

# ABSCHLUSSBERICHT

\*\*\*\*\*

KFKI-VORHABEN : Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in  
Ästuaren

BMFT-Vorhabenummer : 524-3891-MF 0296 2

Projektleitung : Dr.-Ing.H.Christiansen

Bearbeitet von : Dipl.Oz.L.J.R.Neumann  
Dipl.Geogr.S.Haar

## Inhalt

### T E I L I (Allgemeiner Teil)

#### A. Einführung

#### B. Verzeichnis der Abkürzungen

#### C. Ablauf des Vorhabens

##### 1. Phase I (Gerätebeschaffung)

##### 2. Phase II (Gerätetest)

##### 3. Phase III (wissenschaftl. Untersuchungsprogramm)

#### D. Projektgliederung

##### 1. Teilprojekt Elbe

##### 2. Teilprojekt Weser

#### E. Zusammenarbeit

##### 1. Behörden

##### 2. Hochschulen und Forschungseinrichtungen

##### 3. Firmen

#### F. Automatische Meßstation Oortkaten (AMO)

#### G. Meßpfahl Nordenham

#### H. Projekt MASEX

#### I. Öffentlichkeitsarbeit

#### J. Ausblicke

#### K. Zusammenfassung

## T E I L II (Datenbericht)

### A. Einführung

### B. Automatische Meßstation Oortkaten

#### 1. Datensatz

##### 1.1 Datenträger und Datenstruktur

#### 2. Verzeichnis der Tabellen

##### 2.1 Tabellen

#### 3. Verzeichnis der Graphiken

##### 3.1 Graphische Abbildungen

### C. Meßfahrt Nordenham

#### 1. Datensatz

##### 1.1 Datenträger und Datenstruktur

#### 2. Graphische Abbildungen

### D. Projekt MASEX

#### 1. Datensatz

##### 1.1 Datenträger und Datenstruktur

#### 2. Verzeichnis der Tabellen

##### 2.1 Tabellen

#### 3. Verzeichnis der Graphiken

##### 3.1 Graphische Abbildungen

### E. Zusammenfassung

## T E I L III (Ergebnisbericht)

### A. Einführung

### B. Automatische Meßstation Oortkaten

#### 1. Datenvergleiche

##### 1.1 Transportbetrachtungen

#### 2. Korrelationsberechnungen

#### 3. Korngrößenuntersuchungen

#### 4. Ebbe- Flut- Vergleich

#### 5. Fehlerbetrachtung

#### 6. Diskussion der Ergebnisse

### C. Meßpfahl Nordenham

### D. Projekt MASEX

### E. Bibliographie

#### 1. Unveröffentlichte interne Berichte

#### 2. Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes

#### 3. Literaturverzeichnis

### F. Ausblicke

### G. Zusammenfassung

# ABSCHLUSSBERICHT TEIL I

\*\*\*\*\*

KFKI-VORHABEN : Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in  
Ästuaren

BMFT-Vorhabenummer : 524-3891-MF 0296 2

Projektleitung : Dr.-Ing.H.Christiansen

Bearbeitet von : Dipl.Oz.L.J.R.Neumann  
Dipl.Geogr.S.Haar

Inhalt	Seite
T E I L I (Allgemeiner Teil)	
A. Einführung	5
B. Verzeichnis der Abkürzungen	6
C. Ablauf des Vorhabens	8
1. Phase I (Gerätebeschaffung)	8
2. Phase II (Gerätetest)	10
3. Phase III (wissenschaftl. Untersuchungsprogramm)	10
D. Projektgliederung	13
1. Teilprojekt Elbe	13
2. Teilprojekt Weser	15
E. Zusammenarbeit	17
1. Behörden	17
2. Hochschulen und Forschungseinrichtungen	18
3. Firmen	20
F. Automatische Meßstation Dortkaten (AMD)	21
G. Meßpfahl Nordenham	24
H. Projekt MASEX	26
I. Öffentlichkeitsarbeit	31
J. Ausblicke	35
K. Zusammenfassung	36

TEIL I (Allgemeiner Teil)

## A. EINFÜHRUNG

Unter finanzieller Förderung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) wurde von einer Projektgruppe des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) von Ende 1981 bis Ende 1986 das Forschungsvorhaben "Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in Ästuaren" durchgeführt. In dem Vorhaben wurden Meßgeräte getestet und nach bestimmten Meßstrategien eingesetzt. Es war das Ziel, Empfehlungen zu erarbeiten, nach denen die Zusammenhänge von Schwebstoffbildung, -transport und Schlicksedimentation erforscht werden können. Das Mitte 1986 beendete Vorhaben war unterteilt in die Projekte Elbe und Weser.

Es wurde eine Meßstation entwickelt und, auf einem Ponton schwimmend, in der Elbe bei Oortkaten eingesetzt. Mit ihr konnten automatisch Schwebstoffproben entnommen und gleichzeitig alle relevanten Begleitparameter registriert und gespeichert werden.

An einer Pfahlstation in der Weser bei Nordenham wurden Sondensysteme für Schwebstofftrübung und Begleitparameter getestet. In einem Sonderprogramm (MASEX' 83) wurde eine von der GKSS, Forschungszentrum Geesthacht, entwickelte Gamma-sonde für Schlickdichtemessungen eingesetzt. Weitere Messungen auf der Weser folgten 1985 (MASEX' 85). Über die Ergebnisse der Messungen in Elbe und Weser soll in diesem Abschlußbericht informiert werden.

B. VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

Parameter	Meßeinheit	Abk./Symbole
Tidedauer	(s)	Td
Flutstromdauer	(s)	Df
Ebbestromdauer	(s)	De
Tideweg	(km)	-
pH-Wert	(-)	pH
Sauerstoff	(mg/l)	O <sub>2</sub>
Leitfähigkeit	(mS/cm)	Leit.
Temperatur	(°C)	T
Geschwindigkeit	(m/s)	v
Durchfluß	(m <sup>3</sup> /s)	Q
Durchfluß bei Ebbe/Flut	(m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>E</sub> /Q <sub>F</sub>
Attenuation	(m <sup>-1</sup> )	Att.
Konzentration suspendierter Feststoffe	(mg/l)	c
Glühverlust	(% v. Festst.)	GV
Kornfraktion	(% v. Festst.)	-
Tidehub	(m)	Thb
Abfluß	(m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>0</sub>
Wasserstand	(m)	h, W
Spez. Durchfl.	(m <sup>2</sup> /s)	SQ
Transport suspendierter Feststoffe	(kg/s)	-
Transport des suspendierten Glühverlustanteils	(kg/s)	-
Sauerstofftransport	(kg/s)	-

Parameter	Meßeinheit	Abk./Symbole
Wärmetransport	(Mcal/s)	Wärme
Transport der suspendierten Sandfraktion	(kg/s)	-
Transport der suspendierten Schlickfraktion	(kg/s)	-

Im Rahmen des Projektes gebräuchliche weitere Abkürzungen:

Multisonden Meßgerät	MOBY
Automatische Meßstation Oortkaten	AMO
Isokinetische Ansaugregelung und Strömungsmesser	IKARUS
Mud and Suspension Experiment	MASEX
Morphologie- und strömungsadäquate Meßmethode	MOSTRA
Wasserprobenahmegerät	CUX-SAMPLER

C. ABLAUF DES VORHABENS

Der Ablauf des Vorhabens wurde nach einer Vorbereitungsphase (Phase 0) in drei Abschnitte unterteilt, die zunächst streng getrennt bearbeitet werden sollten, sich dann jedoch im Verlauf des Vorhabens gelegentlich überschneiden (Abb. C.1).

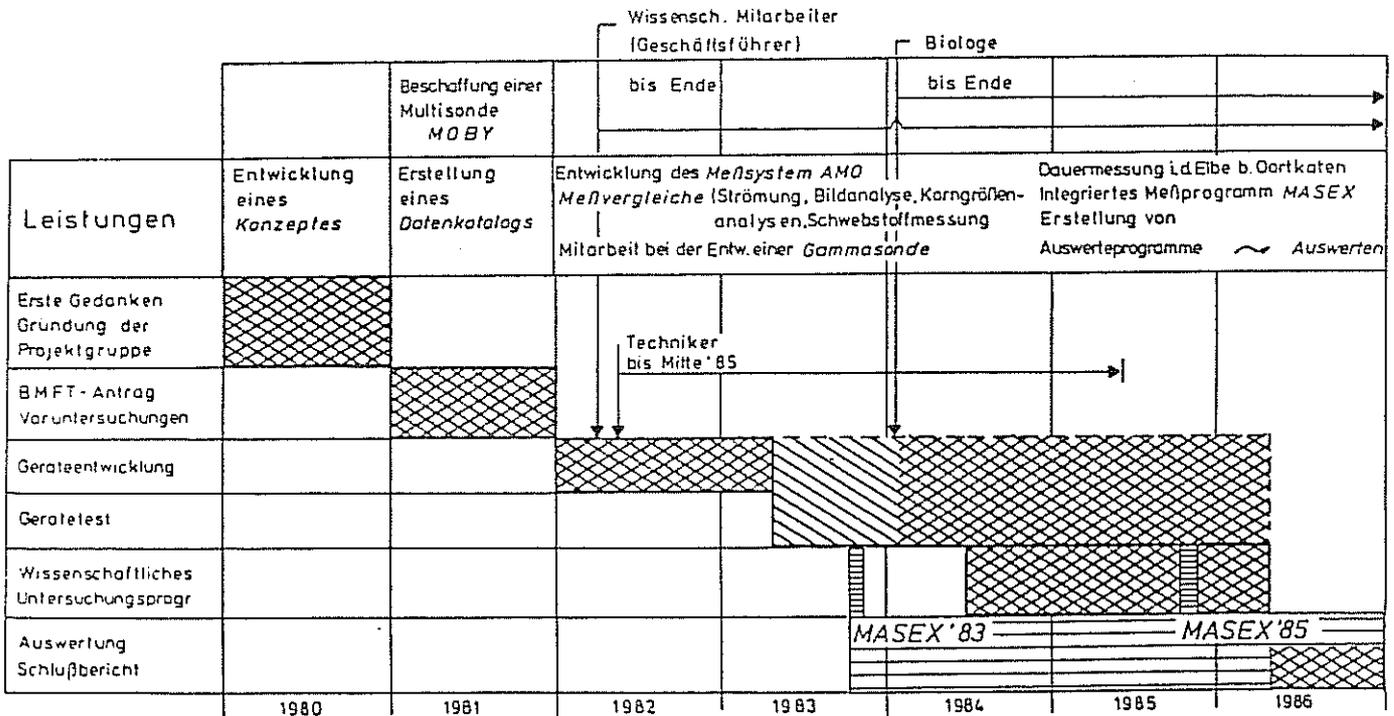


Abb. C.1

1. Phase I (Gerätebeschaffung)

Die Phase I, Gerätebeschaffung, wurde 1981 eingeleitet. Zu diesem Zeitpunkt war kein hauptamtlicher Mitarbeiter für das Projekt eingestellt worden. Es wurde daher ein Ingenieurbüro mit der Planung und Beschaffung der ersten Geräte beauftragt. Die ersten Geräte wurden dann 1981 beschafft (Zentrifuge mit Steuerungseinheit, Meßcontainer, Meßschrank für Temperatur, Leitfähigkeits- und Sauerstoffmessung, Multisonde). Bei den weiteren Planungen fügte man die vorhandenen Geräte in das Meßkonzept ein, wobei einige Anpassungen notwendig wurden.

Vor dem Kauf weiterer Einzelkomponenten konnten durch Leihgabe verschiedener Geräte Vergleiche und Tests durchgeführt werden.

Ein erhebliches Problem bestand darin, daß einige der benötigten Geräte zwar auf dem Markt zu finden waren, jedoch für die Medien Weser- und Elbwasser und den Einsatz auf einem beweglichem Ponton nicht geeignet waren (IKARUS, Ventile, Schlauchverbindungen, Pumpen, Trägervorrichtung der Multi-sonde), so daß ergänzende Entwicklungen notwendig wurden. Der vorgegebene Zeitrahmen ließ aber aufwendige Entwicklungszeiten nicht zu. Vom geplanten Kauf eines automatischen Korngrößenanalysators mußte aus diesen Gründen abgesehen werden, da zum Zeitpunkt der Mittelbereitstellung die Entwicklung auf diesem Gebiet noch nicht so weit war, daß die Beschaffung eines derartigen Gerätes vertretbar gewesen wäre. Da eine Übertragung der Mittel vom BMFT nicht genehmigt wurde, mußte auf die Weiterentwicklung und spätere Beschaffung verzichtet werden.

Bei den meisten Geräten handelte es sich, wie schon oben erwähnt, um Prototypen. Obwohl es Probleme gab wurden diese Geräte im Laufe der Zeit verbessert und bis zur Funktionsreife gebracht. Eine Überschneidung mit Phase II war dabei unumgänglich, da eine vollständige Beschaffung der Geräte während der Phase I nicht möglich war, ohne die Gefahr einzugehen, Geräte zu beschaffen, die nicht aufeinander abgestimmt waren.

## 2. Phase II (Gerätetest)

Mit zeitlicher Überdeckung zur Gerätebeschaffung begann die Phase II, Gerätetest. Da wie schon im vorigen Abschnitt besprochen ein Großteil der Geräte Neuentwicklungen waren, vollzog sich der Gerätetest in enger Zusammenarbeit mit Instituten, Ingenieurbüros und Firmen.

Drei unabhängige Meßsysteme sollten während der Testphase erprobt und zur Funktionsreife gebracht werden :

1. Automatische Meßstation Oortkaten (AMO) für die kontinuierliche Probenahme und Meßwerterfassung
2. Meßpfahl Nordenham mit der Multisonde MOBY für den zeitlich befristete Einsätze vorgesehen waren
3. Meßsystem GAMMASONDE, daß für sporadische und ortsunabhängige Meßeinsätze geplant war.

Um die technische Realisierung der Meßsysteme zu erreichen, mußten zunächst die Einzelkomponenten erprobt werden. Die Ergebnisse dieser Tests wurden in den Jahresberichten 1982-1984 erläutert und sind z.T. im Anhang A zusammengefaßt.

## 3. Phase III (wissenschaftl. Untersuchungsprogramm)

Mit zeitlicher Überschneidung zu Phase II, begann im Juli 1984 das wissenschaftliche Untersuchungsprogramm (Phase III). Dieses Untersuchungsprogramm beinhaltete während seiner Laufzeit vom 1.7.1984-30.6.1986 die Durchführung der Messungen in Oortkaten/Elbe, Messungen am Meßpfahl Nordenham

und die Auswertung und Durchführung der Untersuchungsprojekte MASEX'83 und '85 in deren Verlauf auch die entwickelten Meßgeräte MOBY-Sonde und GAMMA-Sonde zum Einsatz kamen.

Erste Ergebnisse erbrachten bereits wertvolle Erkenntnisse. Sie ergaben aber auch zahlreiche neue Fragen, so daß weitere Messungen nötig waren, um die Meßergebnisse zu bestätigen. Einige dieser Zusatzmessungen sind im folgenden zusammengestellt :

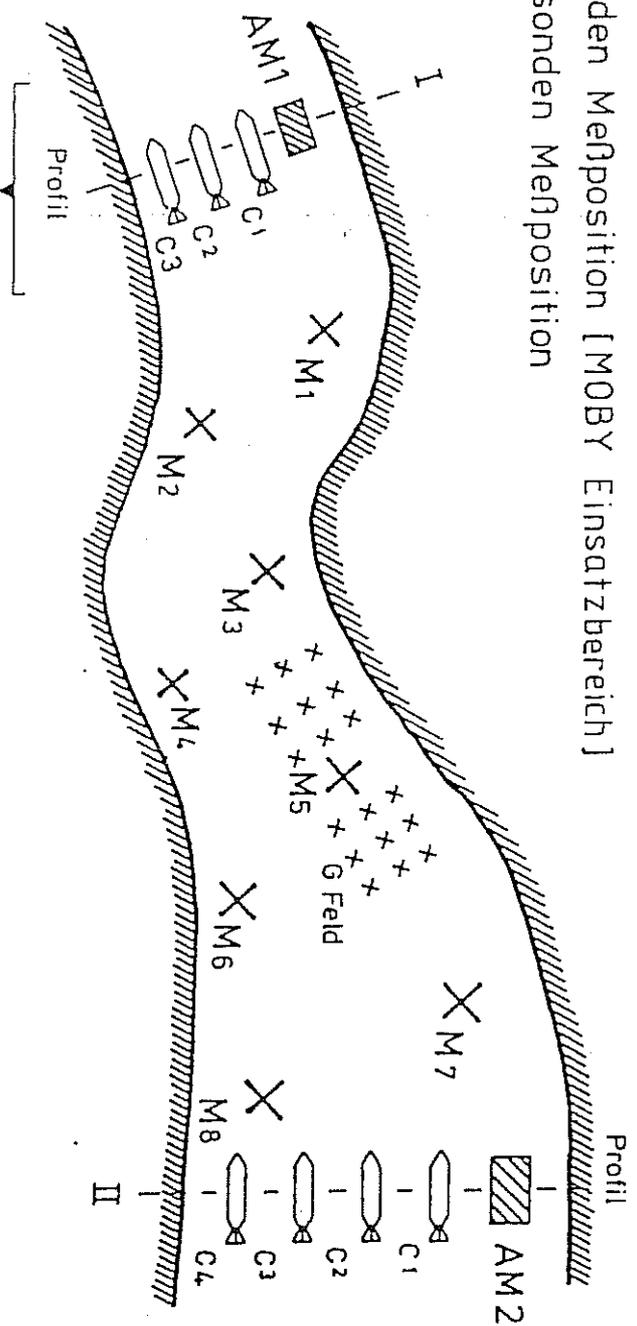
- Aug. 83: Vorbereitende Meßfahrten zur Positionsfestlegung für das Meßprogramm MASEX'83.
- März 84: Peilmeßprogramm des WSA-Bremerhaven zur Überprüfung der Meßergebnisse der Echolotgeräte bei verschiedenen Frequenzen. (MÜLLER,1985)
- Apr. 84: Strömungsmeßprogramm in der Weser zur Ergänzung der MASEX' 83-Daten.
- Nov. 84: Vergleichsmessfahrt der FS Ludwig Prandtl auf der Oberelbe zur Ermittlung von Schwebstoffkonzentrationen beim Einsatz verschiedener Analyseverfahren.
- Jan. 84-
- Dez. 86: Schwebstoffmessungen mit dem CUX-SAMPLER für weiterführende Eichungen der Meßstation Oortkaten und Ermittlung von Vergleichsmeßdaten (CHRISTIANSEN, 1985).
- Nov. 85: Eichung von Pegeln und Strömungsmessern zur Überprüfung der Meßdaten der Meßkampagne MASEX'85.

Neben der Meßtätigkeit wurden erste Auswerteprogramme für die Verarbeitung der Meßdaten entwickelt, Daten korrigiert und auf Plausibilität geprüft. Die Auswertung der MASEX'83-Kampagne wurde mit einer Veröffentlichung in DIE KÜSTE (FANGER et al.,1985) abgeschlossen. Den zweiten Teil des wissenschaftlichen Untersuchungsprogramms bildete die Analyse und wissenschaftliche Auswertung der Meßergebnisse. Die ersten Ergebnisse hiervon sind in dem hier vorgelegten Abschlußbericht im Teil III enthalten.

# Konzept für Bilanzierungsmessungen

Notwendige Voraussetzungen für Dauermessungen:

- automatische Dauermeßstationen an den Rändern des Gebietes
- Eichung der Dauermeßstationen
- mobile Meßeinrichtungen zur Messung im Meßgebiet
- C - Vergleichsmessungen mit CUX-SAMPLER
- AM - automatische Meßstationen
- M - Multisonden Meßposition [MOBY Einsatzbereich]
- G - Gammasonden Meßposition



durch AMO verwirklichter Teilbereich

## D. PROJEKTGLIEDERUNG

Ziel des Forschungsvorhabens war es, Verfahren (Strategie u. Geräte) für die Bilanzierung des Transportes suspendierter Feststoffe in einem Flußabschnitt zu entwickeln (Abb.D.0.1) und die dabei vorhandenen Kausalitäten zu untersuchen. Ausgehend von den Phasen I und II sollten zunächst Geräteerprobungen durchgeführt werden. Die Standorte für die Erprobungen unterschiedlicher Systeme wurden dabei entsprechend der Projektgruppenezusammensetzung zum einen nach Hamburg, zum anderen in den Weserbereich gelegt. Aus dieser Erprobungsphase entwickelten sich danach zwei voneinander unabhängige Untersuchungsmethoden.

### 1. Teilprojekt Elbe

Im Teilprojekt Elbe wurden Dauermessungen an der Meßstation Oortkaten durchgeführt, einem Flußabschnitt mit relativ homogener horizontaler und vertikaler Verteilung, d.h. guter Durchmischung über den gesamten Querschnitt (Abb.D.1.1). Diese Dauermessungen wurden durchgeführt für eine große Anzahl von Parametern (s. Teil I Abschn. F), da bislang Kausalitäten der Parameter untereinander bis auf wenige Ausnahmen unbekannt waren. Eine Beschreibung des Meßsystems wird in Teil I, Abschnitt F gegeben. Die Ergebnisse der Messungen sind im Teil II des Abschlußberichtes dokumentiert und werden im Teil III interpretiert.

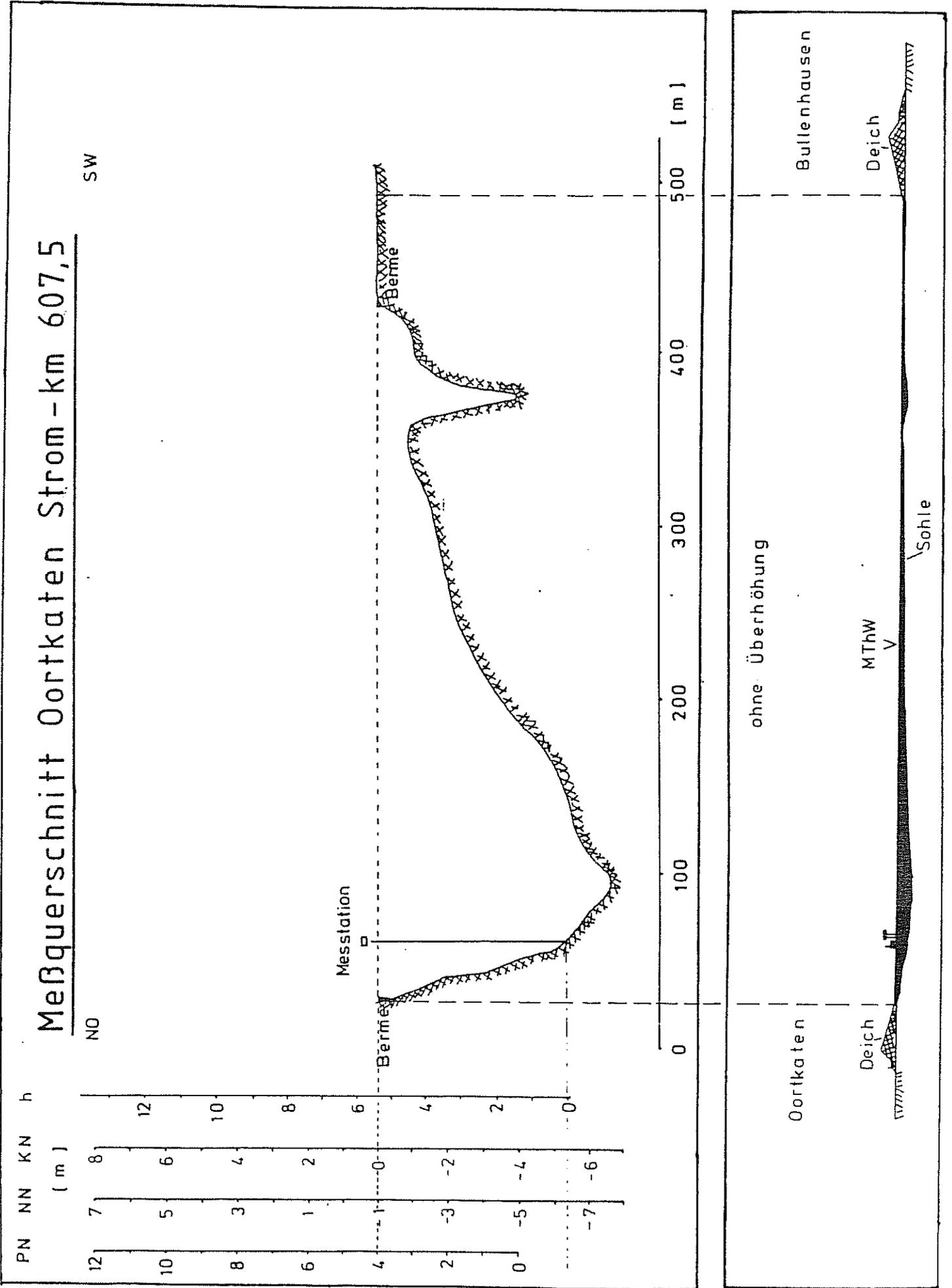
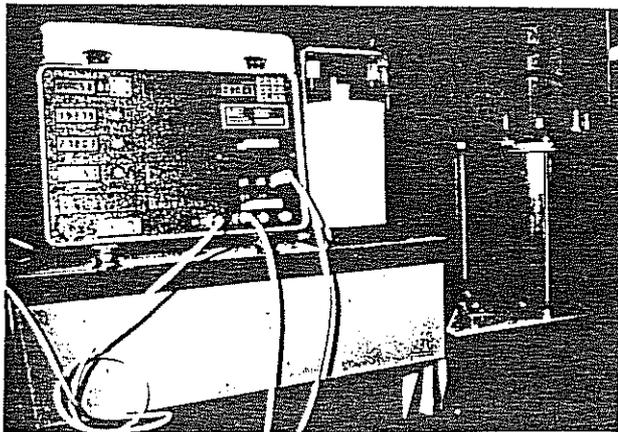


Abb. D. 1.1

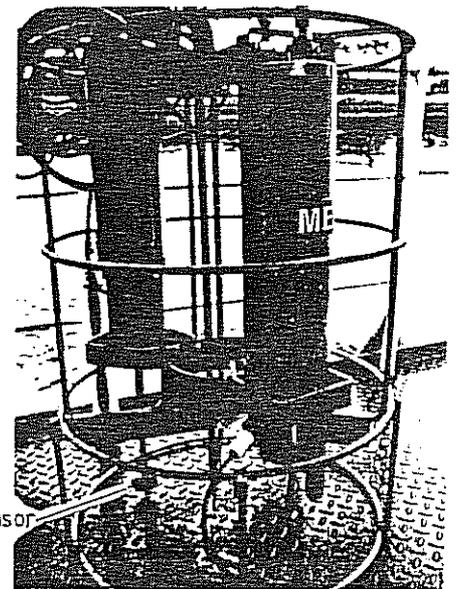
Dieses Teilprojekt wurde mit hoher Eigenbeteiligung von Strom-und Hafenbau in Hamburg durchgeführt. Gerätetechnische Erfahrungen flossen in das Weser-Teilprojekt mit ein.

## 2. Teilprojekt Weser

Im Teilprojekt Weser wurde zunächst das MOBY-Gerätesystem (Abb. D.2.1) an einem Doppelpfahl bei Nordenham getestet und über Zeiträume von ein bis vier Wochen eingesetzt. Auf einen geplanten Dauereinsatz des Gerätes (s. Teil I, Abschn.G) wurde auf Grund der Testergebnisse verzichtet. Die Strategie für die Messungen in der Weser mußte daher geändert werden.



MOBY-System v.l.n.r. MOBY I BABY I SUSY



NSW  
Strömungssensor

ME-System MOBY  
Sondenpart

Meßparameter  
Temperatur  
pH-Wert  
Sauerstoffgehalt  
Attenuation  
Strömungsgeschwindigkeit  
Leitfähigkeit/ Salzgehalt

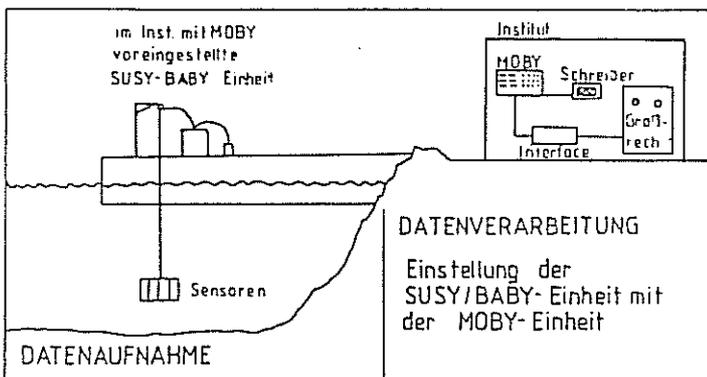


Abb.D.2.1

Die neue Strategie sah nun die Messung der Erosion, bzw. Sedimentation in einem Gebiet mit dem Meßpfahl als zentralen Punkt vor, an dem die Parameter Attenuation, Stromgeschwindigkeit und -richtung, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Temperatur gemessen werden sollten. Auch dieses Konzept zeigte sich als undurchführbar, da im Pfahlbereich zu Meßbeginn kein Schlick mehr vorhanden war.

Aus den o.g. Gründen wurde daraufhin beschlossen ein Meßprogramm durchzuführen, welches die Sedimentations- und Transportproblematik in diesem sehr komplizierten Ästuarabschnitt untersuchen sollte - das Projekt MASEX. Dieses Projekt besteht aus zwei Meßkampagnen im Herbst 1983 und 1985, im Verlaufe derer mehrere Schiffe und diverse Dauermeßeinrichtungen zum Einsatz kamen. Die Messungen wurden in Längs- und Querschnitten sowie als Dauermessungen durchgeführt. Durch Anwendung von Interpolationsverfahren war somit eine Darstellung der Naturvorgänge in Raum und Zeit für den betrachteten Flußabschnitt möglich (FANGER et al, 1985/ RIETMÜLLER et al 1986). Weiterhin wurden die Meßergebnisse als Randwerte für ein numerisches Modell genutzt, dessen erste Ergebnisse im Anhang B dargestellt sind.

## E. ZUSAMMENARBEIT

Die Erfahrungen aus Projekten des KFKI und anderen Organisationen im Hinblick auf die Erforschung der Zusammenhänge und Ursachen des Schwebstofftransportes ließ die Initiatoren dieses Projektes schon in der Anfangsphase erkennen, daß eine Zusammenarbeit auf einer breiten Basis notwendig sein würde. Inwieweit sich diese Zusammenarbeit entwickelte, wird in den folgenden Abschnitten dargestellt.

### 1. Behörden

Ausgehend von der Zusammensetzung der Projektgruppe war die Grundlage für eine enge Zusammenarbeit der Behörden an der Küste, für die das Schwebstoffproblem interessant war, vorgegeben. Die speziell behandelte Schlick/Schwebstoff-Problemematik betraf dabei in erster Linie die Behörden, in deren Amtsbereich die Untersuchungen durchgeführt werden sollten, also das *Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven* und die *Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft, Hamburg, Amt für Strom- und Hafenaufbau*.

Daneben entstand eine Zusammenarbeit mit dem *Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, Kiel*, das an dem Problem der Eidersandbewegung und Bilanzierung an der Entwicklung eines speziellen Instrumentariums (RENGER, 1985) arbeitete. Weiterhin entstand ein Erfahrungsaustausch mit dem niederländischen Amt *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Delfzijl*, deren

Mitarbeiter ihre Erfahrungen der Schwebstoffmessung mit Trübungssensoren und Tracermessungen in mehreren Vorträgen auf Projektgruppensitzungen einbrachten.

## 2. Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Im Verlauf des Vorhabens zeigte sich bald, daß die Schwebstoffforschung nicht allein durch eine hydrographische und wasserbauliche Betrachtungsweise ein umfassendes Bild der Naturabläufe erbringen konnte, sondern daß daneben auch andere Disziplinen z.B. Biologie, Modellierung, Apparatebau Beiträge erbringen mußten.

Aus diesem Grund entstand eine enge Zusammenarbeit mit der *Universität Hamburg, Fachbereich Hydrobiologie und Fischereiwissenschaften*, deren Ergebnisse im Anhang D aufgeführt sind. Diese Zusammenarbeit führte erstmals dazu biologische und hydrographische Parameter, die in situ über einen langen Zeitraum (2 Jahre) ermittelt wurden, in eine gemeinsame Betrachtung einzubringen.

Da die Messung von Schwebstoffen und die kontinuierliche Probenahme außerordentlich kostenintensiv ist, war das Interesse weiterer Gruppen an einer Zusammenarbeit groß. In diesem Zusammenhang sei das *GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Institut für Chemie* genannt, das die AMO-Proben neben Korngrößen- und Glühverlustbestimmungen aus Eigeninteresse auch auf Schwermetalle untersuchte und in Absprache mit der Projektleitung diese Daten in eine gemein-

same Betrachtung mit den Ergebnissen der hydrographischen Parameter einbrachte (WILKEN; NEUMANN, 1986); weiterhin sei die *Technische Universität Harburg* erwähnt, die mit Radioaktivitätsmessungen an Schwebstoffproben der AMO die Transportgeschwindigkeit untersuchte (SCHOER; NEUMANN, 1986). Auch mit der *Universität Hannover, Institut für Strömungsmechanik und elektronisches Rechnen im Bauwesen* fand eine enge Zusammenarbeit statt. Diese Zusammenarbeit entstand aus der Erkenntnis von MASEX '83, daß eine flächendeckende und zeitlich interpolierte Darstellung der Naturabläufe in gewissen Grenzen in einem Flußabschnitt meßtechnisch zwar erfaßbar war, aber nur für den Meßzeitraum Gültigkeit haben konnte (FANGER et.al., 1985). Eine Aussage für andere Zeiten und Fallstudien kann voraussichtlich nur ein numerisches Modell erbringen, das für einen speziellen Fall wie den o.g. kalibriert und verifiziert wurde (Anhang B). Aus diesem Grund entstand die erwähnte Zusammenarbeit, die sich im MASEX-Projekt auf weitere Institutionen (GKSS-Institut für Physik) ausweitete (NEUMANN et.al., 1986).

Im Bereich des Apparatebaues wurde neben den u.a. Firmen mit dem *GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Institut für Physik* zusammengearbeitet. Dabei handelte es sich um die Entwicklung einer Gammasonde zur Ermittlung von Schlickdichten (FANGER et.al., 1985) und die Erprobung eines optischen Korngrößenanalysators. Weiterhin wurden Erfahrungen auf dem Gebiet der automatischen Bildanalyse ausgetauscht mit der *Universität München, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik, Weihenstephan*, und der *Technischen Hochschule Flensburg*.

### 3. Firmen

Zur Ausführung der Erstellungsarbeiten der Meßstationen war eine intensive Zusammenarbeit mit den Lieferfirmen notwendig. Diese Zusammenarbeit war bis auf eine Ausnahme (s. Jahresbericht 1983) erfolgreich. Insbesondere die Firmen, die an der Entwicklung der Meßsysteme beteiligt waren, brachten neue Ideen und Verbesserungsvorschläge mit ein. Die Zusammenarbeit mit der Projektgruppe förderte daneben die Vermarktung der entwickelten Meßsysteme (z.B. Gammasonde, CUX-Sampler, MOBY-System).

Bei den oben angesprochenen Firmen handelte es sich insbesondere um die Firmen *Ingenieurgemeinschaft Ontime* (Lastenhefterstellung für die Automatisierung der AMO), *Heyden Microcomputertechnik GmbH* (Entwicklung von Hard- und Software für die Automatisierung der AMO), *Erich Berg, Apparatebau* (Bau der AMO), dem *Ingenieurbüro H.-P. Rüde* (Schiffbau und Konstruktion) und dem *Ingenieurbüro für Umweltschutz W. Wielgomas* (Datenverarbeitung und Systemkontrolle). Die Zusammenarbeit mit der Projektgruppe gab zudem weitere Anstöße für Aufträge an die angesprochenen Firmen auf der Grundlage Ihres geleisteten Beitrages zur Erstellung der AMO.

## F. AUTOMATISCHE MESSTATION DORTKATEN (A M D)

Die Erfassung von Begleitparametern und die Sammlung von Wasserinhaltsstoffen (suspendierten Feststoffen) zum Zweck der Bilanzierung über einen Flußquerschnitt für längere Zeiträume war bisher aus meßtechnischen und personellen Gründen nicht durchführbar. Aufgabe dieses Projektes war es nun, für diese Probleme eine Lösung zu finden. Es wurden daher folgende Vorgaben gemacht:

1. Das Meßsystem soll kontinuierlich und vollautomatisch 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.

Aus den genannten Vorgaben folgte, daß neben der neuen Meßtechnik auch ein neues Meßprinzip gefunden werden mußte. Das Ergebnis war die Anwendung eines morphologie- und strömungsadäquaten Meßverfahrens: MOSTRA. 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.

Die Meßstation befindet sich vor dem Hamburger Stromspaltungsgebiet bei Strom-Km 607,5 (Abb. F.1). Die Meßgeräte sind in einem Container untergebracht, der sich auf einem Ponton befindet. Dieser wird an Pfählen am Rande des Fahrwassers gehalten. Vor dem Ponton befindet sich der vertikal

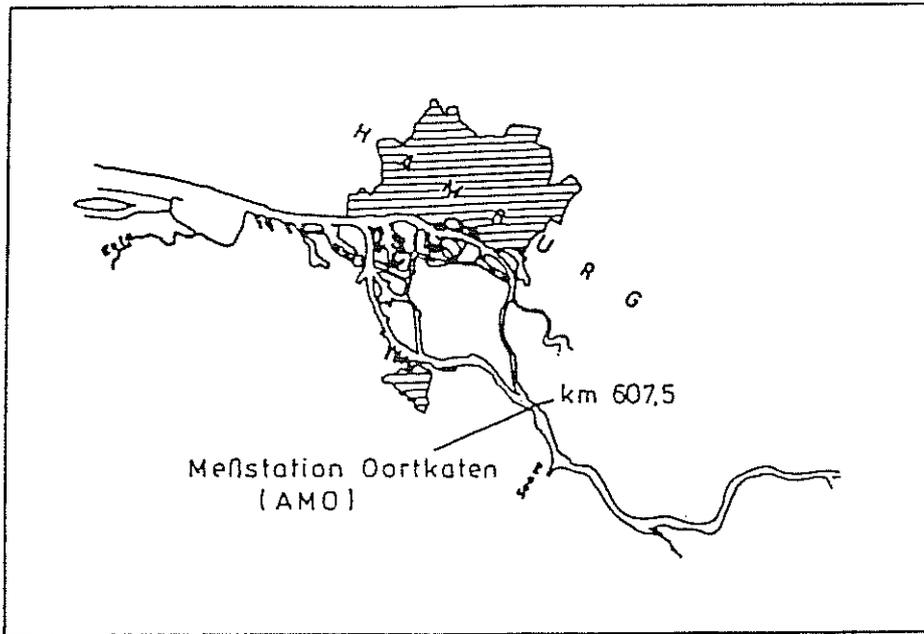


Abb. F.1

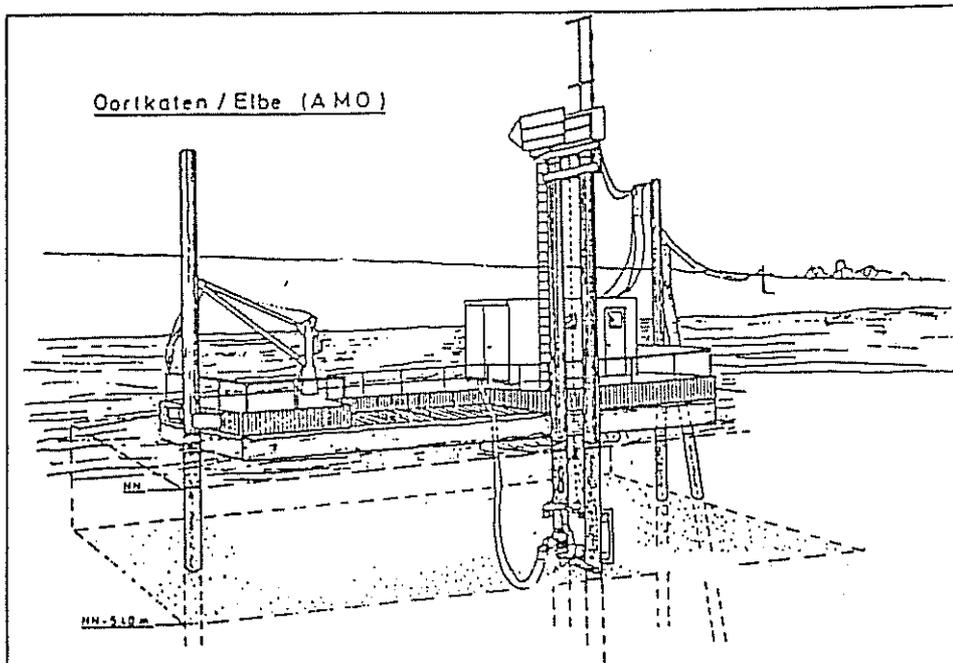


Abb. F.2

frei bewegliche Geräteträger zwischen zwei weiteren Pfählen (Abb. F.2). Die AMD besteht aus insgesamt vier Gerätekomplexen, die erst in ihrem Zusammenwirken das neue Meßsystem darstellen. Im einzelnen handelt es sich dabei um das System IKARUS, das die Aufgaben der isokenetischen Probenahme, sowie der Strömungsgeschwindigkeits- und richtungsmessung übernimmt und als Unterwassergeräteträger dient. In der nachfolgenden zweiten Komponente, dem System ABULO werden die Wasserproben gesammelt. Zwei Tanks stehen hierfür zur Verfügung und zum Abscheiden des Schwebstoffs eine Durchlaufzentrifuge. Zur Unterbindung der biologischen Aktivitäten der Proben hält ein Kühlsystem die Temperatur auf +4° C.

Die Messungen der Begleitparameter erfolgt im MEBCONTAINER. Die Meßsonden werden hier mit Elbwasser versorgt, das eine Pumpe vom Geräteträger aus fördert.

Das Zusammenwirken der Einzelkomponenten wird erst durch den Einsatz eines STEUERRECHNERS möglich. Hierbei handelt es sich um einen 16-bit-Rechner der Fa. Heyden GmbH. Daneben hat der Computer die Aufgabe, Störungen im Betriebsablauf anzuzeigen.

## G. MESSPFAHL NORDENHAM

Die Geräteausstattung des Teilprojektes Meßpfahl Nordenham (Abb. G.1) bestand aus folgenden Komponenten:

- Doppelpfahl mit Plattform
- ME-Multisondensystem MOBY (Abb.D.2.1) bestehend aus den Komponenten:
  - MOBY - Meßwertwandler für 10 Meßkanäle mit integrierter Datenumwandlung/Datenspeicherung u.Programmiermöglichkeit
  - SUSI - Unterwassereinheit entsprechen der MOBY-Komponentete, jedoch ohne Datenspeicherung und Programmiermöglichkeit
  - BABY - Unterwassereinheit zur Datenspeicherung
- Windgenerator
- 6 Kanal-Batterieschreiber

Zudem wurde vom WSA-Bremerhaven parallel dazu in unregelmäßigen Abständen ein Aanderaa-Stömungsmesser eingesetzt.

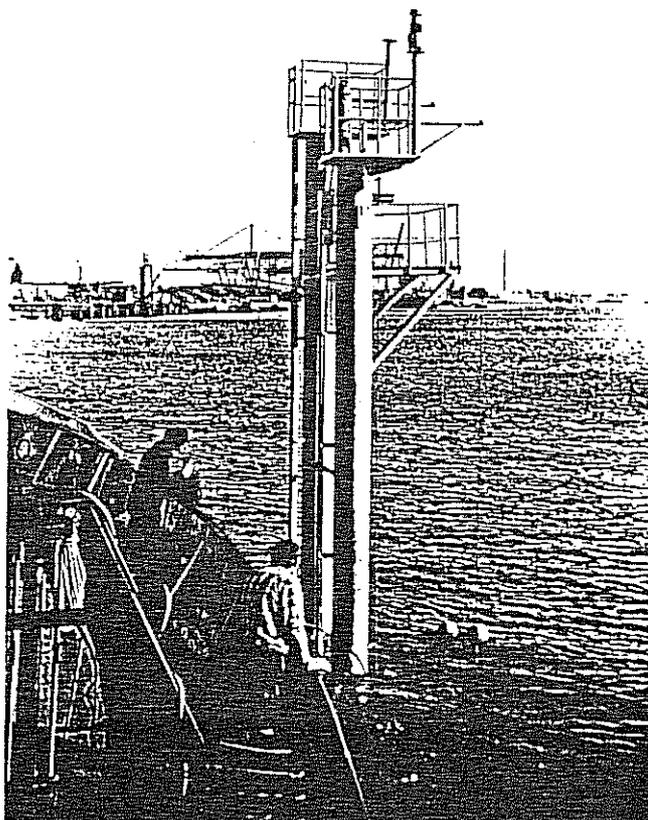


Abb. G.1

Aber schon in der Testphase zeigte sich, daß die Kombination einer ME-Sonde (MOBY-System) mit einem NSW-Strömungssensor durch hohen Stromverbrauch häufig ausfiel. Das Windgeneratorsystem zur Stromversorgung der MOBY-Sonde kam auf Grund von Konstruktionsfehlern nie zum Einsatz und der Trübungsmesser wies nach kurzer Zeit Materialfehler auf. Darüber hinaus ist es nicht gelungen für die Datenübertragung auf den NOVA-Rechner im Institut für Meeresforschung in Bremerhaven eine befriedigende Lösung zu finden.

Nachdem erkannt worden war, daß mit einer einzelnen Pfahlstation die Fragen im Zusammenhang mit dem Schwebstofftransport nicht zu beantworten sein würden, wurde auf den weiteren Ausbau verzichtet und das MASEX-Programm trat an diese Stelle.

Somit beinhaltet das Teilprojekt Meßpfahl Nordenham Geräteentwicklung und Geräteerprobung für die wissenschaftlichen Untersuchungsprogramme MASEX '83 und MASEX '85.

Mit Ausscheiden des Mitarbeiters in Bremerhaven, Herrn Ronald Jobst, wurde der Teilbereich Meßpfahl Nordenham im Sommer 1985 abgeschlossen.

## H. PROJEKT M A S E X

Mit dem Schlick- und Schwebstoffuntersuchungsprogramm MASEX (Mud And Suspension Experiment) sollten die wesentlichen Zusammenhänge und Einflüsse bei Transport, Erosion und Sedimentation von Feststoffen in der Trübungszone eines Ästuares erfaßt werden. Zwei Experimente waren im Bereich der Unterweser dafür geplant, MASEX '83 und MASEX '85. An diesen Experimenten beteiligten sich folgende Institutionen:

- Wasser- und Schifffahrtsamt, Bremerhaven
- Institut für Meeresforschung, Bremerhaven
- GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Inst. für Physik
- Sonderforschungsbereich 205 der Universität Hannover, Inst. für Strömungsmechanik und Elektronisches Rechnen im Bauwesen
- Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft, Amt für Strom- und Hafenbau, Hamburg (Dipl.Oz.L.J.R.Neumann)

Als Meßgebiet wurde die Unterweser bei Nordenham dafür ausgewählt, da hier der Zusammenhang zwischen erhöhter Trübung und Schlicksedimentation auf Grund der Ortskenntnisse der Beteiligten und bestehender Theorien am ehesten erwartet werden konnte (Abb. H.1 u. H.2). Bei MASEX '83 wurde das zur Verfügung stehende Schiff des Instituts für Meeresforschung, die "Victor Hensen", mit einem Operationsradius von 5 km im Zentrum des Untersuchungsgebietes (Unterweser Strom-km 54 bis 59) eingesetzt. Neun verankerte Strömungsmesser, die z.T. mit optischen Attenuationsmessern ausgerüstet waren, kamen zusätzlich auf einem 12 km langen Weserabschnitt längs der Fahrwasserrinne zum Einsatz (Strom-km 52 bis 65). Die einzelnen Parameter wurden nun während der gesamten Kampagne, die auf 5 Tage angesetzt war, wiederholt gemessen.

Dabei arbeitete man jeweils nacheinander mit der Multi-sonde, der Gammasonde und dem Kernentnahmegesät. Der Stationsabstand betrug 1 km und das Zeitintervall zwischen zwei Messungen sollte maximal 2 Stunden betragen.

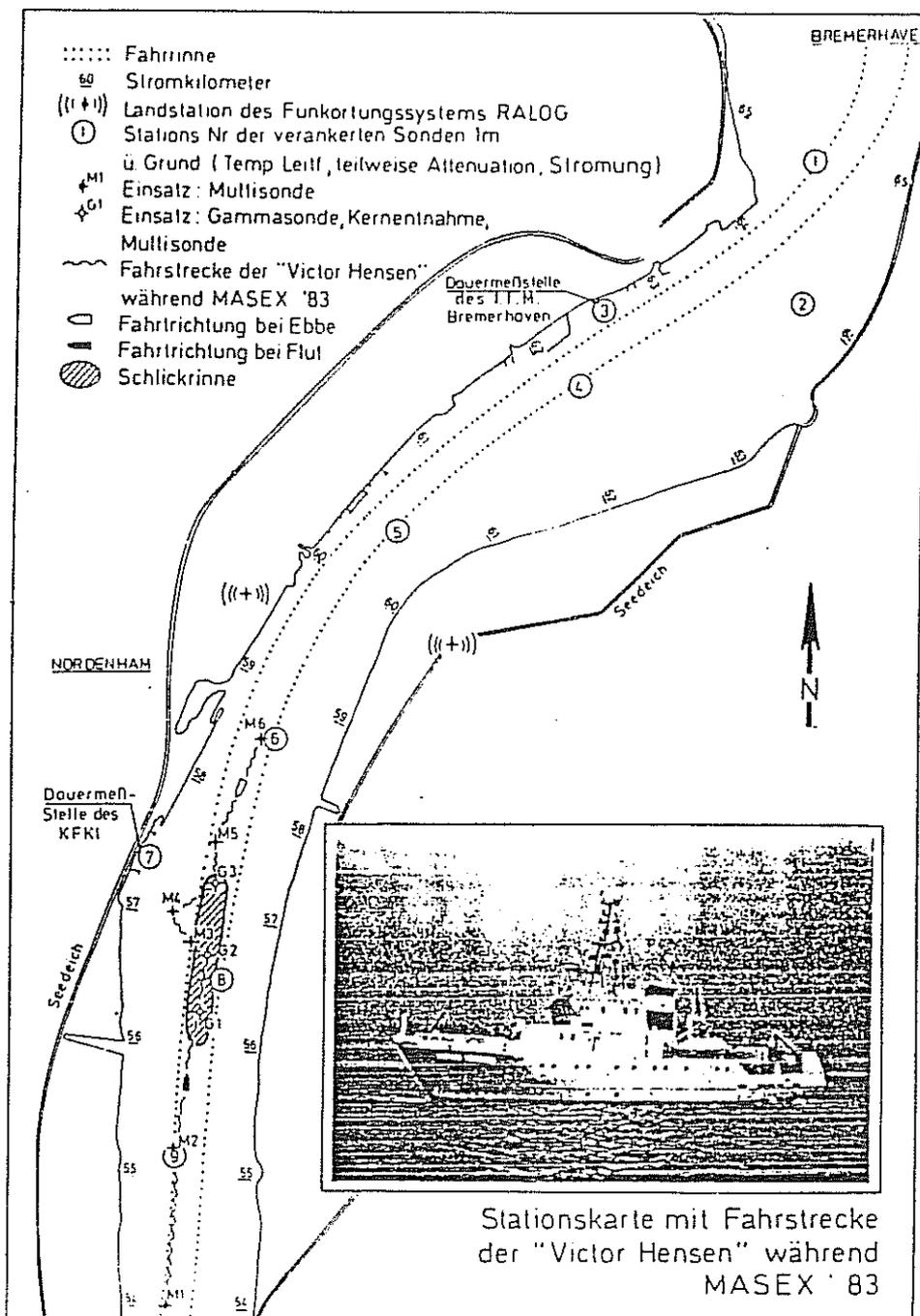


Abb. H.1

# MASEX '83

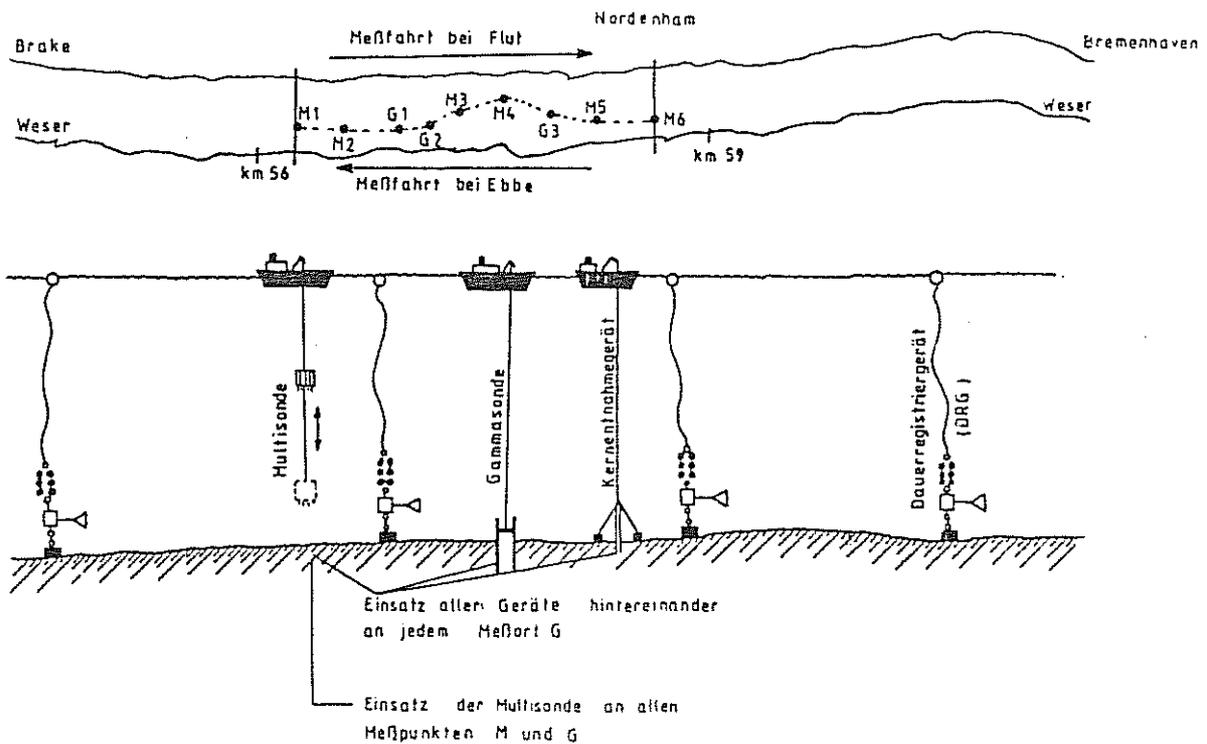


Abb. H. 2

Bei MASEX '85 wurden die Meßstrategien entsprechend den Erfahrungen aus MASEX '83 abgewandelt. Das zu untersuchende Gebiet hatte jetzt eine Länge von 20 km, 3 Schiffe wurden eingesetzt, die "Ludwig Prandtl", die "Nord" und die "Victor Hensen" und zum ersten Mal wurden auch Querprofilmessungen mit in das Programm aufgenommen. Die Schiffe waren mit drei verschiedenen Meßsonden ausgerüstet, der Multisonde der GKSS, der Heupferd- Sonde (Inst.f.Meeresforschung, Bremerhaven) und der Moby- Sonde. Die Moby- Sonde besteht wiederum aus drei Komponenten, dem Moby- Bordgerät, der Susy- Unterwassereinheit und der Baby- Unterwassercassetteneinheit.

Die Zeitintervalle zwischen den Messungen betragen jetzt nur noch 1 Stunde und 20 Minuten. Auf Bodenuntersuchungen und die damit verbundene hohe aber zeitraubende Positioniergenauigkeit wurde verzichtet. Neben den 3 Schiffen benutzte

man diesmal 13 selbstregistrierende Attenuationsmesser, verteilt auf 5 Stationen zwischen Unterweser Strom-km 35 bis 65 (Abb. H.3 u. H.4). Hatte man 1983 Strömungsmessungen nur in 1 m Abstand über Grund vorgenommen, installierte man jetzt die Aanderaa- Strömungsmesser übereinander, in 1m, 3m und 7m Abstand über Grund. Insgesamt wurden bei der Meßkam- pagne MASEX '85 etwa 1200 Profile mit den Sonden gemessen.

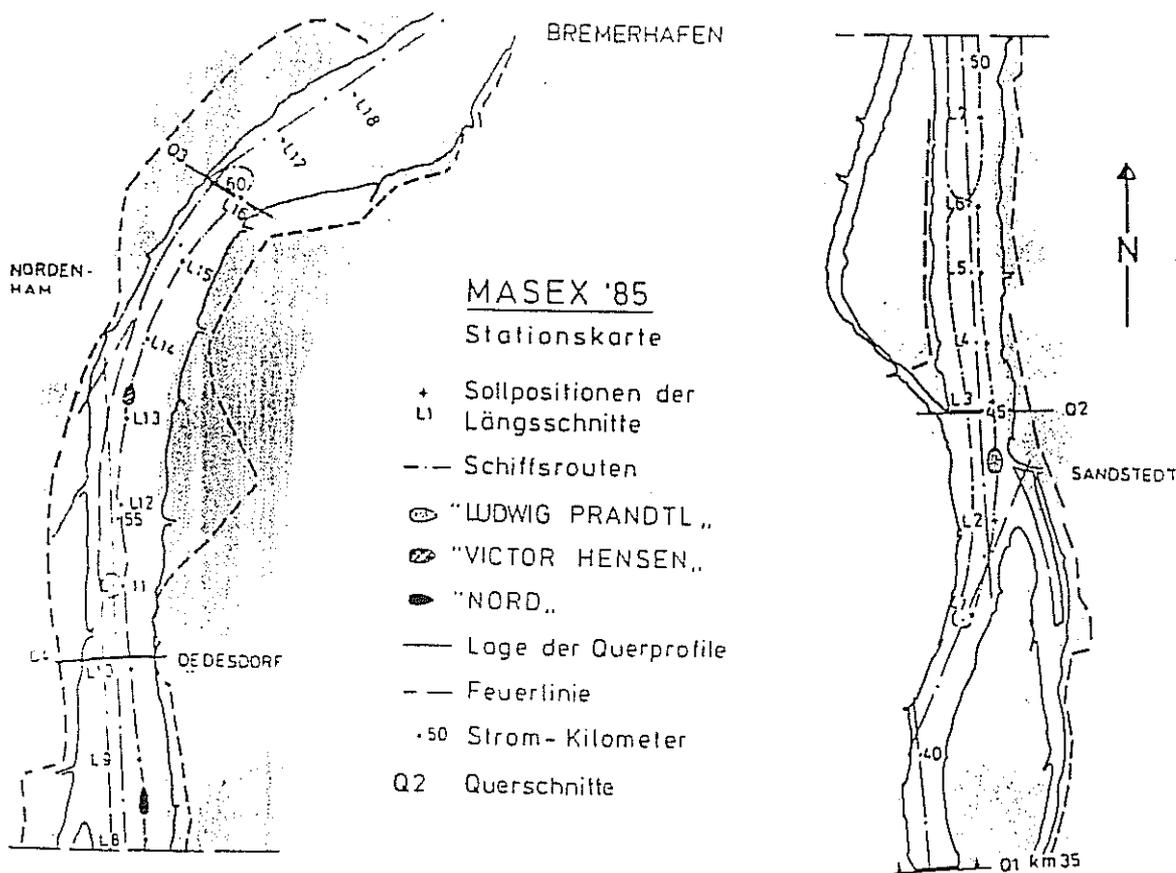


Abb. H.3

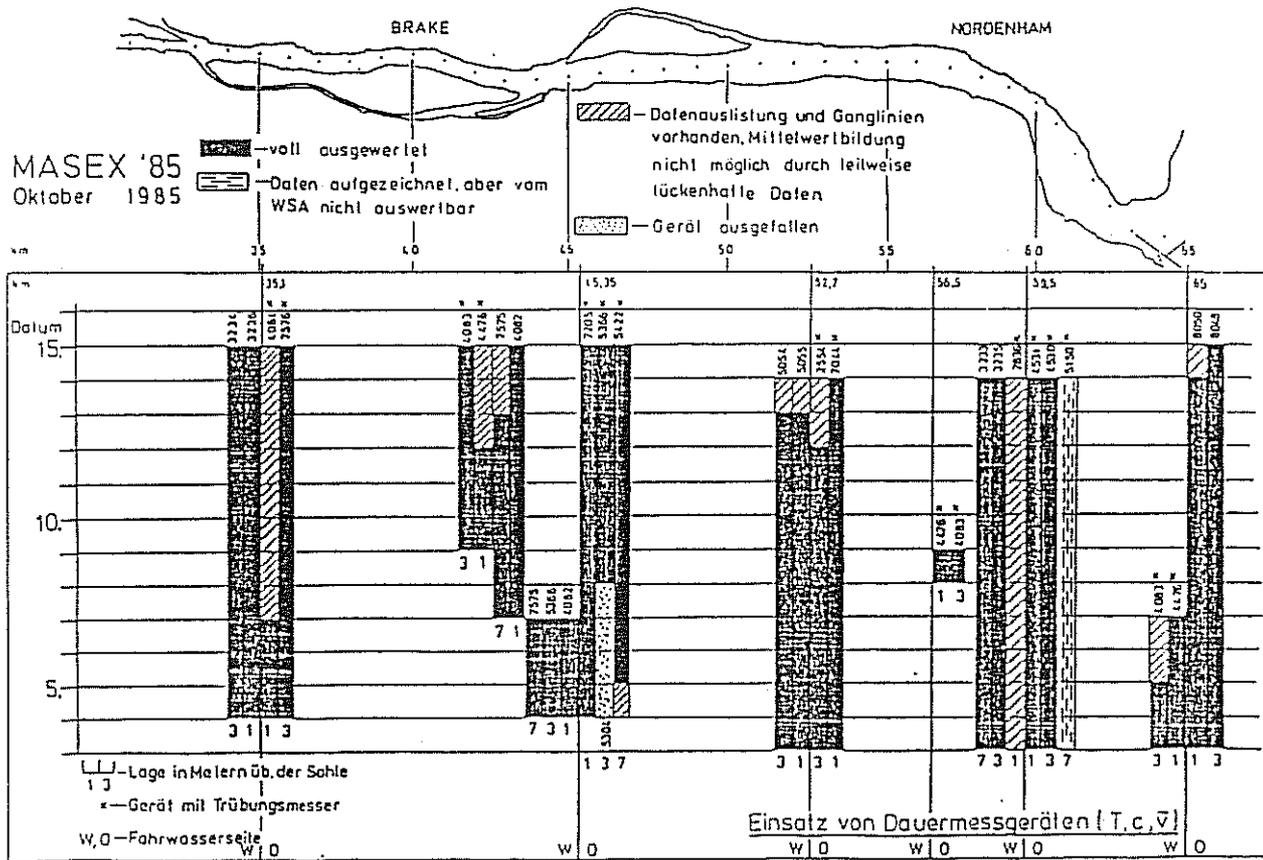


Abb. H.4

## I. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Öffentlichkeitsarbeit hat in diesem Projekt großen Raum eingenommen. Die Aktivitäten erstrecken sich über die Jahre 1982 bis 1986. Sie umfassen eine Fülle von Veranstaltungen, Vorträgen und Veröffentlichungen, die hier im einzelnen aufgeführt werden:

### Teilnahme an Lehrgängen und Kongressen:

- Strömungsmeßlehrgang der BfG vom 16.-20.08.1982
- Intermaritec 1982 (KFKI)
- Einführung in den Sedimenttransport 26./27.10.1982
- HTG- Sprechtag am 08.11.1984
- Euromech 192, München 1985
- HTG-Tagung Bremen am 3.10.1986
- Int.Symposium, Processes in Estuaries, Leuvenhorst 1986
- Environmental Contamination, Amsterdam 1986
- ICCE in Taiwan vom 09.-14.11.1986

### Vorträge

CHRISTIANSEN, H.

- Das Forschungsvorhaben Schlick/Schwebstoffe in Ästuaren - KFKI-workshop, Hamburg 16.4.1985
- Erste Ergebnisse aus Schwebstoffmessungen mit dem Cux-Sampler - KFKI-workshop, Hamburg 16.4.1985
- Investigation on sedimentation and currents in tidal influenced harbour entrances - Estuary Study Group, Paris Juni 1985
- Suspended sediment measurements in the Elbe estuary of Hamburg using a CUX-SAMPLER - Euromech 192, München 1985
- Neue Erkenntnisse über Schlickbildungs- und Sedimentationsprobleme in Tidehäfen - HTG-Tagung, Bremen 3.10.1986

- Informationsgespräche über die Schlick/ Schwebstoff-  
problematik mit Teilnehmern der 20. ICCE sowie ein  
Kurzvortrag bei der Hafenbehörde Hong Kong über das  
KFKI-Projekt, Taiwan/Hong Kong Nov.1986

FANGER, H.-U.

- Entwicklung einer Gammasonde und Ergebnisse aus bisherigen  
Einsätzen bei Untersuchungen der Gewässersohle von Elbe und  
Weser - KFKI-workshop, Hamburg 16.4.1985

- Eine Gammasonde für Schlickdichtemessungen - Symposium  
'Verfahren für Tiefenmessungen und Sedimenterkundung', DHI-  
Hamburg 6.7.1985

GREISER, N.

- Die Bedeutung biologischer Faktoren für die  
Schwebstoffbildung in der Elbe - KFKI-workshop , Hamburg  
16.4.1985

-Biologische Einflüsse auf den Schwebstofftransport -  
Umweltseminar der Univ. Harburg, Hamburg Aug.1985

- Erste Ergebnisse der Zusammenhänge zwischen Biologie und  
Schwebstofftransport - Seminar der GKSS, Geesthacht Feb.1986

MARKOFFSKY, M.

- Suspended sediment transport in estuary salinity intrusion  
regions - Symposium of shallow estuaries - Florida/USA  
29.8.1985

- Numerical simulation of unsteady suspended sediment  
transport - Euromech 192, München Juni 1985

- Über die Modellierung des Schwebstofftransportes - GKSS-  
Seminar, Geesthacht 5.2.1985

- Numerische Simulation des Schwebstofftransportes in der  
Weser : Wechselwirkung Naturmeßdaten/Modell - KFKI-workshop  
1985, Hamburg 16.4.1985

- Suspended sediment transport in tidal waters :turbidity  
maximum, numerical simulation/physical aspects - Congress  
IAHIZ, Melbourne/Australia Aug.1985

MÜLLER, H.

- Quer- und Längspeilungen in der Unterweser zur Ermittlung  
der Schlickmächtigkeit und ihrer zeitlichen Veränderung -  
KFKI-Beratergruppensitzung 22.10.84

- Vergleichende Vermessung der Sohlage in einem  
Unterweserquerschnitt bei Nordenham - KFKI-workshop, Hamburg  
16.4.1985

NEUMANN, L.J.R.

- Aufbau und erste Ergebnisse einer Dauermeßstation bei Dortkaten/Elbe - HTG-Sprechtag, Hamburg 8.11.1984
- Inhalte und Ziele der KFKI-Projektgruppe "Schlick/Schwebstoffe in Ästuaren" - Seminar des Inst.f.Strömungsmechanik, Univ.Hannover, Dez.1985
- AMO-die automatische Meßstation Dortkaten - KFKI-workshop Hamburg, 16.4.1985
- MOSTRA-ein neues Verfahren zur strömungs- und morphologieadäquaten Bilanzierung von suspendierten Feststoffen und Begleitparametern - KFKI-workshop, Hamburg 16.4.1985
- Das Forschungsprojekt "Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in Ästuaren", erste Ergebnisse und Meßmethoden- Hafenbauamt Bremen, 10.1.1986
- The automated measurement station Dortkaten/Elbe (AMO) - 20th ICCE, Taipei/Taiwan 12.11.1986

OHM. K.

- Optische Messungen zur Bestimmung von Schwebstofftransporten - KFKI-workshop, Hamburg 16.4.1985

RIETHMÜLLER, R.

- et.al.: MASEX'83- eine Untersuchung über die Trübungszone der Unterweser - KFKI-workshop, Hamburg 16.4.1985
- Measurement of suspended matter profiles in the Weser and Elbe estuaries - Euromech 192, München Juni 1985
- et.al.: Experimental results from hydrographic measurements in the turbidity zone of the Weser estuary - Int.Symposium Physical Processes in Estuaries, The Netherlands 10.9.1986

#### Berichte

Der Ablauf des Projektes wurde in ausführlichen Jahresberichten jeweils zum Ablauf eines Kalenderjahres dargestellt. Parallel dazu wurden Einzelergebnisse in Form von internen Berichten (s. Teil III, E.1) erstellt, die als Grundlage für das weitere Vorgehen und als Information für die Projektgruppenmitglieder und mitarbeitende Wissenschaftler dienten.

Neben den Jahresberichten und den internen Berichten wurden von den am Projekt beteiligten Wissenschaftlern erste Ergebnisse veröffentlicht, die im TEIL III,E.2 aufgeführt sind.

Ausstellungen

- |             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| Gammasonde  | - Hannovermesse 1985             |
|             | - KFKI-workshop 1985             |
|             | - Oceanology'86, Brighton 1986   |
| CUX-SAMPLER | - KFKI-workshop 1985             |
|             | - Euromech 192, München 1985     |
|             | - BAW- Sprechtag, Karlsruhe 1986 |
| AMO-Modell  | - KFKI-workshop 1985             |
|             | - Euromech 192, München 1985     |
| MOBY-Sonde  | - KFKI-workshop 1985             |

## J. AUSBLICKE

Mit dem Forschungsvorhaben "Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in Ästuaren" ist unter großzügiger finanzieller Förderung durch das BMFT und mit großem persönlichen Einsatz aller am Projekt beteiligten Mitglieder ein Problemfeld bearbeitet worden, das äußerst komplex ist.

Die bisherigen Untersuchungen haben eine Vielzahl neuer Erkenntnisse gebracht, gleichzeitig aber auch neue, bislang nicht absehbare Kenntnislücken aufgezeigt. Derartige Problemfeldausweitungen bei gleichzeitiger Einschränkung konkreter Aussagemöglichkeiten sind bei zeitlich befristeten, schwierigen Forschungsvorhaben unvermeidlich.

Ziel aller Beteiligten sollte es daher sein, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren und so viel wie möglich an verwertbaren Erkenntnissen zu liefern.

Der nächste Schritt muß dann, besonders bei der Fülle der variablen Parameter, die Verknüpfung mit kontrollierbaren Theorien und die Verarbeitung der Meßergebnisse über ein numerisches Modell sein.

## K. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Verhalten von Schlick und Schwebstoffen in Ästuaren", das unter finanzieller Förderung des BMFT von Ende 1981 bis Mitte 1986 auf der Elbe und der Weser von einer Projektgruppe des KFKI durchgeführt wurde, konnten eine Vielzahl von Meßgeräten getestet und neue Meßstrategien erprobt werden.

Ziel des Projektes war es, neue Erkenntnisse über die komplexen Zusammenhänge von Schwebstoffbildung, -transport und Schlicksedimentation zu erhalten. Dabei wurde eine automatische Meßstation (AMD) entwickelt und auf der Elbe erfolgreich eingesetzt. Auf einer Pfahlstation in der Weser bei Nordenham wurden Systeme für Schwebstofftrübung und Begleitparameter getestet. Als sich zeigte, daß mit dieser Anlage keine befriedigenden Meßergebnisse zu erreichen sein würden, wurde das Sonderprogramm MASEX '83 und MASEX '85 in der Weser durchgeführt.