Teil B: Verfahrensentwicklung für die Schwebstoffmessungen mit dem System SEDIWA (Sedimentwaage)

0. Allgemeines

Der Berichtsabschnitt "Verfahrensentwicklung der Sedimentmessung" befaßt sich mit der Darstellung des im Rahmen des "AT-N" Teilprojektes entwickelten Verfahrens, Sedimente* im Außentief kontinuierlich zu messen und auszuwerten, um Rückschlüsse auf die formgebenden Einflüsse wie Tidebewegung, Schiffspassagen, Spülungen etc. zu erhalten. (*Schwebstoffe)

Die auf dem Markt befindlichen Geräte waren hierfür nicht geeignet, da sie entweder nicht hochauflösend waren (Einzelproben) oder durch ihre Größe, Ortsgebundenheit bzw. Meßungenauigkeit unter den harten Feldbedingungen nicht einzusetzen waren.

1. Zielsetzung für das Sedimentmeßverfahren

Für die Durchführung des "AT-N"-Vorhabens, das die Vorgänge im Außentief beschreiben und spezifizieren soll, galt es, ein Meßverfahren zu entwickeln, welches den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht wird.

Die grundlegenden Forderungen waren die Einsetzbarkeit in den verschiedensten Außentiefs sowie eine hochauflösende Messung mit hinreichend genauer Erfassung der

im Außentief vorkommenden Materialzusammensetzung in weitester Hinsicht.

Aus diesen grundlegenden Forderungen ergab sich eine Vielzahl von Folgeforderungen, Problemen und Restriktionen, die hier nur kurz angerissen werden können und die es zu berücksichtigen galt:

a) geringstmöglicher Stromverbrauch,

b) Wetterfestigkeit u. Seewasserbeständigkeit der gesamten Apparatur,

c) Dauermeßfähigkeit, personalunabhängig,

d) extremer Verschleiß von Pumpen und Entnahmevorrichtung durch Sedimentschliff,

e) Messung und Datenaufzeichnung one-line in sehr engen Zeitintervallen,

f) Messung und Aufzeichnung von begleitenden Parametern,

g) extrem vielfältige und unterschiedliche Zusammensetzung des Sedimentes sowohl in physikalischer als auch chemischer Hinsicht,

h) Einsatz auf schwankendem Untergrund wie Schiffen und Pontons bei Wind, Strömung und Wellenbewegung im Tidegebiet,

i) kleine Bauart des Gerätes, d.h. von max. 2 Personen zu transportieren und einzusetzen,

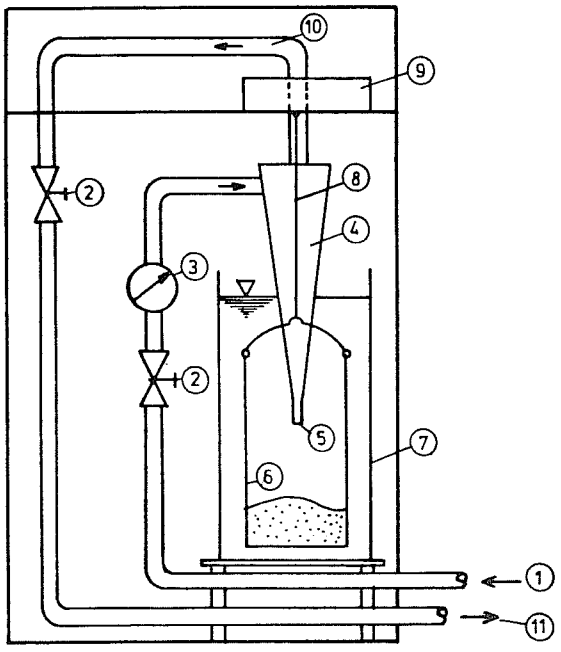
j) preiswert, d.h. etwa im Wert ähnlicher industriell angebotener Sonden und Meßgeräte,

k) Bau oder Kauf von Gerät und Geräteteilen weitestmöglich aus kommerziell angebotenen Bausteinen.

2. Technische Ausgangsvoraussetzungen des Verfahrens

2.1 Entstehung des Meßprinzips

Das Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten hatte sich bereits Jahre vor dem Beginn des Forschungsvorhabens mit dem Thema der Schwebstoffmessung unter den in Abschnitt 1. genannten Bedingungen befaßt und war nach Sichtung der zum damaligen Zeitpunkt auf dem Markt befindlichen Schwebstoffmeßgeräten zu dem Schluß gekommen, daß es kein entsprechend geeignetes Gerät gab.



Halbautomat 1982/83
Prinzipskizze

Abmessungen :
B × T × H = 75 × 45 × 120 cm

1. Zufluß von der Pumpe
2. Absperrventil
3. Manometer
4. Hydrozyklon RWK 87
5. Hydrozyklonunterlauf
6. Wägebehälter
7. Wasserbehälter
8. Aufhängevorrichtung
9. Laborwaage m. Unterfluraufhängung
10. Hydrozyklonüberlauf
11. Abfluß

Abb. 13

Im Zeitraum 1981/1982 wurde daher eine erste eigene ortsfeste Version eines Schwebstoffmeßgerätes mit Hydrozyklonen entwickelt (Doppel-Hydrozyklon-Anlage) und im Oktober 1982 weiterentwickelt zu Halbautomaten (s. Abb. 13). Diese Halbautomaten erfüllten zwar noch lange nicht alle Forderungen unter 1., gaben jedoch Anlaß zu der Annahme, daß es möglich sein muß, auf dieser Basis ein neues Schwebstoffmeßverfahren zu entwickeln, das den Anforderungen voll entspricht.

Bis zur Entwicklung und Einsatzfähigkeit der SEDIWA wurden diese 3 Halbautomaten für Messung des "AT-N"-Vorhabens eingesetzt, später nach einigen technischen Änderungen dienten sie zur Kalibrierung der neu entwickelten SEDImentWAgen.

Da diese Halbautomaten dem wissenschaftlichen und technischen Stand zu Beginn des Vorhabens entsprachen, werden sie im folgenden technisch beschrieben.

2.2 Systembeschreibung der Halbautomaten bei Antragstellung

Der an Land aufgestellte Halbautomat ist aufgestattet mit einer Tauchmotorpumpe, die bis zur gewünschten Meßpunkttiefe in den Strom eingetaucht ist (s. Abb. 14).

Über eine Förderleitung wird das schwebstoffhaltige Wasser in einen Hydrozyklon eingeleitet, der die mineralischen Schwebstoffbestandteile größer als 7 µm separiert. Das überschüssige Wasser, organische Bestandsteile sowie Kleinstkorn werden über den Überlauf abgeführt. Das separierte Korn 7 µm fällt durch den Unterlauf des Hydrozyklons in einen Unterwasserwägebehälter, der an einer Laborwaage aufgehängt ist.

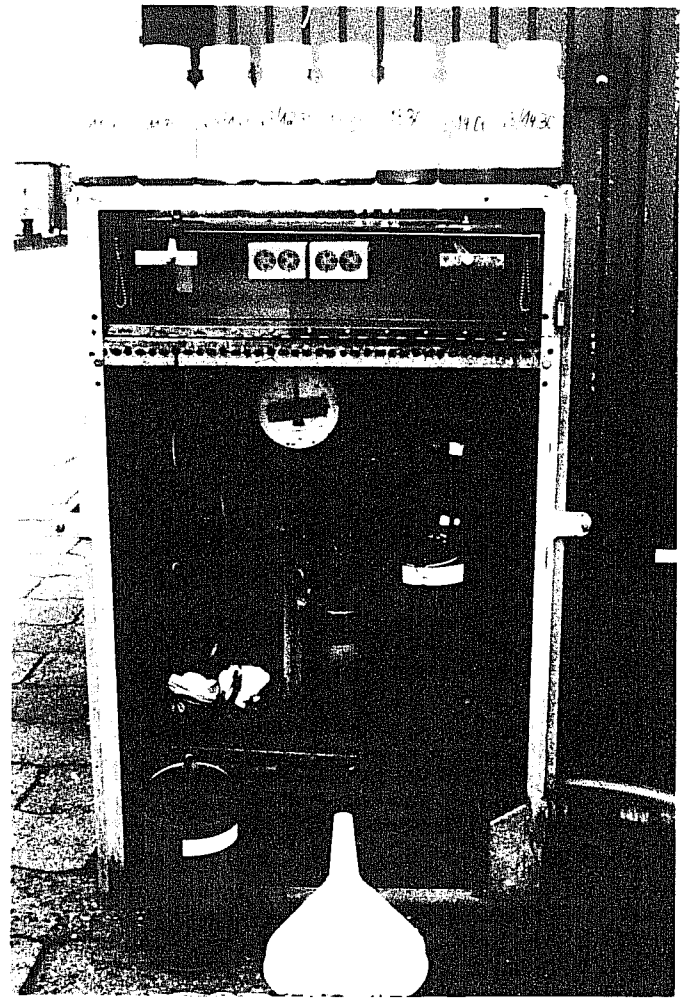


Abb.14: Schwebstoffmeßgerät SEDIWA (0,7 l/s)
(Halbautomat = Meßschrank)

Die Laborwaage zeigt die jeweilige Zunahme des Unterwassergewichtes des Sedimentes an und wird im Minutentakt von Hand protokolliert. Durch das Eintauchen des Hydrozyklons in das Wasser des Wägebehälters tritt hier kein Wasser aus, sondern ausschließlich Sediment. Vorteil dieses Verfahrens ist, daß im Wägebehälter keine Aufwärtsströmung entsteht, die schon separiertes Sediment austragen könnte und somit die Wägung verfälschen. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, daß die gesamte Fördermenge das Meßgerät durch den Überlauf verläßt, so daß hier sehr präzise Ausliterungen zur Bestimmung der geförderten Wassermenge möglich sind. Diese sind zur Kontrolle neben integrierenden Wassermengenmessungen mit einer Wasseruhr

für die Berechnung der Sedimentkonzentration notwendig. Der Betriebsdruck von 3 bar wird über Ventile geregelt und mit Manometern überprüft.

Der Wägebehälter muß ca. alle 1 - 3 Stunden von Hand ausgespült werden.

Die Auswertung der Daten erfolgt aus den von Hand protokollierten Daten nach der Formel:

$$\boxed{\bar{C}\,(mg/l) = \frac{\Delta G\,(g)\cdot(\rho_F/(\rho_F-\rho_W))}{\Delta t\,(s)\cdot Q\;(ml/s)}\cdot 10^6} \qquad (1)$$

Der Umrechnung des Unterwassersedimentgewichtes in das tatsächliche Gewicht liegen das im Labor ermittelte mittlere spezifische Sedimentgewicht und die Dichte des Salzwassers zugrunde.

Berechnung und Darstellung der Ergebnisse erfolgen mit einem Apple II plus Personalcomputer.

2.3 Vorzüge und Nachteile dieses Systems

2.3.1 Vorzüge

Der gravierendste Vorteil dieses Meßsystems liegt in der kontinuierlichen Messung des Sedimentgehaltes in 1-Minutenabständen ohne aufwendige Probenahme. Zudem ist das Gerät ortsvariabel und kann im Außentief gegebenfalls mit einem Notstromaggregat betrieben werden. Die Meßgenauigkeit ist mit erfaßten Korngrößen von ca. 7 µm und größer relativ gut.

Die grundlegenden Forderungen gemäß Abschnitt 1. sind somit weitgehend erfüllt und stellen eine erfolgsversprechende Ausgangsbasis für eine Weiterentwicklung im Rahmen eines Forschungsvorhabens dar.

2.3.2 Nachteile

Für Tauglichkeit als Dauermeßgeräte sind an den Halbautomaten jedoch noch die folgenden Verbesserungen anzubringen:

1) Verringerung der Geräteabmessungen und der Durchlaufwassermenge und somit des Stromverbrauchs von ca. 1100 Watt.

2) Automatisierung des gesamten Meßablaufes, d.h. automatische Durchfluß- und Betriebsdruckmessung, Automatisierung der Spülphasen.

3) One-Line Messung von begleitenen Daten wie Strömungsgeschwindigkeit und Richtung, Salzgehalt, Temperatur und Wassertiefe.

4) Qualitative Verbesserung der gemessenen Daten, d.h. Erfassung kleinerer Korngrößen, Mittelung der Meßwerte innerhalb des Meßintervalles, um die starken Meßwertschwankungen zu filtern, die besonders auf schwimmenden Geräteträgern auftreten.

5) Elektronische Datenaufzeichnung und Auswertung aller Meßgrößen.

6) Professionelle Weiterentwicklung des Sedimentmeßgerätes durch eine einschlägige Firma mit am Markt erhältlichen Geräten und Geräteteilen.

3. Schwebstoffmeßverfahren SEDIWA

3.1 Entwicklungsstand

Mit Abschluß des Forschungsvorhabens "AT-N" ist die Entwicklung eines vollautomatischen Schwebstoffmeßverfahrens erreicht worden, das auf dem Markt erhältlich ist und für das von der Fa. ME Meerestechnik Elektronik in Trappenkamp Patentrechte angemeldet wurden. In enger Zusammenarbeit zwischen dem Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten und der Firma ME sowie dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Kiel (GPI) wurden die ursprünglichen Halbautomaten zu dem umfassenden Schwebstoffmeßverfahren SEDIWA weiterentwickelt, in dem die vorab in Absatz 2.3.2 genannten Nachteile verbessert bzw. aufgehoben werden konnten. Darüberhinaus wurden im Verlauf des Vorhabens und der Verfahrensentwicklung viele wesentliche Erkenntnisse über Schwebstoffzusammensetzung und Bewegung im Tidebereich gewonnen. Diese sind überwiegend auf die Untersuchungen des LW und GPI zurückzuführen und habe ihre praktische Umsetzung durch die Firma ME in dem Meßsystem gefunden.

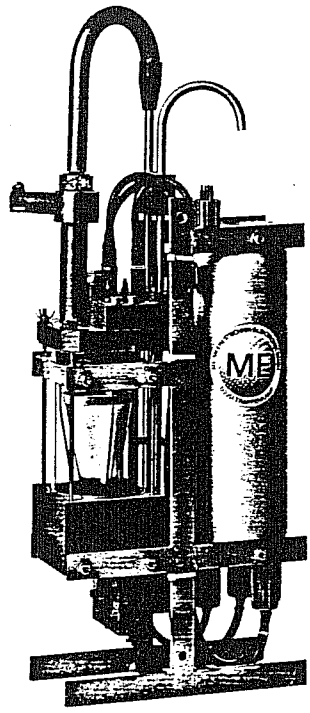


Abb. 15:

Schwebstoffmeßgerät SEDIWA
(kontinuierlicher Durchfluß
von rd. 0,2 l/s)

als "Vollautomat"
im Entwicklungsstadium
"Ingenieurmodell"

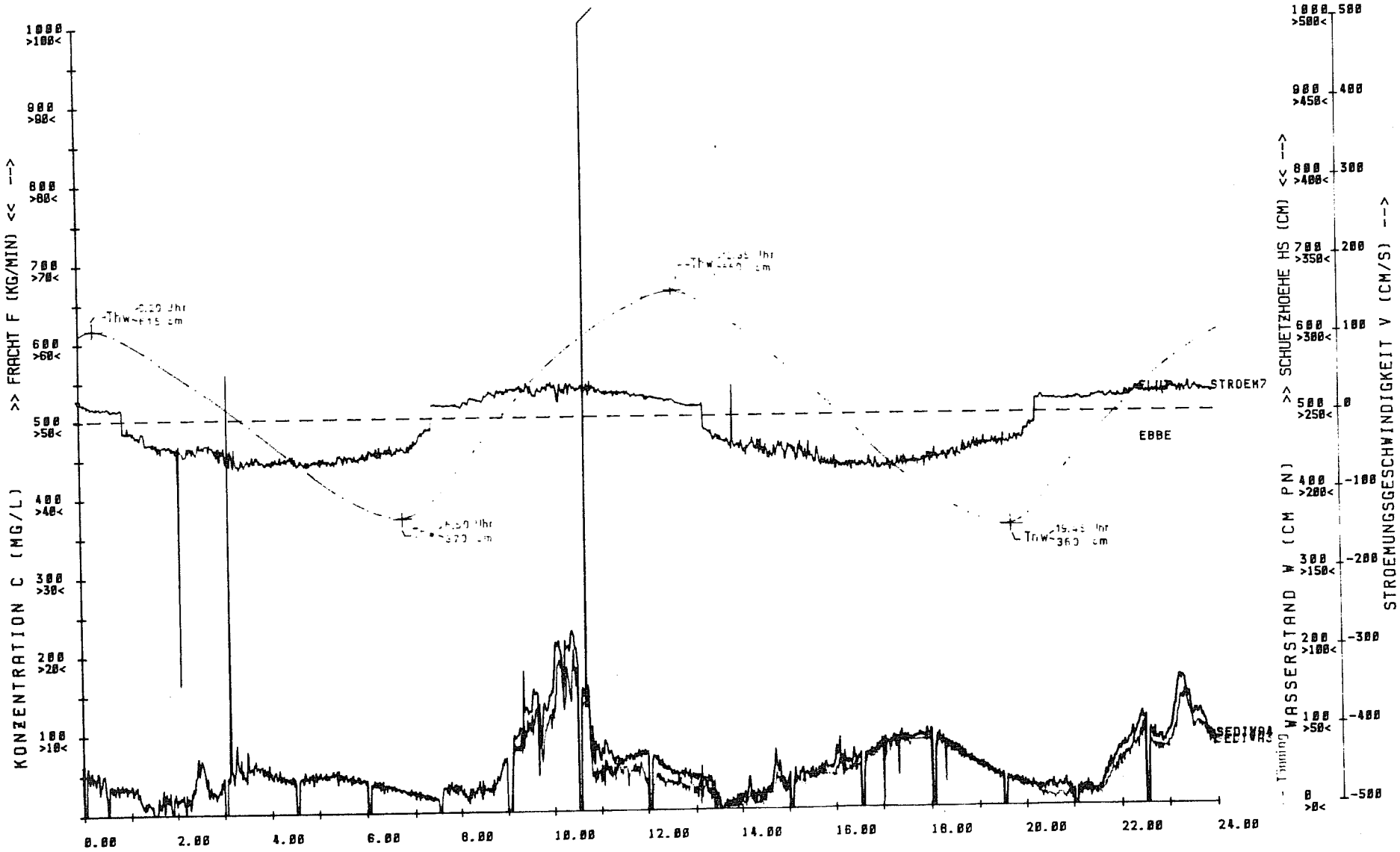
Das entwickelte Schwebstoffmeßverfahren besteht aus verschiedenen Komponenten (Sonden), die noch genau beschrieben werden, und kann im Küstengebiet zur kontinuierlichen Messung von Sedimentbewegung mit den wesentlichsten Umgebungsparametern längerfristig ohne Personalpräsenz eingesetzt werden. Der Einsatz unter Wasser ist möglich, lediglich das Datenaufzeichnungsgerät MOBY muß einen trockenen Aufstellort erhalten. Ein Netzanschluß mit knapp 1kW ist hierbei erforderlich.

Das Sondensystem liefert in 6 wählbaren Zeittakten gemittelte Werte für Sedimentkonzentration getrennt nach den Korngrößen-Anteilen größer 5 µm (= Unterlaufkonzentration) und kleiner 5 µm (= Überlaufkonzentration), Durchfluß, Strömungsgeschwindigkeit und Richtung, Wasserdruck, Temperatur und Salzgehalt sowie einige weitere Parameter, die zur Beurteilung der einwandfreien Gerätefunktion dienen (Anlg. 4).

Abb. 16

SEDIMENTKONZENTRATIONS - GANGLINIE

15.10.86 TOENNING ROSY



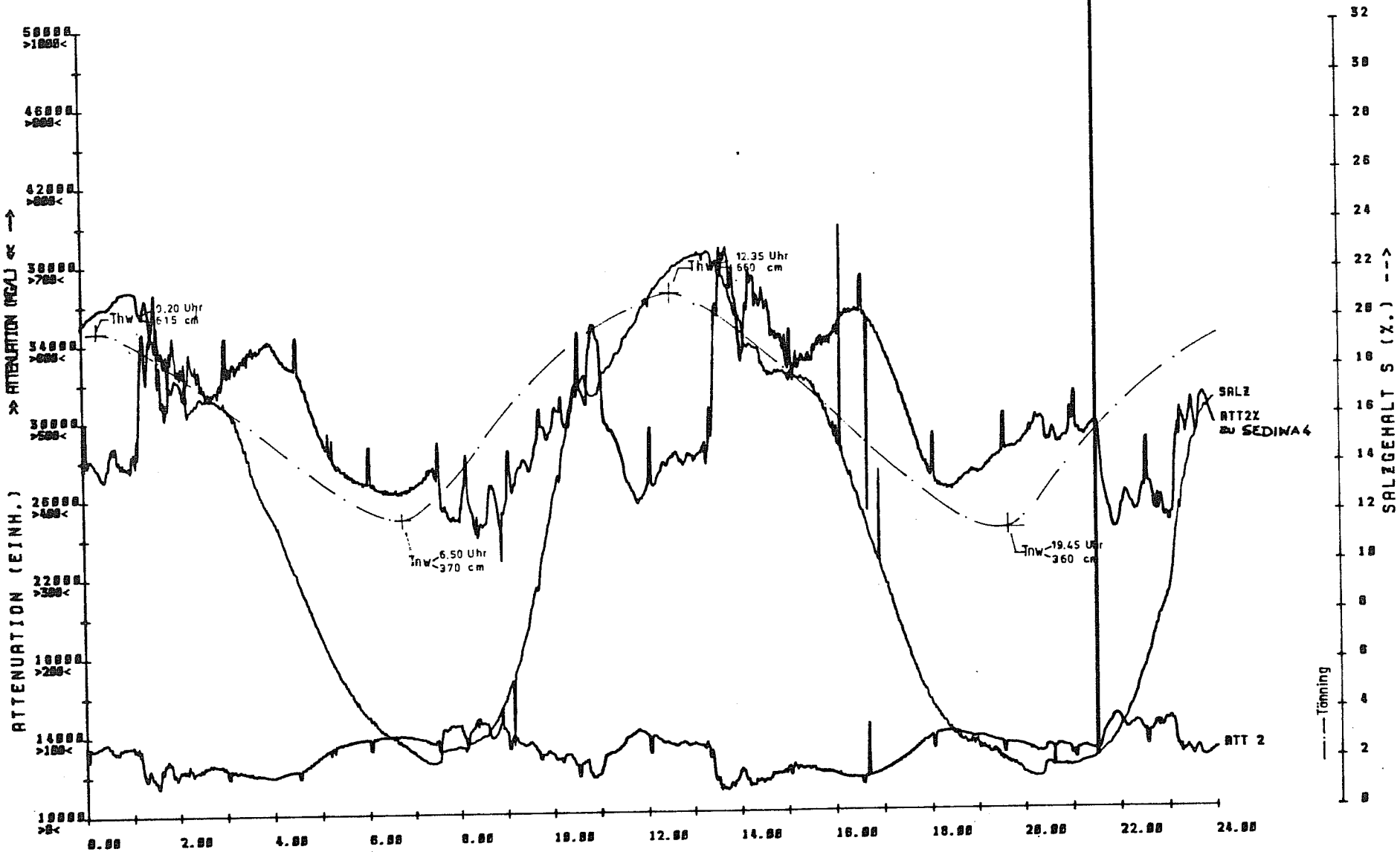
MEZ / MESZ -->

LANDESAMT FUER WASSERHAUSHALT UND KUESTEN
SCHLESWIG-HOLSTEIN

NR. /10/15 / 0 - 24 / 15.10.86

SEDA OKT 85

ATTENUATIONS- UND SALZGEHALTS- GANGLINIE



MEZ / MESZ -->

LANDESAMT FUER WASSERHAUSHALT UND KUESTEN
SCHLESWIG-HOLSTEIN

NR. /10/15 / 0 - 24 /

ATTPLOT SEPT 86

Abb. 17

Diese Meßdaten werden von dem Steuer- und Datenaufzeichnungssystem Moby auf Cassette gespeichert (Speicherkapazität ca. 10 Tage) und mittels eines Lesegerätes auf einen Apple II plus überspielt, der dann die Auswertung und Darstellung der Meßdaten übernimmt. Die mit dem Schwebstoffmeßverfahren SEDIWA gewonnenen Daten liegen außer auf Disketten und Listen in der folgenden Form als Plotterzeichnungen vor: (s. Abb. 16 u. 17)

3.2 Systembeschreibung SEDIWA

Eine Meßstation besteht je nach Anforderung an das Ziel der Messungen aus je einem Datenerfassungssystem Moby, bis zu 4 SEDIWA'S, bis zu 2 Strömungssonden und maximal 1 Multisonde. Die einzelnen Sonden werden über Kabel an das Moby angeschlossen und können bis zu 300 m vom Moby abgesetzt sein. Ein Moby kann somit mehrere Meßstellen in einem Radius von 300 betreiben, siehe Abbildung 18 (Systemübersicht SEDIWA).

3.2.1 Datenerfassungssystem Moby

Herzstück einer Meßstation ist dabei das Datenerfassungssystem Moby, welches in dieser Konfiguration bis zu 10 angeschlossene Sonden steuert und mit Strom versorgt. Die alle 660 msec (wählbar zwischen 660 m sec. und 2 x täglich) abgefragten Rohdaten werden im Moby mit speziell für dieses Vorhaben entwickelter Software (Fa. ME) im gewünschten Ausgabetakt von 1 Min. (einstellbar von 3 sec. bis 5 Min.) gemittelt und auf einer 6 Mbit Cassette im Moby abgespeichert. Für die Datenkontrolle werden die elektrischen Meßwerte anhand von im Moby gespeicherten Kalibrierkon-

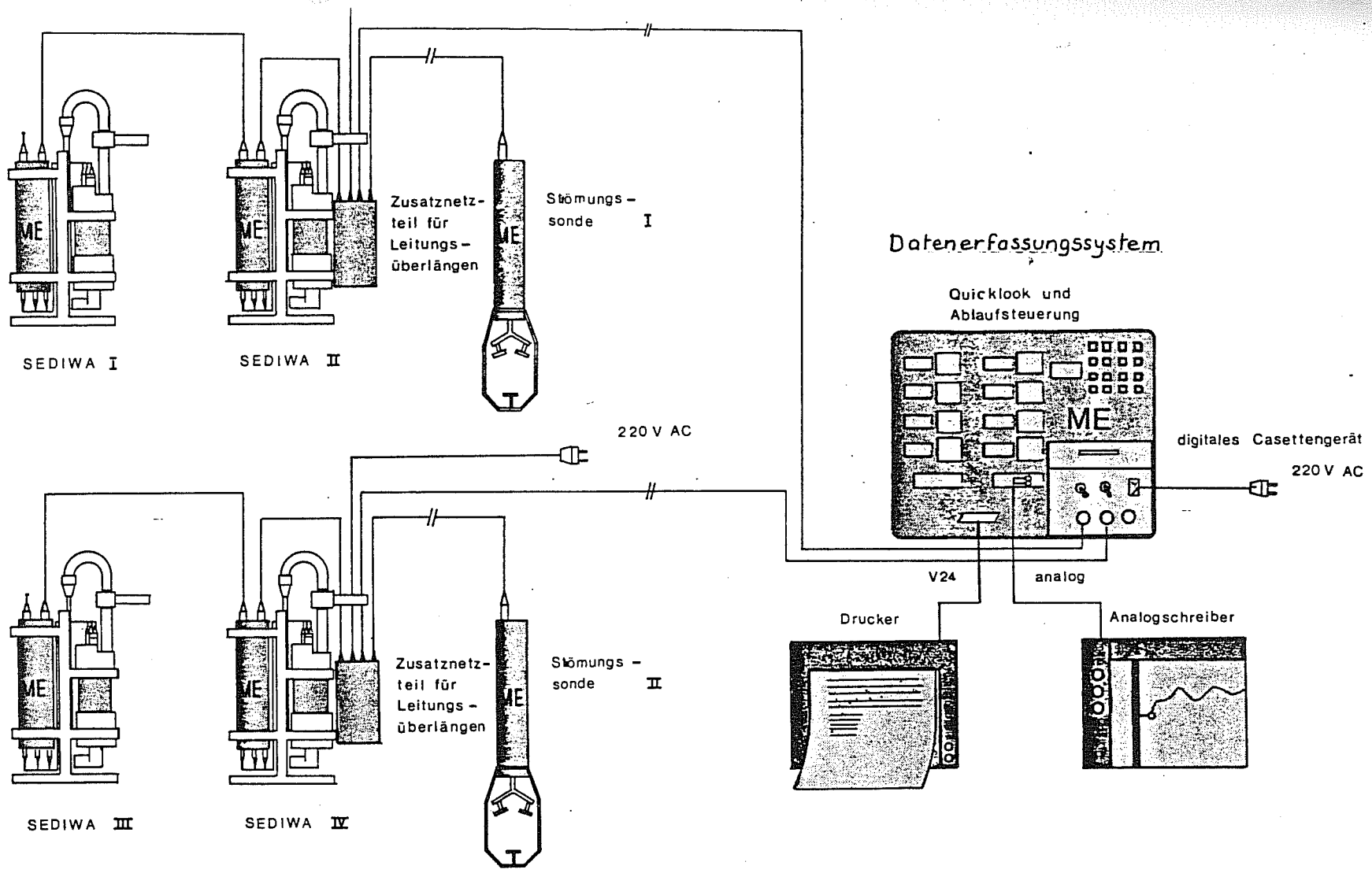


Abb. 18

	Datum	Name	And.					Material:	M
Gezeichn	17.11.85	Knott	Dat.					Zchn.-	
Geprüft:			Name					Nr.: 02.096	

ME
MEERESTECHNIK-ELEKTRONIK
GMBH

SEDIWA
SYSTEMÜBERSICHT

AUSFÜHRUNG FÜR
LANDESAMT W.u.K S.H.

takten der einzelnen Sonden in physikalische Werte umgerechnet und sowohl auf den im Moby integrierten LCD Quick-Look-Anzeigen als auch über V24 RSC 232 Schnittstelle auf einen DIN A 3 ITOH-Drucker gegeben. Der Anschluß eines Analogschreibers ist ebenfalls möglich.

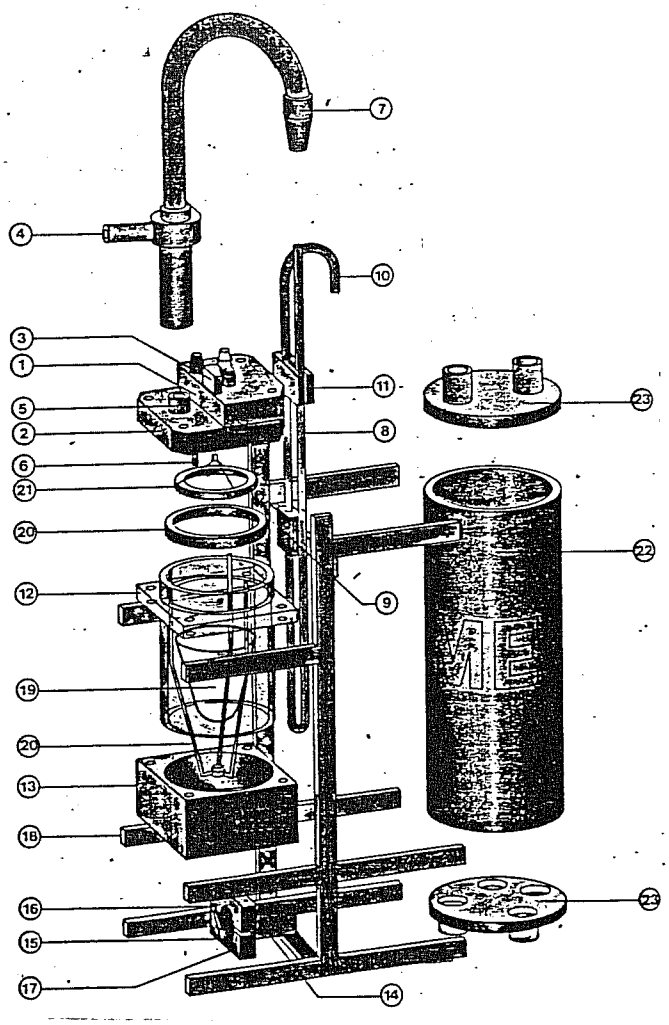
Die regelmäßig notwendigen Spülungen der SEDIWA-Wägebehälter werden durch Moby ausgelöst.

Bei kurzfristigen Stromausfällen schützt der Batteriepuffer im Moby die Daten vor Löschung und stellt die sofortige Wiederinbetriebnahme der Sonden nach erneuter Stromversorgung sicher.

Nähere technische Daten des Moby sind zu entnehmen: "Fa. ME, BESCHREIBUNG DES MOBY-SYSTEMS".

3.2.2 Sedimentsonde SEDIWA

Die SEDIWA, siehe Abb. 19, ist eine eigenständige Meßsonde, die im Rahmen der FE-Verträge SEDIWA '83 und SEDIWA '84 zum Ingenieurmodell von der Fa. ME entwikkelt wurde. Durch diese Entwicklung wurde die kontinuierliche Sedimentmessung erst möglich.



1. Deckel Oberteil
2. Deckel Unterteil
3. Entlüftungs- und Oberdruckventil
4. Zyklon mit Oberlaufstutzen
5. Zyklonanschluß
6. Sedimentauffallrohr
7. Obergangsstück
8. Zulaufrohr für Drossel
9. Drossel
10. Ablaufrohr
11. Klemmhalter für Oberlauf
12. Plexiglasrohr und Befestigungskranz
13. Boden
14. Spülmotor
15. Exenterscheibe
16. Ventilspülung
17. Klemmblock-Spülmotor
18. Gestell
19. Sedimentbecher
20. Beckenhalterung
21. Becheraufhängung
22. Druckrohr-Elektronikturm
23. Deckel/Boden

Abb. 19:

Funktionsprinzip: (entn. aus ME, techn. Unterlagen)

Mit einer Pumpe wird ein Teilstrom des zu untersuchenden Mediums entnommen und in den Hydrozyklon der SEDIWA gegeben. Im Hydrozyklon (Anlg. 5) wird das Medium in eine Rotationsbewegung versetzt, so daß Beschleunigungen bis 2000 g auftreten. Dieses führt dazu, daß suspendierte Teilchen 5 µm dem Rotationsbereich verlassen und an der Zyklon-Wandung in einer Schwereströmung durch den Zyklonunterlauf in den Waagebehälter gelangen. Der Waagebehälter befindet

sich in einem abgeschlossenen Volumen, das während des Betriebes mit dem Medium gefüllt ist. Bei der Inbetriebnahme entweicht die Luft durch ein Entlüftungsventil. Es wird ein Betriebsdruck von ca. 1 bar aufgebaut. Zum Druckausgleich bei hohen Dichteströmungen am Zyklonunterlauf und bei Verstopfern ist ein Ausgleichsventil integriert.

Das am Zyklonüberlauf austretende Medium wird zur Durckflußmengenbestimmung in einem aufsteigenden Strom durch eine Drosselscheibe geleitet. Dieser Überlaufstrom kann zur Ermittlung weiterer Parameter benutzt werden, z.B. zur Erfassung von Überlaufverlusten (Teilchen < 5 µm) und organische Bestandteile mit einer optischen Meßstrecke.

Hat das im Waagebehälter gesammelte Meßgut ein Gewicht von 200 g erreicht oder nach Überschreiten einer Zeitmarke wird das Meßgut, wenn es nicht zur Untersuchung entnommen werden soll, aus dem Waagebehälter ausgespült. Dazu wird das Ventil am Boden der SEDIWA geöffnet. Durch den Zyklonunterlauf wird jetzt ein Spülstrom in den Waagebehälter geleitet. Der Behälter wird je nach Meßgut und Sedimentationsdauer in 2 bis 5 min. vollständig entleert.

Während der Spüldauer erhält man keine verwertbaren Meßdaten.

<u>Meßprinzip</u> (entn. aus ME, techn. Unterlagen)

In der Sedimentsonde SEDIWA werden drei Parameter ermittelt. Um den Einfluß von Störungen, z.B. Wassertiefe und Wellengang bei Installation unter Wasser zu eliminieren, erfolgt die Meßwerterfassung mit Differenzdruckzellen.

Der Waagebehälter ist an der Membran einer Differenzdruckzelle befestigt. Die Verstimmung der Meßbrücke ist ein Maß für das eingeleitete Gewicht. Der Druckabfall innerhalb der Drosselscheibe wird durch die Durchflußmenge bestimmt.

Der Zellendruck ist ein Betriebsparameter, er dient z.B. zum Erkennen einer Spülung in der Software bei einer Datenweiterverarbeitung.

Die analogen Meßdaten werden in der Sondenelektronik digitalisiert und über die Kabeltelemetrie auf Anforderungen an das Meßwertverfassungssystem übergeben. Die Sondenelektronik wertet auch die Spülbefehle aus.

Kalibrierung der SEDIWA

In der SEDIWA befindet sich statt der im Halbautomaten verwendeten Laborwaage für die Sedimentgewichtsmessung eine Differenzdruckzelle. Für die Gewichtsbestimmung in Gramm ist eine Kalibrierung der Sonden notwendig, die in der Umrechnung der gemessenen Differenzdruckes in das Sedimentgewicht besteht. Diese Kalibrierung kann nur bei der Herstellerfirma durchgeführt werden, die dann die Kalibrierkoeffizienten bestimmt und auf EPROM's brennt. Diese EPROM'S werden nach jeder Nachkalibrierung z.B. anläßlich einer Sondenreparatur im Moby hardwaremäßig ausgetauscht.

Für die erstmalige Kalibrierung der SEDIWA wurden als Vergleichsgeräte die Halbautomaten benutzt, die zu diesem Zweck technisch verbessert worden waren.

Spätere Vergleichsmessungen von Halbautomaten und SEDIWA'S ergaben, daß bei der Messung räumlicher Konzentrationsverteilung eine gute Vergleichbarkeit beider Gerätetypen gegeben ist. (s. BECKMANN, UNTERSUCHUNGEN ZUR BEDEUTUNG DER ISOKINETISCHEN ENTNAHME (EINSCHLIEßLICH GERÄTEVERGLEICH) BEI DEN SEDIMENTMESSUNGEN IN DER EIDER, 1985)

Beurteilung der SEDIWA-Funktion

Nach längerfristigeren Einsätzen der 4 SEDIWA'S konnte festgestellt werden, daß alle Sonden den Korngrößenbereich größer 5 µm gut erfassen und die Sonden untereinander keine nennenswerten Abweichungen aufweisen. Die Ausfallzeiten der Sonden konnten bis zum Ende des Vorhabens drastisch reduziert werden, wenn Ausfälle vorhanden sind, dann sind diese meist auf die Durchflußmessung in der Drosselscheibe bzw. auf die Spüleinrichtung zurückzuführen. Schwachpunkt des Systems sind jedoch die Tauchpumpen, die einem starken Verschleiß (Motor und Kreisel) durch die sehr hohen Konzentrationen bis zu 1000 mg/l unterliegen. Eine tägliche Funktionskontrolle des Systems ist schon aus diesem Grund sinnvoll.

3.2.3 Multisonde für Attenuation, Salzgehalt und Temperatur

Die Multisonde ist wie auch die SEDIWA eine eigenständige Meßsonde. Sie ist im Gegensatz zu dieser jedoch im Programm der Fa. ME als Kieler Multisonde (OTS-Sonde, s. Abb20 u 21) standardmäßig erhältlich und wurde für die Zwecke der Sedimentmessung nur partiell geändert und kalibriert.

Detaillierte Informationen über die Multisonde und deren Kalibrierung liegen vor in

ME - technische Unterlagen Multisonde 1985

GPI - Quantifizierung der Feinstoffanteile (Resttriebe) bei der vollautomatischen Schwebstoffmessung nur mit Hilfe des Meßsystems SEDIWA im Bereich des Eidersperrwerks im Herbst 85

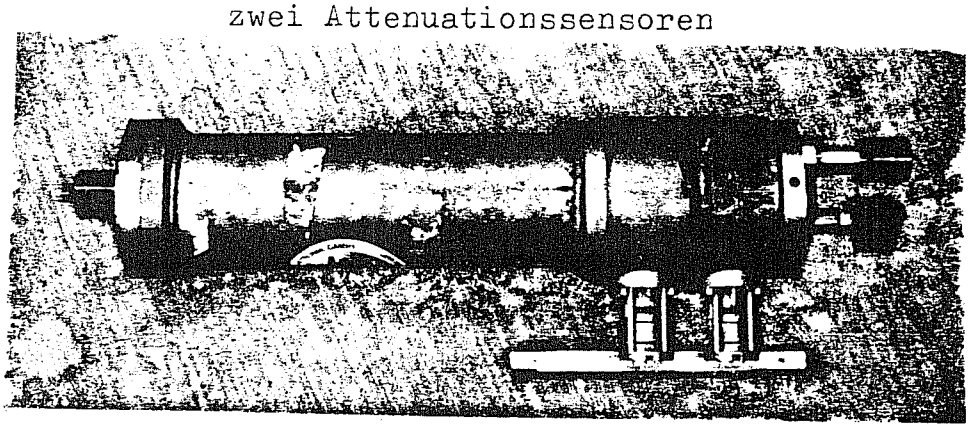
GPI - Bericht über die Erprobung und Kalibrierung einer Multisonde (April 1987)

Die Multisonde wird im SEDIWA-System an den Überlauf einer SEDIWA angeschlossen. Hier mißt sie Temperatur, Salzgehalt und Resttrübe (Attenuation) kleiner 5 µm, die in der SEDIWA nicht erfaßt wird. Da dieser Teil im Rahmen des Vorhabens entwickelt wurde, sei er hier kurz beschrieben:

Funktionsprinzip des Attenuationssensors

Die Attenuationsmessung ist eine optische Schwebstoffmessung, die mit 2 Sensoren mit je 10 mm Streckenlänge die Trübung (Adsorption und Streuung) des an einer Lichtquelle vorbeifließenden Mediums mißt (Abb. 20 u. 21).

Abb. 20: MULTISONDE der Firma ME mit zwei Attenuationssensoren



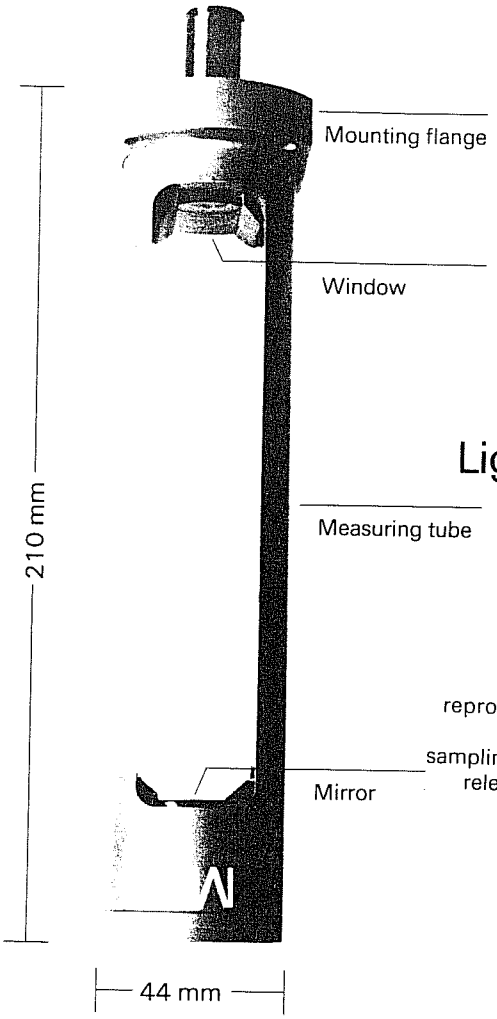


Abb. 21:

Attenuationssensor der MULTISONE der Firma ME Meerestechnik + Elektronik (Standardausfertigung)

Light Attenuation Sensor

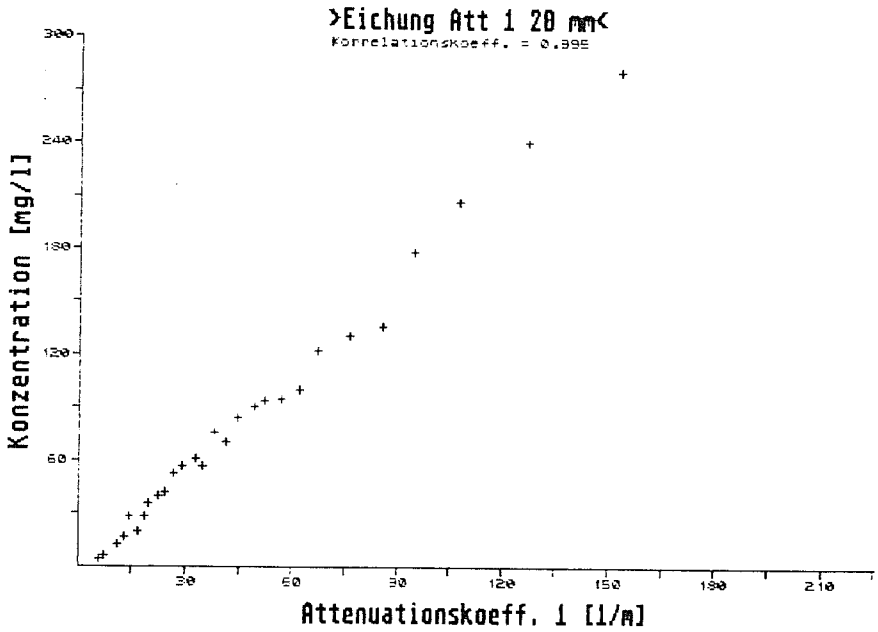
wave-lenght:	670 mm (red)
	attenuance: C = 25–75 %/m
	or transmittance: T = 75–25 %/m
	or attenuation coefficient: c = 0.3–1.4/m
accuracy of calibration:	0.04 %/m
reproducibility within ½ year:	± 0.4 %/m
resolution:	± 0.01 %/m
sampling rate for full resolution:	1/sec
relevant optical path lenght:	300 mm
light beam diameter:	10 mm
working conditions:	temperature: −10 ° C–to+40° C
	depth: 0–6000 m
	special window available for applications down to 11000 m
power requirement:	± 12 V–15 V, 60 mA

Die Qualität des Meßergebnisses ist weitgehend abhängig von der Gleichheit der im Medium befindlichen Teilchen in Bezug auf Größe, Form, Farbe etc. Da sich im Überlauf praktisch nur Teilchen kleiner als 5 µm befinden, ist diese Bedingung gegeben.

Das Meßergebnis liegt als Transmission in Prozent vor und muß für die Ermittlung der Attenuation in mg noch kalibriert werden.

Kalibrierung des Attenuationssensors

Die Kalibrierung der Attenuationssensoren wurde vom GPI der Uni Kiel in einem gesonderten Auftrag durchgeführt. Die gemessene Attenuation bzw. Transmission wurden hierbei mit Laborproben korreliert (Abb. 22).



Attenuationskoeffizient / Konzentration

Abb. 22: Kalibrierung des Attenuationssensors

Als Ergebnis liegen Gleichungen und Kalibrierdaten zur Erfassung der Attenuation in mg/l vor.

Beurteilung des Attenuationssensors

Der Attenuationssensor erfaßt die von der SEDIWA nicht gemessenen Korngrößen unter 5 µm sowie die organischen Bestandteile aufgrund der Kalibrierbarkeit zuverlässig und ist daher besonders in Bereichen, in denen große Anteile des Gesamtkornes unter 5 µm liegen bzw. diese Korngrößen von hoher Bedeutung sind, als Ergänzung zur Sediwa zu empfehlen.

3.2.4 Strömungssonde

Parallel zu den vorgenannten Sonden ist die Strömungssonde ein weiterer Baustein des SEDIWA-Systems, der die Meßwerte Strömungsgeschwindigkeit und -richtung sowie Wassertiefe liefert. Die Sonde ist ein Standardgerät der Fa. ME. Auf eine Beschreibung soll hier verzichtet werden. Einzelheiten können der entsprechenden Gerätebeschreibung entnommen werden (Abb. 23).

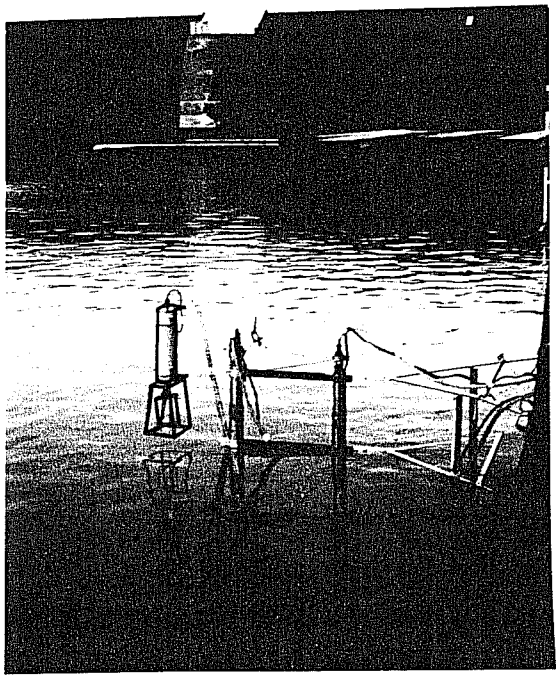


Abb. 23:

Strömungssonde der Firma ME Meerestechnik + Elektronk GmbH mit Geräteträger am Teststand Eidersperrwerk (einschl. zwei Entnahmepumpen für SEDIWA)

3.2.5 Datenauswertung

Die Auswertung der auf 6 Mbit-Cassette gespeicherten Daten erfolgt auf einem Apple II plus mit 48 Kbyte. Hierzu werden die gemittelten Rohdaten mit einem speziell angefertigten Lesegerät mit Interface oder auch mit dem Moby in den Apple eingelesen und auf 5 1/4 Zoll Floppy-Disk abgespeichert. Die Speicherkapazität der Diskette beträgt formatiert 2 x 124

Kbyte und kann die Meßdaten einer SEDIWA-Station von einem Tag speichern, ein Aufzeichenraster von 1 Minute vorausgesetzt.

Für die Überspielung der Daten wurde von Fa. ME ein Software- Paket entwickelt, das aus mehreren Einzelprogrammen sowie den Kalibrierkonstanten der Sonden besteht. Die Überspielung wandelt die Moby spezifisch gespeicherten Rohdaten in Apple-kompatible physikalische Daten unter Benutzung der jeweils aktuellen Kalibrierkonstanten um. Während des Überspielvorganges werden die Daten auf Plausibilität geprüft und gegebenenfalls markiert (z.B. Sondenspülung).

Die Dokumentation der Meßwerte als Listen* und in Ganglinienform auf DIN A 3-Plots wird auf dem Apple mit den vom LW entwickelten Programmen "SEDA" und "ATTPLOT" durchgeführt (s. Abb. 16 u. 17 Ganglinien).
(* siehe Anlage 9)

Das im LW entwickelte Programm "SEFOL" ermöglicht es zusätzlich, aus den gespeicherten Werten Bilanzen des Schwebstofftriebes über einzelne Halbtiden zu berechnen.

Mit diesem Softwarepaket ist es möglich, die gemessene Schwebstoffbewegung im Außentief sehr präzise darzustellen, insbesondere sehr kurze Ereignisse wie Schiffsbewegungen werden bei entsprechender Wahl des Mittellungsintervalles von maximal 1 Minute graphisch gut wiedergegeben.

Für die zum Teil bei Messungen in Außentiefs noch eingesetzten Halbautomaten liegt im Landesamt vergleichbare Software (SEDKO I bis IV) vor. Die graphische Darstellung stimmt mit der des SEDIWA-Systems überein, lediglich die Bilanzberechnung ist aufgrund der fehlenden Parameter Strömung und Wasserstand hierbei nicht möglich (s. Anlg. 7).

In Abb. 10 ist die Anpassung der Datenverarbeitung an die laufende Entwicklung des SEDIWA-Systems dargestellt. Die Stufen 3 und 4 sind im Rahmen des "AT-N"-Vorhabens entstanden, Stufe 2 ist die in Absatz 2.2 beschriebende Ausgangsbasis für das Vorhaben.

4. Wichtigste Entwicklungsschritte des SEDIWA-Systems

In diesem Absatz sollen kurz die wesentlichsten Entwicklungsschritte aufgezeigt werden, die vom ursprünglichen Halbautomaten (s. Absatz 2) bis zum vollautomatischen SEDIWA-System (s. Absatz 3) geführt haben.

4.1 Entwicklung der Unterwasser-Wägezelle

Ende 1982 wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. ME das Prinzip der "Unterwasser-Wägezelle" (s. ME, Kurzbericht zur Entwicklung einer Unter-Wasser-Wägezelle) entwickelt. An die Stelle der trocken aufgestellten Laborwaage, die neben einem hohen Platzbedarf auch erschütterungsempfindlich ist, trat eine Differenzdruckzelle, die durch Schutzmembranen wasserunempfindlich gemacht wurde. Zwischen der Druckmembran und der Schutzmembran liegt inkompressible Flüssigkeit. Der Wägebehälter ist mit einem Tiefpaß zur mechanischen Dämpfung von Erschütterungen unter der Differenzdruckzelle angeordnet. Diese Konstruktion ist im Gegensatz zur Laborwaage sehr klein, wasserdicht und in der Lage, Druckstöße aufzufangen. Allerdings ist eine Kalibrierung des Differenzdrucksensors erforderlich.
Die Kalibrierung des Sensors in der SEDIWA zeigt einen linearen Anstieg bis ca. 200 Gramm.

4.2 Automatische Spüleinrichtung

Im Rahmen des FE-Vertrages SEDIWA '83 wurde das Versuchsmodell SEDIWA mit einem Spülmotor ausgestattet, der eine selbsttätige Entleerung des Wägebehälters in bestimmten vorzugebenden Zeitintervallen erlaubt. Der Impuls zur Öffnung des Ventils wird von der Steuerzentrale Moby gegeben, die Spüldauer kann am Moby den örtlichen Sedimentverhältnissen entsprechend eingestellt werden.

4.3 Automatische Durchflußmessung

Für die kontinuierliche Berechnung der Konzentration aus der Zunahme des Sedimentgewichtes ist neben der Zeitdifferenz auch die Speicherung des Durchflusses im gleichen Meßtakt notwendig. Die beim Halbautomaten verwandte Praxis des Ausliterns war für Dauermessungen unzureichend. Der Fe-Vertrag '84 ergab im Ingenieur-Modell SEDIWA die Meßblende mit Differenzdruckmessung, die den Innendruck in der Anlage mißt. Aus Querschnitt der Meßblende und Druck errechnet sich der Durchfluß, der im Meßtakt auf dem Moby gespeichert und zur Konzentrationsberechnung herangezogen wird.

4.4 Förderpumpe

Im Verlauf des Vorhabens wurde nach einer Pumpe gesucht, die einerseits einen sehr geringen Stromverbrauch hat, zum anderen aber in der Lage ist, den Betriebsdruck von 2 bar bei zusätzlicher geodätischer Förderhöhe und Reibungsverlusten in Förderschläuchen langfristig unbeschadet vom Sedimentschliff dauerhaft aufzubauen.

Versuche mit Schlauchpumpen waren jedoch unbefriedigend, sodaß auf die relativ unempfindlichen Tauchpumpen der Fa. KSB Typ Cora 1-50/10 W (Anlg. 8) zurückgegriffen wurde. Der Sedimentschliff erfordert jedoch regelmäßige Wartung und gegebenenfalls Reparatur der Kreiselpumpe. Die Leistungsaufnahme von knapp 400 Watt macht einen Netzanschluß oder die Aufstellung eines Notstromaggregates notwendig.

Versuche des Landesamtes zur Bedeutung der isokinetischen Entnahme (s. Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten 1985) haben ergeben, daß die Bedeutung sehr gering ist bzw. im Rahmen von Vergleichsmessungen praktisch nicht festzustellen war. Pumpen mit gleichbleibender Entnahme waren somit geeignet.

4.5 Weiterentwicklung des Moby

Für den Einsatz des Moby im SEDIWA-System war dieses in der standardmäßig angebotenen Form nicht ausreichend. Im Gegensatz zu den inzwischen weiter entwickelten Halbautomaten lieferte Moby anfangs keine Minutenmittelwerte, sondern speicherte nur im gewählten Zeittakt die jeweils anstehenden Werte. Die dadurch entstehenden Meßwertschwankungen waren nicht vertretbar, so daß Moby mit einer Mittelwertroutine versehen wurde. Etwa gleichzeitig wurde eine V24-Schnittstelle nachgerüstet, über die alle Meßwerte digital ausgegeben wurden. Statt der früheren zwei Analogschriebe erlaubte diese Lösung eine direkte Kontrolle aller Meßwerte und wird außerdem als Datensicherung verwendet.

4.6 Strömungsmessung

Einen weiteren wesentlichen Erkenntnisfortschritt brachte die Aufnahme von 2 ME-Strömungssonden in das SEDIWA-System. Die Strömungsverhältnisse direkt am Meßort werden auf dem selben Datenträger wie die Sedimentdaten aufgezeichnet und können damit direkt in die Sedimentbilanz eingearbeitet werden. Besonders auch kurzzeitige Strömungsänderungen, die abweichend vom Tidegeschehen auftreten, wie Außentiefspülungen oder Schiffspassagen, werden damit erfaßt und erlauben Aussagen auf den Einfluß der Strömung auf die Schwebstoffbewegung.

4.7 Attenuationsmessung

Wohl die gravierendste Entwicklung im SEDIWA-System in Bezug auf die Genauigkeit des Meßsystems ist die Messung der Attenuation im Überlauf der SEDIWA-Sonden.

Kontrollen der Meßverluste durch LW und GPI im Rahmen von Landesprogrammen am Überlauf der SEDIWA's durch Probenahmen hatten im Verlauf der verschiedenen Messungen wie Neßmersieler Außentief ergeben, daß sich im Überlauf noch erhebliche Sedimentmengen befinden. Wenn diese aus kleiner als 5 µm sind, so kann ihre Gesamtmenge durchaus die Größenordnung des Unterlaufs erreichen und teilweise überschreiten.

Da die Bedeutung des Feinstkorns zu diesem Zeitpunkt nur grob einzuschätzen war, mußte zumindest in der Entwicklungsphase der Schwebstoffmessung eine one-line Messung der Überlaufverluste eingesetzt werden. Erreicht wurde dies, indem die Kieler Multisonde der Fa.

ME in Zusammenarbeit mit dem GPI mit einer zweiten Attenuationsstrecke ausgerüstet und einer SEDIWA nachgeschaltet wurde. Rein technisch waren dabei einige Probleme zu lösen, insbesondere das der Bläschenbildung im Überlauf, die wie die Sedimentpartikel mitgemessen wurden und zu erheblichen Meßwertverfälschungen führten. Durch eine speziell vom GPI entwickelte Entgasungseinrichtung konnte dies jedoch gelöst werden.

Die größte Schwierigkeit war jedoch die Kalibrierung des Attenuationssensors auf das vorkommende Material. Hierüber lagen bei der Herstellungsfirma ME keinerlei Erfahrungen vor. In langen und aufwendigen Versuchsreihen im Labor und vor Ort gelang dem GPI eine gute aber gebietsabhängige Kalibrierung durch Probenahme und Auswertung der Proben mit einem Cilas-Granulometer. Mit Abschluß der Entwicklung liegt nun eine Sonde zur zuverlässigen Bestimmung der Resttrübe vor. Zusammen mit der SEDIWA ist es möglich, die gesamte Schwebstoffracht im Außentief am Meßpunkt minutiös zu erfassen.

4.8 Software

Die Software für das SEDIWA-System setzt sich im wesentlichen aus zwei Teilen zusammen:

- Überspielsoftware erstellt von der Fa. ME,
- Auswertesoftware erstellt vom Landesamt.

Beide Anteile mußten dem jeweiligen Entwicklungsstand der Meßgeräte angepaßt werden, um Rückschlüsse auf die Qualität der durchgeführten Änderung ziehen zu können. Hinzu kamen Verbesserungen der Software selber, die sich insbesondere auf die Laufzeit der einzelnen

Programme auswirkten. Dies wurde erforderlich, da die ursprüngliche Software nicht für derartig umfassende Messungen ausgelegt war und durch das Einfügen von immer neuen Programmteilen zu langsam wurde. Eine Umstellung der Software von der Einzelauswertung jeder Sonde (sequentielle Auswertung) in die Auswertung aller Sonden gleichzeitig (parallele Auswertung) hat hier entschiedene Fortschritte gebracht.

Es ist allerdings anzumerken, daß die Apple II plus mit einer Kapazität von 42 Kbyte bei der Verarbeitung von ca. 200 Kbyte Daten pro Tagesganglinie die äußerste Grenze seiner Leistungsfähigkeit erreicht hat und besser durch einen leistungsfähigeren Personalcomputer der heutigen Generation zu ersetzen wäre. Die geringe Speicherkapazität ist für Programmierung eine starke Restriktion, die noch immer sehr zu Lasten der Laufgeschwindigkeit geht, wenn auch Qualitätseinbußen der Auswertung dadurch verhindert werden konnten.

5. Beurteilung des SEDIWA-Systems

Mit Abschluß des "AT-N"-Forschungsvorhabens liegt ein vielfach ausgetestetes automatisches Schwebstoffdauermeßverfahren vor, das dem Anwender sehr differenzierte genaue und hochaufgelöste Meßergebnisse liefert. Die Zielsetzung (gem. Abs. 1) für das Verfahren konnte weitestgehend erreicht werden, lediglich eine tägliche Kontrolle des Systems ist anzuraten, um die Ausfallzeiten in möglichst engen Grenzen zu halten.

6. Literaturverzeichnis

GEOLOGISCH-PALÄONTOLOGISCHES INSTITUT UND MUSEUM DER UNIVERSITÄT KIEL

- Quantifizierung der Feinstoffanteile (Resttrübe) bei der vollautomatischen Schwebstoffmessung mit Hilfe des Meßsystems SEDIWA im Bereich des Eidersperrwerkes im Herbst 1985 (K. Ricklefs)

- Bericht über die Erprobung und Kalibrierung einer Multisonde, April 1987 (K. Ricklefs)

LANDESAMT FÜR WASSERHAUSHALT UND KÜSTEN

- Untersuchungen zur Bedeutung der Isokinetischen Entnahme (einschließlich Gerätevergleich) bei den Sedimentmessungen in der Eider, 1985 (M. Beckmann)

- Natürliche Querschnitte von Außentiefs Zwischenberichte 1984 und 1985 (Dr. E. Renger/ Bednarczyk)

- Weitere Quellenhinweise sind dem Schriftenverzeichnis des Teiles C (Schiffahrtserzeugte Schwebstofftransporte im Neßmersieler Außentief / Ostfriesland) zu entnehmen.

ME MEERESTECHNIK-ELEKTRONIK

- Technische Unterlagen zum SEDIWA-System

- Schlußberichte Sediwa 1983, 1984