

AMO – die Automatische Meßstation Oortkaten – Meßsystem zur Sammlung von Schwebstoffproben und Messung von Begleitparametern

Von L. J. R. NEUMANN

Zusammenfassung

Zur Messung und Bilanzierung suspendierter Feststoffe und Begleitparameter wurde im Rahmen des KFKI-Projektes „Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in Ästuaren“ mit Unterstützung des BMFT und Strom- und Hafenaufbau, Hamburg, das Automatische Meßsystem Oortkaten (AMO) entwickelt. Unter Berücksichtigung eines neuen Meßprinzips (MOSTRA) erfolgt die Messung morphologie- und strömungsadäquat. Das Ergebnis ist damit ein mittlerer Wert der Parameter über den Querschnitt. Der Meßablauf und die Meßparameter werden neben dem technischen Instrumentarium der AMO beschrieben. Die ersten Ergebnisse zeigen die Ganglinien der Parameter während der Meßperiode 1984.

Summary

The automated measurement station at Oortkaten (AMO) was established in order to determine the mass balance of suspended sediment and associated parameters. Morphological and velocity weighted averaged samples are taken using the newly developed MOSTRA-method. This results in a cross-sectional averaged value. The measurement technique and instrumentation are described. The initial results illustrate the variation of various parameters during the 1984 data collection period.

Inhalt

1. Einführung	151
2. Meßprinzip	152
3. Systemaufbau und Meßablauf	153
4. Meßparameter	154
5. Technische Beschreibung der AMO	155
6. Ausblick und erste Ergebnisse	157
7. Schriftenverzeichnis	161

1. Einführung

Die Erfassung von Begleitparametern und die Sammlung von Wasserinhaltsstoffen zum Zweck der Bilanzierung über einen Flußquerschnitt für längere Zeiträume war bislang aus meßtechnischen und personellen Gründen nicht durchführbar. Insbesondere auf Schifffahrtsstraßen sind derartige Messungen sehr problematisch. Aufgabe des KFKI-Projektes „Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in Ästuaren“ war es nun, für diese Probleme eine Lösung zu finden. Es wurden daher für die Planung folgende Vorgaben gemacht:

1. Das Meßsystem soll kontinuierlich und automatisch arbeiten,
2. der Austausch der Probeflaschen sowie Wartung und Reinigung sollen in einem zeitlichen Intervall von 7 Tagen erfolgen, und

3. die Meßergebnisse sollen geeicht werden, um sie auf Mittelwerte über den Flußquerschnitt für Bilanzierungen beziehen zu können.

Um diese Forderungen zu erfüllen, mußten auf dem Gebiet der Meßtechnik und bei den bislang üblichen Meßverfahren neue Wege gefunden werden, da die bislang entwickelten Schwebstoffmeßgeräte und -verfahren, z. B. von VICK (1952), PLATH (1965), GÖHREN u. LAUCHT (1972), DOWNING et al. (1981), RENGER (1982), GKSS (1985) und vielen anderen, weder für langfristige Bilanzierungsaufgaben noch für den Vergleich der Proben zu Begleitparametern geeignet erschienen. Da nun für das neue Meßkonzept auch auf dem Markt keine fertigen Geräte zur Verfügung standen, entschloß sich die Projektgruppe zu einer eigenen Entwicklung.

Mit Unterstützung des BMFT und Strom- und Hafenbau, Hamburg, wurde 1984 die Meßstation Oortkaten fertiggestellt.

2. Meßprinzip

Aus den obengenannten Vorgaben folgte, daß neben der neuen Meßtechnik auch ein neues Meßprinzip gefunden werden mußte. Basierend auf den Ergebnissen von NELSON u. BENEDICT (1946) und CHRISTIANSEN (1974), sollte die Probenahme isokinetisch erfolgen (s. Kap. 5). Dazu kam die Forderung nach querschnittsrelevanter Messung.

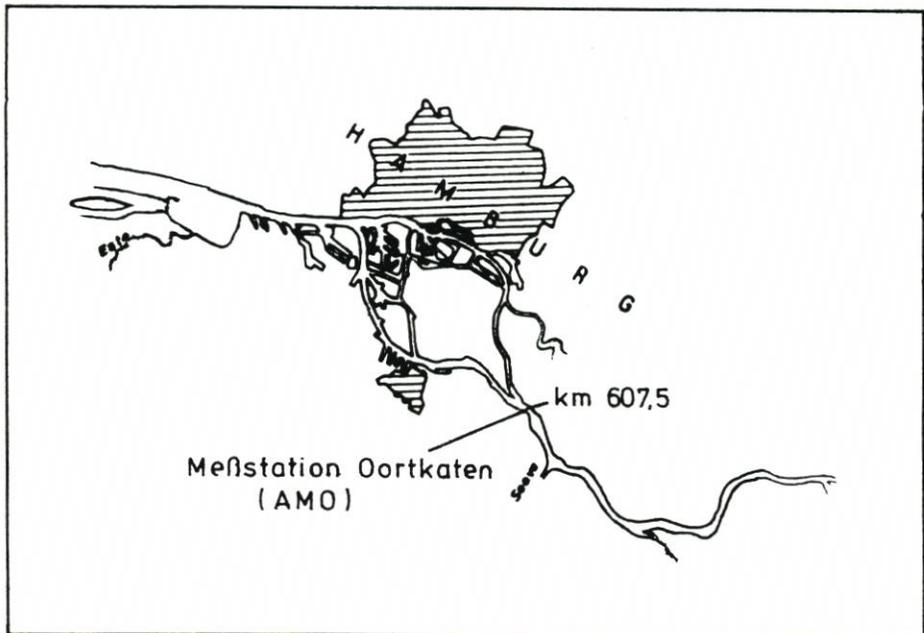


Abb. 1. Stromspaltungsgebiet bei Hamburg mit Lage der Meßstation Oortkaten bei Strom-km 607,5

Das Ergebnis war die Anwendung eines morphologie- und strömungsadäquaten Meßverfahrens: MOSTRA (NEUMANN, 1985). Mit diesem Verfahren wird eine Wichtung der Meßdaten entsprechend der Querschnittsbreite, der Meßtiefe und der hier herrschenden Strömungsgeschwindigkeit vorgenommen. Es ist somit möglich, die Parameterdaten direkt den Ergebnissen der Wasserprobenanalyse, als Mittel einer Halbtide, zuzuordnen.

3. Systemaufbau und Meßablauf

Die Meßstation befindet sich vor dem Hamburger Stromspaltungsgebiet bei Strom-km 607,5 (Abb. 1). Die Meßgeräte sind in einem Container untergebracht, der sich auf einem Ponton befindet (Abb. 2). Dieser wird an Pfählen am Rande des Fahrwassers in etwa 40 Metern Abstand vom Ufer gehalten. Vor dem Ponton befindet sich an der tiefsten Stelle des Querschnitts der vertikal frei bewegliche Geräteträger zwischen zwei weiteren Pfählen.

Das obenerwähnte Meßprinzip bedingt einen hohen Aufwand an Steuerungs- und Regelvorgängen, die nur noch mit einem Computer zu bewältigen sind. Die hierfür notwendige Software mußte speziell für die gestellte Aufgabe entwickelt werden. Die Messungen laufen nach folgendem Programm ab:

Die Sondensysteme werden von einem Geräteträger aus über eine Pumpe mit Elbwasser beaufschlagt bzw. befinden sich selbst auf dem Geräteträger (Strömungs-, Attenuations- und Druckmeßgerät). Dieser ist aufgehängt an einer Kette und wird, gesteuert über den Computer, mit einer Winde in 20-cm-Schritten zwischen der Wasseroberfläche und der Sohle ständig auf und nieder geführt, wobei der Computer auf jeder Tiefenstufe einen mittleren Wert der Meßdaten errechnet, der seinerseits wiederum Grundlage für einen vertikal integrierten Mittelwert darstellt. Dieser letzte Mittelwert wird dann auf einer Datenkassette gespeichert. Weiterhin wird aus diesen Daten ein mittlerer Wert für eine Halbtide (Ebbe bzw. Flut) gebildet und abgespeichert. Zusätzlich zu diesen Daten können aus den Grunddaten Mittelwerte für verschiedene Tiefenstufen des Profils errechnet werden.

Nach der Meßwertaufnahme und vor der Mittelung und der Speicherung auf Kassette werden die Daten nach der MOSTRA-Methode beschickt.



Abb. 2. Pontonanlage mit der Meßstation Oortkaten (AMO). Dem Ponton vorgelagert sind zwei Pfähle, zwischen denen der Geräteträger geführt wird

Parallel zu den Messungen der Begleitparameter wird eine Probenahme des schwebstoffhaltigen Elbwassers durchgeführt, die ebenfalls mit der MOSTRA-Methode beaufschlagt wird:

Die Probenahme wird entsprechend der Meßwertaufnahme an jeder Tiefenstufe, die der Geräteträger erreicht, durchgeführt. Die Bedingungen der isokinetischen Entnahme werden dabei mit dem Strömungsmesser und über einen regelbaren Drehstrommotor, der eine Pumpe ansteuert (s. Kap. 5), erfüllt. Die MOSTRA-Bedingungen steuert der Rechner über eine der Tiefenstufe des Profils zugeordnete Einlaufzeit der Probe in den Vorrattank. Zwei dieser Tanks stehen zur Verfügung. Nach Beendigung einer Halbtide wird der Tankinhalt über eine Zentrifuge entleert. Ein Schwebstoffsubstrat von ca. 0,5 Litern wird in eine Flasche gefüllt, die sich auf einer Flaschenbahn befindet. Anschließend werden Tank und Zentrifuge gespült und die Spülmenge in einer weiteren Flasche aufgefangen. Nach diesem Vorgang wird eine neue Flasche bereitgestellt. Da dieser Ablauf ca. 45 Minuten dauert, wird inzwischen der Tank Nr. 2 befüllt.

Um eine Zuordnung der Meßdaten zu den Schwebstoffproben zu erhalten, wird die Bildung der Mittelwerte für die Halbtide zeitlich über einen Zwischenspeicher an die Dauer der Bereitstellung eines bestimmten Tanks gebunden. Die Bereitstellung von einem der beiden Tanks ist abhängig von der Strömungsrichtung. Ergänzend zu den Meßdaten für eine Halbtide wird der Wasserinhalt des Tanks ermittelt und der Wert abgespeichert. Neben der Speicherung auf Magnetband werden die Daten zur Kontrolle über einen Drucker ausgegeben.

Um die Repräsentanz der Meßlotrechten für den Querschnitt festzustellen, sind Eichmessungen notwendig. Diese wurden seit 1982 im vierteljährlichen Abstand durchgeführt (CHRISTIANSEN, 1985). Weiterhin wurde die Repräsentanz durch ein Bilanzierungsexperiment der GKSS (BILEX '84) bestätigt (mündl. Mitteilung von H.-U. FANGER, 1985).

4. Meßparameter

Die Auswahl von Meßparametern ist in jedem Forschungsvorhaben an die gestellten Fragen geknüpft. Abweichungen von dieser Regel sind dann notwendig, wenn unbekannt ist, welche Parameter zur Beantwortung der Fragestellungen beitragen. In diesem Fall ist es erforderlich, Parameterstudien durchzuführen, um den Katalog der notwendigen Meßparameter einzuschränken. Für den Bereich des Schwebstofftransportes und die damit verbundenen Fragen nach Art und Herkunft sowie Zusammensetzung und Schadstoffbelastung der festen Wasserinhaltsstoffe ist nun weder ein Auswahlverfahren noch eine Parameterstudie zur Deutung dieser komplexen Naturvorgänge auf meßtechnischem Wege möglich. Um dies zu erreichen, ist es vielmehr notwendig, so viele Parameter wie möglich zu messen, um dann im Anschluß an deren Auswertung ein Bild der vollständigen Naturabläufe zur Verfügung zu haben, mit dem der Wissenschaftler in der Lage sein sollte, die Vorgänge und ihre Einflußfaktoren zu bestimmen. Aus diesem Grund ist die Anzahl der Parameter, die mit der AMO gemessen werden, außergewöhnlich hoch. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende:

- In-situ-Messung von Parametern:

- Temperatur
- Leitfähigkeit
- pH-Wert
- Sauerstoffgehalt
- Attenuation (Trübung)
- Strömungsgeschwindigkeit

Strömungsrichtung als Richtung stromauf oder stromab
 Wasserstand über Grund an der Meßposition
 Füllstandsinhalt der Tanks

- Aus den In-situ-Werten werden „vor Ort“ berechnet:
 Spezifischer Durchfluß (Durchfluß im Meßprofil) in $m^3/m \cdot s$
 Durchfluß im Flußquerschnitt in m^3/s
- Probenahme:
 In-situ-Entnahme von Wasserproben
 Wöchentliche Tankprobe der in-situ-Probe und
 Vergleich mit einer Schöpferprobe
- Die in-situ-Proben werden im Labor untersucht auf:
 Schwebstoffgehalt
 Glühverlust
 Korngrößenverteilung
 Anteil verschiedener Schwermetalle am Schwebstoffgehalt
- Die Einzelproben werden im Rahmen einer biologischen Forschungsarbeit von N. GREISER (1985) untersucht auf:
 Schwebstoffgehalt
 Glühverlust
 Protein- und Chlorophyllgehalt
 Anteile an Ammonium, Nitrit und Nitrat
 Phaeopigmente
 Gesamtadenylat (ATP)
 BSB 2
 Energy Charge (EC)
 Zugehörigkeit zu Sedimentationsklassen
 Form und Größe (mikroskopische Bildanalyse)

Bei den In-situ-Proben handelt es sich um Halbtidenmischproben, die einzeln auf die o. a. Parameter untersucht werden. Die Schwermetallanalyse wird für je eine Wochenmischprobe der Ebbe- und Fluteinzelproben durchgeführt.

5. Technische Beschreibung der AMO

Die AMO besteht aus vier Gerätekomplexen, die erst in ihrem Zusammenwirken das neue Meßsystem darstellen*). Im einzelnen handelt es sich dabei um das System IKARUS, welches die Aufgaben der isokinetischen Probenahme, Strömungsgeschwindigkeits- und richtungsmessung übernimmt und als Unterwassergeräteträger dient.

Die Probenahmeöffnungen und der Strömungsmesser sind starr in Richtung der beiden Hauptströmungen ausgerichtet. Der dadurch entstehende Fehler ist vernachlässigbar, da Querströmungen im Querschnitt Oortkaten während einer Tide einen Anteil von weniger als 1 % haben.

Bei Einsätzen des Gerätes in Gebieten mit wechselnden Strömungsrichtungen ist eine sich selbstausrichtende Geräteträgeranordnung notwendig, da nur bei senkrechtem Eintritt der Strombahnen in den Querschnitt der Entnahmeöffnung sich Feststoff und Flüssigkeitsme-

*) Die Entwicklung und der Bau der Anlage wurde in enger Zusammenarbeit mit der Fa. Erich Berg in Hamburg und der Heyden Microcomputertechnik GMBH, Hamburg, durchgeführt.

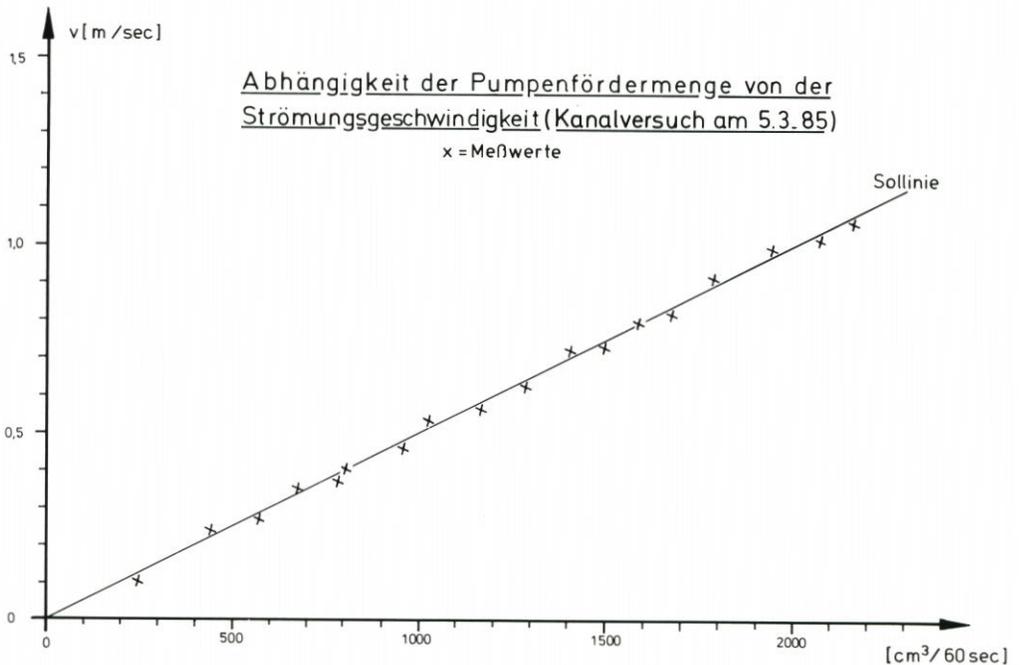


Abb. 3. Fördermenge als Funktion der Strömungsgeschwindigkeit. Meßergebnis eines Versuchs im Strömungskanal der FH Hamburg am 5. 3. 1985

dium in ihrer Bewegung gleich verhalten (WOHLENBERG, 1950; NELSON u. BENEDICT, 1946). Um nun die senkrecht auf den Entnahmeöffnungsquerschnitt treffenden Strombahnen durch Stau und Sunk nicht zu verändern, ist eine lineare Abhängigkeit der Fördermenge der Pumpe entsprechend der Strömungsgeschwindigkeit Voraussetzung. Hierfür werden auf der AMO eine Netsch-Monopumpe Typ 3NU10 und ein akustischer Strömungsmesser der Fa. Meerestechnik Elektronik (ME) Typ SM 124 eingesetzt. Die Linearität des Systems konnte in einem Strömungskanal nachgewiesen werden (Abb. 3).

In der zweiten Komponente der AMO, dem System ABULO (Abb. 4), werden die Wasserproben gesammelt. Zwei Tanks stehen hierfür mit einer maximalen Kapazität von je 180 l zur Verfügung. Zum Abscheiden des Schwebstoffs wird eine Durchlaufzentrifuge vom Typ ALFA LAVAL LAPX 202 eingesetzt (Abb. 5). Der Abscheidegrad beträgt $0,45 \mu\text{m}$ bei einer Durchlaufmenge von 2,5 l/min und einer Drehzahl von 6000 U/min. Zur Unterbindung der biologischen Aktivität des lebenden Anteils der Feststoffe hält ein Kühlsystem mit einer Leistung von 3300 kcal den Innenraum von ABULO auf einer Temperatur von $+4^\circ\text{C}$. Die Wasserführung zwischen Tankeinlauf, Bypass und Tankablaß wird mit Koaxialmagnetventilen gesteuert. Nach jedem Tidewechsel tritt eine Spülautomatik in Kraft, die Tanks, Zentrifuge und Probelleitungen reinigt.

Die Messung der Begleitparameter erfolgt im Meßcontainer. Die Meßsonden werden hier mit Elbwasser versorgt, welches eine Pumpe vom Geräteträger aus fördert. Ausgenommen hiervon ist das Attenuationsmeter, Typ IFM-Bremerhaven. Dieser Meßwertaufnehmer ist direkt neben den Einlaßöffnungen der Probenahmeleitung installiert.

Das Zusammenwirken der Einzelkomponenten wird erst möglich durch den Einsatz eines Steuerrechners. Hierbei handelt es sich um einen 16-bit-Rechner der Fa. HEYDEN

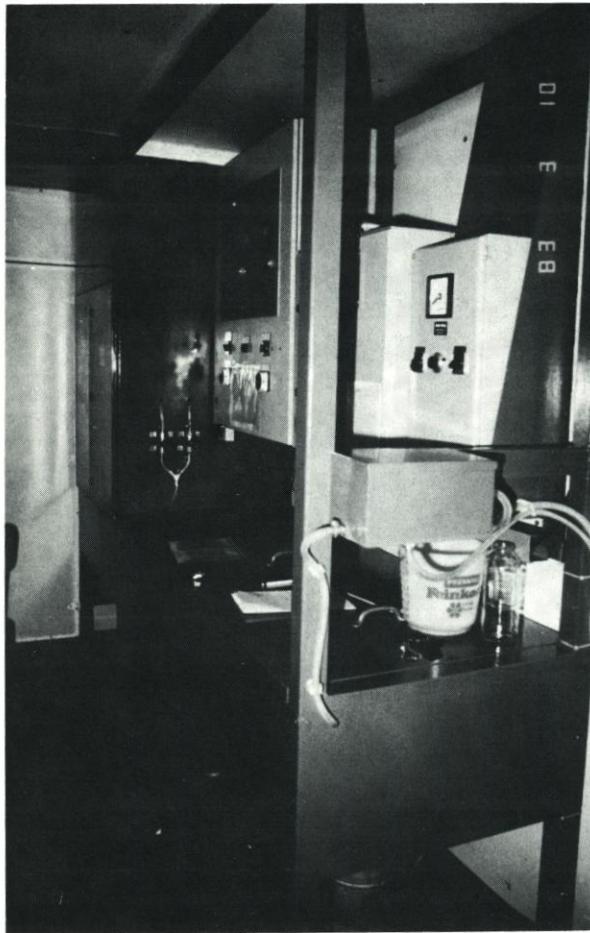


Abb. 4. Kühlraum der Systemkomponente ABULO. Unter den Abdeckungen befinden sich die Flaschenbahn und die Zentrifuge

GmbH. Das Zusammenwirken der verschiedenen Steuerungsroutrinen zeigt Abb. 6. Ausgelegt ist der Rechner mit einer Speicherkapazität, die einen 7-Tage-Betrieb der AMO gewährleistet. Neben den Steuerungs- und Meßdatenerfassungsfunktionen hat der Computer die Aufgabe, Störungen im Betriebsablauf anzuzeigen und die AMO in einen Wartezustand zu versetzen. Eine Meldung dieser Störungen erfolgt über einen Telefonalarm an die zuständigen Stellen, die daraufhin über eine Datenleitung die Möglichkeit haben, den Fehler, soweit dies möglich ist, zu beheben und die Anlage neu zu starten.

6. Ausblick und erste Ergebnisse

Im wissenschaftlichen Untersuchungsprogramm, das sich im Juli 1984 an die Geräteentwicklung anschloß, werden die Daten aufbereitet und ausgewertet. Zur Zeit liegen lückenlose Ganglinien aufgrund von Geräteausfällen erst ab Oktober 1984 für alle Parameter vor

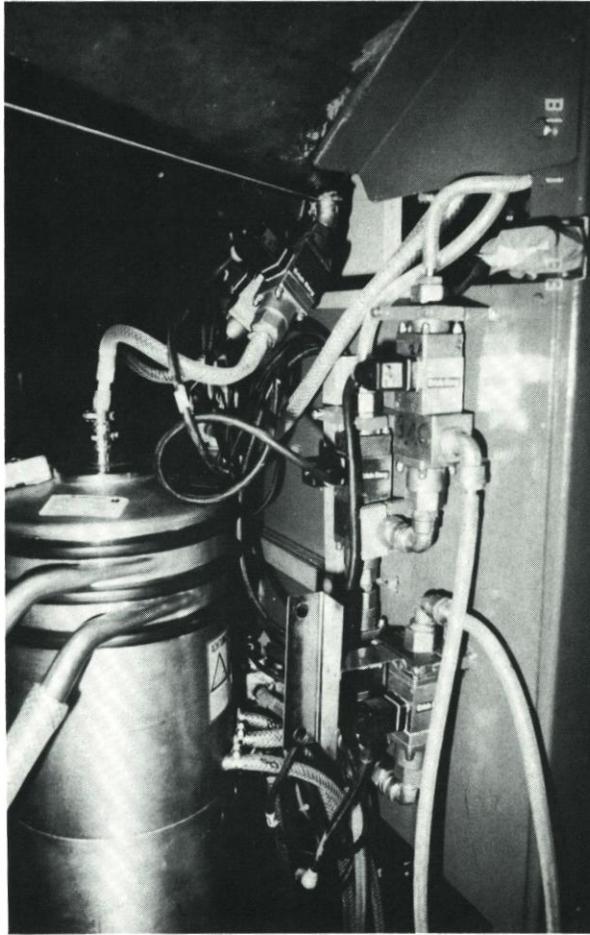


Abb. 5. Wasserverteilungsplatte mit Koaxialmagnetventilen. Links im Bild: Zentrifuge Typ ALFA LAVAL LAPX 202

(Abb. 7). Da das System während der Frostperiode nicht einsatzfähig ist, konnten vom 15. Dezember 1984 bis 20. März 1985 keine Messungen durchgeführt werden. Somit wird 1985 der eigentliche Meßzeitraum sein, für den auch die Variation der Parameter im Jahresgang untersucht werden soll.

Ziel ist es dabei, zu einer Schwebstoffformel zu kommen, die es ermöglicht, mit leicht zu messenden Parametern auf den Schwebstoffgehalt zu schließen, wie dies schon CHRISTIANSEN (1985) als Möglichkeit angibt, und zweitens Zusammenhänge zu erkennen, die die Abhängigkeiten zwischen den Parametern aufzeigen. Sollte dies gelingen, wäre damit ein Kenntnisstand vorhanden, der es dem Wasserbauer gestattet, als Grundlage für Entscheidungen auf eine solide Datenbasis zurückgreifen zu können.

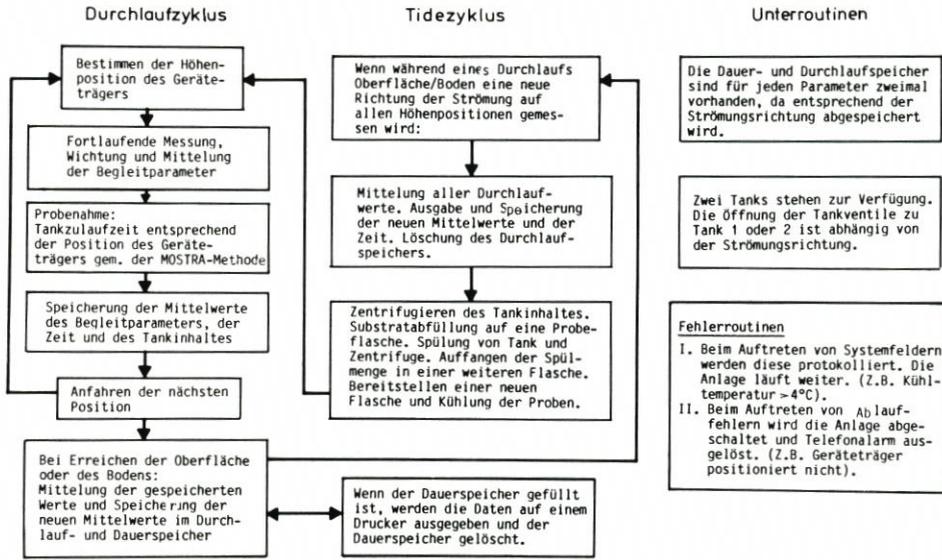


Abb. 6. Steuerungsabläufe beim Durchlaufen der Wassersäule und beim Halbtidenwechsel

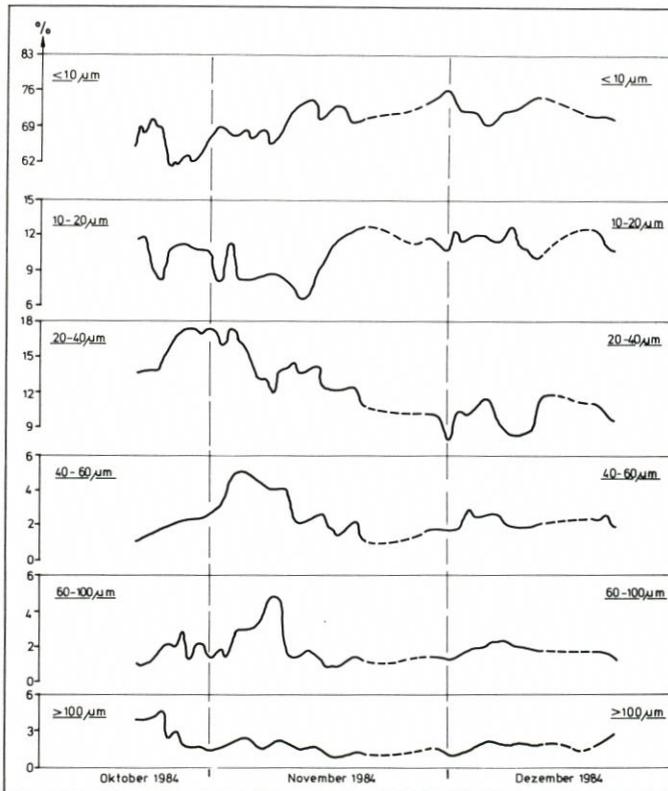


Abb. 7. Zeitreihen der Korngrößenverteilung im Meßzeitraum 1984

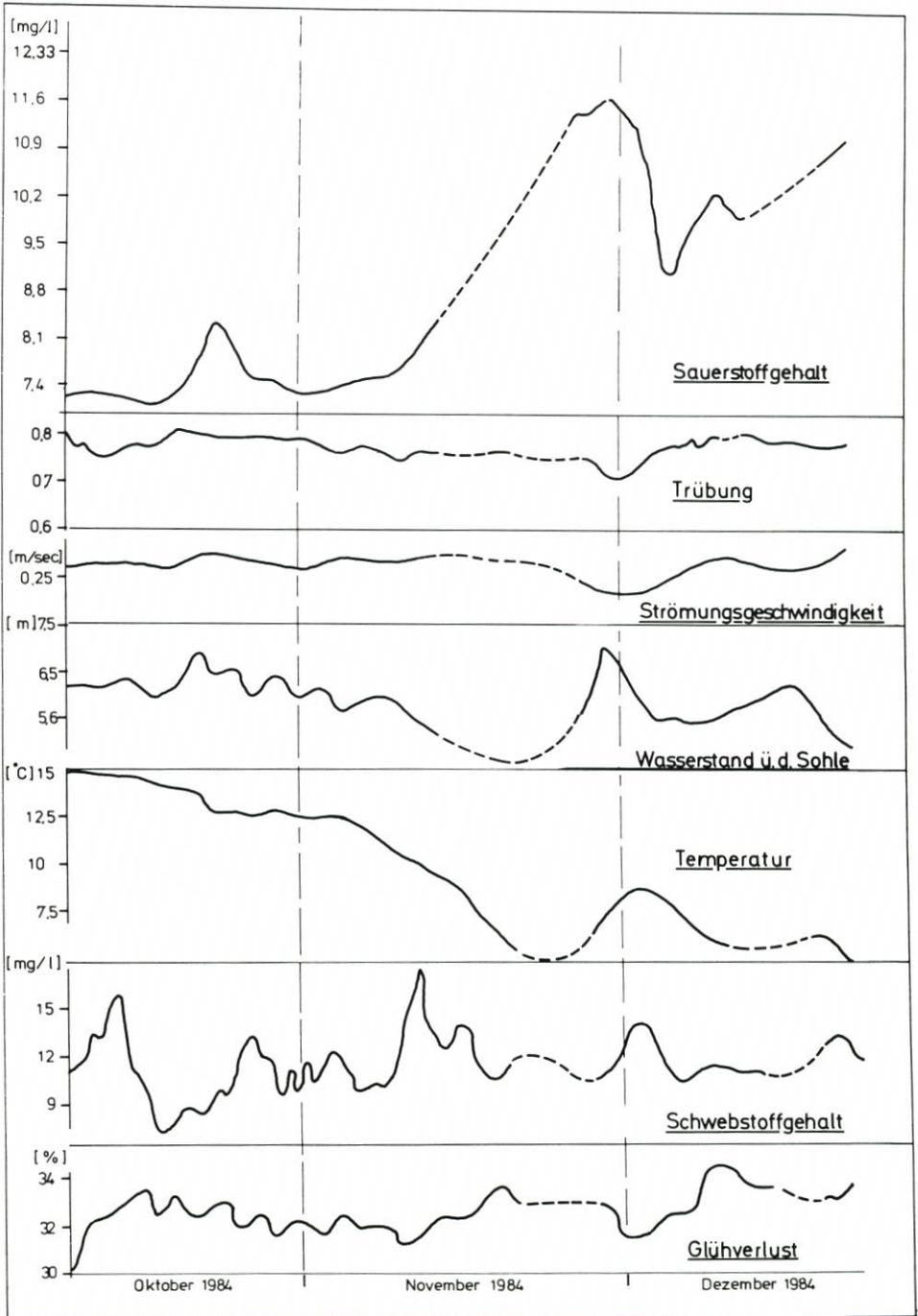


Abb. 8. Zeitreihen verschiedener Parameter im IV. Quartal 1984, gemessen im Elbequerschnitt bei km 607,5 mit der Automatischen Meßstation Oortkaten (AMO) bezogen auf den Abfluß.

7. Schriftenverzeichnis

- CHRISTIANSEN, H.: Über den Transport suspendierter Feststoffe in Ästuaren am Beispiel der Elbmündung bei Neuwerk. *Hamburger Küstenforschung*, H. 28, 1974.
- CHRISTIANSEN, H.: Erste Ergebnisse aus Schwebstoffmessungen mit dem CUX-SAMPLER in der Elbe. *Die Küste*, H. 42, 1985.
- DOWNING, J. P., STERNBERG, R. W. u. LISTER, C. R. B.: New Instrumentation for the investigation of sediment suspension processes in the shallow marine environment. *Marine Geology*, 42, 1981.
- GÖHREN, H. u. LAUCHT, H.: Instrument for long-term measurement of suspended matter. *Proc. 13th Coastal Engineering Conference*, 1972.
- GREISER, N.: Die Bedeutung biologischer Faktoren für die Schwebstoffbildung – Untersuchungsmethoden und erste Ergebnisse. *Die Küste*, H. 42, 1985.
- NELSON, M. E. u. BENEDICT, P. C.: Study of methods used in measurement and analysis of suspended sediment loads in streams. *American Soc. of Civil Engineers, Ann. Conv. Spokane*, 1946.
- NEUMANN, L. J. R.: Ein neues Verfahren zur strömungs- und morphologieadäquaten Bilanzierung von suspendierten Feststoffen und Begleitparametern in geschichteten Ästuaren. *Die Küste*, H. 42, 1985.
- MICHAELIS, W. u. KNAUTH, H.-D. (Hrsg.): Das Bilanzierungsexperiment 1982 (BILEX '82) auf der Unterelbe. *GKSS 85/E/3*, 1985.
- PLATH, M.: Ein im Gezeitenbereich des Wattenmeeres selbständig arbeitendes Sinkstoff-Schöpfergerät und die Bedeutung der Wattfauna für die Bildung von Sinkstoffen. *Die Küste*, Jg. 13, 1965.
- RENGER, E.: Dauermessungen des suspendierten Feststoffgehalts im Tidegebiet mit Hilfe von Durchlaufzentrifugen. *Intermaritec '82*, 1982.
- VICK, F.: Über die Erfassung des Sinkstoff-Transportes in Tideflüssen. *Die Wasserwirtschaft*, Jg. 43, 1952.
- WOHLENBERG, E.: Der horizontale Wasserschöpfer. *DHZ* 3, 1950.