlängerung des Meßweges (bei gleichem Meßvolumen),
- Verlängerung der Meßzeit (Integrationszeit),
- Verringerung der rel. Frequenz- bzw. Zeitmeßfehler.

Der Wert der Strömungsgeschwindigkeit v eines fließenden Mediums wird ermittelt

- a) entweder durch Zählen der Sing-around-Umläufe der Ultraschallsignale in und gegen Strömungsrichtung *während einer festen Meßzeit* t_m (Frequenzmessung) und Differenzbildung; entsprechend (2) folgt

$$\Delta U = t_m \Delta f = \frac{2v}{l} t_m, \quad (5)$$

oder

- b) durch Registrierung der Impulsumlaufzeiten in und gegen Strömungsrichtung für eine feste Anzahl von Impulsumläufen U (Zeitmessung) und Differenzbildung; entsprechend (2) folgt

$$U \Delta t = U \frac{2vl}{c^2 - v^2} \approx U \frac{2vl}{c^2} \quad \text{für } c \gg v. \quad (6)$$

Untere Meßgrenze

Die untere Meßgrenze ist im originalen Sing-around-Verfahren (Fall a)) bezüglich der Strömungsgeschwindigkeit v bei vorgegebener Meßzeit t_m und Meßstrecke l durch den Zählerstand $\Delta U = 1$ festgelegt und eindeutig durch die geometrische Größe l und durch die gewählte Meßzeit bestimmt. Der zu ermittelnde Wert ist durch ganze Vielfache k dieser Zählerleinheit auch quantisiert:

$$v_{\min} = \frac{l}{2t_m} \quad \text{und} \quad v = kv_{\min}. \quad (7)$$

Driftweg in der Meßzeit t_m

Das Produkt vt_m ergibt den Driftweg d in der Meßzeit t_m , so daß in Verbindung mit (5) der erforderliche minimale Driftweg d_{\min} (für $\Delta U = 1$)

$$d_{\min} = (vt_m)_{\min} = v_{\min} t_m = \frac{l}{2} = f(l) \quad (8)$$

für das originale Sing-around-Verfahren festgelegt ist. Das Ergebnis besagt, daß ein Flüssigkeitsvolumen die halbe gewählte Meßstrecke zurückgelegt haben muß, bevor ein von Null verschiedener Meßwert angezeigt wird.

Man erkennt auch gleichzeitig, daß sich bei gleicher Streckenlänge l die untere Grenze der zu ermittelnden Strömungsgeschwindigkeit v_{\min} (beliebig!) auf Kosten der Meßzeit herabsetzen läßt und umgekehrt.

Sicherlich aber ist die inhaltliche Interpretation der jeweils ermittelten Strömungsgeschwindigkeit im Zusammenhang mit der Meßzeit, d. h. Integrationszeit zu sehen.

Bei der Vorstellung neuer Strömungsmeßverfahren und Strömungsmeßgeräte ist häufig erkennbar, daß dieser Sachverhalt nicht klar ist und eigentlich nur anhand von zwei der drei Angaben:

untere Meßgrenze v_{\min} ,
Integrationszeit t_m ,
Streckenlänge l

ein Vergleich mit anderen Verfahren möglich ist. Im Grunde also stellt die Angabe des erforderlichen minimalen Driftweges das Kriterium zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Strömungsmeßverfahrens dar.

Verringerung des erforderlichen minimalen Driftweges

Der erforderliche minimale Driftweg d_{\min} , bzw. die untere Meßgrenze der Strömungsgeschwindigkeit v_{\min} und damit die Quantisierung läßt sich bei sonst gleichen Parametern (l , t_m) nur durch *zusätzliche* technische Lösungen verändern, und zwar durch

1. Vervielfachung der Sing-around-Frequenzen (z. B. [7]),
2. Anwendung einer Hilfsfrequenz zur feineren Quantisierung (z. B. [8], [9], [10]).

Eine Frequenzvervielfachung um den Faktor p bringt entsprechend (5), (7) und (8)

$$p \Delta U = \Delta Z = p \frac{2v}{l} t_m, \quad (9)$$

einen minimalen Driftweg (für $\Delta Z = 1$) von

$$d_{\min} = (vt_m)_{\min} = \frac{l}{2p} = f(l, p) \quad (10)$$

und also auch eine Verfeinerung der Quantisierung um denselben Faktor

$$v_{\min} = \frac{l}{2pt_m}. \quad (11)$$

Der zur Zeit mögliche Gewinn und die Grenzen dieses Verfahrens können nicht befriedigen ($p \approx 100$). Als Hauptnachteile der Vervielfachung der Sing-around-Frequenzen sind die sich mit zunehmenden Vervielfachungsfaktor p progressiv verlängernden Ein- und Umschwingzeiten der elektronischen Schaltungen für bekannte Vervielfachungsmechanismen und deren zunehmende Instabilität zu nennen.

Bei Anwendung einer Hilfsfrequenz f_H mit dem Ziel der Untersetzung der Sing-around-Frequenzen f_+ und f_- um einen Faktor

$$E = \frac{f_H}{f_+} = \frac{l}{c+v} f_H > 1 \quad (12)$$

folgt aus (5)

$$E \Delta U = \Delta Z = \frac{l f_H}{c+v} \frac{2vt_m}{l} = \frac{2f_H vt_m}{c+v} \approx \frac{2vt_m}{c} f_H \neq f(l). \quad (13)$$

für $c \gg v$

Die technische Realisierung (Prinziplösung) geht aus den Abb. 2 und 3 hervor.

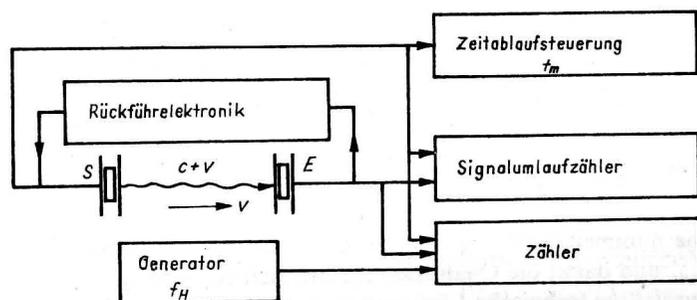


Abb. 2. Technische Realisierung bei Messung mit fester Meßzeit t_m , gezeigt für eine Schallrichtung

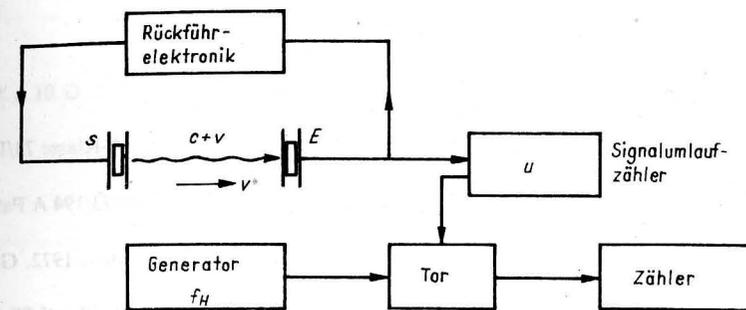


Abb. 3. Technische Realisierung bei Messung mit fester Signalumlaufzahl U , gezeigt für eine Schallrichtung

Der minimale Driftweg ergibt sich für $\Delta Z = 1$ zu

$$d_{\min} = (vt_m)_{\min} = \frac{c}{2f_H} \neq f(l). \quad (14)$$

Zu erwähnen ist, daß dieses Ergebnis im Gegensatz zu (8) und (10) von der Schallgeschwindigkeit des Mediums c abhängig, aber von der Geometrie der Anordnung (l), d. h. von konstruktiven Parametern unabhängig ist, was auf die Verfahrensunterschiede hinweist und noch einmal unterstreicht, die Angabe des erforderlichen minimalen Driftweges als gemeinsames Beurteilungskriterium für unterschiedliche Strömungsmeßverfahren zu wählen.

Obere Grenzen für die zu wählende Hilfsfrequenz f_H sind nur durch die Grenzfrequenzen der verwendeten elektronischen Bauelemente gesetzt, und die liegen sicherlich oberhalb 20 MHz, so daß Messungen nach dem akustischen Prinzip im Wasser bei einem Wert von etwa 10^{-2} cm und darunter für das Produkt vt_m ausgeführt werden können.

Ein Zahlenbeispiel soll abschließend den technischen Fortschritt belegen: angenommen $l = 40$ cm, $c = 1500$ m/s, $p = 100$, $f_H = 20$ MHz.

Originales Sing-around-Verfahren:

$$d_{\min} = \frac{l}{2} = 20 \text{ cm}$$

Sing-around-Verfahren mit Frequenzvervielfachung:

$$d_{\min} = \frac{l}{2p} = 2 \text{ mm}$$

Sing-around-Verfahren mit Hilfsfrequenz:

$$d_{\min} = \frac{c}{2f_H} = 37,5 \text{ } \mu\text{m}.$$

Literatur

- [1] COURTY, A.: Ultrasonic Flowmeter and Method of Metering. USA-Patent 1973. G 01 p 5/00 USA-Klasse 73/194 A Patent-Nr. 3, 731, 532
- [2] CHAVIER, H.: Fluid Speed Measuring System USA-Patent 1972. G 01 p 5/00 USA-Klasse 73/194 Patent-Nr. 3, 631, 719
- [3] DORY, J. G.: Ultrasonic Flowmeter. USA-Patent 1971. G 01 p 5/00, USA-Klasse 73/194 A Patent-Nr. 3, 623, 363
- [4] WELLS, F. H.: Apparatus for Measuring the Flow Velocity of Fluids. USA-Patent 1972. G 01 p 5/00 USA-Klasse 73/194 A Patent-Nr. 3, 678, 731
- [5] Westinghouse El. Corp.: Ultrasonic Flowmeter Systems Engl. Patent 1974. G 01 p/5/00 Patent-Nr. 1344 106
- [6] CRAGO, W. A., u. a.: Apparatus to Measure the Rate of Fluid Flow. Engl. Patent 1971. G 01 p 5/00 Patent-Nr. 1 347 351
- [7] YOSHIYAMA, Y., u. a.: Ultrasonic Flowmeter. USA-Patent 1971. G 01 p/5/00 USA-Klasse 73/194 A Patent-Nr. 3, 625, 057
- [8] GÄTKE, J., A. RENNAU und TH. SCHEFFLER: Modifiziertes Singaround-Verfahren zur akustischen Strömungsmessung. DDR-Patent 1979. Patent-Nr. WP G 01 F/212 307
- [9] GÄTKE, J., A. RENNAU und TH. SCHEFFLER: Sing-around-Verfahren zur akustischen Strömungsmessung. DDR-Patent 1979. Patent-Nr. WP G 01 F/212 309
- [10] GÄTKE, J., A. RENNAU und TH. SCHEFFLER: Sing-around-Verfahren zur Strömungsmessung mit verbesserter Auflösung und Empfindlichkeit. 3. Symposium Maritime Elektronik (April 1980) Wilhelm-Pieck-Universität Rostock Sektion Technische Elektronik. Vortrag-Nr. 24, S. 167—174

Anschrift der Verfasser:

Dr. J. GÄTKE, Dipl.-Ing. A. RENNAU,
Dipl.-Ing. TH. SCHEFFLER
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock
Sektion Technische Elektronik
DDR-2500 Rostock

Magnetisches Orientierungssystem

Von W. SCHIMMELPFENNIG und J. GÄTKE

Zusammenfassung: Zur Angabe des Strömungsvektors eines frei strömenden Mediums in geografischen Komponenten (v_N, v_E) ist neben der Erfassung der Strömungskomponenten, bezogen auf das Meßgerät, die Ermittlung der Lage desselben zu geografisch Nord, d. h. im Erdfeld erforderlich. Zu diesem Zweck wurde ein magnetisches Orientierungssystem nach dem Prinzip der FOERSTER-Sonden vor allem schaltungstechnisch mit dem Ziel entwickelt und erprobt, möglichst leistungsarm zu arbeiten und raumsparend aufgebaut zu sein, welches im folgenden vorgestellt wird.

Das Magnetometer dient der Feststellung der Orientierung im Erdmagnetfeld [3], indem der horizontale Erdfeld-Vektor in zwei senkrecht aufeinander stehenden horizontalen Komponenten ausgemessen wird. Der Winkel zwischen der Nordrichtung und der y -Komponente, also der Orientierungswinkel φ , ist durch die beiden Komponenten eindeutig gegeben (Abb. 1):

$$\varphi = \arctan \frac{\dot{x}}{\dot{y}} \quad (1)$$

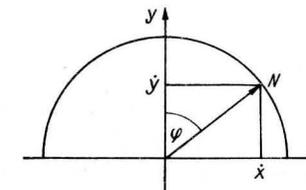


Abb. 1. Darstellung der magnetischen Komponenten

Die Saturations-Doppelkern-Sonde

Das Erdmagnetfeld wird mit Hilfe zweier senkrecht aufeinander stehender, jedoch horizontaler sogenannter FOERSTER-Sonden in zwei unabhängigen Meßkanälen ausgemessen. Diese Saturations-Doppelkern-Sonden bestehen jeweils aus zwei Ferromagnetkernen, die parallel nebeneinander angeordnet sind und gegensinnig gewickelt je eine Primärwicklung tragen. Diese Wicklungen werden vom gemeinsamen Erregerstrom durchflossen und magnetisieren so beide Kerne gegensinnig. Der Erregerstrom ist ein Wechselstrom, der die Kerne periodisch gegenphasig in die Sättigung treibt. Um beide Kerne gemeinsam

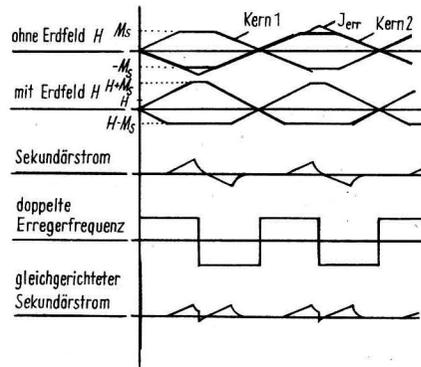


Abb. 2. Feldüberlagerung in Sonde und Signalgewinnung

ist die Sekundärwicklung gewickelt. In ihr wird jedoch, ohne Feldeinfluß von außen, nichts induziert, da die Kerne gleichzeitig in die Sättigung gelangen und sich die Felder genau kompensieren. Bei einwirkendem Gleichfeld von außen kommen beide Kerne nacheinander in die Sättigung, dadurch entsteht in der Sekundärwicklung eine Impulsfolge der doppelten Erregerfrequenz; in jeder Erregerimpuls-Halbwelle entsteht ein Impulspar: einer positiv, einer negativ (Abb. 2). Wird nun in die Sekundärwicklung zusätzlich ein Gleichstrom eingeleitet, der ein Gleichfeld in der Sonde aufbaut, welches das Erdmagnetfeld in der Sonde genau kompensiert, so verschwinden die Impulse wieder, da die Sonde gleichfeldfrei ist. Dieser zusätzliche Gleichstrom (Kompensationsstrom) ist proportional der Feldstärkekomponente des einwirkenden Erdfeldes in Richtung der jeweiligen Kerne. Das Magnetometer arbeitet mit zwei Sonden, die mit dem gleichen Erregerstrom betrieben werden.

Der phasenempfindliche Integrierer [1]

Der phasenempfindliche Integrierer ist in beiden Meßkanälen eingesetzt (OV1, OV2 in Abb. 3). Er übernimmt die Gleichrichtung der Sekundärimpulse und integriert diese gleichgerichteten Impulse auf. Seine Ausgangsspannung ist also eine variable Gleichspannung, die konstant bleibt, wenn keine Impulse einlaufen. Diese Ausgangsspannung wirkt über einen Widerstand (R12 bzw. R18) auf die Sekundärwicklung zurück, sie ändert sich also solange, bis der nötige Kompensationsstrom über den Widerstand in die Sekundärwicklung fließt. Dann entstehen dort keine Impulse mehr, und der Integrierer bleibt stehen. Diese Ausgangsspannung ist proportional dem Kompensationsstrom, also proportional der Feldstärke in Richtung der Sonde.

Da die Gleichrichtung synchron mit einer fest vorgegebenen Frequenz (verdoppelte Erregerfrequenz) erfolgt, kann der Integrierer in beiden Polaritäten aufintegrieren, je nachdem, ob während der Erreger-Halbwelle zuerst ein positiver oder ein negativer Sekundärimpuls entsteht. Die Ausgangsspannung regelt sich also sofort in positiver oder negativer Richtung nach, wenn der Kompensationsstrom nicht mehr stimmt, wenn z. B. die Sonde sich bewegt. So ist die Ausgangsspannung stets aktueller Meßwert.

Der phasenempfindliche Integrierer ist prinzipiell ein Integrierer, der durch einen MOSFET zwischen invertierendem (Abb. 4) und nicht-invertierendem (Abb. 5) Verhalten

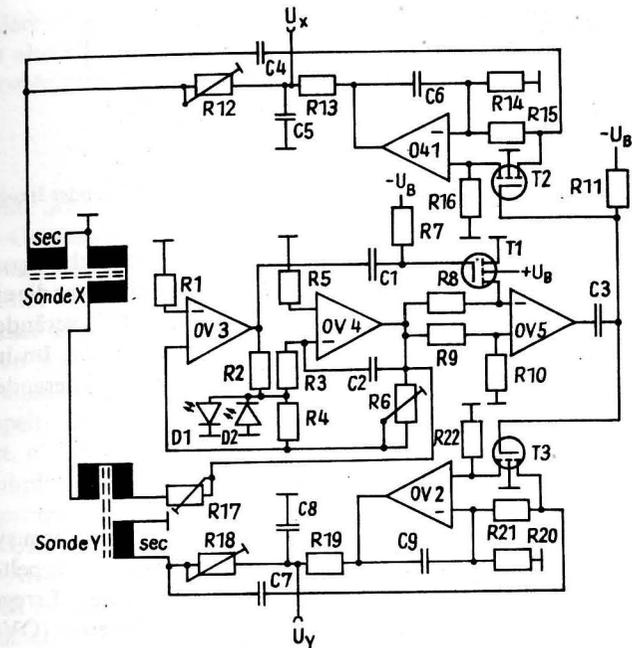


Abb. 3. Stromlaufplan

OV 1 — MAA 741	R 1 — 47 k
OV 2 — MAA 741	R 2 — 430
OV 3 — MAA 725	R 3 — 33 k
OV 4 — MAA 741	R 4 — 75 k
OV 5 — MAA 725	R 5 — 33 k
T 1 — SMY 50	R 6 — 250 k Einstellregler
T 2 — SMY 50	R 7 — 100 k
T 3 — SMY 50	R 8 — 20 k
D 1 — VQA 12	R 9 — 20 k
D 2 — VQA 12	R 9 — 20 k
C 1 — 4,7 µF/10 Elektrolyt	R 10 — 20 k
C 2 — 4,7 nF Wickel	R 11 — 100 k
C 3 — 4,7 µF/10 Elektrolyt	R 12 — 100 k Einstellregler
C 4 — 68 nF Scheibe	R 13 — 4,7 k
C 5 — 2 × 50 µF/10 Elektrolyt, antiseriell geschaltet	R 14 — 20 k
C 6 — 33 nF Scheibe	R 15 — 20 k
C 7 — 68 nF Scheibe	R 16 — 20 k
C 8 — 2 × 50 µF/10 Elektrolyt, antiseriell geschaltet	R 17 — 250 Ω Einstellregler
C 9 — 33 nF Scheibe	R 18 — 100 k Einstellregler
	R 19 — 4,7 k
	R 20 — 20 k
	R 21 — 20 k
	R 22 — 20 k

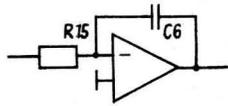


Abb. 4. invertierender Integrierer

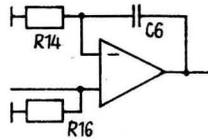


Abb. 5. nichtinvertierender Integrierer

umgeschaltet werden kann. Wird er synchron mit einer Eingangswechselspannung umgeschaltet, so integriert er über jede Halbwelle in der gleichen Richtung, da er die eine Halbwelle invertierend, die andere nicht-invertierend integriert. Bei um 180° veränderter Phasenlage eines Signals läuft die Ausgangsspannung in die andere Richtung. Im invertierenden Betrieb ist R14 bzw. R20 stromlos, also wirkungslos, im nicht-invertierenden Betrieb ist R15 bzw. R21 stromlos.

Der Impulsgenerator

Der Impulsgenerator versorgt die Sonden mit dem Erregerstrom in Form symmetrischer Dreiecksimpulse und die phasenempfindlichen Integrierer mit der verdoppelten Frequenz, einem symmetrischen Rechtecksignal fester Phasenlage gegenüber dem Erregerstrom.

Der Dreiecksimpuls wird durch eine Ringschaltung eines Integrierers (OV4) mit einem symmetrischen SCHMITT-Trigger (OV3) erzeugt. Das Ausgangssignal des Triggers ist durch zwei Lumineszenzdioden auf $\pm U_f$ stabilisiert, dadurch sind nun Amplitude und Frequenz des Dreieckssignals annähernd unabhängig von der Betriebsspannung.

$$\hat{U}_A = \frac{R_6}{R_4} U_f; \quad f_A = \frac{R_4}{4R_6R_3C_2} \quad (2)$$

Die Nulldurchgänge von Dreieckssignal und Triggerausgangssignal sind eine Viertelperiode phasenverschoben, dadurch läßt sich mit einem invertierenden nicht-invertierenden Komparator leicht die doppelte Frequenz erzeugen. Dazu wird das amplitudenhalbierende Dreieckssignal an den einen Eingang eines Operationsverstärkers gelegt. Der andere Eingang wird über einen Widerstand mit dem vollen Dreieckssignal verbunden und über einen MOSFET gelegt. Dieser MOSFET wird vom Triggerausgangssignal periodisch übersteuert. Der Komparator vergleicht das halbierte Dreieckssignal, also eine Halbperiode lang mit

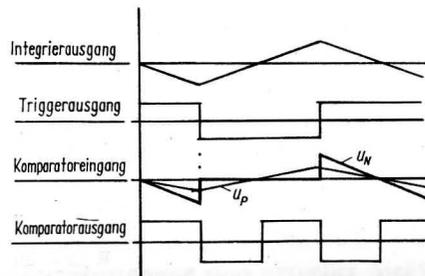


Abb. 6. Impulsdigramm der Frequenzverdopplung

Masse, die andere Halbperiode jedoch mit dem vollen Dreieckssignal. Das Komparator-signal wechselt also mit jedem Nulldurchgang von Dreiecks- bzw. Triggersignal das Vorzeichen. So entsteht eine symmetrische Rechteckfolge doppelter Frequenz (Abb. 6).

Die Gesamtschaltung [2]

Die vorgestellte Schaltung arbeitet mit einer Betriebsspannung von ± 5 V (je $\pm 5\%$) bei etwa 100 mW Gesamt-Leistungsbedarf. Die beiden Sonden hängen in einer Kardanik, die der Horizontalstellung der Meßebeene dient. Da die Erregerwicklungen der Sonden in Reihe geschaltet werden (gleicher Erregerstrom), sind zur Sondenhalterung in der Kardanik nur vier Zuleitungen nötig; die Masseverbindung, die Erregungszuleitung, die Sekundärwicklung von Sonde X und die von Sonde Y.

Von den Sekundärwicklungen werden die Sekundärimpulse über Kondensatoren (C4, C7) ausgekoppelt, die Kompensations-Gleichströme werden über Widerstände (R12, R18) zugeführt, die gleichzeitig den Ausgangsspannungshub festlegen.

Als phasenempfindliche Integrierer wurden, wegen ihrer internen Frequenzkompensation und der geringen Offsetdrift, Typen der Serien MAA 741 von Tesla benutzt. Die benutzten MOSFET waren durchweg vom Typ SMY 50. Allerdings war eine Pegelverschiebung des Gate-Ansteuersignals (verdoppelte Frequenz) um -5 V nötig, um den MOSFET sicher periodisch zu übersteuern; hierzu sind mindestens -7 V am Gate nötig. Dies wird wegen der Symmetrie des Rechteckssignals sehr einfach durch C3 und R11 bewirkt, am Gate liegt das Rechteckssignal nun zwischen 0 und -10 V an. Der gleiche Effekt wird beim MOSFET am Komparator im Impulsgenerator durch C1 und R7 erreicht. Nur so ist die niedrige Betriebsspannung möglich. Als Komparator und SCHMITT-Trigger wurden Typen der Serie MAA 725, als Integrierer wurde ein MAA 741 eingesetzt. Die MAA 725 werden hier nicht extern frequenzkompensiert, um die Umschaltzeiten gering zu halten.

Beide phasenempfindlichen Integrierer sind ausgangsseitig mit einem Tiefpaß zur Glättung der Ausgangsspannung versehen. Da diese Tiefpässe mit in die Kompensationskreise einbezogen sind, ist die Lastabhängigkeit der Ausgangsspannungen bis zum minimalen Lastwiderstand von etwa 10 k Ω sehr gering. Der Ausgangsspannungshub beträgt beim Mustergerät etwa $\pm 1,5$ V.

Ausgelegt ist das Mustergerät für eine 1° -Genauigkeit, jedoch lassen das Meßprinzip und die elektronische Konzeption höhere Genauigkeiten zu.

Literatur

- [1] SCHIMMELPFENNIG, W.: Phasenempfindlicher Integrierer. WP H 03 F 218 005
- [2] SCHIMMELPFENNIG, W.: Selbstinduktionsfreies modifiziertes Foerster-Magnetometer. WP G 01 B 218 392
- [3] BÖTTCHER, R.-G., und E. UNNASCH: Analysierung und Erprobung eines Orientierungssystems. WPU Rostock, Sektion Technische Elektronik, WB AE, 1973

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. W. SCHIMMELPFENNIG, Dr. J. GÄTKE
 Wilhelm-Pieck-Universität Rostock
 Sektion Technische Elektronik
 DDR-2500 Rostock

Der Strahlungsbilanzmesser SBM 2 aus dem Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der AdW der DDR

VON JERZY WOJTKIEWICZ

Zusammenfassung: Die Erde steht durch Strahlung im Energieaustausch mit dem sie umgebenden Welt-
raum. Deshalb nimmt unter allen meteorologischen Elementen die Strahlung eine wichtige Stellung ein. Von
Bedeutung bei der Wechselbeziehung Erdoberfläche — Atmosphäre ist die elektromagnetische Strahlung
im Spektralbereich von ca. $0,2 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$. Es wird kurz auf die einzelnen Bestandteile der Strahlung und
den mathematischen Zusammenhang der Strahlungsbilanz mit diesen Bestandteilen eingegangen. Ein Gerät
zur Messung der Strahlungsbilanz bzw. der Effektivstrahlung der abwärts- und aufwärtsgerichteten Strah-
lungsflüsse wird beschrieben. Mit der Möglichkeit zur Messung der Gerätetemperatur kann aus der jeweiligen
Effektivstrahlung die tatsächliche Bestrahlungsstärke der Strahlungsflüsse errechnet werden. Auf Erpro-
bungsergebnisse wird hingewiesen.

1. Einleitung

In der Atmosphäre kann Wärme auf verschiedene Art übertragen werden: durch Wärme-
leitung, Massenaustausch, Aggregatzustandsänderung (wie das z. B. bei der Verdunstung
der Fall ist) und durch Wärmestrahlung.

Unter allen meteorologischen Elementen nimmt die Strahlung eine hervorragende Stel-
lung ein, weil die Sonnenstrahlung unsere Lebensgrundlage ist und weil die Erde durch
Strahlung im Energieaustausch mit dem sie umgebenden Weltraum steht. Trotzdem hat
sich die Meteorologie erst in diesem Jahrhundert näher mit den Strahlungsproblemen be-
faßt, was zum Teil auf meßtechnische Schwierigkeiten zurückzuführen ist. In der gegen-
wärtigen Entwicklung hat man die große Bedeutung der Strahlungsvorgänge bei allen at-
mosphärischen Energieumsätzen erkannt. Dabei ist der Teil der elektromagnetischen Strah-
lung im Wellenlängenbereich von ca. $0,2 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$ von Interesse. Das sichtbare Licht,
das den Bereich von $0,4 \mu\text{m}$ bis $0,75 \mu\text{m}$ umfaßt, ist nur ein Teil der Strahlung, mit dem in
der Wechselbeziehung Erdoberfläche — Atmosphäre zu rechnen ist.

2. Der Strahlungsumsatz an der Erdoberfläche

Von der Sonne, vom Himmel und von der Atmosphäre wird der Erdoberfläche Strahlung
zugeführt. Gegen den Himmel und zum Weltraum wird Strahlung ausgestrahlt. Die Summe
von Einstrahlung und Ausstrahlung wird als Strahlungsbilanz bezeichnet. Diese setzt sich
aus Strömen zweier Spektralbereiche, dem kurzwelligen und dem langwelligen, zusammen.
Die kurzwellige Strahlung rührt im wesentlichen von der Sonnenstrahlung und der diffusen
Himmelsstrahlung her und umfaßt einen Spektralbereich von $0,3 \mu\text{m}$ bis $3,0 \mu\text{m}$. Die Strah-

lung des Erdbodens und der Atmosphäre ist im wesentlichen langweilig und umfaßt den Bereich von 3,0 μm bis ca. 100 μm . Kurzweilige Anteile gibt es also nur bei Tage. Zur Erdoberfläche gelangen der Teil der direkten Sonnenstrahlung, der nicht an Wolken reflektiert und in der Atmosphäre absorbiert oder diffus zerstreut wird, sowie der Anteil der ungerichteten Himmelsstrahlung, der den zur Erdoberfläche gelangenden Teil der diffus gestreuten Sonnenstrahlung darstellt. Beide Teile der Strahlung zusammengenommen werden als Globalstrahlung bezeichnet. Von dieser wird ein Teil an der Erdoberfläche reflektiert. Diese kurzweilige Reflexstrahlung ist im Gegensatz zur Globalstrahlung von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig.

Die über der Erdoberfläche liegende Atmosphäre kann Strahlung durch Vorhandensein von Wasserdampf, Kohlensäure und Ozon emittieren. Es handelt sich hierbei um eine langweilige Strahlung. Sie wird atmosphärische Strahlung genannt und wirkt dem Strahlungsverlust der Erdoberfläche entgegen. Wegen ihrer Temperaturabhängigkeit ist sie bei Tag etwas größer als bei Nacht.

Ein geringer Teil dieser Strahlung wird von der Oberfläche reflektiert. Man nennt ihn die langweilige Reflexstrahlung. Die Bodenoberfläche gibt entsprechend dem STEFAN-BOLTZMANNschen Gesetz eine Strahlung ab. Dieses Gesetz ist strenggenommen für einen schwarzen Körper gültig. Diese Bedingung ist jedoch für die Erdoberfläche weitgehend erfüllt.

Für die Strahlungsbilanz ergibt sich somit

$$E^* = E_s + E_d + E_{l,a} - E_{l,b} - E_{g,r} - E_{l,r}.$$

Hierbei bedeuten:

- E^* = Strahlungsbilanz,
- E_s = Bestrahlungsstärke der Sonnenstrahlung
- E_d = Bestrahlungsstärke der Himmelsstrahlung,
- $E_{l,a}$ = Bestrahlungsstärke der atmosphärischen Strahlung,
- $E_{l,b}$ = Bestrahlungsstärke der Erdbodenstrahlung,
- $E_{g,r}$ = Bestrahlungsstärke der kurzweiligen Reflexstrahlung,
- $E_{l,r}$ = Bestrahlungsstärke der langweiligen Reflexstrahlung.

Die Komponenten mit dem negativen Vorzeichen sind von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig.

3. Der Strahlungsbilanzmesser

Unter den verschiedenen Meßgeräten zur Messung der Strahlungsgrößen soll hier ein Strahlungsbilanzmesser mit galvanisch erzeugter Thermosäule vorgestellt werden.

In der Abb. 1 ist ein Querschnitt durch den Strahlungsbilanzmesser dargestellt.

Der Strahlungsbilanzmesser besteht aus zwei gegeneinander geschalteten Pyranometern. Das eine Pyranometer dient zur Messung der Bestrahlungsstärke der abwärts gerichteten Strahlungsflüsse, das andere zur Messung der Bestrahlungsstärke der aufwärts gerichteten Strahlungsflüsse. Dabei gelangt der jeweilige Strahlungsfluß durch eine Haube (1), die je nach dem zu messenden Spektrum aus verschiedenen Glassorten oder aus Polyäthylen besteht, auf eine Thermosäule (2). Bei der Thermosäule handelt es sich um eine 50gliedrige

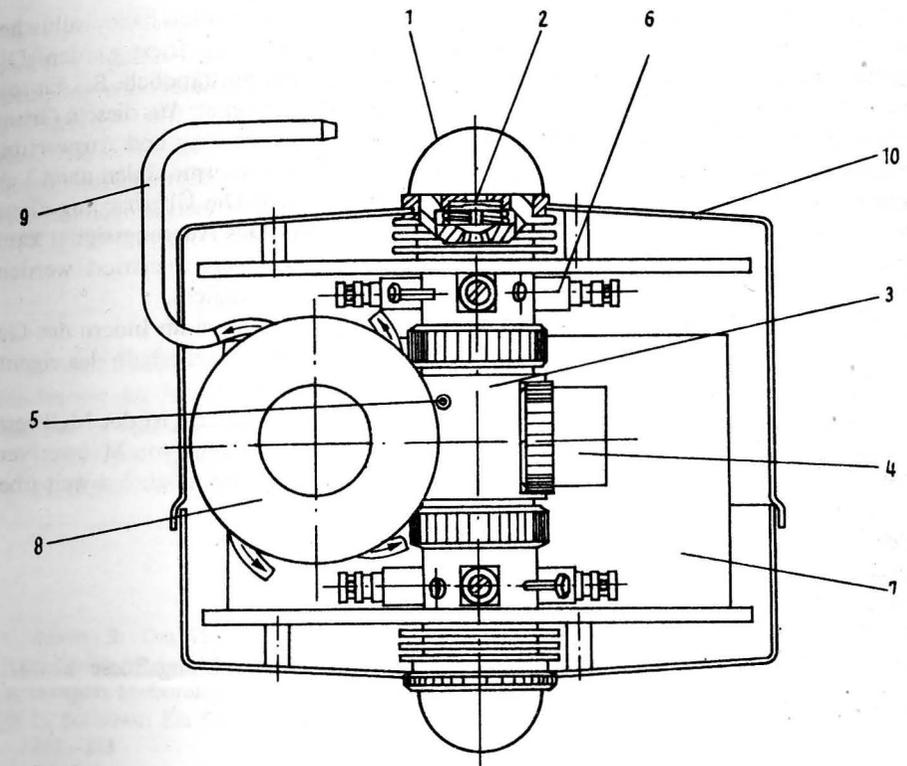


Abb. 1. Querschnitt durch den Strahlungsbilanzmesser

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1 — strahlungsdurchlässige Halbkugel | 6 — Stellschraube |
| 2 — Thermoelement | 7 — Behälter mit Wandlerelektronik |
| 3 — Zwischenstück | 8 — Gebläse |
| 4 — Behälter mit Trockenmittel | 9 — Rohr |
| 5 — Platinwiderstandsthermometer | 10 — Gehäuse |

galvanisch erzeugte Kupfer-Konstantan-Thermosäule. Sie liefert in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke eine Gleichspannung.

Die beiden Pyranometerteile, die die Thermosäulen aufnehmen, sind durch ein Zwischenstück (3) miteinander verbunden. Dieses Zwischenstück enthält Blaugel, um das Geräteinnere zu trocknen. Es muß von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden. Zugänglich wird es durch eine Schraubkappe mit Sichtfenster (4). Ein zweiteiliges weißgestrichenes Gehäuse (10) schützt den Hauptteil des Gerätes vor Umwelteinflüssen und Strahlung. Um die Kalotten tau- und reiffrei zu halten, kann ihrer Oberfläche mittels Doppelrohr (9) Luft zugeführt werden. Dadurch bleiben die Kalotten auf Lufttemperatur und können im allgemeinen nicht auf die Taupunkttemperatur absinken. Die Luft zur Ventilation wird durch ein Gebläse erzeugt. Bei (5) ist ein Pt-100-Widerstandsthermometer zur Messung bzw. Registrierung der Gerätetemperatur untergebracht.

Die von den Thermosäulen gelieferten Gleichspannungen können mittels handelsüblicher Kompensationsbandschreiber oder Motorkompensationsschreiber registriert werden. Die Auswertung dieser registrierten Werte ist sehr zeitaufwendig und umständlich. Bei Einsatz auf schwimmenden Geräteträgern ist diese Auswertemethode ungeeignet. Aus diesem Grund wurde ein Spannungs-Frequenz-Wandler (7) eingesetzt, der die Messung und Auswertung auf Schiffen ermöglicht. Hierbei wird die Ausgangsspannung der Thermosäulen nach Verstärkung in ein sinusförmiges frequenzanaloges Signal gewandelt. Die Übertragung dieses Signals über größere Entfernungen ist relativ unproblematisch. Das Ausgangssignal kann mit einem elektronischen Zähler erfaßt und mittels eines Druckers registriert werden. Der Anschluß eines elektronischen Rechners wird ebenfalls ermöglicht.

Für den Schiffseinsatz wurde das Gebläse zur Belüftung der Hauben im Innern des Gebläses untergebracht (8). Bei Landeinsatz befindet sich das Gebläse außerhalb des eigentlichen Meßgerätes.

Um die Rollbewegung der schwimmenden Geräteträger auszugleichen, ist der Meßwertgeber in einer kardanischen Aufhängung untergebracht. Zur Vermeidung von Meßwertverfälschungen durch den Geräteträger muß der Strahlungsbilanzmesser möglichst weit über Bord ausgelegt werden.

Mit dem Bilanzmesser können gleichzeitig gemessen werden

- Strahlungsbilanz E^* ,
- Bestrahlungsstärke der abwärts gerichteten Strahlungsflüsse,
- Bestrahlungsstärke der aufwärts gerichteten Strahlungsflüsse.

Bei den getrennten Messungen der Bestrahlungsstärken der Strahlungsflüsse abwärts und aufwärts wird die entsprechende Effektivstrahlung

$$E_0^{**} = E_s + E_d + E_{l,a} - \sigma T^4$$

$$E_u^{**} = E_{l,b} + E_{g,r} + E_{l,r} - \sigma T^4$$

erfaßt. Hierbei bedeuten

- E_0^{**} = Effektivstrahlung der abwärts gerichteten Strahlungsflüsse,
- E_u^{**} = Effektivstrahlung der aufwärts gerichteten Strahlungsflüsse,
- T = Temperatur des Gerätes,
- σ = STEFAN-BOLTZMANNsche Konstante.

Zu beachten ist hierbei, daß das Gerät eine spezifische Ausstrahlung als Folge der Gerätetemperatur besitzt. Demzufolge muß bei der Erfassung der Bestrahlungsstärken die Gerätetemperatur bestimmt werden und die daraus folgende spezifische Ausstrahlung hinzuaddiert werden.

Falls die Strahlungsbilanz direkt gemessen wird, braucht diese spezifische Ausstrahlung des Gerätes nicht berücksichtigt zu werden, da sie sich innerhalb der Strahlungsbilanzgleichung aufhebt.

4. Ergebnisse

Der Strahlungsbilanzmesser für Landeinsatz wurde erfolgreich für Routinemessungen beim Meteorologischen Dienst der DDR und bei der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR eingesetzt.

Der beschriebene Strahlungsbilanzmesser für den Schiffseinsatz wurde als Funktionsmuster während zweier Fahrten im äquatorialen Atlantik auf einem Forschungsschiff der Akademie der Wissenschaften der DDR mit gutem Erfolg erprobt. Bei diesen Fahrten war das Gerät ca. 500 Stunden als separate Einheit mit einer speziellen Auswerteinrichtung bzw. über 2500 Stunden als ein Teil eines Meßgerätesystems in Verbindung mit einem Kleinrechnersystem ununterbrochen im Einsatz. Dabei wurden keine Veränderungen in der Arbeitsweise des Strahlungsbilanzmessers bemerkt.

5. Schlußbemerkung

Der Strahlungsbilanzmesser für den Landeinsatz wird im Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der Akademie der Wissenschaften der DDR produziert. Bisher wurden 80 Bilanzmesser und 380 Pyranometer produziert.

Für Erprobungszwecke und Vergleichsmessungen werden in diesem Jahr zunächst 6 Strahlungsbilanzmesser mit frequenzanalogem Ausgang ausgeliefert.

Literatur

- [1] GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht; Verlag Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig, 1961
- [2] Beschreibung und Bedienungsanleitung nach D. SONNTAG; ZWG der AdW der DDR
- [3] Prospekt Meteorologische Meßgeräte; ZWG der AdW der DDR
- [4] O. SONNTAG: Ein Strahlungsbilanzmesser mit galvanisch erzeugter Thermosäule. Z. Meteor. 27 (1977) 243—253

Anschrift des Verfassers:

JERZY WOJTKIEWICZ
Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau
der AdW der DDR
DDR-1190 Berlin

Theorie und Praxis der Psychrometerformeln

Von DIETRICH SONNTAG

Zusammenfassung: Neben dem weltweiten Einsatz des bewährten Aspirationspsychrometers nach ASSMANN mit Quecksilberthermometern sind in den letzten Jahren in der DDR eine Reihe elektrischer Aspirationspsychrometer mit Platindraht-Widerstandsthermometern und Thermoelementen mit Dauerbefeuchtungseinrichtungen und elektrischen Aspiratoren entwickelt worden. Da diese Psychrometer Thermometer unterschiedlicher Größe und Masse haben, gibt es Abweichungen von der theoretischen Auswerteformel für den Wasserdampfdruck. Es wurden daher die Auswerteformeln für das „ideale“ und „reale“ Aspirationspsychrometer theoretisch und experimentell überprüft.

Das zur Zeit experimentell am genauesten untersuchte Psychrometer ist das ASSMANNsche Aspirationspsychrometer mit Quecksilberglasthermometern mit einem Gefäßdurchmesser von 4 mm und einer Gefäßlänge von 12 mm sowie einer Ventilationsgeschwindigkeit von etwa 2,5 m/s. Da auch die Theorie in befriedigender Weise bekannt ist, hat das Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW) das ASSMANNsche Aspirationspsychrometer für Temperaturen über 0 °C in der TGL 31543/19 als Referenzstandard zugelassen.

In den letzten Jahren sind im Zuge der Automatisierung der Meßwerterfassung, Datenübertragung und Datenverarbeitung in der DDR eine Reihe von Psychrometern mit Meßwandlern für die Temperaturmessung mit elektrischem Ausgangssignal entwickelt und eingesetzt worden. Einige Beispiele seien genannt: Das Forschungsinstitut für Agrarmeteorologie des Meteorologischen Dienstes der DDR hat anfangs selbstgebaute Thermoelementpsychrometer eingesetzt und verwendet jetzt ASSMANNsche Aspirationspsychrometer mit Platin-Widerstandsthermometern (3 mm Ø, 30 mm lang) und einer speziellen Befeuchtungseinrichtung für vertikale Profilmessungen. An den Automatisch Fernmeldenden Meteorologischen Stationen (AFMS) des Meteorologischen Dienstes der DDR wird das von R. SCHÄDLICH und D. SONNTAG (1975) und D. SONNTAG (1980) entwickelte „Elektrische Aspirationspsychrometer EAP 1“ eingesetzt. Dieses Gerät wurde nach einem Vorschlag der WMO als Referenzpsychrometer entwickelt. Platin-Widerstandsthermometer 5 mm Ø und 60 mm Länge, eingebaut in ein Aluminiumrohr, werden mit 3,5 m/s quer angeströmt. Das feuchte Thermometer hat einen Epoxidharzüberzug, damit die Zeitkonstanten des trockenen und feuchten Thermometers angenähert gleich werden. Durch Verwendung von Stücken Aurotandrahtes 43 zwischen Platindraht und Kupferanschlußblitze konnten die Meßwerte denen des ASSMANNschen Aspirationspsychrometers gleich gemacht werden. Durch den Aurotandraht kann außerdem ein Abgleich der durch die Fertigungstoleranzen bedingten Fehler vorgenommen werden.

Bei den bisher genannten Platin-Widerstandsthermometer-Psychrometertypen wird die zu messende Luft stets horizontal angesaugt, um die Messung in Luft aus gleicher horizon-

taler Schicht vornehmen zu können. Vom Institut für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR werden Psychrometer mit vertikaler Ansaugvorrichtung verwendet. Ein mit Platin-Widerstandsthermometern, 3 mm Ø, 30 mm Länge, ausgerüstetes Aspirationspsychrometer mit einer Ventilationsgeschwindigkeit von 3 bis 5 m/s wird für den Einsatz auf Schiffen und Bojen von R. ANGERMANN (1978) beschrieben. Für ähnliche Zwecke wird ein Platin-Widerstandsthermometer-Psychrometer in der Ozeanologischen Meßkette OM 75 verwendet, wie R. ANGERMANN, W. BOHMANN, F. MÖCKEL und G. NEUBERT (1980) berichteten. Es hat Platindrahtthermometer mit 3 mm Ø und 30 mm Länge und eine Ventilationsgeschwindigkeit von etwa 3 m/s. Beide zuletzt genannten Geräte wurden vom Institut für Meereskunde und von der Arbeitsgruppe Ozeanologie der Karl-Marx-Universität Leipzig entwickelt und haben einen Frequenzgang zur Temperaturmessung.

Das EAP 1 und das Psychrometer für die Ozeanologische Meßkette OM 75 werden vom Zentrum für Wissenschaftlichen Gerätebau der Akademie der Wissenschaften der DDR gefertigt.

Bis auf die zuerst genannten Psychrometer des Forschungsinstituts für Agrarmeteorologie wurde bei den Psychrometerentwicklungen versucht, die gleichen Werte zu erreichen, die das ASSMANNsche Aspirationspsychrometer gibt. Dies ist umso wichtiger, als bereits berechnete Auswertehilfsmittel zur Berechnung des Wasserdampfdruckes verwendet werden können. Bei Thermolementpsychrometern ist das meist nicht möglich, wie noch gezeigt wird.

Auf Grund der experimentellen und theoretischen Ergebnisse tritt aber auch eine Änderung der sogenannten Psychrometerkonstante auf, indem die Verdampfungswärme des Wassers temperaturabhängig eingesetzt wird. Aspirations-Psychrometer-Tafeln des Deutschen Wetterdienstes (1976) tragen diesem Umstand zwar Rechnung, sind aber mit veralteten Werten verschiedener physikalischer Größen berechnet, wie D. SONNTAG (1979) ausführlich zeigte. Bei Verwendung dieser Tafeln sowie älterer Tafeln, die mit der konstanten Verdampfungswärme des Wassers berechnet worden sind, können physikalisch nicht reelle negative Wasserdampfdruckwerte auftreten. Nach den neuesten Erkenntnissen sind jetzt die graphischen Aspirationspsychrometer-Tafeln des Verfassers neu berechnet worden und im Vierfarbdruck erschienen. Dabei wurde berücksichtigt, daß der Wasserdampfdruck und Luftdruck jetzt, nach Vorschlag der WMO (1979), in hPa angegeben wird, wobei 1 mbar = 1 hPa ist. Hersteller dieser Tafeln ist der VEB Fernmeldemeßgeräte Berlin (früher VEB Meßgeräte Mitte).

Auf theoretische Ergebnisse ist D. SONNTAG (1966—68), (1977), (1979) und (1980) bereits eingegangen.

Als günstigste Formel wird heute die der Analogietheorie angesehen. Wenn die Masse des Thermometerkörpers annähernd Null ist, spricht man vom idealen Psychrometer, und wenn sie einen bestimmten Wert hat, vom realen Psychrometer.

Für das Psychrometer gilt

$$e = e_w(t_w) - \frac{c_p}{\gamma \cdot l_v(t_w)} p \left(\frac{a}{D} \right)^n \frac{\alpha + \alpha_{ii}}{\alpha} (t - t_w) \quad (1)$$

$$e = e_i(t_i) - \frac{c_p}{\gamma \cdot l_s} p \left(\frac{a}{D} \right)^n \frac{\alpha + \alpha_{ii}}{\alpha} (t - t_i), \quad (2)$$

wobei für ideale Psychrometer $\alpha_{ii} = 0$ ist.

Hierin bedeuten: e = Wasserdampfdruck, $e_w(t_w)$ und $e_i(t_i)$ Sättigungsdampfdrücke über Wasser und über Eis bei der Temperatur des feuchten (t_w) und der des vereisten (t_i) Thermometers, c_p = spezifische Wärmekapazität, p = Luftdruck, a = Temperaturleitfähigkeit, D = Diffusionskoeffizient, $l_v(t_w)$ = Verdampfungswärme des Wassers bei t_w (temperaturabhängig), l_s = Sublimationswärme, $\gamma = M_w/M_a$ = Verhältnis der Molekülmassen des Wasserdampfes und der trockenen Luft, α = Wärmeübergangszahl, α_{ii} = Wärmeübergangszahl überschüssiger Wärme beim realen Psychrometer, n = Verhältnis der Ventilationsgeschwindigkeit an der Grenzschicht des feuchten Thermometers und weiter ab.

Die neuesten Zahlenwerte für diese Größen sind:

$$c_p = 1,00545 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}, \quad a = 1,846 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}, \quad D = 2,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}, \\ l_v(t_w) = (2500,827 - 2,360 \cdot t_w) \text{ J g}^{-1}, \quad l_s = 2837,883 \text{ J g}^{-1}, \quad \gamma = 0,622, \\ \alpha = 59,0 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}, \quad \alpha_{ii} = 6,36 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}, \quad n = 0,56.$$

Man erhält für das ideale Psychrometer (Thermometermasse ≈ 0 , Thermolement):

$$e = e_w(t_w) - 0,000583 p (t - t_w) (1 + 0,000944 t_w) \\ e = e_i(t_i) - 0,000514 p (t - t_i)$$

und mit $p = \bar{p} = 1006,6$ hPa, dabei ebenfalls e , $e_w(t_w)$ und $e_i(t_i)$ in hPa,

$$e = e_w(t_w) - 0,587 (t - t_w) (1 + 0,000944 \cdot t_w) \\ e = e_i(t_i) - 0,518 (t - t_i).$$

Für das reale Psychrometer (ASSMANNsches Aspirationspsychrometer, EAP 1 usw.) ergibt sich

$$e = e_w(t_w) - 0,000646 p (t - t_w) (1 + 0,000944 \cdot t_w) \\ e = e_i(t_i) - 0,000570 p (t - t_i)$$

und mit $p = \bar{p} = 1006,6$ hPa, dabei ebenfalls e , $e_w(t_w)$ und $e_i(t_i)$ in hPa,

$$e = e_w(t_w) - 0,650 (t - t_w) (1 + 0,000944 \cdot t_w) \\ e = e_i(t_i) - 0,574 (t - t_i).$$

Diese Formeln stehen im Einklang mit Messungen, die in nahezu trockener Luft beim Instrumentenamt des Hydrometeorologischen Dienstes der UdSSR ausgeführt worden sind, wie D. SONNTAG (1979) ausführlich zeigte. Die hier angegebenen Psychrometerformeln gewährleisten z. Z. die genaueste Auswertung.

Es hat sich gezeigt, daß durch eine optimale Gestaltung des Strömungskanals um das feuchte Thermometer und durch Wahl einer entsprechenden Ventilationsgeschwindigkeit mit den vorgestellten Psychrometerformeln für reale Psychrometer auch Messungen ausgewertet werden können, die mit Psychrometern, welche mit Quecksilberglasthermometern (Gefäßdurchmesser und Gefäßlänge jeweils 10 mm) ausgestattet sind, vorgenommen wurden.

Literatur

- [1] ANGERMANN, R.: Sensors for Measuring Air-Temperature and Humidity Appropriated to Unmanned Platforms. *Metrologia Morska* [2] Polska Akademia Nauk Komitet Badań Morza. *Studia I Materiały Oceanologiczne* Nr. 23, Sopot 1978, 97—104
- [2] ANGERMANN, R., W. BOHMANN, F. MÖCKEL und G. NEUBERT: Ein Aspirationspsychrometer mit frequenzanalogem Ausgangssignal und Eignung zum Langzeiteinsatz auf maritimen Geräteträgern. *Beiträge zur Meereskunde*, Heft 43 (1980), 63—72
- [3] SCHÄDLICH, R. und D. SONNTAG: Ein elektrisches Aspirationspsychrometer nach einem WMO-Vorschlag. *Z. f. Meteorologie* **25** (1975), 236—247
- [4] SONNTAG, D.: Das neue elektrische Aspirationspsychrometer EAP 1 in Theorie und Praxis. *Wiss. Z. TH Ilmenau* **26** (1980) Heft 4, 81—86
- [5] SONNTAG, D.: Die Auswertung der Psychrometerformel nach SI-Einheiten und der IPTS-68. *Z. f. Meteorologie* **27** (1977), 90—103
- [6] SONNTAG, D.: *Hygrometrie*. Akademie Verlag, Berlin. 1966—68, 1086 S.
- [7] SONNTAG, D.: Eine Methode zur Prüfung der Leistungsfähigkeit von Aspirationspsychrometertafeln. *Z. f. Meteorologie* **29** (1979), 308—317
- [8] ASMW. Staatliche Etalons. Meßmittel für die Luftfeuchte. Prüfschema. TGL 31543/19
- [9] WMO. VIII. WMO-Congress, Resolution 3.1.2/3, WMO-No. 533, Geneva 1979

Anschrift des Verfassers:

Dr. rer. nat. habil DIETRICH SONNTAG
 Meteorologischer Dienst der DDR, Instrumentenam
 DDR-1500 Potsdam

Entwicklung und Einsatz eines Tiefseebojensystems

VON EDGAR BENGELSDORFF

Zusammenfassung: Für die Teilnahme des ozeanologischen Forschungsschiffes der AdW der DDR „A. v. HUMBOLDT“ am FGGE-Unternehmen 1979 ergab sich die Notwendigkeit der Entwicklung eines Tiefseebojensystems. Dieses wurde als straff verankertes Bojensystem konzipiert und entsprechend den gegebenen Bedingungen entworfen. Entwicklung und Fertigung erfolgten unter Federführung des Institutes für Meereskunde der AdW der DDR in Zusammenarbeit mit verschiedenen Kooperationspartnern. Dabei entstanden zwei Varianten. Eine auf die „A. v. HUMBOLDT“ und die einzusetzenden Strömungsmesser zugeschnittene Technologie wurde parallel zum Entwurf erarbeitet und auf einer Vorexpedition erprobt. Der Einsatz von vier Tiefseebojensystemen auf der Hauptexpedition im äquatorialen Atlantik erfolgte im Sommer 1979. Dabei konnten (neben den ozeanologischen Meßwerten) wertvolle technische und technologische Erfahrungen gewonnen werden.

Einleitung

Die Durchführung von ozeanologischen Expeditionen wird wesentlich effektiver, wenn die Messungen vom Forschungsschiff durch solche von straff verankerten Bojensystemen ergänzt werden. Deshalb wurde festgelegt, daß bei der Teilnahme des Forschungsschiffes der AdW der DDR „A. v. Humboldt“ am FGGE-Unternehmen (1979) Strömungsmessungen auch von straff verankerten Tiefseebojensystemen durchgeführt werden sollten. Gleichzeitig sollten diese Bojensysteme als ortsfeste Bezugspunkte für die Ermittlung der Schiffsdrift dienen.

Da jedoch die vom Institut für Meereskunde der AdW der DDR bislang eingesetzten Bojensysteme (vgl. MÜLLER, [1] und [2]) für den vorliegenden Zweck nicht geeignet waren und da ferner geeignete Bojensysteme kommerziell nicht beschaffbar waren, wurde eine Eigenentwicklung erforderlich. Wegen der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit wurde das Projekt in überbetrieblicher Gemeinschaftsarbeit unter Federführung des IfM in Angriff genommen.

Konzipierung und Fertigung

Hauptforderung war, die einzelnen Elemente des Tiefseebojensystems für die gegebenen Bedingungen in 3—5000 m Wassertiefe so zu dimensionieren, daß bei ausreichender Bruchfestigkeit aller Bauteile das Absinken der Oberflächenboje verhindert wird, nur ein geringer Schwoikreis derselben auftritt und eine ausreichende Bodenhaftung der Verankerung besteht.

Die Verankerung wurde nach dem Prinzip der „taut elastic line“ gewählt, d. h., die Dehnbarkeit eines Chemie-Ankerseils wurde bewußt benutzt, um den Schwoiradius der Oberflächenboje möglichst klein zu halten. Für den Bereich der einzusetzenden Geräte bis 150 m Tiefe und den Bereich der Fischbißgefahr bis 800 m Tiefe wurde für die Verankerung Stahldrahtseil vorgesehen. Die Oberflächenbojen wurden mit entsprechend bemessenem Freibord konstruiert. Zur Verankerung sind gegossene Saugankersteine verwendet worden.

Zur Berechnung der Form, des Kraftverlaufes und anderer interessierender Größen des Bojensystems erarbeitete das Entwicklerkollektiv ein mathematisches Modell des Bojensystems, wobei zur Abgrenzung des Problems einige Annahmen getroffen werden mußten. Auf Grund des gewählten Rechenablaufs war die Lösung des Problems mit Hilfe einer EDVA empfehlenswert und erfolgte dann auch auf unserer ES 1010-Rechenanlage. Dadurch bestand die Möglichkeit, Variantenrechnungen für eine Vielzahl von Eingabewertkombinationen durchführen zu können.

Diese mathematische Formulierung und das auf dieser Grundlage erstellte EDV-Programm gestattet es damit, auch bei künftigen Bojensystemen andere Materialien einzusetzen und ebenso andere Umwelteinflüsse zu berücksichtigen.

Beim technischen Aufbau des Tiefseebojensystems und bei der Erarbeitung der Auslege-Technologie konnte nicht die Erreichung optimaler Varianten die Zielstellung sein, sondern es galt, in vorgegebener Zeit realisierbare Lösungen zu verwirklichen, die den Bedingungen und Möglichkeiten unseres Forschungsschiffes „A. v. Humboldt“ entsprachen.

Über die sozialistische Arbeitsgemeinschaft „Tiefseeboje“ im Institut erfolgte mit Hilfe verschiedener Kooperationspartner die Entwicklung, Fertigung und Lieferung der Einzel-elemente. Dabei entstanden zwei Oberflächenbojentypen, eine Zylinderboje und eine Spierenboje.

Auslegetechnologie

Die Art der Auslegetechnologie — zuerst wird die Oberflächenboje ausgelegt, dann das Seil ausgedampft und zum Schluß der Ankerstein geworfen, der das System in Position zieht — mußte variiert werden. Wegen konstruktiver Besonderheiten dürfen wir unsere Strömungsmesser beim Auslegen nicht über einen bestimmten Winkel aus der Horizontalen drehen. Aus diesem Grunde arbeiteten wir mit einem Zwischengewicht, wie in Abb. 1 gezeigt.

Der Aussetzvorgang lief wie folgt ab: Mit der Ladewinde wurde der Meßdraht mit dem Zwischengewicht zu Wasser gefiert, parallel dazu mit der 2-Trommelwinde der Sicherheitsdraht. An den vorher markierten Stellen des Meßdrahtes wurden die Strömungsmesser befestigt. Dieses geschah mit Hilfe einer am Schanzkleid befestigten Abfangvorrichtung. Danach wurde der Meßdraht an der mittels Ladebaum ausgesetzten Oberflächenboje befestigt und diese vom Schiff abtreiben lassen. Der Sicherheitsdraht wurde dann bis zu Ende gefiert und mit dem Kunststoffseil verbunden, welches dann auslaufen konnte. Dabei nahm das Schiff geringe Fahrt im Kreis um die Boje herum auf. Zum Schluß wurde der Ankerstein mit Fallschirm mit dem Kunststoffseil verbunden und geslipt. Nach ca. 35 Minuten erreichte der Ankerstein den Grund und zog dabei das Bojensystem in Position. Das Aufnehmen des Bojensystems erfolgte, indem der Meßdraht von der Oberflächenboje gelöst, gehievt und die Strömungsmesser unter Benutzung der Abfangvorrichtung abgeklemmt wurden. Wegen der noch nicht vorhandenen technischen Voraussetzungen zum

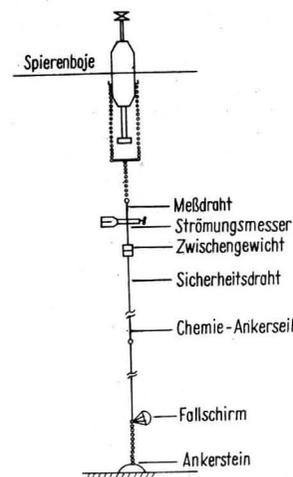


Abb. 1. Grundaufbau des Tiefseebojensystems

Bergen des gesamten Seils, denn prinzipiell soll es geborgen werden, mußte es gekappt werden und ging somit verloren. Der Einsatz von Sollbruchstellen war von uns zwar vorgesehen, erfolgte jedoch nicht wegen zu geringer Erfahrung und Vermeidung jeglichen Risikos, da die Bojensysteme nicht kurzfristig kontrolliert werden konnten.

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Problem der Wassertiefe und des Bodenreliefs im jeweiligen Auslegegebiet geschenkt worden. Denn die genaue Kenntnis der Wassertiefe und damit die Festlegung der Seillänge ist Voraussetzung zum Erreichen der gewünschten Vorspannung des jeweils verwendeten Kunststoffseils. Die hydroakustische Aufnahme einer Fläche von 4 × 6 m erbrachte eine genügend genaue Übersicht, damit konnte die Auslegetechnik entsprechend darauf eingestellt werden. Es wurde versucht, den zu erwartenden Korrosionsproblemen an den Seilen und Metallteilen durch Konservierung mit Farbanstrich und Tauchen der Seile in Elaskon, ein spezielles Konservierungsmittel zu begegnen.

Einsatzerfahrungen

Auf der FGG-Vorexpedition sind im äquatorialen Atlantik zwei Tiefseebojensysteme ausgelegt worden, wobei je eine Zylinderboje und eine Spierenboje zum Einsatz kamen. Das System mit der Zylinderboje konnte 11 Tage nach dem Auslegen nach einer Zielfahrt von etwa 1000 Meilen sofort gefunden, aufgenommen und mit einem Teil des Kunststoffseils in gutem Zustand geborgen werden.

Auf der FGGE-Hauptexpedition sind im gleichen Gebiet vier Tiefseebojensysteme ausgelegt worden, wobei eine Zylinderboje und drei Spierenbojen zum Einsatz kamen. Die Auslegedauer betrug ca. 6 Wochen. Das System mit der Zylinderboje konnte nicht wiedergefunden werden. Die drei anderen Tiefseebojensysteme konnten gemäß der beschriebenen Technologie aufgenommen werden, wobei bei einem System nach dem Bergen des ersten Strömungsmessers der Meßdraht brach und die restlichen Geräte verloren gingen. Ursache des Seilbruchs war Korrosion an der Klemmstelle.

Nach Auswertung beider Expeditionen kann festgestellt werden, daß

- der Einsatz von Tiefseebojensystemen für eine Einsatzdauer von 6 Wochen erfolgreich bewältigt wurde,
- die Einsatztechnologie den Verhältnissen entsprechend gut funktioniert und keine grundsätzlichen Änderungen mehr erforderlich sind.

Es ergeben sich eine Reihe von Faktoren, die für zukünftige Arbeiten zu beachten sind:

- Die Dreipunktverankerung eines Oberflächenfolgers — wie bei der Zylinderboje erfolgt — ist zu vermeiden. Es sind konstruktive Veränderungen erforderlich.
- Benötigt werden akustische Auslösegeräte mit Sollbruchstellen. Dadurch wird der Verlust von Bojen bzw. Bojenteilen bei Korrosion und starker Belastung vermieden und das Bergen erleichtert. Bis auf den Sauganker kann dann alles zurückgewonnen werden.
- Der elektrolytischen Korrosion, vor allem im Oberflächenbereich, ist die erforderliche Aufmerksamkeit zu schenken, deshalb ist der Meßdraht nach Möglichkeit mit Kunststoff zu ummanteln, d. h., es sind fertige, kunststoffisolierte Ständer zu verwenden.
- Zum Anbringen der Strömungsmesser sind Zwischenständer im Meßdraht zu verwenden. Diese ermöglichen ein sicheres Absetzen der Strömungsmesser in die Abfangvorrichtung.
- Der Sicherheitsdraht braucht nur mit Elaskon geschützt zu werden.
- Neuentwickelte und -gefertigte Komponenten sind Langzeittests zu unterziehen.

Literatur

- [1] MÜLLER, G.: Bojen als Geräteträger für ozeanologische Untersuchungen Seewirtschaft (1974) Heft 11, 690—692
- [2] MÜLLER, G.: Ozeanologische Datengewinnungssysteme unter besonderer Berücksichtigung der Bojentechnik. Beiträge zur Meereskunde (1980) Heft 43, 73—82
- [3] MYERS, J. J.: Handbook of Ocean and Underwater Engineering. Mc Graw-Hill Book Company, New York 1969
- [4] BERTEAUX, H. O.: Buoy Engineering. JOHN WILEY & SONS, New York 1976

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. EDGAR BENGELSDORFF
 Institut für Meereskunde der AdW der DDR
 DDR-2530 Rostock-Warnemünde

Project of a Hydro-Meteorological, Shallow Water Measuring System (FMS 80), Using Buoys with a VHF Radio Telemetry Link

By FRIEDRICH MÖCKEL

Summary: The Institute of Marine Research of the Academy of Sciences of the GDR at Warnemünde projects the development of a shallow water, near shore, hydrometeorological real time measuring system (FMS 80) with unmanned buoys. The swimming platform is the SAMOS buoy in development at the Polish Institute of Meteorology and Water Economy Gdansk (Poland). For hydrological data a profiling probe is projected. Amongst existing sensors (temperature, conductivity, oxygen) a new 2-component current meter and a pH-sensor is projected. In addition to conventional meteorological sensors, radiation balance shall be measured. In discussion are wave measurements. The data shall be validated and compressed by a micro-processor before telemetry which is made by VHF radio over sea and telex over land.

Резюме: В план Института Мореведения АН ГДР включено развитие гидрометеорологической системы измерительных автоматических станций (FMS 80) с реально-временной трансляцией данных на необитаемых платформах для использования в прибрежной зоне ГДР. Носительным прибором применяется буй „ЗАМОС“, разработан в Институте метеорологии и народного хозяйства Польской Народной Республики. Институт Мореведения представит проект гидрологического зонда для измерения вертикальных профилей средней температуры, электропроводности и содержания кислорода. Кроме того мы разработаем датчик рН и прибор для двухкомпонентного измерения течений. На платформах предусматривается регистрация стандартных метеорологических параметров и дополнительно измерение баланса излучения. Обсуждается и разработка прибора для измерения волнения. До осуществления телетрансмиссии, предусматриваемой по направлению к берегу через УКВ и на суше через телекс, происходит контроль и редукция данных микропроцессором.

Zusammenfassung: Das Institut für Meereskunde der AdW der DDR plant die Entwicklung eines hydro-meteorologischen Meßsystems (FMS 80) für das der DDR Küste vorgelagerte Seegebiet mit unbemannten Bojen und Echtzeit-Datenübertragung. Als schwimmende Plattform soll die im Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft Gdansk (VR Polen) entwickelte SAMOS-Boje eingesetzt werden. Für hydrologische Daten ist die Erfassung des vertikalen Profils mit sinkender Sonde vorgesehen. Neben vorhandenen Sensoren (Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff) sind ein 2-Komponenten-Strömungsmesser sowie ein pH-Sensor geplant. Außer konventionellen meteorologischen Sensoren sollen Strahlungsbilanzmesser installiert werden. Zur Diskussion stehen auch Sensoren für die Seegangmessung. Mittels eines Mikroprozessors soll eine Fehlerbereinigung und Kompression der Daten vor der Telemetrie erfolgen, die see-seitig mit UKW, landseitig mit Telex geplant ist.

1. Preface

Hitherto, the overwhelming majority of the oceanographic data collected by the Institute of Marine Research at Warnemünde comes from research vessels. Only some current measurements are made at buoys during expeditions over weeks or a few months. Just one

single station in the Baltic on the Darss sill with mechanical recording current meters (LSK 801.1) is working over years. Telemetry of data from ships only sporadically happens using TESAC. On the R.V. A.v. Humboldt a SSPI satellite data transmitting system is installed but not yet working. For operational services (forecast, supervision) in the Baltic, the lag time of the SSPI (up to 24 hours) is too long, simultaneous data from some points are impossible by one or two ships, complex data necessary for research cannot be transmitted by TESAC. An IfM research vessel equipped with an effective, electronic data collecting system is working over 250 days per year. Under these conditions the demand on data with better spatial and temporal resolution or continuous real time data from several positions is only realizable by unmanned telemetry stations. A survey is given of the project FMS 80, a shallow water, near shore system with unmanned buoys, telemetry by a VHF radio link. Substantial components of this measuring system are suitable for use in shipboard and oceanic buoy systems.

2. Swimming platform

As swimming base the SAMOS buoy shall be used. It is developed in cooperation of some Polish institutes under regie of the „Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej- Oddzial Morski“ (IMGW), Gdynia. Details of the SAMOS project have been reported and published in Gdynia in the past years, here only some technical data are repeated. The SAMOS buoy is decoupled (rolling, pitching) from the movements of the sea surface (waves, water level) by 3 tightened cables with heavy anchors for maximal 80 m depth. The degree of decoupling decides the spatial and temporal resolution of the hydrologic sensors and settles the life time of the submersing probe. Beside nautical fittings the buoy has a battery set and a wind generator for recharging. This power system restrains the extent, technology, and strategy of the measuring system. Desired but not available are additional sets of solar cells or a little gasoline electric generator proper, to rough weather on buoys.

3. Time interval of data sets

The time intervals demanded for oceanological investigations and for maritime services are nearly the same, one hour seems sufficient for the majority of tasks. In research the lag time of data is of secondary importance, services request intervals of half an hour in critical situations. The admissible shortest interval is primary limited by the electric energy system, secondary by the telemetry lines. The optimal solution is an automatic adapting system with

- standard interval 1 h,
- special interval 0,5 h,

the 0,5 h interval should be switched if

- a) sufficient energy available,
 - b) wind speed (mean 10 minutes) greater 20 m/s
or
 - c) wind gust (mean 1 second) greater 30 m/s
- emergency regime
switched if energy system drops under critical limit;
only meteorological and surface data, no hydrologic profile

The special interval of 0.5 h initiated by high wind speed correlates with the growing output power of the wind generator.

4. Sensors for hydrological data

The investigation of processes in the layered, Baltic offshore waters with seasonal and quickly changing weather-dependent structures requires the complete vertical distribution. So, a profiling probe is desired, if the energy maintenance is solved. Otherwise 3 to 4 groups of sensors in fixed depths become necessary. The connection between the platform and the diving probe can be made by the SK/63 cable (7 mm diameter, 15000 N breaking load) which is protected against corrosion by a jacket of polyethylene. If frequency analogous data and frequency multiplex transmission in the 1-wire coaxial cable are used, proved sensors and principles of data processing of the shipboard measuring system OM75 can be applied. This reduces the expensive, lengthy development of submersible sensors. A summary of these sensors shows tab. 1. The problem is most important in the development of sensors for 2-component, profiling current measurements and then a pH sensor longlived and temperature compensated (static and dynamic). Since simultaneous integration over 1 s gave excellent hydrologic data from these sensors with the system OM75 aboard rolling ships even at bad weather, this method is retained in the FMS80. The data processing will be discussed later.

5. Sensors for meteorological data

In connection with the development of the shipborne system OM75 some sensors have been constructed which are fit for unmanned battery powered stations. Tab. 2 shows a summary. Obvious is the lack of sensors for wave measurements. Necessary are low-power sensors insensitive to floating objects (wood, ice) and frost (icing). Perhaps completely immersed, low-power, acoustical sensors are suitable. A second possibility is the use of piezoresistive low-pressure sensors produced now by TESLA Rožnov.

6. Data processing at the buoy

The hardware processing of frequency analogous information is made by counters in low-power technology. Necessary are

- a group with 1s-integration for hydrological parameters and wind gust,
- a group with 10-min-integration for meteorological data,
- one counter with 0.2s-integration for wave measurements.

For operating observation an analog-digital-converter (ADC) with 13 bit resolution is required. Here a multiplexer is intended which allows the junction of 12 sensors with dc-voltage outputs.

Assumed a profiling probe is used for the hydrologic data, the amount of primary information per message is

hydrologic data (1 s integrated)	10 k Byte
meteorologic data (10 min. integrated)	0.2 k Byte
waves (0.2 s integrated, 10 min)	3 k Byte
first data set	13 k Byte

For comparison, the SSPI data collecting system has a capacity of 1 k word (9 bit) per buoy and per day.

Table 1
Hydrographic Sensors

parameter	dimension range Baltic		general		error		resolution rank (state)	man. = manufacture dev. = development
	from	to	from	to	max.	desired		
Dissolved oxygen	0	10	0	15	0.2	0.1	0.05	1 A man. FSI Meinsberg 1980
El. conductivity	5	40	0	60	0.02	0.01	0.003	1 man. ZWG 1982
Water temperature	-1	+28	-2	-38	0.015	0.01	0.002	1 man. ZWG 1979
Current N-comp.	-2.00	+2.00	-2.00	+2.00	0.02	0.01	0.005	1 dev. IFM 1981-1982
Current E-comp.	-2.00	+2.00	-2.00	+2.00	+	+	0.005	1
pH	6.5	8.5	6.5	8.5	5%	2%	0.01	2 man. FSI Meinsberg 1982
Diss CO ₂	0	0.6	0	0.6	0.05	0.03	0.01	3 dev. undecided
Sound velocity (on request)	1400	1550	1400	1600	0.2	0.1	0.05	3 man. ZWG 1978 (on request)

1 = standard; 2 = desired; 3 = secondary; A = Modification for battery powered stations necessary

Table 2

Parameter	Dimension	Range	Error max.	Resolution	Rank	man. = manufacture dev. = development
Temp. dry bulb	°C	-30 ... +50	0.1	0.05	1	man.: ZWG Berlin 1980
Temp. wet bulb	°C	-10 ... +40	2%	0.1	1	dev.: KMU 1979 (cup anemometer)
Wind Speed	m/s	0 ... 40	5%	1	1	same cup as above 1-s-integration
Wind Gust	m/s	0 ... 60	5	2	1	dev.: IFM 1980 (vane)
Wind Direction	deg	0 ... 359	0.2	0.1	1	dev.: IFM 1980, man.: ZWG 1982
Barom. Pressure	mbar	950 ... 1050	10	2	2	type SBM 2, man.: ZWG Berlin 1980
Radiation Balance	W/m ²	-700 ... +1400	0.02	0.02	2 A	dev.: KMU Leipzig
Precipitation	m	0 ... 4	0.2	0.2	2	development of sensors undecided (capacity in microprocessor and datatransmission reserved)
Wave Height	s	0.4 ... 7	0.2	0.2	2	

1 = standard; 2 = desired; A = adaptation to battery powered platform necessary

This first data set is high redundant, and so a compression is possible without lost of information before telemetering, a microprocessor shall do the following tasks

- calculation of proportioned data allowing sensor characteristic of 3rd order,
- tracing and elimination of errors (absolute value, unreal peaks),
- interpolation of hydrological data to standard depths, e.g. 2.5 m steps (additional data in case of strong stratification),
- calculation of salinity,
- calculation of wind data and moisture,
- processing of wave data,
- storage of compressed, validated message completed by hour and day and buoy number,
- control of buoy operation (batteries, electric isolation) switching of special regimes,
- encoding for VHF transmission.

A special timer and clock in low-power technology is necessary producing all signals for integration steering and marking the message (hour, day).

The data are for multi-purpose such as scientific research and operational services. For the first task, a delayed off-line processing of data collected over longer periods is possible. In contrast services need data completely prepared, undelayed utilisable without any further handling, and for this task the microprocessor has to be programmed.

7. Data Transmission

Cables from buoys ashore are endangered by fishery and anchors, only heavy, strongly sheathed cables have a life chance in Baltic near shore waters, such cables and their installation is enormous expensive. Over sea only a VHF link is available, the maximal distance depends on the height of the antenna at the shore station (range of the light houses 20 to

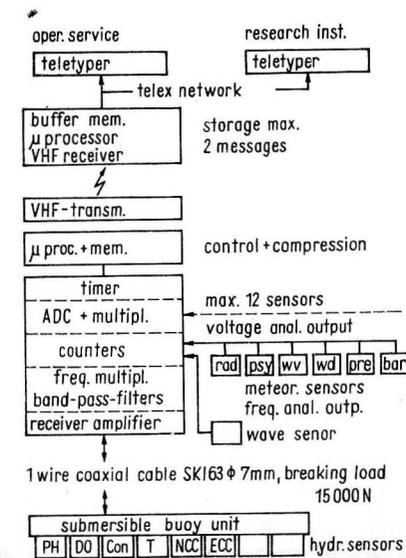


Fig. 1. Data Flow FMS 80

50 km) a system similar to that of Gdansk port is intended. Over land the use of the post teletype cable network is the simplest solution. The receiving station at the shore should again use a microprocessor for storage of the data from the radio line, coding to CCITT standard and buffering 2 messages in case of lag time in the telex network. Fig. 1 shows a summary of the data flow in the FMS 80.

The instrumentation to be developed with the FM 80 system will be constructed for multi-purpose application in shipborne systems and unmanned stations (ocean, lakes, etc.). Especially to all new submersible sensors (pH, current-components, ...) variants for shelf and deep sea are intended.

Literatur

- [1] ANGERMANN, R.: Sensors for Measuring Air-Temperature and Humidity Appropriated to Unmanned Platform. *Meteorologia Morsko (Sopot)* 2 (1978), 97—104
- [2] Europea Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research — COST. International Agreement on the setting up of an experimental European network of ocean stations (COST PROJECT 42; ODAS/COST/60/2/77) Brüssel, 2. 12. 1977
- [3] MÖCKEL, F.: Submersible Sensors with Frequency Analogue Output and their Application in Oceanography. *Meteorologia Morska (Sopot)* 2 (1978), 85—96
- [4] MÖCKEL, F.: Die ozeanologische Meßkette OM 75, eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. *Beiträge zur Meereskunde* (1980) H. 43, 5—14

Adress of the author:

Dr. rer. nat. FRIEDRICH MÖCKEL
 Institut für Meereskunde
 der Akademie der Wissenschaften der DDR
 DDR-2530 Rostock-Warnemünde

Möglichkeiten der Energieversorgung von Bojenstationen

Von EDGAR BENGELSDORFF

Zusammenfassung: Für den Betrieb von Sensoren und Geräten zur Gewinnung ozeanologischer Daten ist elektrische Energie erforderlich, die entsprechend den Einsatzbedingungen als gespeichert vorhanden sein muß oder über Fernversorgung bzw. Eigenerzeugung bereitzustellen ist.

Der Einsatz von Flachwassermeßsystemen mit zeitlich steuerbaren Vertikalsondierungen und Datenübertragung per Funk erfordert für den Langzeiteinsatz mehr elektrische Energie als gespeichert werden kann. Deshalb ist eine zusätzliche Energieerzeugung erforderlich, so daß unter den gegebenen Bedingungen auf die Ausnutzung von Licht- sowie Wind- und Wellenenergie orientiert werden muß.

Die Gewinnung ozeanographischer Daten erfolgt mit Hilfe von feststehenden Bauwerken an den Küsten und in freien Gewässern, verankerten und freischwimmenden Bojenstationen, Schiffen, Flugzeugen und Satelliten. Die auf und von diesen Geräteträgern eingesetzten Sensoren, Meßgeräte und Einrichtungen zur Datengewinnung, -übertragung und -verarbeitung benötigen für ihren Betrieb Energie. Diese ist heute fast ausschließlich als elektrische Energie bereitzustellen. Sie wird entweder als gespeicherte Energie benötigt oder muß an Ort und Stelle erzeugt werden. Möglichkeiten, wie diese Forderungen realisiert werden können, bestimmen den Umfang der jeweiligen meßtechnischen Aktivitäten.

Dort, wo die Möglichkeit besteht, die Versorgung von Land aus zu sichern, oder, wie auf Schiffen, Bohrplattformen, Flugzeugen u. a., wo Energie zum Betrieb sowieso erzeugt wird, sind in der Regel keine Einschränkungen zu erwarten, denn die Versorgung der Sensoren und Geräte über Kabel ist mit mehr oder weniger Aufwand absicherbar. Schwieriger ist die Versorgung autark arbeitender Systeme oder von Einzelgeräten, denn diese sollen meist über längere Zeit hinweg ohne Wartung bei rauen Umweltbedingungen und oft tiefen Temperaturen betrieben werden.

Die Entwicklung der Mikroelektronik mit der Minimierung des Energieverbrauches eröffnet hierbei für den Langzeiteinsatz autark einzusetzender Meß- und Registriergeräte große Möglichkeiten und führte zur Entwicklung zahlreicher Gerätevarianten mit Primär-Batterieversorgung. Die Forderungen, die sich aus automatisch arbeitenden Meßsystemen mit höherem Energieverbrauch ergeben, zwingen jedoch dazu, noch ungenutzte Möglichkeiten zu erschließen.

Der Einsatz von Flachwassermeßsystemen mit zeitlich steuerbaren Vertikalsondierungen und Datenübertragung per Funk erfordert größere Energiemengen, zumal wenn für bestimmte Termine zeitlich engabständige Sondierungen erwünscht sind. In vielbefahrenen Gewässern, wie der Ostsee, kommt zur Sicherung der Bojenstationen die Forderung nach einer weit genug sichtbaren Beleuchtung und die Notwendigkeit der Abgabe von akustischen Signalen bei Nebel hinzu.

Die diesen Forderungen entsprechenden Energiemengen können für den Langzeiteinsatz mit unseren Möglichkeiten nicht mehr in gespeicherter Form bereitgestellt werden. Isotopengeneratoren mit einer Dauerleistung von 80–100 Watt werden auf dem Weltmarkt zwar angeboten, sind hierfür aber nicht erlangbar. Akkumulatoren, gleich ob Blei- oder Nickel-Kadmium-Sammler, können aus Gewichtsgründen nur in beschränktem Umfang als Pufferbatterien eingesetzt werden. Damit steht die Frage, welche Arten der elektrischen Energieversorgung noch gewählt werden können. Deshalb sind alle Möglichkeiten einer Eigenversorgung, die technisch-ökonomisch realisierbar ist, zu überprüfen.

Der Einsatz eines Diesellaggregates scheint die zunächst allen Anforderungen entsprechende Lösung zu sein. Wegen des hohen Installations- sowie Wartungs- und Instandhaltungsaufwandes ist jedoch nach Erfahrungsberichten [1, 2] von der Verwendung eines Diesellaggregates für den angesprochenen Bojentyp unter unseren Einsatzbedingungen abzuraten, zumal uns auch kein Angebot über ein allen unseren Bedingungen entsprechendes Aggregat vorliegt.

Die Verwendung von Solarzellen ist in Erwägung gezogen worden. Praktisch anwendbare Angebote liegen uns z. Zt. noch nicht vor. Diese zukunftssträchtige Variante wird allerdings aufmerksam zu verfolgen sein, da international schon beachtliche Ergebnisse vorliegen.

Die Ausnutzung der Temperaturdifferenzen im Meer zur Energiegewinnung kommt wegen des erforderlichen technischen Aufwandes und der in unseren Einsatzgebieten zu gering auftretenden Temperaturdifferenzen nicht in Frage [3].

Somit bleibt noch die Ausnutzung der Wind- und Wellenenergie zur Energieerzeugung.

Von der Ausnutzung der Windenergie wird zunehmend mit Erfolg Gebrauch gemacht. Auch von uns ist der Einsatz eines Windgenerators in Betracht gezogen worden, damit ein autarker Betrieb des Systems von zwei Monaten ermöglicht werden kann. Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 5 m/s wird mit einem Windgenerator, der über einen Propeller von 1,5 m Durchmesser eine Drehstromlichtmaschine mit Thyristorsteuerung antreibt, nach ersten Berechnungen eine Nutzleistung von 30–50 VA zu erreichen sein, wodurch sich die Energiebilanz des Systems bedeutend verbessert. Zu prüfen ist, inwieweit Form und technische Ausführung des betrachteten Windgenerators optimiert werden können.

Der erforderliche Energiebedarf für die vorgesehenen Profilmessungen wird damit jedoch noch nicht abgedeckt werden können, deshalb ist auch zu prüfen, inwieweit die Wellenenergie ausgenutzt werden kann.

Über die Ausnutzung der Wellen zur Erzeugung elektrischer Energie gibt es schon viele Vorschläge und Projekte, besonders in letzter Zeit, wobei hier meist an Großanlagen gedacht wird. Über in der Vergangenheit tatsächlich praktisch verwertete Projekte ist bisher wenig bekannt geworden. Ein DDR-Projekt, die Vertikalbewegung einer Boje zur Energieerzeugung auszunutzen, führte schon Anfang der 60er Jahre zu realen Ergebnissen.

In einer Diplomarbeit der schiffbautechnischen Fakultät der Universität Rostock [4] wurde nachgewiesen, daß es auch in der Ostsee möglich ist, in einer Boje mittels der Phasenverschiebung zwischen der Bojen- und Wellenbewegung kontinuierlich nutzbare elektrische Energie zu erzeugen, wobei den Berechnungen die Trochoide als Wellenform zu Grunde gelegt worden ist. Die Bewegung eines in einem Standrohr einer Oberflächenboje untergebrachten Schwimmers war über eine Zahnstange zum Antrieb eines Generators vorgesehen. Die errechnete Leistung in Abhängigkeit von der Seegangsstärke zeigt Abb. 1.

Die Prinzipdarstellung einer zum Versuchsmuster für den Nachweis der Erzeugung von elektrischer Energie umgebauten Navigationsboje zeigt Abb. 2. Im Standrohr bewegt sich

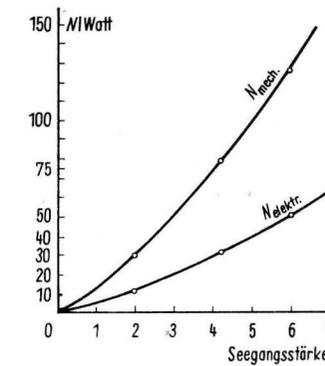


Abb. 1. Errechnete Leistung in Abhängigkeit von der Seegangsstärke

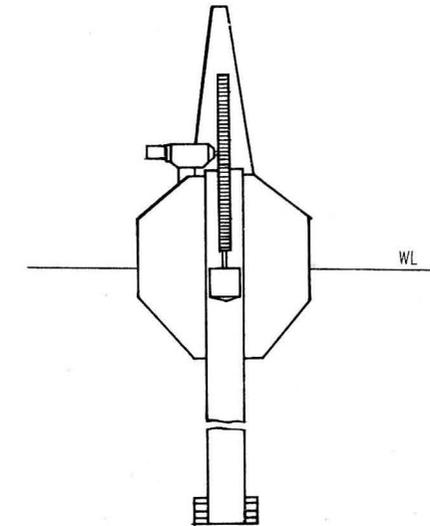


Abb. 2. Prinzipdarstellung des Versuchsmusters

der Schwimmer und treibt hier nur bei der Aufwärtsbewegung über ein Getriebe einen Drehstromgenerator mit Permanentterregung an. Die Abwärtsbewegung konnte bei diesem Versuchsmuster noch nicht ausgenutzt werden.

Durchgeführte Versuche ergaben, daß bei Seegang 3 eine durchschnittliche Leistung von etwa 60 Watt erzielbar war. Die praktisch erreichten Ergebnisse lagen damit weit über den errechneten.

Dieses in der DDR nicht bis zur Serienreife gebrachte Projekt ist inzwischen in Japan in anderer Form praktisch verwirklicht worden und wird seit 1969 für die Energieversorgung von 65 Warnbojen verwendet [5].

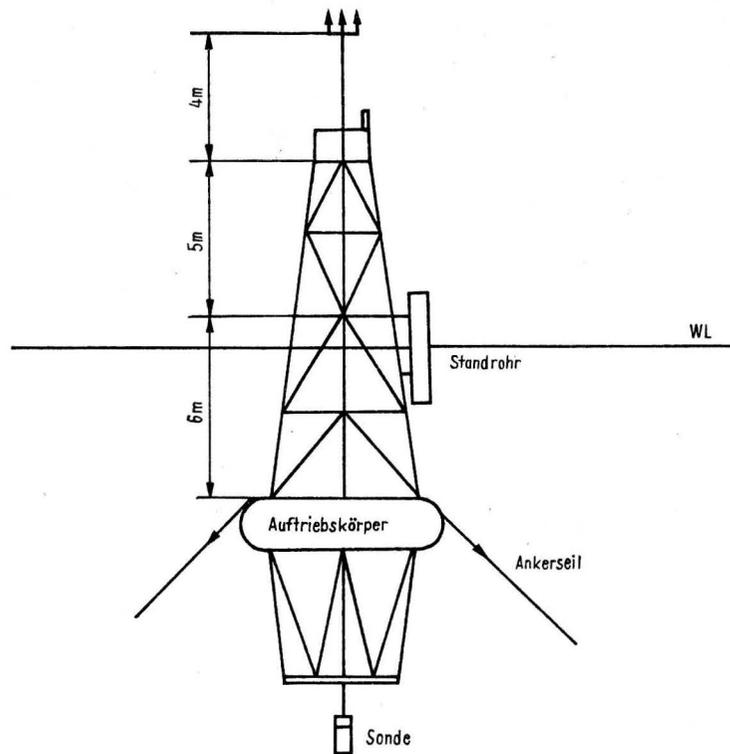


Abb. 3. Geräteträger eines Flachwassermeßsystems

Durch die Bewegung der Oberflächenboje im Wellengang steigt und fällt im Standrohr der Wasserspiegel. Diese Wasserstandsschwankung wird zur Erzeugung von Druckluft verwendet, die eine Turbine antreibt und über einen Synchrongenerator über einen Gleichrichter eine 12 Volt-Batterie versorgt. Die beschriebene Anlage benötigt eine kontinuierliche Ausgangsleistung von ca. 7 Watt. Die überschüssige Energie wird abgeleitet.

Eine ähnlich arbeitende Konstruktion ist inzwischen auch in der UdSSR verwirklicht worden [6].

Zu überlegen ist, inwieweit diese Art der Energiegewinnung für die Versorgung eines Flachwassermeßsystems nutzbar gemacht werden kann.

Ein diskutiertes Flachwassermeßsystem, Abb. 3, besitzt einen fest verankerten Geräteträger, der nur geringe Vertikalbewegungen ausführt. Damit ist es möglich, Wasserstandsschwankungen in an dem Geräteträger angebrachten Standrohren zur Erzeugung von Druckluft auszunutzen und damit elektrische Energie zu erzeugen. Entsprechend der Größe des Geräteträgers und wegen der Symmetrie bei einer 3-Punktverankerung müßte es möglich sein, drei Standrohre außen oder auch innen verwenden zu können, so daß ein beachtlicher Energiezuwachs zu erwarten wäre.

Prinzipiell sind auch andere Ausführungsformen nach dem gleichen Prinzip bei anderer konstruktiver Ausführung des Geräteträgers denkbar.

Literatur

- [1] MÜLLER, H.: Erfahrungsbericht über die See-Erprobung automatischer Meßstationen. Meerestechnik (1978) Heft 3, 73—81
- [2] ERICK, R., F. HOLZKAMM und W. KLAGES: Meßboje mit Datenübertragung über Meosat. Meerestechnik (1980) Heft 1, 17—22
- [3] Projekt OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion). Hansa (1980) Heft 15/16, S. 1125
- [4] WALTER, G.: Nachweis einer Möglichkeit zur Gewinnung elektrischer Energie in dem elektrisch befeuerten Tonnen des Seezeichenwesens unter Ausnutzung des Seeganges. Diplomarbeit am Institut für allgemeine und experimentelle Elektrotechnik der Universität Rostock, 1959; 61 Seiten
- [5] Wave action generates power for warning buoys. Ocean Industry (1969) Heft 12, S. 60
- [6] Boje mit ewigem Licht. Neues Deutschland 26/27. 7. 1975, S. 13

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. EDGAR BENGELSDORFF
 Institut für Meereskunde der AdW der DDR
 DDR-2530 Rostock-Warnemünde

Datensammelsysteme — Aufbau und Wirkungsweise

Von BERND SCHILDWACH

Zusammenfassung: Für viele wissenschaftliche Anwendungen hat sich eine automatische Datenerfassung auf einzelnen Meßwerterfassungsplattformen und die Übertragung ihrer Daten über Satellit zu zentralen Bodenstationen bewährt. Auch in der Zukunft werden solche Systeme für wissenschaftliche Zwecke konzipiert und gefertigt; ihre Bedeutung wird durch eine kommerzielle Nutzung steigen.

Es wird ein Überblick über die dabei verwendeten Arbeitsprinzipien von Datensammelsystemen gegeben. Die daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten in den unterschiedlichen Wissenschaftszweigen werden dabei sichtbar, wobei auch Betrachtungen über die für den Nutzer entstehenden Kosten angestellt werden.

Der praktische Einsatz des an der AdW der DDR im Institut für Elektronik entwickelten experimentellen Datensammelsystems bei der Erforschung des hohen Nordens der UdSSR wird dargestellt.

In der wissenschaftlichen Forschung und für kommerzielle Nutzungen besteht oftmals die Notwendigkeit, über einen längeren Zeitraum Informationen über verschiedene Meßgrößen (z. B. Temperatur, Luftdruck, Wind- und Strömungsgeschwindigkeiten usw.) zu erhalten. Für eine globale Erforschung unseres Planeten werden auch Meßdaten von Gebieten benötigt, die gering besiedelt sind bzw. wo noch kein ausgedehntes Netz von wissenschaftlichen Meß- oder Beobachtungsstationen besteht. Unter bestimmten lokalen Bedingungen (Klima, Meeres- und Wüstengebiete usw.) ist der Aufbau von Meßstationen, die mit der Entsendung von Wissenschaftlern verbunden sind, nicht immer möglich.

Für viele wissenschaftliche Anwendungen hat sich eine automatische Datenerfassung in Meßstationen sowie das automatische Einholen dieser gesammelten Daten in einem Datensammelsystem bewährt. Diese Datensammelsysteme bestehen aus den automatischen Meßstationen, sogenannten Datensammelplattformen (DSP), die mit ihren Sensoren interessierende Meßgrößen erfassen, und einer Zentralstation zur Auswertung mittels eines „Datenüberbringers“ weiterleiten.

Die Datensammelplattformen (DSP) erfassen ständig oder zu diskreten Zeiten die interessierenden Meßgrößen und können stationär auf dem Festland, verankert oder driftend im Meer, fliegend in Flugzeugen und in Ballons aufgebaut sein.

Es gibt Systeme, in denen die Meßdaten zwar automatisch eingeholt werden, der Mensch aber die Rolle des „Datenüberbringers“ zur Zentralstation übernimmt. Die Nutzung der elektromagnetischen Welle als „Datenüberbringer“ gestattet eine automatische Datenerfassung und Übermittlung der gesammelten Informationen zur Zentralstation. Erst der Einsatz einer funktechnischen Verbindung gestattet das Aussetzen dieser DSP in Gegenden, die vom Menschen nur unter größten Anstrengungen erreicht werden können und wo der längere Aufenthalt des Menschen unmöglich ist. So können die DSP von Flugzeugen mit dem Fallschirm ausgesetzt werden. Somit wird es möglich, auch Meßdaten aus Gebieten unserer Erde zu erhalten, aus denen Wissenschaftler auf Grund von schwierigen

meteorologischen und geographischen Bedingungen bisher nur unzureichende Informationen erhielten. Das System der Datenübermittlung von den DSP an ihre Nutzer kann so organisiert sein, daß mehrere dieser Plattformen von einem Flugzeug, einem Schiff oder auch von einer in der Nähe befindlichen Zentralstation abgefragt werden können. Das kann Daten betreffen, die nur zum Abfragezeitpunkt erfaßt werden oder die kontinuierlich erfaßt und gespeichert wurden. Das Schiff bzw. das Flugzeug arbeitet dann als Relaisstation. Bei der Rückkehr können die Daten in der Zentralstation ausgewertet und dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden.

Für einen globalen Einsatz solcher Datensammelsysteme auf unserem Planeten bietet sich die moderne Satellitentechnik an. Die von den DSP gesammelten Meßinformationen werden beim Überflug des systemeigenen Satelliten ausgesendet und im Bordspeicher des Satelliten gespeichert. Beim Überflug des Satelliten über der Bodenstation werden die von den DSP eingeholten Informationen ausgesendet. Es wird verständlich, daß sich der Einsatz dieser Technik nur dann als ökonomisch günstig erweist, wenn eine ausreichende Anzahl von DSP an diesem System beteiligt sind und an verschiedenen Punkten der Erde aufgebaut bzw. abgesetzt werden. In der ersten Phase, der technologischen Erprobung, wird man sich jedoch mit einer geringen Anzahl von DSP begnügen müssen, um technische sowie organisatorische Lösungen zu erproben.

Da sich an einem solchen globalen Satellitensystem in der Regel Nutzer der verschiedenen Wissenschaftsgebiete eines oder mehrerer Staaten beteiligen, muß ein Modus für die Beteiligung gefunden werden. Entweder erstellen die entsprechenden Nutzer ihre DSP unter Berücksichtigung der geforderten technischen Parameter selbst, oder sie können von einem Produzenten erworben werden.

Die verschiedenen Nutzer stellen unterschiedliche Forderungen an die Qualität und die Quantität der zu sammelnden Informationen. Es muß für den Aufbau der DSP ein Optimum gefunden werden, mit dem man vielen Nutzern gerecht werden kann bzw. mit dem eine Anpassung an die Nutzerforderungen möglich wird. *Qualitätsmerkmale* einer DSP für den Nutzer sind beispielsweise:

- Zeitpunkt der Datenerfassung,
- Quantisierungsgrad der analogen Meßwerte bei der Analog/Digital-Umsetzung,
- Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Datenübertragung zwischen DSP und Satellit bzw. Satellit-Bodenstation,
- direktes Aussenden der Meßinformation oder das Zwischenspeichern in der DSP.

Quantitätsmerkmale stellen beispielsweise dar:

- Anzahl der vorhandenen Meßkanäle für die digitale und die analoge Signalform,
- Zeit zwischen zwei Meßwertfassungen,
- Kapazität des Plattformspeichers,
- Anzahl der Datenübertragung an den Satelliten pro Zeiteinheit.

Für die Realisierung solcher Satelliten-Datensammelsysteme gibt es zwei Prinzipien:

1. das Zufallsprinzip (random-access-system),
2. das Aufrufprinzip (shake-hand-system).

Das Zufallsprinzip

Zur Realisierung dieses Prinzips senden die DSP die gesammelten Informationen zu definierten Zeitpunkten aus, die vor dem Aussetzen der Plattformen festgelegt werden. Bei dem

Zufallsprinzip erfolgt das Aussenden der gesammelten Daten unabhängig davon, ob sich der Satellit im Funksichtbereich der DSP befindet. Da diese Funksicht beim Überflug nur für eine kurze Zeit besteht, muß die Häufigkeit der Datenabgabe an den Satelliten so gewählt werden, daß in der Zeit für die Funksicht auch die Datenabgabe der DSP erfolgt. Es hängt von der Anzahl der einzusetzenden Satelliten, von deren Bahnparametern und von der Satellitensteuerung ab, wie oft die Daten der DSP pro Zeiteinheit empfangen werden können. Da die Datenabgabe an den Satelliten auf Grund der hohen Datenkompression in der DSP sehr kurz ist, kann die Übermittlung der Daten in einem lokalen Bereich in einer Gruppe von DSP zeitlich gestaffelt werden. Das bedeutet, daß die DSP-Uhr und damit der Oszillator eine sehr hohe Genauigkeit aufweisen muß. Eine andere Möglichkeit für die Realisierung dieses Prinzips besteht darin, daß der Satellitenempfänger für den Empfang der DSP-Daten mehrere Kanäle besitzt. Die Steuerung in der Satellitenelektronik hat dann die Auswahl zu treffen, welcher Empfangskanal die günstigsten Empfangsbedingungen aufweist und ob der Empfang der dem Kanal entsprechenden DSP notwendig ist [2]. Der Einsatz von DSP in einem lokalen Bereich wird durch eine zeitliche Staffelung der Datenabgaben bzw. durch eine begrenzte Anzahl von Empfangskanälen im Satelliten zahlenmäßig begrenzt. Da eine Kommunikation nur zwischen der DSP und dem Satelliten besteht, lassen sich die Plattformen bei diesem Prinzip technisch relativ einfach realisieren. Der Aufbau einer solchen DSP ist in Abb. 1 ersichtlich.

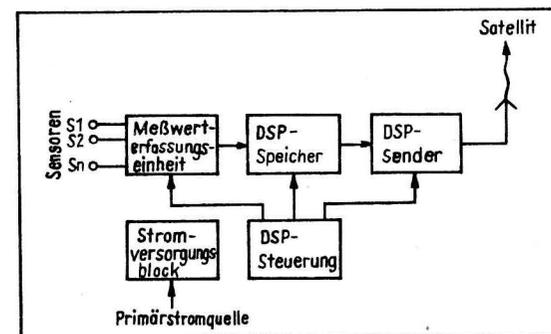


Abb. 1. DSP nach dem Zufallsprinzip

Als eine der technischen Realisierungen des Zufallsprinzips ist das von der französischen Raumfahrtorganisation CNES vorgestellte System ARGOS zu nennen [1]. Der Einsatz dieses Systems erfolgt in den Jahren 1978 bis 1985. Die Periodendauer für die Datenabgabe ist bei diesem System zwischen 40 bis 200 Sekunden wählbar. Eine kurze Periodendauer für die Datenabgabe ermöglicht eine große Wahrscheinlichkeit für den Empfang der DSP-Daten im Satelliten während des Überflugs, erhöht aber auch den Leistungsverbrauch der DSP, da das Senderegime das leistungsintensivste Regime ist.

Das Aufrufprinzip

Während das Zufallsprinzip nur einen Dialog DSP-Satellit ermöglicht, kann mit dem Aufrufprinzip ein Dialog DSP-Satellit und Satellit-DSP realisiert werden. Während der

Umkreisung der Erde sendet der Satellit ständig Signale, die von den im Funksichtbereich befindlichen DSP mit einem Empfänger empfangen werden. Durch einen Dialog zwischen den DSP und dem Satelliten entscheidet die Satellitensteuerung, welche der am Dialog beteiligten DSP die gesammelten Informationen an den Satelliten senden soll. Erst nach einer definierten Anweisung an die ausgewählte DSP (Aufruf der DSP), erfolgt die Datenabgabe.

Für die Realisierung dieses Prinzips werden somit in der DSP neben den in Abb. 1 gezeigten Baugruppen noch ein Empfänger in der DSP und ein Sender im Satelliten für die Anweisung der Datenabgabe benötigt (Abb. 2). Dieses Prinzip gestattet dem Nutzer auch nach dem Aussetzen seiner DSP, Parameter der Sensoren wie Verstärkungsfaktoren, Anzahl der benötigten Meßkanäle usw. zu verändern. Über den Kommunikationstrakt Satellit-DSP können auch die Arbeitsregimes wie der Meßwerterfassungszeitpunkt oder die Häufigkeit der Erfassung bestimmter Meßkanäle gesteuert werden. Theoretisch ist die Anzahl der in einem lokalen Bereich absetzbaren DSP unbegrenzt. Wenn der Zeitraum zwischen zwei Datenabgaben nicht zu groß werden soll, gibt es doch praktische Grenzen, denn es kann während eines Überflugs nur eine begrenzte Anzahl von DSP ausgewählt werden. Bei einer großen Anzahl von DSP würden somit viele Überflüge erforderlich sein, bis alle DSP abgefragt werden könnten.

Ein solches Aufrufprinzip wurde z. B. mit dem französischen System EOLE in den Jahren 1971, 1972 realisiert [2].

Unabhängig vom verwendeten Prinzip besteht die Möglichkeit, eine große Anzahl von Meßinformationen der Sensoren zu speichern. Ohne einen DSP-Speicher können bei beiden Prinzipien nur die Meßdaten der DSP vom Satelliten aufgenommen werden, die zum Zeitpunkt der Datenübermittlung gemessen werden.

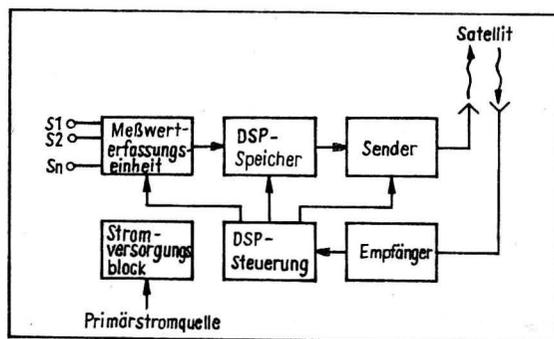


Abb. 2. DSP nach dem Aufrufprinzip

Forderungen an die Datensammelplattform

Der systemeigene Satellit wird von einer entsprechenden Raumfahrtorganisation entwickelt. Da die am Datensammelsystem beteiligten Nutzer unterschiedliche Forderungen stellen, muß bei der konstruktiven Entwicklung der Plattformen und des Satelliten, bei der Wahl seiner Bahnparameter, ein Optimum gefunden werden. Die eigentliche Schnittstelle

für den Nutzer des Systems stellt im Gesamtsystem die abzusetzende Plattform und die Übergabe der empfangenen Daten in der Bodenstation an ihn dar.

An eine Datensammelplattform werden bei geringsten Kosten folgende Forderungen gestellt:

1. automatische Meßwerterfassung und Datenabgabe entsprechend den geforderten Qualitäts- und Quantitätsmerkmalen,
2. autonome Betriebsart durch eigene Stromversorgung (Batterie, Akkumulator),
3. lange Lebensdauer bei Batteriebetrieb durch geringen Energieverbrauch,
4. Unempfindlichkeit gegenüber Klimaschwankungen,
5. hohe mechanische Belastbarkeit,
6. geringe Masse und Volumen.

Es wird aus diesen Punkten ersichtlich, daß hohe elektrische, mechanische und konstruktive Forderungen an eine solche DSP gestellt werden. Der Ausfall einer solchen DSP ist für ihren Nutzer gleichbedeutend mit dem Ausfall des Gesamtsystems. Aus diesem Grund müssen die Forderungen an die DSP ebenso hart, wenn nicht sogar härter, gestellt sein, wie für einen Satellitenstart. Die Erfahrungen mit bereits realisierten Systemen zeigen die extrem hohen Forderungen, die beispielsweise an eine DSP auf einer schwimmenden Boje gestellt werden. Korrosion und mechanische Belastungen bei Wellengang setzten in diesen Systemen (z. B. EOLE) einige der ausgesetzten DSP außer Betrieb. Gerade der Einsatz auf schwimmenden Objekten (Schiff, Boje) stellt durch die niederfrequenten Schwingungen von 4 bis 50 Hz mit hohen Beschleunigungen eine extrem hohe mechanische Belastung dar.

Weitere Forderungen an eine DSP, die in den unterschiedlichen Wissenschaftsgebieten bestehen, sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Aus diesen Forderungen lassen sich die Parameter, wie die Zeiten für eine Datenabgabe oder die notwendige Kapazität des DSP-Speichers, ableiten.

Die Auswahl des Arbeitsprinzips für ein Datensammelsystem mit einer großen Anzahl von Plattformen erfolgt nach ökonomischen sowie nach optimalen technischen Gesichtspunkten. Für eine kommerzielle oder wissenschaftliche Nutzung der DSP werden die Anschaffungskosten für den Nutzer nicht unerheblich sein. Beim Vergleich des Aufrufprinzips mit dem Zufallsprinzip kann man folgende Fakten zusammenfassen:

Zufallsprinzip	Aufrufprinzip
minimaler technischer Aufwand beim Aufbau der DSP	erhöhter technischer Aufwand durch die Notwendigkeit eines Empfängers auf der DSP
minimaler Kostenaufwand für die Anschaffung der DSP	erhöhter Kostenaufwand (ca. 30%) für die Anschaffung der DSP
Kommunikationsmöglichkeit: DSP-Satellit	Kommunikationsmöglichkeit: DSP-Satellit, Satellit-DSP
hohe Senderate	geringe Senderate
Anzahl der DSP in einem lokalen Bereich begrenzt	große Anzahl von DSP in einem lokalen Bereich möglich

Bei dieser Gegenüberstellung beider Prinzipien muß beachtet werden, daß durch die Kommunikationsmöglichkeit Satellit-DSP die DSP kommandiert werden kann. Bei einem

Tabelle 1

Wissenschaften	Bitrate für eine Meßwerterfassung	Zeit zwischen zwei Meßwertfassungen	Zeit zwischen zwei Datenabgaben
Vulkanologie	28 bis 35	6 bis 24 h	12 bis 24 h
Meereskunde feste Bojen	150 bis 400	3 bis 6 h	6 bis 12 h
driftende Bojen	800	3 bis 6 h	6 h
Hydrologie Unterwasserstationen	10	15 Tage	einmal wöchentlich
Meteorologie driftende Bojen	28	24 h	24 h
Ballon	28	1 bis 3 Tage	5 bis 6 h

zweckgebundenen Einsatz (keine operative Notwendigkeit für eine Umprogrammierung der Arbeitsweise der DSP), wird diese Möglichkeit nur in wenigen Fällen notwendig. Bei bestimmten Plattformanwendungen ist das Aufrufprinzip grundsätzlich notwendig, wenn beispielsweise Ballons oder Bojen auf Kommando zerstört werden sollen, um gefährliche Situationen, wie das undefinierte Abstürzen eines Ballons, zu verhindern.

Die Lokalisierung der Datensammelplattformen

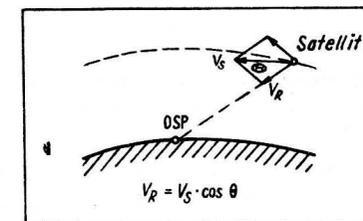
Eine weitere Forderung an ein Datensammelsystem kann die Lokalisierbarkeit der ausgesetzten Plattformen sein. In der Tabelle 2 sind für die verschiedenen Anwendungen die geforderten Genauigkeitsangaben aufgeführt.

Tabelle 2

Meereskunde driftende Bojen	1 bis 5 km
Meteorologie driftende Bojen	2 bis 5 km
driftende Ballons	2 bis 8 km

Wenn letztlich über das Arbeitsprinzip eines Datensammelsystems entschieden wird, so spielt die Genauigkeit der Ortung und damit das Ortungsverfahren mit einer wesentlichen Rolle.

Beim Zufallsprinzip läßt sich die Lokalisierung über ein Einweg-Ortungsverfahren mittels der Messung der Dopplerverschiebung der von der DSP ausgesendeten Meßfrequenz beim Anflug des Satelliten an die DSP oder bei der Entfernung von dieser bestimmen.

Abb. 3. Bestimmung des Winkels θ

Da der Geschwindigkeitsvektor v_s des Satelliten bekannt ist, kann aus der im Satelliten gemessenen Frequenzabweichung Δf von der bekannten ausgesendeten Frequenz f_0 der DSP über folgende Beziehung der Winkel θ bestimmt werden (Abb. 3) [4]:

$$\Delta f = f - f_0 = \mp \frac{f_0}{c} v_s \cos \theta,$$

$$\theta = \arccos \frac{\Delta f c}{f_0 v_s}.$$

Aus den Bahnparametern und der Position des Satelliten läßt sich über den Winkel θ die Entfernung von der DSP bestimmen. Dabei sind wenigstens zwei getrennte Messungen vorzunehmen. Dieses Meßverfahren benötigt auf jeder DSP hochstabile Oszillatoren sowie für die Messung von Δf einen Oszillator mit gleichen Qualitätseigenschaften im Satelliten.

Nach [4] wird beim Einweg-Meßverfahren eine Genauigkeit von $5 \cdot 10^{-9}$ für die Meßfrequenz benötigt, wenn eine Ortungsgenauigkeit von 4–5 km erreicht werden soll.

Dieses Ortungsverfahren läßt sich grundsätzlich auch beim Aufrufprinzip realisieren. Da aber bei diesem Prinzip auch die Kommunikation zwischen dem Satelliten und der DSP möglich ist, kann statt des Einweg-Ortungsverfahrens ein Zweiweg-Ortungsverfahren angewendet werden. Dabei werden vom Satelliten Meßsignale ausgesendet, die in der DSP empfangen und auf einer anderen Sendefrequenz zum Satelliten zurückgesendet werden.

Aus dem Signal- und Phasenvergleich zwischen den ausgesendeten und empfangenen Meßsignalen kann die Laufzeit und damit die Entfernung von der DSP bestimmt werden. Bei diesem Zweiweg-Meßverfahren hängt die Genauigkeit der Ortung von der Anzahl der Messungen, der Genauigkeit der Meßfrequenz und des Frequenzumsetzers (Transponder) auf der DSP und von der Signalanalyse im Satelliten ab. Infolge der Laufzeitmessungen lassen sich höhere Ortungsgenauigkeiten als beim Einweg-Ortungsverfahren erreichen.

Kontrollinformationen der DSP

Neben den die Nutzer interessierenden Daten der an der DSP angeschlossenen Sensoren werden zur Analyse dieser Daten in der Bodenstation zusätzliche Informationen zur Auswertung der DSP-Daten benötigt. Diese zusätzlichen Informationen stellen die bei einer Datenabgabe aktuelle Uhrzeit, die Kontrollinformationen über die an der DSP eingestell-

ten Arbeitsregime sowie die Plattform-Adresse dar. Eine weitere Information übermittelt den Zustand der Primärstromquelle.

Für diese Übermittlung der Kontrollinformationen ist es notwendig, daß die DSP-Uhr mit der Systemnormalzeit synchronisiert wird. Der Quantisierungsgrad der DSP-Uhr hängt im wesentlichen von den gewünschten Abständen zwischen zwei Meßwerterfassungen ab. Zweckmäßigerweise wird dieser Abstand an der DSP programmierbar sein, wobei der geringste Abstand nicht weniger als $\frac{1}{4}$ h betragen muß. Nach der Tabelle 1 werden für die aufgeführten Anwendungen weit größere Abstände gefordert. Eine Information über den Zeitabstand zwischen zwei Meßwerterfassungen sollte in der Bodenstation als Kontrollinformation vorliegen, um die Auswertung der Meßergebnisse zu erleichtern. Die Kontrollinformation über den Ladezustand der Primärstromquelle liefert ein wichtiges Kriterium bei der Auswertung der Daten sowie für die Vorausbestimmung der aktiven Lebensdauer einer DSP. Diese Kontrolle sollte unter Vollast durchgeführt werden, also bei der Einschaltung des Senders. Aus der quantitativen Bestimmung des Ladezustandes kann bei der Kenntnis der Abhängigkeit einzelner Baugruppen von dieser Spannung, z. B. die Abhängigkeit des vorhandenen Analog/Digital-Umsetzers, bei der Auswertung der gesammelten Daten in der Bodenstation diese über ein Korrekturprogramm korrigiert werden. Da beim Aufrufprinzip die DSP von der Bodenstation über den Satelliten programmiert werden kann, besteht auch die Notwendigkeit der Rückmeldung der Akzeptierung der Kommandosignale.

Ein Datensammelsystem im Einsatz im Hohen Norden der UdSSR

Ein Kollektiv von Wissenschaftlern und Technikern aus der UdSSR, der UVR und der DDR nahm 1978 an einem Experiment im Hohen Norden der UdSSR teil [5]. Nördlich der am Polarkreis gelegenen Stadt Salechard fanden Geologen magnetische Anomalien, die auf mögliche Eisenerz-Lagerstätten hinwiesen. Zur Erkundung und zur Lokalisierung dieser Lagerstätten war es notwendig, diese Anomalien genauer zu untersuchen, als dies bei dem Überflug mit einem Flugzeug möglich wäre. Die Schwierigkeiten bei diesem Vorhaben bestehen in der „Härte“ des Polargebietes bei der Schaffung der notwendigen Arbeitsbedingungen für den Menschen und für die Technik. In der Vergangenheit mußten jeweils große Kosten aufgewendet werden, um diese Bedingungen herzustellen.

Zur Vereinfachung und zur Findung ökonomisch günstigeren Untersuchungsverfahren, bieten sich automatische Meßstationen und die Übermittlung der Meßinformationen mittels elektromagnetischen Wellen an. Durch eine Vereinbarung zwischen der AdW der UdSSR und der AdW der DDR wurden im September 1978 drei DSP des Datensammelsystems SSPI, das im Rahmen der INTERKOSMOS-Kooperation von Wissenschaftlern der UdSSR, der DDR, der UVR, der ČSSR und der VRP entwickelt wurde, im „freien Feld“ der Tundra installiert. Sensoren zur Messung des Magnetfeldes, die von Wissenschaftlern des Swertlowsker Institutes für Geophysik entwickelt wurden, lieferten die Meßinformationen, die in der DSP gespeichert wurden.

Die Funktion des Satelliten übernahm ein Flugzeug vom Typ AN 2, das täglich die aufgebauten DSP anflieg und die gesammelten Informationen einholte. Das Datensammelsystem SSPI arbeitete nach dem Aufrufprinzip, und so mußten die einzelnen DSP von der im Flugzeug installierten Technik definiert aufgerufen werden, bevor die gesammelten Informationen übergeben wurden. Die übergebenen Informationen der drei DSP wurden

gespeichert. Bei der Rückkehr des Flugzeuges wurden diese Daten über der aufgebauten Bodenstation ausgesendet, wurden von ihr empfangen, und diese empfangenen Informationen konnten nach einer Datenaufbereitung den Geologen zur Auswertung übergeben werden.

Dieser Einsatz eines Datensammelsystems diente zur konzeptionellen Erarbeitung von neuen Meßverfahren und zur Überprüfung von Teilen des Datensammelsystems unter realen Bedingungen. Es konnten Erfahrungen beim Einsatz der DSP gesammelt werden, auf deren Grundlage der notwendige Meß- und Kontrollgeräte-Park ergänzt werden mußte. Die starken mechanischen Belastungen, den Transport per LKW, Flugzeug, Hubschrauber, überstanden die DSP ohne Beschädigungen, und die schwierigen klimatischen Bedingungen, wie Arbeitstemperaturen bis -8 °C, Lagertemperaturen bis -15 °C und eine Luftfeuchtigkeit von 90 %, führten zu keinem Ausfall der DSP-Elektronik. Auch die für die Satellitenelektronik ausgelegten Geräte, die im Flugzeug eingesetzt waren, überstanden den Einsatz unter extremen mechanischen und klimatischen Bedingungen ohne Ausfälle. Auf der Grundlage dieser Experimente konnten von den Geologen Konzeptionen entwickelt werden, wie unter noch extremeren klimatischen Bedingungen die Erkundung des Hohen Nordens und der weiten Gebiete Sibiriens ohne den Einsatz von Menschen vor Ort durchgeführt werden kann.

Literatur

- [1] ARGOS-Noewletter, September 78 Nr. 3. Service Argos Centre spatial de Toulouse
- [2] FORCINA, G., und K. SINGH: Design of an Experimental Data Collection System using a Commercial Communication Satellite. IAF-Preprint 78—252
- [3] DETAPE, A., und PH. GUERIT: Results of complementary EOLE experiments. IAF-Preprint 75—136
- [4] TARCSAI, GY., und J. ADAM: Accuracy of satellite platform location techniques, a study of error propagation. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist, Acad. Sci. Hung. Tomus 13 (1978) (1—2), 3—24
- [5] Красный север, 28. 09. 1978. „Интеркосмос“: эксперимент завершен.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. BERND SCHILDWACH
 Institut für Kosmosforschung der AdW der DDR
 DDR-1199 Berlin-Adlershof

Methoden der Satellitenferndetektion als Entwicklungsperspektive der hydrologischen Überwachung von Seegebieten*

Von K. RÓZDZYŃSKI

Zusammenfassung: Aus den wachsenden Anforderungen der Seewirtschaft an die hydrologische Überwachung der Ostsee und nach einer Analyse der sich durch die Satellitentechnik ergebenden Möglichkeiten der Fernerkundung physikalischer und biologischer Zustandsparameter des Meerwasser, seiner Strömung, der Wellenbewegung an seiner Oberfläche und seiner Eisbedeckung wird der Vorschlag einer in internationaler Zusammenarbeit durchgeführten Kombination der von Küstenstationen, Meßbojen und Forschungsschiffen durchgeführten hydrologischen Messungen mit großflächigen Satellitenaufnahmen abgeleitet.

0. Einleitung

Die zunehmenden Forderungen der sich entwickelnden Seewirtschaft nötigen den Hydrologisch-meteorologischen Dienst in vielen Ländern zu verbesserter Überwachung der Seegebiete. In der Praxis bedeutet das

- Erhöhung der Treffsicherheit hydro-meteorologischer Vorhersagen,
- Erweiterung des Sortimentes von Prognosen, Informationen und Warnungen,
- Verlängerung der Vorhersagefristen,
- Anreicherung von mehr Details des zeitlichen und räumlichen Prozeßablaufes.

Die Möglichkeiten der auf traditionellen Strukturen und technischen Lösungen beruhenden Überwachungssysteme sind nahezu erschöpft. Voraussetzung für weitere wesentliche Fortschritte sind:

- Erfassung von zeit- und räumlich engeren, genaueren sowie vervollständigten Daten des physikalischen Feldes im Seegebiet,
- Aufbau eines schnelleren und zuverlässigeren Systems für die Übertragung und Verarbeitung der erfaßten Daten,
- Verwendung objektiver Methoden zur Vorhersage des Trends des analysierten Feldes unter Benutzung verbesserter physikalisch-mathematischer Modelle,
- Nutzung statistischer Methoden.

Am Beispiel der Ostsee werden die Entwicklungsperspektiven für die Überwachung von Seegebieten dargestellt in Abhängigkeit vom technisch-technologischen Fortschritt der ozeanographischen Meßtechnik. Im Falle der Ostsee trifft der Mangel an geeigneten Daten besonders für das hydrologische Feld zu, es wird überwiegend aus Daten von Stationen abgeschätzt, welche an der Grenze des zu analysierenden Gebietes liegen. Dies wirkt erschwerend bei der Verifikation und Verfeinerung numerischer Methoden für die Prognose.

*) Redaktionell gekürzt

Ein weiteres Ergebnis ist die Unmöglichkeit, den jahreszeitlichen Verlauf des Energieaustausches zwischen Luft- und Wassermassen der Ostsee durch Messungen zu erfassen. Die große Wärmekapazität der Wasserkörper hat jedoch entscheidenden Einfluß auf den Zustand der Luftmassen und den Wetterverlauf im angrenzenden Landgebiet. Hierdurch werden das regionale Auflösungsvermögen und die Treffsicherheit der Wettervorhersage begrenzt.

Schlüsse für die unmittelbaren Folgen des Zusammenwirkens von See und Atmosphäre nebst Differenzierungen für die verschiedenen Gebiete der Seewirtschaft, wie Fischerei, Schifffahrt und Werftindustrie, lassen sich nur schwierig ziehen.

Die Verbesserung der Ausgangsdaten läßt sich auf verschiedene Weise erreichen. Theoretisch könnte das Datenerfassungssystem mit einem genügend dichten Netz von bemannten bzw. automatischen hydro-meteorologischen Stationen ausgestattet werden nach dem Vorbild des Landnetzes. Diese Lösung wird durch den Kostenaufwand für Anschaffung und Wartung begrenzt. Die Untersuchung mit mobiler Station, wie Flugzeug, insbesondere Schiff, eignet sich nur für langsam veränderliche Felder, sie läßt keine synoptische Aufnahme zu, und aus Kostengründen kann ihre Anzahl nicht erhöht werden. Die Forderung nach hinreichender räumlicher und zeitlicher Auflösung der Strukturen bei erträglichen Kosten kann nur durch kombinierte Ausnutzung der Satellitenferndetektion, des Netzes ortsfester Küsten- und Bojenstationen und einiger Schiffstationen erfüllt werden. Dieses System gestattet die Präzisierung der relativen Satellitenwerte mit Hilfe der absoluten Daten der Stationen. Mit dieser Kombination verbessert sich zugleich das Nutzen-Kostenverhältnis für die Analyse der synoptischen Satellitenbilder. Ein zukünftiges komplexes Informationssystem der Ostsee sollte u. a. Grundlagen zur Analyse und Prognose liefern für

- Temperaturfeld der Wasseroberfläche,
- Strömungsfeld der Wasseroberfläche,
- regionale Verteilung der physikalischen Parameter des Meerwassers,
- Seegangs- bzw. Wellenfeld,
- Windfeld über der Seeoberfläche,
- Vereisung der Seegebiete, Flußmündungen, Buchten, Häfen.

Die auf der Basis der zugänglichen Literatur durchgeführte Abschätzung der technischen Möglichkeiten der Satellitenferndetektion im Vergleich zu den für die Ostsee gebräuchlichen gestattet die Abschätzung ihrer Effektivität bei Analysen und Prognosen.

1. Analyse und Vorhersage eines Oberflächentemperaturfeldes

Die gegenwärtig verwendete Methode zur Bestimmung der Oberflächentemperatur der See arbeitet mit Extrapolation der an der Küste gemessenen Temperaturen auf Tiefwassergebiete. Die Nachprüfung der Vorhersagen ist nur mit Daten einzelner Forschungsschiffe sowie Expeditionswetterstationen auf Fährschiffen möglich. Selbst die beste, jedoch unregelmäßige Erfassung der Oberflächenverteilung der Temperatur kann wegen der starken Veränderlichkeit nur kurze Zeit als Ausgangsfeld genutzt werden. Außer den Abweichungen vom vorhergesagten Zustand lösen Temperaturverminderungen der Wasseroberfläche von mehreren Grad Vorgänge in der Atmosphäre aus, wie Nebel und Niederschlag auch in der Küstenzone bis 70 km landeinwärts. Betroffen hiervon werden Schifffahrt, Fischerei, küstennahe Landwirtschaft und Transportwesen.

Die zur Prognose verwendbare Analyse der thermischen Oberflächenstruktur sollte Fehler von $\pm 0,5$ K bei 3tägiger Folge und Mittelwertbildung über 10 km^2 bzw. lineare Auflösung von 10 km haben. Die derzeitigen Arbeitssatelliten erfüllen diese Forderungen nicht. Nach 1980 werden Satelliten mit verfeinerten, mehrkanaligen Radiometern (Mikrowellen- bzw. Infrarotbereich) mit hoher Auflösung und Fehlern von 0,5 K erwartet. Für den Einsatz derartiger Satelliten sind u. a. zu lösen

- Aufnahme der Bilder mit entsprechender Frequenz,
- Ausarbeitung von Verfahren für Analyse und Interpretation,
- Entwicklung objektiver Methoden für kurz- und mittelfristige Prognose des Oberflächentemperaturfeldes.

Als Referenz für die Satelliteninformation stehen gleichzeitig aufgenommene Daten von Küstenstationen und Meßbojen sowie gelegentlich auch von Forschungsschiffen zur Verfügung. Diese Bezugsdaten könnten im Rahmen der Zusammenarbeit der Ostseeanliegerstaaten regelmäßig direkt ausgetauscht werden. Für die Vorhersage des thermischen Feldes können außer einfachen numerischen auch Vergleiche mit statistischen Daten zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit der Prognose herangezogen werden für Prozesse beiderseits der Luft-Wasser-Grenze.

2. Analyse und Vorhersage des Oberflächenströmungsfeldes

Die Struktur des Strömungsfeldes der Oberfläche der Ostsee kann gegenwärtig nur mit numerischen Methoden und meist nur für stationäre Verhältnisse abgebildet werden. Eine Prognose anhand von Archivmaterial ist wegen zu geringer Datenmenge sowie bei Daten beweglicher Geräteträger unmöglich.

Die gegenwärtigen Satelliten-Ferndetektionsmethoden liefern keine direkten Angaben zum Strömungsfeld. Aussagen lassen sich jedoch gewinnen aus der Veränderung der Farbe des Wassers, Durchsichtigkeit, Oberflächentemperatur sowie mit Hilfe spezieller driftender Objekte.

Die Genauigkeitsforderungen resultieren aus der Regel: Je besser die Auflösung und Genauigkeit, desto bessere Erkennung von Vermischungsvorgängen, Auftriebserscheinungen, Schwebstofftransport usw. Da bislang keinerlei synoptische Werte verfügbar sind, wären Schätzwerte bereits ein Fortschritt. Abtast-Photometer (z. B. Küstenfarbscanner bei NIMBUS-G) sowie Abtast-Radiometer im Infrarotbereich (SEASAT-A) gestatten die geschilderten Beobachtungen.

Die Ortungsgenauigkeit für driftende Stationen beträgt mit der kinematographischen Meßmethode über Satelliten 2 bis 5 km und ist für die Ostsee zu schlecht. Bei einem Jahresmittel von 50% bewölkten Tagen wird die Anwendbarkeit dieser Methode für die Ostsee weiter reduziert. Bereits mit 60 bis 100 Aufnahmen pro Jahr ließen sich jedoch erhebliche Fortschritte bei Analyse und Prognose des Oberflächen-Strömungsfeldes erzielen. Die Verknüpfung dieser Methode mit numerischen Modellnachbildungen des Feldes kann zu einer brauchbaren, vereinfachten Version der „schreitenden“ numerischen Vorhersage führen. Das mit Satelliten gewonnene Material kann an systematische Strömungsmessungen (Bohrinseln, Bojen, Schiffe) angeschlossen werden. Allein reichen letztere Daten nicht zur Abbildung des Strömungsfeldes. Die Suche nach neuen, großräumigen Methoden (z. B. akustischen) zur Erfassung der resultierenden Geschwindigkeit zur Gewinnung von Bezugsdaten besonders für die Küstenzone erscheint notwendig.

3. Untersuchung des Seeganges bzw. des Wellenfeldes

Gegenwärtig wird der Seegang mit subjektiven Methoden aus einem hypothetischen Windfeld abgeleitet, letzteres wiederum aus dem Luftdruckfeld. Aufbau, Umfang und zeitliche Änderung dieses Feldes werden aus synoptischen Beobachtungen bestimmt; sie können von Beobachtungen der APT-Satelliten unterstützt werden. Das Luftdruckfeld über den Seegebieten gehört zu den Elementen, die unzureichend bekannt sind, dafür umso mehr benötigt werden.

Die Nutzer von Analysen und Vorhersagen des Wellenfeldes sind an Angaben über Höhe, Länge und Richtung der Wellen interessiert. Diese haben Einfluß auf Einsatz der Fahrzeuge, Auslaufzeit, Art der Fangeinrichtung, bei kleinen Fahrzeugen auch auf die Sicherheit. Das Wellenfeld wird von vielen zeitabhängigen Faktoren beeinflusst (Windgeschwindigkeit, Wirkdauer, Wirklänge, Wassertiefe usw.). Die Einbeziehung aller Faktoren in die numerische Gebietsvorhersage führt zu überkomplizierten Modellen; allein die unzureichende Kenntnis des Druckfeldes macht sie unzuverlässig. Es ist notwendig, diese Vorhersagen an einfachere, synthetisierende statistische Beziehungen anzulehnen, die jedoch der periodischen Korrektur durch Bezug auf das wirkliche Wellenfeld bedürfen. Es besteht damit ein echter Bedarf nach Nutzung von Satellitenfernmessmethoden zur Untersuchung des Wellenfeldes. Für diesen Zweck können die Daten von Präzisions-Radaraltimetern benutzt werden, wie sie beispielsweise bei SEASAT A eingesetzt wurden. Die erwartete Meßgenauigkeit für Wellenamplituden von 1 bis 20 m beträgt 5% mit 2 km Oberflächenauflösung. Für Untersuchungs- und Vorhersagezwecke ist sie ausreichend. Ähnlich wie im Falle der Strömungen können Referenzdaten von Bohrinseln, Bojen und den mit dem Hydrometeorologischen Dienst zusammenarbeitenden Forschungsschiffen geliefert werden.

Ein bedeutender Fortschritt bei der Prognose des Windfeldes über Seegebieten sowie des Wellenfeldes wird erwartet aus der Verknüpfung synoptischer Satellitenaufnahmen mit der numerischen Prognosemethode des Windfeldes und der Spektralmethode der Berechnung aus dem Windfeld.

4. Räumliche Verteilung der physikalischen Eigenschaften des Meerwassers

Die quasi-synoptische Aufnahme der räumlichen Struktur der physikalischen und chemisch-biologischen Parameter erfolgt durch Forschungsschiffe in regelmäßigen, jedoch großen zeitlichen Abständen. Beachtet man, daß unter „Monitoring“ der Nachweis nebst Identifizierung, Konzentrationsmessung und Bestimmung der Herkunft verstanden wird, so resultiert daraus die Forderung zur ständigen Beobachtung, welche durch Ergänzung mit Satellitenbeobachtungen erreichbar ist. Denkbar sind:

- Bestandsaufnahme und Identifizierung sporadischer Ausbringungen und deren Verbreitung,
- Abschätzung der Planktonkonzentration, Blüte und Ortsveränderung,
- qualitative und quantitative Bestimmung von Ölverschmutzungen,
- Messung von Trübe und Farbe des Wassers,
- Erfassung von Sturmschäden,
- Nachweis rechtswidriger Abstoffeinbringung von Schiffen,
- Überwachung der die Wasserqualität beeinflussenden Einrichtungen an der Küste.

Als Informationsquellen eignen sich die in vielen Satelliten verwendeten Infrarotradiometer, Mikrowellenradiometer sowie Aufnahmen im sichtbaren und ultravioletten Bereich mit Multi-Spektral-Analysatoren. Die Flächenauflösung ist mit 15 km² für die erste Abschätzung geeignet, die Lokalisation der Quellen erfordert 0,5 bis 0,8 km Auflösung. Die direkte Verbindung von Satellitenverfahren (Überblick) mit danach festgelegten schiffsbundenen Meßreihen bildet eine neue Perspektive zur Lösung des „Monitoring“-Problems.

5. Das Windfeld über der Meeresoberfläche

Neben dem Druckfeld ist das Windfeld eines der wichtigsten Elemente zu Vorhersagen im maritimen Bereich, dessen Bedeutung für alle Zweige der Seewirtschaft bekannt ist. Bei Sturmsituation liefern nur bemannte sowie unbemannte Seestationen aktuelle Daten. Die gegenwärtige Satellitenfernmessmethode verfügt über keine Methode zur direkten Windmessung, das Windfeld läßt sich indirekt aus Seegangsmessungen abschätzen.

6. Vereisung von Seegebieten, Flußmündungen, Buchten und Häfen

Die laufend aktualisierte Vereisungskarte basiert gegenwärtig auf international ausgetauschten Informationen, Beobachtungen des eigenen Dienstes sowie Schiffsberichten. Die Karten enthalten den Bereich der Eisbedeckung, Art des Eises, Angaben, welche für Navigation, Schiffssicherheit, Arbeit in Häfen und Werften von Bedeutung sind. Ein besonderes Problem ist das Driften der Eisfelder. Häufige Beobachtungen sind Voraussetzung für aktuelle Karten und Aussagen über Bildung und Abbau, Alter, Stärke und genaue Lage der Eisfelder. Flugzeugerkundung wird aus technischen und formalen Gründen nur bei Notfällen einbezogen. Ein wesentlicher Fortschritt kann durch Infrarot-Satellitenbilder hoher Auflösung erreicht werden, verbesserte Radiometer sind ein geeignetes Mittel.

7. Schlußfolgerungen

Die Notwendigkeit der Aufnahme von Arbeiten zur Nutzung der Satellitenbeobachtungen im Ostseebereich ergibt sich aus den Anforderungen der im maritimen Bereich tätigen Wirtschaftszweige. Die „Flächenmessung“ wesentlicher Parameter bietet bei Verknüpfung mit „synchronen in-situ“ Messungen ganz neue Möglichkeiten zur Erfassung des räumlichen und zeitlichen Ablaufes makro- und mesomaßstäblicher Prozesse und dadurch entscheidende Voraussetzungen für effektivere und zuverlässigere Prognosen im Bereich der Ostsee.

Der Aufbau eines eigenen Zentrums für Empfang, Aufbereitung und Interpretation der diskutierten Satellitendaten allein für Belange der binnenländischen Hydro-meteorologischen Dienste ist kostenmäßig nicht vertretbar, erst unter Einbeziehung der gleichzeitigen Nutzung dieser Daten für hydrologische Prognosen im Seegebiet wird eine angemessene Effektivität erreichbar. Neben methodischen und organisatorischen Problemen bei der

Erfassung und Verarbeitung von Satellitenmessungen verdient die Organisation eines internationalen Systems von Referenzmessungen besondere Aufmerksamkeit. In Betracht kommen:

- auszuwählende synoptische, hydro-meteorologische Küstenstationen, welche über in See vorgeschobene Meßpunkte mit Datentelemetrie verfügen,
- unbemannte (u.U. auch bemannte) hydro-meteorologische Seestationen mit Multi-meßsystemen (Vielparametermessung) mit real-time Datentelemetrie bzw. Satelliten-Daten-Sammelsystem,
- Forschungsschiffe mit Standardprogrammen sowie Datenübermittlung an die Küstenstationen (SHIP, TESAC o.a. Schlüssel).

Die erste Aufgabe wird allmählich durch die interessierten Institutionen der zusammenarbeitenden Staaten gelöst. Für den Aufbau eines Netzes automatischer unbemannter Stationen werden weitere Partner benötigt für langjährige Zusammenarbeit. Für alle Institutionen, welche für Überwachung, Sicherung und Erforschung der Ostsee verantwortlich sind, ist die zukünftig rationellste und den größten Erfolg versprechende Lösung die Kombination von direkten synoptischen Messungen mit Daten der Satellitenferndetektion.

Literatur

- [1] APEL, J. R.: Ocean Science from Space. EOS Transactions, American Geophysical Union 57 (Sept. 1976) No. 9
- [2] APEL, J. R.: Report on the Meeting of ICES Working Group on Aerospace Remote Sensing. Valbonne France, June 1979. ICES Hydrography Committee C.M. 1979/C: 29
- [3] APEL, J. R.: The Importance and Application of Satellite and Remotely sensed Data to Oceanography. IOC Technical Series 19, UNESCO 1978
- [4] APEL, J. R.: Satellite Sensing of Ocean Surface Dynamics. Ann. Rev. Earth Planet Sci. 8 (1980) 303—442
- [5] MCCLAIN, E. P.: Passive Radiometry of the Ocean from Space- and Overview. Boundary-Layer Meteorology 18 (1980), 7—24
- [6] DINELLI, G., F. PARRINI, und D. T. HODDER: Use of Thermal Infrared Scanning in Evaluating Predictive Models for Power Plant Thermal Plume Mixing in Italian Coastal Waters. Remote Sensing and Water Resources Management. American Water Resources Association. Proc., No. 17, June 1973
- [7] HODDER, D. T.: Applications of Multicolor Dye Tracers and Multispectral Photography to Coastal Water Mapping. Remote Sensing and Water Resources Management. American Water Resources Association. Proc., No 17, June 1973
- [8] LEHECKIS, R.: A Survey of Worldwide Sea Surface Temperature Fronts Detected by Environmental Satellites. Journal of Geophysical Research 83 (Sept. 1978) No C9
- [9] MEIER, M. F.: Remote sensing of snow and ice. UNESCO Technical papers in hydrology, Paris 1979
- [10] STELLER, D., L. V. LEWIS und D. M. PHILLIPS: Southern California Coastal Processes as Analyzed from Multi-Sensor Data. Proc. Eighth International Symposium On Remote Sensing of Environment, Michigan, Oct. 1972 SD72-SA-0185
- [11] WEISS, M.: Application of Infrared Measuring Techniques to the Remote Sensing of Water Surface Temperature. Canadian Aeronautic and Space Journal, Ottawa, May 1969
- [12] World Meteorological Organization: Final Report of the Informal Planning Meeting on the Satellite Applications in Marine Activities including Oceanography. Geneva, 6—9 Sept. 1976
- [13] Anonym: Aerial and Orbital Remote Sensing of Water Quality. Space Division, North American Rockwell SD81-471, Febr. 1972

- [14] Anonym: Remote Sensing of Oil Polluted Seawater. Space Division North American Rockwell SD 70-377
- [15] Anonym: Teledetekcja atmosfera i morze. Biuletyn Nr. 0 Materiały robocze na spotkanie koordynacyjne grupy tematycznej. Zakład Rozwoju Techniki, Okręgowe Przedsięb. Geodezyjno-Kartograficzne. Szczecin, Sierpień 1979
- [16] Anonym: Zastosowanie teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego PWN — Warszawa — Łódź 1980 (Materiały III Symposium Teledetekcji Warszawa 19.—20. 04. 79)

Anschrift des Verfassers:

Doz. Dr. KAZIMIERZ RÓZDZYŃSKI
 Instytut Meteorologii i Gospodarski Wodnej
 — Oddział Morski —
 PL-81-342 Gdynia
 Volksrepublik Polen

Ergänzung zur Bibliographie über „Ozeanologische Meßtechnik“ in der DDR ab 1960*

Von BRIGITTE SIEVERT

1. Physik

1.1. Temperatur, Salzgehalt, Schallgeschwindigkeit, Sauerstoff

- BÖHL, D., Untersuchungen über die Korrekturformel für Tiefsee-Kippthermometer. Beiträge zur Meereskunde. (1967) 21, S. 62—71.
- DANKERT, R., und H. WILL, Temperatur- und Leitfähigkeitswandler mit frequenzanalogem Ausgang. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 23—32.
- KRÜGER, S., und E. FRANCKE, Erste Applikationsergebnisse mit einem in der DDR entwickelten in situ-Sauerstoffsensoren mit frequenzanalogem Ausgang. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 13—21.
- KASTEN, H., Automatisch registrierendes Temperatur- und Salzgehaltsmeßgerät für Messungen in situ. Beiträge zur Meereskunde. (1963) 9, S. 14—29.
- STRIGGOW, K., Messung der Schallgeschwindigkeit. 1. Übersicht über die bekannten, insbesondere die aus ozeanologischer Sicht interessanten Verfahren zur Messung der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 51—62.
- STRIGGOW, K., und A. TIFFERT, Messung der Schallgeschwindigkeit. T. 2. Der Schallgeschwindigkeitswandler SGW-73. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 5—11.
- WERNER, E., Ein neues Gerät zur Messung von Salzgehalt, Temperatur und Tiefe. Beiträge zur Meereskunde. (1961) 2/3, S. 42—45.
- WOLF, G., Untersuchungen über die Genauigkeit von Kippthermometern verschiedener Konstruktion. Biuletyn Panstwowy Instytutu Hydrologiczno Meteorologiczny. (1964) 2, S. 36—39.

1.2. Strömung

- BLAU, E., Der Pendelmikroflügel, ein neues Gerät zur Messung der Geschwindigkeitsoszillation in Wellen. Wasserwirtschaft — Wassertechnik. 15 (1965) S. 133—135.
- BÖHL, D., Untersuchungen zur Strömungsmessung mit Fix- und Schleppelektroden. Beiträge zur Meereskunde. (1961) 1, S. 48—55.
- GÄTKE, J., A. RENNAU und TH. SCHEFFLER, Bemerkungen zur unteren Meßgrenze akustischer Strömungsmeßverfahren und das Beurteilungskriterium des erforderlichen minimalen Driftweges. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 31—36.
- GÄTKE, J., A. RENNAU, TH. SCHEFFLER und TH. STOLLE, Ergebnisse der praktischen Erprobung akustischer Singaround-Strömungsmesser mit verbesserter Auflösung, Meßdynamik und Systemstabilität. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 23—30.

*) Vgl. auch Beiträge zur Meereskunde (1980) 43, S. 135—140.

- KRAUSE, H., „Rilog“ — ein Gerät für die Messung kleinster Strömungsgeschwindigkeiten und ihrer Richtung bis in große Tiefen. Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. (1963) 8, S. 81—105.
- MÖCKEL, F., und H. WILL, Doświadczenia z prądonierzem zdalnym o przetworniku analogowo-częstotliwościowym z jednożyłowym torem telemetrycznym. — In engl. Spr. Miernictwo oceanograficzne. Bd. 3 — Wrocław, 1980. S. 263—272.
- SCHIMMELPFENNIG, W., und J. GÄTKE, Magnetisches Orientierungssystem. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 37—41.
- SCHÖNFELDT, H.-J., Über die bisherigen Ergebnisse eines Vergleichs zwischen einem herkömmlichen Strömungsmesser und einem Komponentenströmungsmesser. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 93—99.

1.3. Seegang — Wasserstand

- BRUNS, E., Ein neuer Hochseewellenschreiber. Beiträge zur Meereskunde. (1962) 5, S. 5—12.
- MIEHLKE, O., Die dritte deutsche Gezeitenmaschine. Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe. 9 (1960) 2/3, 8. S. 249—268.
- SAGER, G., Die Registrierformen bei Gezeitenrechenmaschinen. Beiträge zur Meereskunde. (1963) 10, S. 29—43.
- VOIGT, K., Der fernregistrierende Hochseepiegel des Warnemünder Instituts für Meereskunde. Beiträge zur Meereskunde. (1961) 2/3, S. 46—59.

1.4. Meteorologische Parameter

- ANGERMANN, R., W. BOHMANN, F. MÖCKEL und G. NEUBERT, Ein Aspirationspsychrometer mit frequenzanalogem Ausgangssignal und Eignung zum Langzeiteinsatz auf maritimen Geräteträgern. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 63—72.
- HÖHNE, W., Eine Windmeßanlage für Schiffswetterstationen. Zeitschrift für Meteorologie. 14 (1960) 10, S. 225—233.
- HUPFER, P., und G. NEUBERT, Ein autonomes fernübertragendes Meßsystem für maritim-meteorologische Größen. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 83—92.
- NEUBERT, G., Miniaturowy czujnik adsorpcyjny do pomiarów wahań wilgotności. — In engl. Spr. Miernictwo oceanograficzne. Bd. 3 — Wrocław, 1980. — S. 273—284.
- SONNTAG, D., Theorie und Praxis der Psychrometerformeln. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 49—52.
- WOJTKIEWICZ, J., Der Strahlungsbilanzmesser SBM2 aus dem Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der AdW der DDR. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 43—47.

1.5. Optische Parameter

- KLEHN, H., und D. SONNTAG, Ein hydrographisches Extinktions- und Temperaturmeßgerät. Acta hydrophysica. 8 (1963/64) 1, S. 23—45.
- PRANDKE, H., Konstruktion eines Laborstreulichtphotometers für den Einsatz in der Meeresforschung. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 109—122.

2. Chemie

- BRÜGMANN, L., und A. WILDE, Die kontinuierliche Registrierung von Nährstoffen im Meerwasser mit einem Vierkanalanalysator. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 123—134.

3. Biologie

- ENGELMANN, H.-D., Ein Bodengreifer für marine Benthosuntersuchungen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Univ. Greifswald. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe. 18 (1969) 1/2, S. 195—196.
- ORTZEN, J. A. v., und V. MOTZFELD, Eine Apparatur zur kontinuierlichen Respirationsmessung an marinen Organismen. Marine biology. 3 (1969) S. 336—340.

4. Geologie und Geophysik

4.1. Geologische Probennahmetechnik

- BLAU, E., und H. KRAUSE, Ein neuer Geschiebefänger mit Saugdüse, Einspül- und Wägevorrichtung. Wasserwirtschaft — Wassertechnik. 17 (1967) S. 171—174.

5. Meeresforschungstechnik

5.1. Allgemeine Fragen

- ANGERMANN, R., und F. MÖCKEL, Uwagi o wzorcowaniu sprzętu oceanograficznego. In engl. Spr. Miernictwo oceanograficzne. Bd. 3 — Wrocław, 1980. — S. 109—110.
- EYCKE, E., Ein vollelektronischer Seillängenmesser für die Ozeanographie. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 101—107.
- FEILOTTER, H., F. MÖCKEL und G. VÖRTLER, Bandfilter kleiner Abmessungen mit steilen Flanken und geringer Welligkeit im Durchlaßbereich für die ozeanologische Meßkette OM 75. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 39—49.
- FRANCKE, E., Einsatzverfahren mit der Meßkette OM 75. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 15—22.
- HUPFER, P., und G. NEUBERT, O kalibracji niektórych typowych hydrometeorologicznych czujników pomiarowych. — In engl. Spr. Miernictwo oceanograficzne. Bd. 3. — Wrocław, 1980. — S. 97—108.
- MÖCKEL, F., Doświadczenia z zastosowaniem komputera sterującego oceanograficznym systemem pomiarowym umieszczonym na statku. — In engl. Spr. Miernictwo oceanograficzne. Bd. 3. — Wrocław, 1980. — S. 111—124.
- MÖCKEL, F., Die ozeanologische Meßkette OM 75, eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 5—14.
- RÓZDZYŃSKI, K., Methoden der Satellitenferndetektion als Entwicklungsperspektive der hydrologischen Überwachung von Seegebieten. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 79—85.
- SCHIFFNER, S., Die Photogrammetrie bei der Erforschung der Meere. Vermessungstechnik. 23 (1975) 12, S. 454 bis 455.
- SEEHASE, H., Die Wasserschöpfer der ozeanologischen Meßkette OM 75. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 33—38.

5.2. Geräteträger

- BENGELSDORFF, E., Entwicklung und Einsatz von Tiefseebojensystemen. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 53—56.
- BENGELSDORFF, E., Möglichkeiten der Energieversorgung von Bojenstationen. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 63—67.
- MÖCKEL, F., Project of a Hydrometeorological Shallow Water Measuring System (FMS 80). Using buoys with a VHF Radio Telemetry link. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 57—62.

MÜLLER, G., Ozeanologische Datengewinnungssysteme unter besonderer Berücksichtigung der Bojentechnik. Beiträge zur Meereskunde. (1980) 43, S. 73—82.

6. Ortsbestimmung, Navigation und Meeresgeodäsie

MONTAG, H., Methoden der Meeresgeodäsie. Vermessungstechnik. 23 (1975) 12, S. 451—453.

MONTAG, H., Stand und Entwicklungstendenzen der Meeresgeodäsie. Vermessungstechnik. 19 (1971) 8, S. 281—285.

STOPP, F., DECCA-Systeme als Ortungshilfen bei Vermessungsarbeiten in küstennahen Seegebieten. Seewirtschaft. 1 (1969) 12, S. 973—977.

7. Meßwertspeicherung und -verarbeitung

SCHILDWACH, B., Datensammelsysteme — Aufbau und Wirkungsweise. Beiträge zur Meereskunde. (1982) 46, S. 69—77.

SCHWABE, R., Problemy i metody gromadzenia danych oceanograficznych w Instytucie Badań Morskich w Rostock-Warnemünde. — In engl. Spr. Miernictwo oceanograficzne. Bd. 3. — Wrocław, 1980. — S. 125 bis 130.

Anschrift des Verfassers:

BRIGITTE SIEVERT
Institut für Meereskunde der AdW der DDR
DDR-2530 Rostock-Warnemünde

Untersuchungen zur Meteorologie der Grenzschicht und zur Analyse klimatologischer Zeitreihen

(*Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der DDR*)

1982. Etwa 376 Seiten — 61 Abbildungen — 54 Tabellen — 4° — etwa 70,— M
Bestell-Nr. 763 012 2 (2023/128)

In dem Band werden die Forschungsergebnisse aus der Zeit von 1976 bis 1980 über Modellierung der Prozesse in der atmosphärischen Grenzschicht, der Grundschicht, und über die Analyse klimatologischer Zeitreihen veröffentlicht. Die Modellierung von Grenzschichtprozessen wurde bereits in der Praxis der numerischen Wettervorhersage eingesetzt. Auch sind diese Forschungsergebnisse für Aufgabenstellungen der Ausbreitungsrechnung von Luftverunreinigung und für andere praktische Fragen aus der Meteorologie der Grenzschicht anwendbar. Das wird z. B. in stadtklimatologischen Beiträgen dargelegt. Die in dem Band enthaltenen mathematischen Verfahren zur Analyse klimatologischer Zeitreihen und die mit diesen Methoden gewonnenen Ergebnisse aus dem mitteleuropäischen Raum sind erste Beiträge von DDR-Wissenschaftlern zum Weltklimaprogramm der Meteorologischen Weltorganisation. Die Arbeiten zur Analyse klimatologischer Zeitreihen sind zugleich Beispiele, die sich, methodisch betrachtet, verallgemeinern lassen.

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten



AKADEMIE-VERLAG
DDR-1086 Berlin, Leipziger Straße 3—4

Spektrale Strahldichtemessungen des Systems Erde-Atmosphäre von Meteor-Satelliten

(Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der DDR)

1982. Etwa 96 Seiten — 3 Abbildungen — 3 Tabellen — 4° — etwa 24,— M
Bestell-Nr. 763 044 8 (2023/130)

In dieser Abhandlung werden zwei wichtige Probleme behandelt, die bisher noch nicht ausführlich dargestellt worden sind. Für die Erfassung der vom Satelliten gelieferten Meßdaten wurde ein Programmpaket „INTOS“ entwickelt, in dem eine Methode zur Abarbeitung großer Datenmengen vorgestellt wird, die auch auf andere Bereiche zur Abarbeitung von umfangreichen Datenmengen angewendet werden kann.

Die gewonnenen Meßdaten der spektralen Strahldichte der von dem System Erde—Atmosphäre weggehenden Strahlung bilden statistische Kenngrößen der Ausstrahlung, die in ihrer ausführlichen Form nicht nur für die Aufgaben der indirekten Sondierung, sondern auch für strahlungsklimatologische Fragestellungen nützlich sind. Die umfangreichen Tabellen der spektralen Strahldichtewerte haben für die Forschung und Anwendung Bedeutung. Die Beteiligung von Autoren der UdSSR und der DDR an dieser Veröffentlichung verdient als Beispiel enger Wissenschaftskooperation besondere Erwähnung.

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten



AKADEMIE-VERLAG
DDR-1086 Berlin, Leipziger Straße 3—4

EINE NEUE ZEITSCHRIFT

ACTA BIOTECHNOLOGICA

Journal of microbial, biochemical and bioanalogous technology

Herausgegeben von M. RINGPFEL und G. VETTERLEIN

Unter Mitarbeit eines internationalen Wissenschaftlerkollektivs

Je Heft 96 Seiten — 17 × 24 cm — jährlich erscheinen 4 Hefte — je Heft
30,— M — Bestell-Nr. 1094

Die „ACTA BIOTECHNOLOGICA“ veröffentlicht in Englisch, Deutsch oder Russisch Übersichtsbeiträge, Originalarbeiten, Kurzmitteilungen und Berichte aus dem Gesamtgebiet der Biotechnologie.

Die Zeitschrift soll die Herausbildung der Biotechnologie als neues, einheitliches Wissensgebiet fördern.

Zur Biotechnologie gehören die mikrobiologische Technologie, die biochemische Technologie und die Technologie der Gewinnung und Anwendung bioanaloger Reaktionssysteme. Der technologische Charakter der Zeitschrift wird dadurch gewährleistet, daß mikrobiologische, biochemische, chemische, physikalische und mathematische Arbeiten den technologischen Bezug eindeutig aufweisen.

Bestellungen durch eine Buchhandlung oder den Postzeitungsvertrieb erbeten



AKADEMIE-VERLAG
DDR-1086 Berlin, Leipziger Straße 3—4