Influviale Schwemmfächer – Über die lokalen Folgen natürlicher Materialumlagerungen im Bereich der Unterelbe

Von Hans-Joachim Dammschneider

Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Abhandlung wird der Versuch unternommen, an Hand eines morphologischen "kritischen" Abschnittes der seeverkehrsmäßig stark genutzten Unterelbe Ursache und Wirkung periodisch wiederkehrender Fahrwassereintreibungen zu ermitteln. Dazu wurden Peilungen und Datenanalysen durchgeführt, die im Ergebnis zeigen, daß in bestimmten Bereichen eines Tideflusses lokal-gerichteter Sedimenttransport auftritt. Der am Beispiel des Hauptelbe-Abschnittes vor der Insel Rhinplatte untersuchte Vorgang des Fahrwassereintriebes beruht dabei auf der natürlichen Umlagerung von Sohlenmaterial, das im Verlauf eines sogenannten "Stromfadens" an der inneren Fahrrinnenkante abgesetzt wird. Struktur und Genese dieses Sedimentationsprozesses lassen sich mit dem Begriff "influvialer Schwemmfächer" am besten beschreiben, da der Vorgang sowohl die Halbkreisform einer Vorschüttung aufweist als auch in seiner zeitlichen Entwicklung einen Aufbau von innen nach außen durchläuft.

Summary

This paper deals with the attempt to determine cause and effect of changes occuring periodically in the shipping channel of the heavily travelled Lower Elbe. Therefore, a section of the river, which has to be regarded as morphologically 'critical', has been investigated. For this purpose, soundings and an analysis of associated data were carried out. The results illustrate that locally directed sediment transport occurs in specific regions of a tidal river. The main Elbe region before the island of Rhinplatte indicates a natural redistribution of bottom material. This material is deposited at the inner slope of the shipping channel by a 'stream line' which crosses the river. Structure and origin of the sedimentation process should be regarded as an 'influvial alluvial fan' since it shows a semi-circular shape as well as a temporal development which is directed to the outside.

Inhalt

1.	Einleitung	5
2.	Morphodynamik im Hauptelbe-Bereich vor der Insel Rhinplatte, km 670 bis km 678 206	5
	2.1 Morphologie	5
	2.1.1 Sohltypus	5
	2.1.2 Sohlstruktur	7
	2.1.3 Großmorphologie	2
	2.2 Materialentnahme	2
	2.3 Gerinnedynamik	7
	2.3.1 Stromfäden	7
	2.3.2 Materialeintrieb)
	2.3.3 Strömungsverhältnisse)
	2.4 Aktuelle Morphogenese	;
3.	Fazit	ł.
4.	Schriftenverzeichnis	ł

1. Einleitung

Ein besonderes Problem des Hauptelbe-Bereiches bei Rhinplatte (km 670–676, s. Karte 1) ist darin zu sehen, daß bereits seit Jahrzehnten immer im gleichen Stromabschnitt relativ umfangreiche Baggerungen vorgenommen werden müssen, um die der Seeschiffahrt garantierten Mindestwassertiefen erhalten zu können. Alle bisher angestellten Betrachtungen ergaben jedoch keine ausreichende Erklärung für die verkehrsbehindernden Fahrrinneneintreibungen, die, periodisch wiederkehrend, in ihrer Beseitigung hohe Kosten verursachen.

2. Morphodynamik im Hauptelbe-Bereich vor der Insel Rhinplatte, km 670 bis km 678

2.1 Morphologie

2.1.1 Sohltypus

Ansatzpunkt für eine Untersuchung des Hauptelbe-Bereiches vor der Insel Rhinplatte war folgende Beobachtung:

Nach Unterhalts-Baggerungen im Fahrrinnenbereich konnte mehrfach in den Echolotprofilen größerer Sohlabschnitte eine Riffel-Topographie aufgezeichnet werden, während zuvor im gleichen Gebiet eine relativ ebene (glatte) Sohl-Morphologie vorgelegen hatte.

Es kommt der spontane Verdacht auf, daß (zumindest mittelbar) durch Baggerungseinflüsse wiederholt eine Art Sohltypenwechsel eingetreten sein könnte. An einer Baggerungsphase aus der Zeit zwischen dem 2. 9. 1985 und dem 25. 9. 1985 soll dies Phänomen daher näher beleuchtet werden:

Im unbeeinflußten Zustand (vor Einsatz eines Baggers) war im Bereich der Hauptelbe vor Rhinplatte zunächst eine scheinbar glatte Sohle zu verzeichnen (Karte 2 und Abb. 1, Sohle ohne Mindertiefen am 2. 9. 1985). Da nach Lotungen vom 19. 9. 1985 an mehreren Stellen der Fahrrinne kurzfristig Mindertiefen eintraten, wurde ein Bagger angesetzt, diese schiffahrtsbehindernden Materialakkumulationen zu beseitigen. Dazu lief (im aktuellen Untersuchungszeitraum) der Saugbagger "Eberhard Steckhan" mit einem der Sohle aufliegenden Saugrohr im Längsprofil den Mindertiefenabschnitt ab. Er förderte bei kontinuierlicher Fahrt ohne Rücksicht auf die Sohlstruktur (da diese als eben angenommen werden konnte) Material vom Grund.

In den Baggernachpeilungen ergab sich dann jedoch keine ebene Sohle mehr, sondern ein Bild, wie es Karte 3 bzw. Abb. 2 (vom 25. 9. 1985) zeigen: Es lassen sich in den Sohlformen nunmehr Riffel identifizieren.

Im Vorgriff auf die nachfolgenden Analysen muß an dieser Stelle bereits klar zum Ausdruck gebracht werden, daß h i er mit der Bezeichnung "Riffelstrecke" keine Sohlformation im bekannten Sinne gemeint sein kann: Definierte Sohlwellen im Sinne von VOLLMERS und WOLF (1969), FÜHRBÖTER (1967) oder NASNER (1974) besitzen eine gänzlich andere Struktur und Genese, vor allem jedoch eine Eigendynamik, die im Fahrrinnenbereich vor Rhinplatte nicht zu beobachten ist.

Hier ist mit dem Begriff "Riffelstrecke" gemeint, daß im Fahrrinnenbereich vor Rhinplatte nach Baggerungen eine "nicht glatte" Sohloberfläche zu beobachten ist, die im Längsprofil das Aussehen (!) einer konventionellen Riffelstrecke besitzt. Da jedoch für die Beschreibung der sichtbaren Sohltopographie vor Rhinplatte kein adäquater Begriff zur Verfügung steht, muß auf dieses Wort zurückgegriffen werden, es sei dann, daß im Einzelfall (aber nicht immer) der Ausdruck "Sohl-Peak" kongruent verwendet werden kann.

Im ersten Ansatz dürfte sich nach Ansicht des Verfassers für die Lösung dieser Erscheinung, also das unvermutete Entstehen von Riffeln oder Sohl-Peaks während Baggerungen, eigentlich nur ein Faktum anbieten:

Der Saugbagger fördert selektiv Material von der Sohle!

Genauer gesagt wäre es denkbar, daß das nachschleppende Saugrohr im Längsprofil nacheinander mal auf mehr

- unverfestigtes Locker-Sediment und dann wieder auf

- festes, dichtes Sohlenmaterial

trifft. Dies hätte zur Folge, daß trotz gleichmäßiger Fahrt über Grund unregelmäßig gefördert wird: Schlick als typischer Vertreter eines Lockersedimentes kann beispielsweise (trotz gelegentlicher Förderschwierigkeiten = Zusetzen des Rohres bei zu tiefem Einsinken in den Schlickhorizont) relativ leichter und schneller aufgenommen werden als ein in vergleichsweise fester Form anstehender Sand.

Für die zu beobachtende Sohlstruktur würde dies ursächlich bedeuten, daß sich mit der Baggerung im Längsprofil eine "Riffelstrecke" einstellt. Im Unterschied zu einer regulären Riffelstrecke wären damit die vor Rhinplatte zu beobachtenden Sohl-Peaks durch beim Baggern h e r a u s p r ä p a r i e r t e Materialunterschiede zu erklären, nicht unbedingt durch natürliche Sandbewegung bzw. Sohlhydraulik. Dies setzt voraus, daß innerhalb der festen Sohle eine riffelige Grundstruktur bereits vor Baggerung vorhanden ist. In Abb. 1 wird dies durch eine leichte Wellenbildung angedeutet, deren Basisform jedoch möglicherweise auch bereits mit Lockersediment überdeckt ist (Vorgeschichte der Sohle siehe später, Abb. 6). Es kann aber in jedem Fall davon ausgegangen werden, daß aufgrund des HELMHOLTZ-Gesetzes in Zeiten ohne Lockermaterialüberdeckung sich der Sohle natürlicherweise eine gewisse Wellenbildung aufprägt. Hervorgehoben bzw. (über-)betont würde die riffelige Grundstruktur der Sohle dann jedoch erst durch den Einfluß des Baggersaugstromes, also dessen selektive Wirkung bei der Materialaufnahme.

2.1.2 Sohlstruktur

Die These einer selektiven Materialförderung wird in der Analyse dadurch gestützt, daß zu Beginn eines Baggerzyklus, d. h. in den ersten Durchläufen des Baggers (nach längerer Konsolidierungsphase der Sohle), die Materialentnahme vergleichsweise leicht vonstatten geht. Das geförderte Gut besteht ganz überwiegend aus Schlick. Bei weiteren Durchläufen des Baggers wird zum einen die Baggerung schwieriger (das Material ist in der Tiefe stärker verdichtet), und es wird zunehmend sandigeres Material gesaugt.

Diese Beobachtung würde sich absolut am besten durch die kontinuierliche Probennahme während eines Baggerzyklus darstellen lassen. Jedoch konnten aus technischen Gründen keine repräsentativen Proben aus dem laufenden Baggergut entnommen werden. So mußte zum Hilfsmittel der sich aus den Ladungsprotokollen ergebenden sogenannten "Zuladungscharakteristik" eines Baggerablaufes gegriffen werden. Sie umfaßt zwei statistisch verwertbare Informationen:

 die Zusammensetzung des Baggergutes nach Feststoff und Schlick (Differenzierungsprinzip, s. Abb. 3) und

208



Karte 1. Lage des Untersuchungsgebietes im Stromverlauf der Unterelbe













Abb. 2. Längsprofilschrieb vom 25. 9. 1985, Fahrwasserbereich vor Rhinplatte. Strukturunterschiede des D "Riffel"-Sohle (nur ein Sohlecho); D ein zweites, schwach ausgebildetes Sohlecho zeichnet sich zwischen den "Riffel"-Spitzen dieses Profilbereiches ab; 3 "Glatte" Sohle, Oberfläche wie bei Abb. 1, Sohlenmaterials werden in bestimmten Abschnitten durch einen zweiten Echolothorizont angedeutet. darunter aber noch leicht angedeutet ein zweites Sohlecho

212

2. die Dauer eines Baggervorganges je Baggerstelle (nach Baggerprotokoll)

Nach Sichtung der Ladungsprotokolle des Saugbaggers "E. Steckhan" belegt die Aufstellung der Abb. 4, daß während eines typischen Baggerzyklus (hier: Juli 1985) eine Veränderung der Materialförderung zu beobachten ist. Diese kann so definiert werden, daß im Fahrrinnenbereich vor Rhinplatte zu Beginn überwiegend Schlick gebaggert und erst mit zunehmender Anzahl der Durchläufe die charakteristische Kornzusammensetzung in Richtung steigender Sandanteile verschoben wird.



Abb. 3. Prinzip der Laderaumaufmessung von Saugbaggern.

Menge "a" = Feststoff = im Laderaum konsolidiert abgesetztes Baggergut. Mengenermittlung über Tellerlotaufmaß

Menge "b" = "Schlick" = in Suspension befindliches Baggergut (Ton und Schluff mit organ. Beimengungen). Mengenermittlung über Sinkstoffentnahmegerät



Abb. 4. Zulademenge je Baggerungsvorgang (in m³), Einsätze Nr. 833 bis Nr. 850, Juli 1985, Bereich Rhinplatte, km 671,0–672,8

Nach Erfahrungswerten kann die Kornzusammensetzung je Zyklus im Bereich Rhinplatte durchschnittlich wie folgt angesetzt werden:

Tabelle 1. Veränderung der Materialzusammensetzung während eines typischen Baggerzyklus im Sedimentationsgebiet der Fahrrinne vor Rhinplatte (nach Erfahrungswerten und Ladungsprotokollen)

	geschätzte Materialzusammensetzung in %					
Baggerzyklus	Ton und Schluff	Feinsand	Mittelsand	Grobsand		
Beginn	60	35	5	0		
Ende	30	60	8	2		

Sehr charakteristisch für die Veränderung der Materialzusammensetzung während eines Baggerzyklus ist die für eine Zuladung benötigte Saugzeit des Baggers: Abb. 5 (Bezug: Abb. 4) zeigt recht deutlich, daß mit der Dauer des Baggerns je Bereich die Saugzeit ansteigt. Dies gilt grundsätzlich zwar für alle Baggerungen (zunehmende Verdichtung des Bodens mit der Tiefe), dürfte hier jedoch speziell auf eine mit der Tiefe zunehmende Vergröberung des Baggergutes zurückzuführen sein (Schlick über fester Sohle).



Abb. 5. Saugzeiten je Baggerungsvorgang (in Min.), Einsätze Nr. 833 bis Nr. 850, Juli 1985, Bereich Rhinplatte, km 671,0-672,8

Nach Abb. 6 läßt sich in der nach Abschluß einer Baggerung ablaufenden "Regenerationsphase" der Sohle ein bemerkenswertes Phänomen feststellen: Die Täler zwischen den Sohl-Peaks bekommen über der festen Sohle (30 kHz) einen zweiten Echohorizont (210 kHz), der ganz offensichtlich nach und nach ansteigt und somit im Endeffekt zum Eindruck einer glatten Sohle führt. Da mit dem höherfrequenten Signal erfahrungsgemäß der sogenannte Schlickhorizont erfaßt wird (MÜLLER, 1985), muß daraus geschlossen werden, daß die Täler zwischen den Sohl-Peaks durch "fluid mud" zuschlicken.

Zur weiteren Überprüfung der Naturvorgänge wurden am 8. 8. 1985 Proben aus der Sohloberfläche mittels Van-Veen-Greifer entnommen. Dazu lief das Schiff zunächst ein Orientierungsprofil in Stromlängsachse und entnahm dann gezielt Grundproben

- a) auf einer isolierten Peak-Spitze (Probe 1, Sohlzustand nach Vorplanung, siehe Abb. 6, bei Probennahme, siehe Abb. 7),
- b) aus einem zwischen zwei Peaks befindlichen "verfüllten" Talbereich (Sohlmulde, Probe 2, s. o.),



doppelter Echohorizont, dessen oberer Schrieb die sich entwickelnde Schlickschicht und deren untere 1-3 = Probenentnahmepunkte nach Vorplanung Lage die abgedeckte "Riffel"-Sohle belegt.



Abb. 7 Längsprofilschriebe vom 8.8. 1985, Fahrwasserbereich vor Rhinplatte. Die Zahlen geben die relative Lage der Probenentnahmeorte an.

1 = isolierte "Riffel"-Spitze (Sohlpeak), Ž = "zuschlickende" Sohlmulde (oberes der zwei Sohlechos = "Schlickhorizont" über "fester" Sohle), 3 = "Riffel"-Spitze, die den oberen der zwei Sohlechos (den "Schlickhorizont") eben noch durchragt bzw. sich mit diesem auf einer Ebene befindet c) aus einer Peak-Spitze, die innerhalb eines unter Punkt "b" beschriebenen Schlickfeldes liegt und gerade noch die Sohloberfläche erreicht (Probe 3.1 von der Sohloberfläche, Probe 3.2 aus 30 cm Tiefe).

Wie die Abb. 6 und 7 wiedergeben, war zwischen der Vorplanung (30. 7. 1985) und der tatsächlichen Probennahme (8. 8. 1985) bereits eine Veränderung der Sohle eingetreten, jedoch ohne grundsätzliche Verschiebungen.

Die Proben wurden nach DIN 19683 auf ihre Korngrößenzusammensetzung analysiert. Es zeigen sich tatsächlich die theoretisch erwarteten Materialcharakteristiken, die aber auch bereits sehr gut per Fingerprobe erkennbar sind (Siebanalysen s. Tab. 2–5).

Probe 1 (isolierte Peak-Spitze)
Fingerprobe: hellfarbiger Mittelsand, lockere Struktur
Probe 2 (,,verfüllte" Sohlmulde)
Fingerprobe: sehr dunkler Schlick, dünnflüssig
Probe 3.1 (Peak-Spitze in n e r h a l b eines Schlickfeldes, Oberfläche)
Fingerprobe: Zusammensetzung wie Probe 2
Probe 3.2 (wie vor 3.1, jedoch aus 30 cm Tiefe)
Fingerprobe: sehr dicht gelagerter, dunkler Feinsand

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen zeigen klar die Unterschiede in der Materialzusammensetzung der Fahrwassersohle vor der Elbinsel Rhinplatte: Während Probe Nr. 1 ihr Korngrößenmaximum im Bereich des Mittelsandes besitzt, weist Probe Nr. 2 eine sehr viel feinere Zusammensetzung auf:

0,5 9	%	Grobsa	and		
+ 5,3 °	%	Mittels	and		
+ 49,1 9	%	Feinsar	nd		
+ 45,2 9	%	Ton ur	nd Schluff		
+ 7,3 9	%	organ.	Substanz	(vor	Siebung)
=		"Schlic	:k''.		

Dies bedeutet, daß die typischen Sohlformen, die im Bereich der Fahrrinne vor Rhinplatte auftreten (s. Abb. 6), materialinduziert sind:

 "Riffel"-Sohle, die sich überwiegend aus Sand zusammensetzt (= Probe 1 aus Punkt Nr. 1, s. Abb. 6)

 "glatte" Sohle, die an der Oberfläche überwiegend aus Schlick besteht (= Probe 2 aus Punkt Nr. 2, siehe Abb. 6).

Nach Ansicht des Verfassers dürfte die Ursache in Schlick-Eintreibungen zu sehen sein, die in ganz bestimmte Bereiche vor Rhinplatte erfolgen (gerichteter Materialeintrieb, Abschnitt 2.3.2) und die dort vorhandenen Sohlmulden abdecken.

Da der Punkt Nr. 3 eine Probenentnahme aus einer Peak-Spitze ist, die gerade noch die Sohloberfläche erreicht, ergibt sich in der Materialzusammensetzung deshalb auch eine Zweiteilung nach Oberfläche (Probe Nr. 3.1) und Kern (Probe Nr. 3.2): Während an der Oberfläche bereits ein Schlickhorizont liegt (Probe Nr. 3.1), ist in 30 cm Tiefe noch der Sand des eigentlichen Sohl-Peaks anzutreffen (Probe Nr. 3.2). Der Punkt 3 stellt damit eine Übergangsform zwischen den Punkten "1" und "2" dar: Der Sohl-Peak beginnt gerade zuzuschlicken, ist jedoch noch nicht soweit abgedeckt wie die feste Sandsohle bei Punkt 2.

Die Betrachtung einer Sohlsukzession nach Baggerung endet in dem Moment, wo die Sohlmulden vollständig zugeschlickt sind, d. h., ein "Ausgleichsprofil" durch Verfüllen der

INSTITUT FUE GEOGRAPHIE DER TU BERLIN	R I	KORNGROESSENANALYSE (NASS- UND TROCKENSIEBUNG NACH DIN 19683)				
LAGE PROBE NR. GREIFERTYP TIEFE U.KN EINWAAGE	ELBE 1 VAN VE 13.9 m 466.9	EN GRAMM	KM DATUM TIDE EINSEN SONSTI	DER GES	675.5 8.8.1985 FLUT WSA HAMBURG 	
KORNGROESSE	GEWICHT (G)	GEWICHTS-%	%-SUMMEN	0	25	50%
SCHLUFF UND TON		1997 - 20 - 20 - 20 - 20 - 20 - 20 - 20 - 2	******	an a film and an and a second	a an the Alizanti and Alizantin in a subserved and Alizanti bert de anna a san a sensa a su	
< 0.063	2.65	. 57	. 57	*		
FEINSAND			and har			
0.002-0.08	1	. 21	. 78	*		
0.08 - 0.1	5.12	1.1	1.88	*		
0.1 - 0.125	5.4	1.16	3.04	*		
0.125- 0.16	7.06	1.51	4.55	*		
0.16 - 0.2	7.47	1.6	6.15	*		
MITTELSAND 0.2 - 0.25	16.66	3.57	9.72	**		
0.25 - 0.315	125.3	26.84	36.56	*****	****	
0.315- 0.4	111	23.77	60.33	***	****	
0.4 - 0.5	95.2	20.39	80.72	***	****	
0.5 - 0.63	75.95	16.27	96.99	***	***	
GROBSAND	0 15	1 75	00 74	1		
	0.10	1./	70.74	1*		
0.8 - 1.0	1.85	. 4	99.14	10		
1.0 - 1.25	.74	. 16	99.3	*		
1.25 - 1.6	ε.3	.06	99.36	*		
1.6 - 2.0	. 24	.05	99.41	je/		
KIES > 2.0	.96	.21	99.62	100		



Tabelle 2. Korncharakteristik, Probe 1

INSTI	TUT	FUER
GEC	JGRAF	PHIE
	DER	
10	BERL	111

KORNGROESSENANALYSE

(NASS- UND TROCKENSIEBUNG NACH DIN 19683)

LAGE PROBE NR. GREIFERTYP TIEFE U.KN EINWAAGE	ELPE 2 VAN VE 16.1 m 244.88	EN 3 GRAMM	KM DATUM TIDE EINSEN SONSTI	673.5 8.8.1985 FLUT DER WSA HAMBURG GES
KORNGROESSE	GEWICHT (G)	GEWICHTS-%	%-SUMMEN	0 25 50%
SCHLUFF UND TON				
< 0.063	110.77	45.23	45.23	****
FEINSAND				
0.063- 0.08	6.4	2.61	47.84	**
0.08 - 0.1	45.79	18.7	66.54	****
0.1 - 0.125	40.5	16.54	83.08	****
0.125- 0.16	19.04	7.78	90.86	***
0.16 - 0.2	8.4	3.43	94.29	**
MITTELSAND		r	p	
0.2 - 0.25	4.65	1.9	96.19	*
0.25 - 0.315	5.45	2.23	98.42	×
0.315- 0.4	1.1	. 45	98.87	×
0.4 - 0.5	.9	. 37	99.24	×
0.5 - 0.63	.78	.32	99.56	¥
GROBSAND				
0.63 - 0.8	. 44	. 18	99.74	×
0.8 - 1.0	.21	. 09	99.83	*
1.0 - 1.25	. 2	. 08	99.91	×
1.25 - 1.6	. 11	.04	99.95	*
1.6 - 2.0	. 1	.04	99.99	×
KIES				
> 2.0	. 1	. 04	100.03	*



Tabelle 3. Korncharakteristik, Probe 2

INSTITUT FU GEOGRAPHI DER TU BERLIN	ER	KORNG	ROESSE	NACH DI	1 ALYSE N 19683)
LAGE PROBE NR. GREIFERTYP TIEFE U.KN EINWAAGE	ELBI 3.1 VAN 15.5 214	E VEEN 5 m 2 GRAMM	KM DATU TIDE EINS SONS	M ENDER TIGES	673.3 8.8.1985 FLUT WSA HAMBURG
KORNGROESSE	GEWICHT (GEWICHTS	-% %-SUMME	N O	25 50%
SCHLUFF UND TON					
< 0.063	119.52	55.8	55.8	***	*****
FEINSAND	0 E/		E0.0		
0.005-0.00	8.00	4	1 37.8	**	
0.08 - 0.1	47.43	22.14	81.9	4 ***	****
0.1 - 0.125	20	9.34	91.2	8 ***	*
0.125- 0.16	13.56	6.33	5 97.6	1 ***	
0.16 - 0.2	2.5	1.17	7 98.7	8 *	
MITTELSAND	0/	1 45	- 1 00 0		
012 - 0123	: 70	s 4-	3 77.2	* 0	
0.25 - 0.315	. 84	.39	9 99.6	2 *	
0.315- 0.4	. 2	. 09	99.7	1 *	
0.4 - 0.5	.12	. 06	5 99.7	7 \star	
0.5 - 0.63	.22	. 1	99.8	7 *	
GROBSAND					
0.63 - 0.8	. 11	. 05	99.9	2 *	
0.8 - 1.0	. 05	. 02	2 99.9	4 *	
1.0 - 1.25	.04	. 02	2 99.9	6 *	
1.25 - 1.6	.03	. 01	1 99.9	7 *	
1.6 - 2.0					
KIES					
> 2.0					





INSTITUT	FUER
GEOGRAF	HIE
DER	arrente l
TIL BERL	TN

KORNGROESSENANALYSE

(NASS- UND TROCKENSIEBUNG NACH DIN 19683)

LAGE PROBE NR. GREIFERTYP TIEFE U.KN EINWAAGE	ELBE 3.2 VAN VE 15.5 m 231.7	EN GRAMM	KM DATUM TIDE EINSEN SONSTI	673.3 8.8.1985 FLUT DER WSA HAMBUR GES	6
KORNGROESSE	GEWICHT (G)	GEWICHTS-%	%-SUMMEN	0 25	50%
SCHLUFF UND TON					
< 0.063	47.08	20.32	20.32	****	
FEINSAND					
0.063- 0.08	8.9	3.84	24.16	**	
0.08 - 0.1	55.3	23.87	48.03	****	
0.1 - 0.125	90.2	38.93	86.96	****	*
0.125- 0.16	16.08	6.94	93.9	***	
0.16 - 0.2	8.15	3.52	97.42	**	
MITTELSAND		1			
0.2 - 0.25	2.44	1.05	98.47	*	l
0.25 - 0.315	2.08	.9	99.37	*	
0.315- 0.4	<mark>,</mark> .5	. 22	99.59	*	
0.4 - 0.5	. 37	. 16	99.75	*	
0.5 - 0.63	.5	. 22	99.97	×	
GROBSAND					
0.63 - 0.8	. 27	.12	100.09	*	
0.8 - 1.0	.12	.05	100.14	*	
1.0 - 1.25	. 11	.05	100.19	×	
1.25 - 1.6	. 1	. 04	100.23	×	
1.6 - 2.0	.07	.03	100.26	×	
KIES					
> 2.0					



Tabelle 5. Korncharakteristik, Probe 3.2

Muldenformen hergestellt ist. Der zweite Echohorizont verschwindet mehr und mehr; es entsteht der Eindruck einer einheitlich-ebenen (glatten) und (scheinbar) festen Sohlstruktur (s. Abb. 6 zwischen Proben-Punkt 1 und 3).

In einem Zwischenfazit kann deshalb festgehalten werden, daß die zu beobachtenden Sohl-Peaks vermutlich einer Grundstruktur der Sohle zugeordnet werden müssen, während die Verfüllung der Sohlmulden einem jeweils aktuellen Schlickeintrieb zugeschrieben werden kann. Der bei Eintritt von Mindertiefen angesetzte Saugbagger überformt bzw. betont dann diese riffelige Sohlstruktur durch selektive Materialförderung.

2.1.3 Großmorphologie

Unter Berücksichtigung älterer Ergebnisse des Verfassers ergibt sich die Frage, ob eventuell die Großmorphologie bei dem Sedimentationsvorgang vor Rhinplatte eine Rolle spielen kann. Denn ein Blick auf das digitale Längsprofil der Unterelbe (s. Abb. 8) zeigt, daß genau im Abschnitt der Kilometer 671 (Rhinplatte Süd) bis Kilometer 677 (Rhinplatte Nord) ein ausgeprägtes Tal in der Abfolge der sogenannten "Super-Bänke" (DAMMSCHNEIDER, 1985) existiert. Dies bedeutet, daß hier prinzipiell ein relativ weiter Querschnitt besteht, der allerdings aus den konventionellen Querprofilen nicht unmittelbar ablesbar ist.

Da wir jedoch um dieses aus einer quantitativen Bewertung des Wasserkörpers abgeleitete Phänomen wissen, können wir sagen, daß vermutlich das hier vorhandene, relativ große Raumvolumen sedimentationsfördernd wirkt. Dies wird gestützt durch die Tatsache, daß im Bereich zweier weiterer, kritischer Baggerabschnitte, dem der "Wedeler Au" (km 645) und dem des "Juelssandes" (km 654), ebenfalls ein besonders ausgeprägter Kolk zu finden ist. Das mag Zufall sein, kann jedoch auch bedeuten, daß tatsächlich diese großmorphologische Formenkette signifikant Sedimentationsvorgänge vorgibt (oder umgekehrt!?).

Interessant ist jedenfalls, daß sich die Baggermengen über Zeit und Raum sehr gut mit der Großmorphologie korrelieren lassen (s. Tab. 6). Siehe hierzu DAMSCHNEIDER (1983, S. 33–34):

"Es fallen drei Strombereiche überdurchschnittlich hoher Baggerleistungen besonders auf:

- 1. km 675-km 671
- 2. km 654
- 3. km 645-km 643

Die Bereiche 1 und 2 sind auffälligerweise identisch mit Übergangszonen zwischen den "Super-Bänken, während Bereich 3 durch einen lokalen Kolk innerhalb der "Super-Bank km 654–km 640 markiert ist. Aus Gründen der (. . .) recht hohen Fehlerquote kann nur spekulativ argumentiert werden: Denkbar wäre eine Sandfalle in der Übergangszone zweier Bänke, d.h. eine Art Hohlform, in der sich stromauf wanderndes Material (Verlagerung der Erosions- und Akkumulationsschwerpunkte) und stromab bewegendes Gut (Riesenrippeln?) überproportional ansammeln und auf diese Weise die Baggerwerte erhöhen. Diese Vorstellung ist ein reines Gedankenmodell und z. Z. nicht verifizierbar."

Dieser Aussage ist zum jetzigen Zeitpunkt nichts hinzuzufügen. Wir müssen die Großmorphologie als existent hinnehmen und damit akzeptieren, daß Bereiche besonders hoher Baggermengen dadurch vorgegeben sein können.

2.2 Materialentnahme

Es ist bezeichnend, daß die in Abschnitt 2.1.2 beschriebenen Schlickeintreibungen speziell in zwei Bereichen anzutreffen sind:



Bereich km	Menge	Bereich km	Menge
689	7 035	664	430 666
688	68 604	663	6 028
687	470 229	662	385 342
686	429 187	661	453 224
685	527 307	660	433 813
684	307 269	659	848 932
683	340 002	658	437 076
682	438,496	657	430 611
681	365 303	656/657	341 268
680	180.475	656	454 814
679	213.601	655	526 189
678	333,132	654	1 211 696
677	424,499	653	366 843
676	638.117	652	539.065
675	1.160.603	651	372 595
674	1.099.520	650	754.082
673	1.087.367	649	778,703
672	1.248.500	648	552.444
671	1.067.843	647	719,499
670/671	640.979	646/647	594.219
670	619.677	646	785.778
669/670	520.409	645	1.112.353
669	537.293	644	1.515.862
668	438.059	643	1.689.871
667	530.223	642	586.430
666	692.327	641	886.630
665	443.652	640	903.904

Tabelle 6. Baggermengen der Unterelbe-Kilometer 689–640 im Zeitraum 1972 bis 1979 (Mengenangaben in aufgelockerten Kubikmaßen, s. DAMMSCHNEIDER, 1983, S. 33)

a) nördlich der Richtfeuerlinie ("Rot") mit Schwerpunkt bei Kilometer 672, d. h. unmittelbar vor Rhinplatte-Süd,

b) südlich der Richtfeuerlinie ("Grün") mit Schwerpunkt im Bereich des Kilometers 675.

Zur Analyse dieser strukturierten Verteilung wurden für die Jahre nach 1980 Baggermengendifferenzierungen über die Strecke angefertigt (Mengen je 100 m). Am Beispiel des Jahres 1983 zeigt sich, daß die Zonen mit den primären Baggermengen nördlich der Richtfeuerlinie ("Rot") angesiedelt sind, wesentlich geringere in "Mitte" und "Grün".

Interessant ist, daß die Hauptbaggergebiete zueinander versetzt auftreten (s. Pfeil in Abb. 9). Es stellt sich die Frage, ob dies einen Hinweis auf eine bevorzugte Transportbahn für das vor Rhinplatte eintreibende Material darstellt. Wie Abb. 10 zeigt, läßt sich zumindest im Zeitraum von Februar 1982 bis August 1982 ein Materialtransportvorgang tatsächlich sehr plastisch nachvollziehen: Jeweils im Wechsel mit einem Monat ohne Baggerung verlagert sich nämlich die Materialentnahmetätigkeit aus dem Bereich nördlich der Richtfeuerlinie über die Fahrwassermitte in den Bereich südlich der Richtlinie. Anders formuliert: Die Baggeraktivität vollzieht möglicherweise die Wanderung von Material nach.

Auch die in Abb. 11 dargestellte Querprofilverteilung der relativen Baggerhäufigkeit (Zeitraum 1. 1980 bis 8. 1985) läßt eine Bewegung von Material in spitzem Winkel quer durch die Fahrrinne durchaus realistisch erscheinen. Hauptaktivitätszonen sind danach Die Küste, 43 (1986), 205-245





225



- nördlich der Richtlinie ("Rot") zwischen km 671 und 674

und

- südlich der Richtlinie ("Grün") zwischen km 674 und 676.

Die Schwerpunkte des Baggereinsatzes zeigen eine stromab verlaufende Verschiebung der Baggertätigkeit von "Rot" nach "Grün" an – und dies beinhaltet sowohl die gleiche Orientierung als auch den gleichen Gradienten wie bei der Baggermengenverteilung (Abb. 9).



Abb. 11. Häufigkeitsverteilung der Baggerungen im Bereich Rhinplatte, Zeitraum Januar 1980 bis August 1985. Aufstellung in 100-m-Schritten, nach Fahrwasserbereichen differenziert

2.3 Gerinnedynamik

2.3.1 Stromfäden

Es stellt sich die Frage:

"Woher kommt der zu baggernde Schlick, warum setzt er sich bevorzugt gerade hier und in dieser gerichteten Struktur ab?"

DAMMSCHNEIDER und FELSHART (1985, S. 101) weisen darauf hin, daß mit Blick auf den Materialtransport bzw. den Eintrieb von Sediment in die Fahrrinne

"die Identifikation der natürlichen Mäanderfaktoren größte Bedeutung (besitzt), denn ob eine gebaggerte Fahrrinne sich der Hauptstromkomponente weitestgehend anpaßt oder vielleicht im Gegenteil eine solche schneidet, kann ebenso Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Baggerbetriebes haben wie ein Verklappen von Baggergut im Verlauf einer "inneren" Strömung."

Der bereits in DAMMSCHNEIDER (1983) aufgetragene Verlauf der Mäanderbögen gibt bei der Analyse natürlicher Stromfadenschwingungen eine gewisse Hilfestellung, obwohl, wie der Verfasser darin auch anführt, "es uns aus dem jetzigen Kenntnisstand heraus noch nicht gelingt, die feinen Differenzierungen im Strömungsmuster wahrzunehmen".

Wie Abb. 12 wiedergibt, verläuft ein Stromfaden aus dem Bereich Rhinplatte Süd in spitzem Winkel stromab durch das Fahrwasser, um bei km 675 in den Bereich Krautsander Watt-Brammerbank zu setzen. Damit ist angedeutet, daß die in Abschnitt 2.2 dargestellten räumlichen Disparitäten in der Baggerhäufigkeit keine Zufallsverteilung sein müssen und ein potentieller Quertransport tatsächlich denkbar wäre.

Grundsätzlich könnte die quantitative morphologische Entwicklung weitere Hinweise liefern, und so gibt die Tab. 7 auch tatsächlich trendmäßig wichtige Informationen. Es handelt sich dabei um die differenzierte quantitative morphologische Veränderung im Zeitraum



Abb. 12. Gemittelte Tiefen unter KN der Elb-Km 640 bis 689

 \bigcirc im Längsprofil aufeinanderfolgende relative Tiefenmaxima mit gedachter Verbindungslinie (L_x = linker Uferbereich, R_x = rechter Uferbereich, F = Fahrwasser, je Feldeinheit mit 400 m Breite und 1000 m Länge. Werte in m unter KN, nach quantitativer Kartenauswertung, s. DAMMSCHNEIDER, 1983)

1977–1979, also nach Abschluß des 13,5-m-Fahrwasser-Ausbaus. Für diese Zeit kann angenommen werden, daß die Sohle danach strebte, ihr inneres Gleichgewicht wiederherzustellen, sich nach künstlichem Eingriff also wieder zu stabilisieren. Das bedeutet, daß wir aus den tatsächlich ablesbaren morphologischen Veränderungen dieses Zeitraums jeweils Gebiete identifizieren können, die sich aller Wahrscheinlichkeit nach im natürlichen Trend verhalten: Ein "Akkumulationsabschnitt" wird sich in dieser Phase natürlicherweise akkumulativ verhalten, ein "Erosionsabschnitt" erosiv.

Tabelle 7. Quantitative morphologische Veränderungen im Zeitraum 1977–1979 und Gesamtbaggermengen. Wertangaben je Feld, tatsächliche Breite jeweils 400 m, Länge 1000 m.

F = Fahrwasser, G₁ = "Grün" = erstes Feld südlich des Fahrwassers, R₁ = "Rot" = erstes Feld nördlich des Fahrwassers

km		Bereich		Baggermenger
	G_1	F	\mathbf{R}_1	
678	+ 92.160	+ 194.960	+ 3.000	
677	- 88.680 -	+ 161.160	+ 32.840	48.436
676	- 75.920	+ 16.560	-114.280	96.397
675	+ 14.200	- 91.640	- 81.200	247.810
674	+ 13.640	- 81.840 💌	- 74.280	424.121
673	+ 66.000	+ 87.040	- 17.560	455.578
672	+ 36.320	- 71.960	- 96.920	517.143
671	+ 20.640	+323.600	-671.920	476.767
670	+52.480	+139.720	+ 15.360	170.147

Es fällt auf, daß genau dort, wo nach Abschnitt 2.2 die Baggeraktivität das Fahrwasser in spitzem Winkel durchschreitet, akkumuliert wird (s. Pfeile in Tab. 7).

Die Karte 4 aus dem Strombereich vor Rhinplatte-Süd gibt ebenfalls einen Eindruck von der morphodynamischen Differenziertheit dieses Raumes. Danach erkennt man im Verlauf der Isobathen des Hauptelbe-Nordufers den deutlichen Gegensatz zwischen dem glatten Sohlabfall stromab km 673,0 und dem unruhigen Sohlrelief stromauf dieses Grenzpunktes. Unter Umständen kommt im Sohlrelief eine zwischen km 672,0 und km 673,0 aus dem Nordufer in die Fahrrinne einlaufende Stromkomponente zum Ausdruck: In spitzem Winkel stromab aus der nördlichen Fahrrinnenkante ("Rot") herauslaufende Isobathensporne bzw. -rippen lassen auf einen in dieser Richtung erfolgenden Strom schließen. Interessanterweise finden diese Sporne des Nordufers ihr Pendant in der südlichen Fahrrinnenkante ("Grün"): Hier keilen in gleicher Orientierung mehrere tiefere Isobathenbereiche in die Flachwasserzone hinein (siehe Pfeile in Karte 4). Man ist beinahe versucht, die allgemeine Morphologie von Nord- und Südufer puzzleartig ineinander zu fügen.

2.3.2 Materialeintrieb

Die Frage, die sich daraufhin stellt, lautet:

"Ergibt sich aus dem Verlauf der internen Stromfäden und der Erkenntnis über eine zuschlickende Sohle eine Begründung für die gerichtete Struktur der Sohlverschlickung?"

Der Verfasser ist grundsätzlich der Ansicht, daß zunächst davon ausgegangen werden muß, daß ein Transport von Material in das Untersuchungsgebiet hinein stattfindet. Dies beweisen im Vergleich zu den ober- und unterstromig anfallenden Unterhaltsbaggermengen allein schon die hier wesentlich höheren Massenentnahmen.



Karte 4. Sohlenmorphologie im Strombereich bei Rhinplatte-Süd, km 670,6–673,8. Isobathen in 2 m Äquidistanz, bezogen auf KN + 3,80 m NN – 5,00 m, nach Blatt 2 der Jahreshauptpeilkarte 1982 des WSA Hamburg

Konkret bedeutet es, daß dem nördlichen Hauptelbe-Strombereich vor Rhinplatte größere Mengen Material von außen zugeführt werden (Materialumlagerungsraum großer Intensität). Von dort wird (gemäß den Indizien der Abschnitte 2.1.2 bis 2.3) durch einen mäandrierend verlaufenden Stromfaden Material in die Fahrrinne eingetragen. Dies geschieht in den Kilometern 672 bis 674. Hier ergeben sich zwangsläufig die höchsten Baggermengen (s. Abb. 9). In die südliche Fahrwasserkante tritt der Stromfaden bei km 675 über und sorgt auch an dieser Stelle für eine, wenn auch wesentlich schwächere, Sedimentation.

Es wäre denkbar, daß die Fahrwasserquerung des Stromfadens eine Art "Transportbrücke" darstellt!

Abb. 13 gibt diese Vorstellung schematisch wieder, zeigt jedoch zunächst nur e i n e s von mehreren möglichen Grundprinzipien des Materialtransportes bzw. Fahrwassereintriebes in einem Tidefluß: Ein sogenannter Stromfaden (innere Strömung) nimmt an bestimmten Regionen des Flußlaufes Material auf (Erosion), verfrachtet es eine gewisse Strecke (Transport) und lagert es erneut ab (Sedimentation). Im Gesamtgeschehen wird damit Material, z. B. auch Schlick, umgelagert. Da ein solcher Transport- bzw. Umlagerungsstrom immer die Neigung besitzt, mäandrierend (in Schwingungen) zu verlaufen, muß er zwangsläufig auch an definierten Stellen die Fahrrinne kreuzen.

Im Bereich des Übertritts eines solchen Stromfadens aus Flachwasserregionen in die tiefe Fahrwasserrinne wird

- a) mit plötzlicher Zunahme des Stromfaden-,,,Querschnittes" die relative ,,Fließ"-Geschwindigkeit verringert sowie
- b) vom Strom ganz einfach Material "über die Kante" geschoben (gravitative Seitendenudation, nach DAMMSCHNEIDER, 1983).



Abb. 13. Materialeintrieb an der Fahrwasserschulter. Schematisch-räumliche Darstellung eines "influvialen Schwemmfächers", der sich im Bereich der Fahrrinnenkanten-Überschreitung eines mäandrierenden Stromfadens bildet ("Lee"-Sedimentation)

An solcher Stelle kommt es also zu einem verstärkten Absetzen von Material in der Fahrrinne bzw. an deren innerer Kante.

Konkret für den Bereich Rhinplatte würde dies bedeuten: Es existiert im Bereich des Stromfadeneintritts vom Nordufer her eine Art "influvialer Schwemmfächer" mit Materialeintrieb und im Bereich vor der südlichen Fahrrinnenschulter (Austritt des Stromfadens) ein leichter Materialstau. Ein Blick auf die Karte 5 (13. 8. 1985) bringt dies für einen Zustand beispielhaft zum Ausdruck: Die Zungenspitze der in die Fahrrinne vorspringenden Mindertiefen liegt bei km 672,2, die Ansatzpunkte (Grenzpunkte) des "Schwemmfächers" liegen oberstromig bei km 670,7 und unterstromig bei km 673,1.

Querprofilpeilungen wären theoretisch in der Lage, die Entwicklung eines influvialen Schwemmfächers zu belegen. Gemessen wurde deshalb unmittelbar nach einer Baggerung am 19. 8. 1985 im km 671,6 und 672,0. In der Folgezeit wurden dann alle zwei Tage bis zum 26. 8. 1985 diese Meßprofile wiederholt sowie jeweils zusätzlich 52 m und 113 m nördlich der Richtlinie ein Längsprofil gefahren.

Die Profilveränderungen innerhalb eines so kurzen Zeitraumes sind jedoch, da bereits kleinste Kursabweichungen des Peilschiffes unter Umständen gewaltige Veränderungen "beweisen", nicht besonders aussagekräftig. Dennoch verifizieren sie zumindest im Trend die oben vorgestellte Theorie, indem zum Ausdruck kommt, daß bei km 671,6 Material tendenziell eher an der Nordkante der Fahrrinne absetzt, bei km 672,0 die Akkumulation jedoch bereits mehr in Fahrwassermitte liegt.

Grundsätzlich ist aus allen Darstellungsformen (Profile, Karten, Baggermengen- und Baggerhäufigkeitsverteilung) zu entnehmen, daß, ausgehend von einem gedachten Nullpunkt bei Rhinplatte-Süd, der Materialtransport bzw. die Materialakkumulation stromab zunehmend vom nördlichen zum mittleren Bereich der Fahrrinne vorstößt, um dann wieder zurückzuweichen. Dies bedeutet, daß hier die Halbkreisform eines vom Nordufer zur Fahrwassermitte hin vorstoßenden Mindertiefenbereiches vorliegt (s. Karte 5).



----- = Fahrrinnenbegrenzung

Die Küste, 43 (1986), 205-245

Um jedoch die vorliegende Form, zumal nicht subaerisch, mit der bewertenden Definition "Schwemmfächer" wirklich belegen zu können, muß auch die Genese entsprechend ablaufen. Die oben angeführten Profilmessungen sind dazu allerdings nicht ausreichend aussagefähig.

Zum Glück (im wissenschaftlichen Sinne!) trat im Untersuchungszeitraum eine zweite gut zu beobachtende und durch Messungen dokumentierte Zuschlick-Phase ein, welche schätzungsweise am 10. 9. 1985 begann.

Die Sukzession bzw. Genese des Materialeintriebes lief wie folgt ab:

- 2. 9. 1985 (Karte 6): Sohle ohne wesentliche Mindertiefen
- 19. 9. 1985 (Karte 7): Sohle mit Mindertiefen nördlich der Richtlinie ("Rot"), Schwemmfächer-Form mit Schwerpunkt bei km 672,9
- 25. 9. 1985 (Karte 8): Sohle mit wesentlichen Mindertiefen nördlich der Richtfeuerlinie, Schwemmfächer-Spitze über die Richtlinie hinaus nach "Grün" hineinreichend, Schwerpunkt wiederum bei km 672,9
- 1. 10. 1985 (Karte 9): Sohle mit wesentlichen Mindertiefen nördlich der Richtfeuerlinie, die influviale Schwemmfächer-Spitze wurde im Vergleich zur Peilung vom 25. 9. 1985 jedoch bereits bis zur Mitte der Fahrrinne (Richtfeuerlinie) wieder abgebaggert

Die Karte 10 und Abb. 14 zeigen die Sukzession und Genese des influvialen Schwemmfächers in ihren inneren Details:

Im Bereich der stark gepunktet dargestellten Profillinien der Karte 10 war zuerst, also am 19. 9. 1985, ein deutlicher Materialeintrieb mit der Ausbildung von Mindertiefen festzustellen (Ausdehnung der Mindertiefenbereiche s. Karte 7). Bei einer Nachpeilung am 25. 9. 1985 hatte sich das Gebiet mit Verschlickung der Sohle bereits wesentlich erweitert; es nahm nunmehr zusätzlich den gesamten dünn gepunktet dargestellten Bereich ein (Ausdehnung der Mindertiefenbereiche s. Karte 8).

Interessant ist, daß entsprechend der Theorie des "influvialen Schwemmfächers" bzw. "Stromfadeneintriebs" (Abb. 13) nicht nur die äußere Form die Definition erfüllt, sondern auch die halbkreisförmige Materialablagerung der Vorstellung einer vom Fahrrinnenrand ausgehenden Materialschüttung entspricht. Der Profilschrieb in Abb. 14 zeigt deutlich die Zweiteilung des influvialen Schwemmfächers: Im stark gepunktet dargestellten Bereich ist die erste Phase der Materialschüttung zwar noch am doppelten Echo zu erkennen (Schlick über fester Sohle), jedoch ist dieser Schlick bereits relativ verdichtet (konsolidiert).

Das heißt, es hat sich der anfangs (zuerst) eingetriebene Schlick schon gesetzt, was bei dem zuletzt eingetriebenen Material (schwach gepunktet dargestellt) noch nicht der Fall ist. Hier ist der doppelte Echohorizont wesentlich ausgeprägter, die Verdichtung noch nicht so weit fortgeschritten – in diesem Bereich wird aktuell Schlick in die Fahrwassersohle eingetragen!

Form und Genese des Eintriebsgebietes zeigen also einen halbkreisförmigen Verlauf, ganz, wie es im Sinne der Theorie des "influvialen Schwemmfächers im Verlauf eines internen Stromfadens" zu erwarten ist.

Grundsätzlich unterliegt der hier zu beobachtende Vorgang des Stromfadeneintriebs natürlich ganz bestimmten Randfaktoren (Wassertemperatur, Salzgehalt, Oberwasser), so daß Schwankungen in der Stärke der Sedimentation auftreten. In diesem Sinne war die in der Zeit zwischen dem 2. 9. 1985 und dem 25. 9. 1985 abgelaufene Sukzession ein wissenschaftlich besonders zufriedenstellender Umstand, da (aus bisher nur unzureichend bekannten Gründen) eine sehr kräftige Materialschüttung im Bereich der Fahrrinne vor Rhinplatte-Süd vorlag.

In einer zusammenfassenden Bewertung bedeutet die beobachtete Sukzessionsfolge













Karte 10. Schema des Fahrwassereintriebs vor Rhinplatte. Vermutete Eintriebsrichtung und Ausweitung des influvialen Schwemmfächers".

- (32) = Positionspunkte, siehe Abb. 14

Ē

F = Fahrwasser mit geplotteten Peilkursen des Meßschiffes "Biene", 25.9.1985

3)	•	
	Ebbstromrichtung	or Rhinplatte. 'Zuschlick'- en Echohorizont itt ().
		rinnenbereich v während einer h einen doppelt) weist bereits r rechte Abschn e 10
001 1000 TX 000		-9.1985 , Fahrr aks ('Riffel') keit wird durch ich (0 0 0 1 ch ich (0 0 0 0 ch als auf als der als sue Karte
		schrieb vom 25 nende ' Sohl-Pe Schlickmächtig Der linke Bere ung des Materi ositionspunkte chlickzone '1' chlickzone '2'
33		<pre>: Längsprofil Durchscheil Phase. Die angese Die angeseigt. Xonsolidier 31 - 33 = P 31 - 33 = P 9 • • • = 5 • • • • = 5</pre>
3		Abb. 14

nichts anderes, als daß mit zunehmender Dauer ohne Baggerung ein sich einstellender influvialer Schwemmfächer in seiner vertikalen und horizontalen Ausdehnung immer weiter aufbaut. Diese Sukzession beginnt beim beispielhaft untersuchten Gebiet vor Rhinplatte am Nordufer mit einem mittleren Schwerpunkt bei km 672,5. Die Sohlmulden schlicken dabei von Nord nach Süd hin zu; je weiter der influviale Schwemmfächer zur Mitte (Richtfeuerlinie) hin vorstößt, desto größer wird die Massenüberdeckung im Bereich der Nordkante der Fahrrinne.

2.3.3 Strömungsverhältnisse

Wie DAMMSCHNEIDER und FELSHART (1985, S. 108) ausführen, können lokale Strömungsdaten

"trotz großer Anzahl nicht repräsentativ für die Bewertung einer über Jahrzehnte bzw. Jahrhunderte sich einstellende Großform "Mäander' sein, (da) alle Strömungsaufzeichnungen nur für einen Zeitpunkt und einen Ort gelten. Aus diesem Grund sind sie in dem sogenannten "offenen System' der Unterelbe zwangsläufig nur unzureichend aussagefähig, insbesondere für ein so komplexes Wirkungsgefüge, wie es die "inneren Schwingungen' doch sein müssen".

Dennoch spielen Strömungsdaten natürlich in der Analyse der hydrologisch-morphodynamischen Prozesse vor Rhinplatte eine große Rolle. Dazu trug der Verfasser die vorhandenen Werte der Strommeßprofile bei km 671,5 (Rhinplatte Süd), km 674,1 (Rhinplatte Mitte) und km 676,3 (Rhinplatte Nord) in Vektorform auf. Es stellt sich die sehr interessante Frage:

"Lassen sich in den Strömungsvektoren nicht eventuell doch Hinweise auf einen in spitzem Winkel quer zur allgemeinen Stromrichtung verlaufenden 'Transportweg' finden?"

Ein Ansatz aus der Praxis ergab sich bei einem Besuch auf SB "Eberhard Steckhan" am 1. 8. 1985 im Baggerabschnitt vor Rhinplatte. Im Gespräch bzw. bei Befragung des Kapitäns stellte dieser ohne Kenntnis der in vorliegender Untersuchung dargestellten Fakten fest, daß er "das Schiff im Bereich Rhinplatte Süd besonders gegenhalten" muß, um beim Baggern im jeweiligen Profil zu bleiben.

Zur Kontrolle dieser Aussage wurden zu den bereits vorhandenen Strömungsdaten am 23. 9. 1985 zusätzliche Messungen vorgenommen. Die Stromvektoren der exemplarisch gewählten Karte 11 zeigen, daß in der Tat im Bereich der Hauptelbe vor Rhinplatte zwischen km 671 und 675 tendenziell eine Auslenkung des Stromes zum Südufer hin stattfindet. Ohne die Vektoren im einzelnen zu kommentieren (bzw. kommentieren zu können, da die Bilder der verschiedenen Tidephasen zu umfangreich sind), verläuft im fahrwassernahen Meßpunkt bei Rhinplatte-Süd der Ebbstrom leicht in Richtung Krautsand-Reede. In Verlängerung des dabei im Südufer angedeuteten Bogens wird der Strom dann im Meßprofil Rhinplatte Nord, erneut die Fahrrinne querend, in den Bereich der Störmündung geführt.

In der interpretativen Zusammenschau der Stromrichtungs-Grundstrukturen je Tidephase ergibt sich die Form einer geschwungenen Strom-Leitlinie, die nicht mit dem allgemeinen Stromstrich übereinstimmt:

Karte 12 zeigt den aus allen zur Zeit verfügbaren Informationen konstruierten Verlauf des "Stromfadens", dessen Zugbahn im Bereich Brammerbank auch durch eine Schwimmerweguntersuchung von BEHRENS und VAGTS (1985) angedeutet wird. Die Morphologie ist (erwartungsgemäß) angepaßt, und zwar nicht erst seit kurzem, sondern ganz offensichtlich bereits mindestens seit den fünfziger Jahren.

Von Bedeutung ist, daß es offensichtlich im Bereich Rhinplatte-Süd eine besondere Ausprägung des ebbstrom-orientierten Stromfadens gibt, dessen natürliche Umlagerungen



Karte 11. Stromvektoren im Bereich Rhinplatte, 4 Stunden nach Kenterpunkt. Kartengrundlage: Tiefenkarte der Elbe, Hauptpeilung des Jahres 1979, WSA Hamburg





Karte 12. Konstruierter Verlauf des "internen Stromfadens" vor Rhinplatte

bevorzugt stromab erfolgen, während der Flutstrom keine nennenswerten Eintreibungen verursacht.

2.4 Aktuelle Morphogenese

Die wesentliche Frage für eine Handhabung der immer wieder notwendigen Unterhaltsbaggerungen vor Rhinplatte ist:

"Woher stammt die "Masse' des Baggergutes; gibt es Möglichkeiten zur

Minimierung des Unterhaltungsaufwandes?"

Wie Abschnitt 2.3.2 gezeigt hat, treibt der Hauptanteil des Baggergutes offensichtlich von den relativen Flachwasserbereichen nördlich der Fahrrinne ein. Dort allerdings ist aus den Peilkarten k ein e Erosion zu erkennen. Wir müssen also davon ausgehen, daß das Material im Fern- und Längstransport angeliefert wird. Dieser Ferntransport nimmt nach Meinung des Verfassers an definierten (noch unbekannten) Stellen der Flachwassergebiete periodisch abgesetztes Material auf, verfrachtet es eine gewisse Strecke und lagert es erneut ab. Dies geschieht über den gesamten Elberaum, beginnend in der Oberelbe, sich über das Hamburger Hafengebiet fortsetzend bis in den Mündungstrichter.

Transportwege könnten die sogenannten "Stromfäden" sein, die auch dazu führen, daß an bestimmten Stellen, nämlich dort, wo sie die Fahrrinne kreuzen, Materialeintrieb stattfindet. Besonders schwerwiegend wird dieser Eintrieb dann, wenn auch die sonstigen Randbedingungen Akkumulation fördern (Großmorphologie etc.). Zu diesen kritischen Bereichen zählen auch Rhinplatte (und aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls die Gebiete Wedeler Au, Strom-Kilometer 643–645, sowie Juelssand, Strom-Kilometer 652–654).

Zur Wiederholung: Löcher werden durch den Verlust an Material in den Flachwasserbereichen nicht entstehen, da sie nur als natürliche Umlagerungszonen angesehen werden können, die vom "Nehmen und Geben" leben. Morphologisch nachweisbar ist diese Umlagerung beispielsweise in der Untersuchung des Verfassers von 1985: Danach bewegen sich relative Erosions- und Akkumulationsschwerpunkte im Längsprofil der Unterelbe, auch in den Flachwasserzonen. Dort findet eine flächenhafte Umlagerung statt, die unmittelbar nicht erkennbar ist, sondern beispielsweise erst durch spezielle quantitative Kartenauswertungen.

Die Ursache für das vordergründige Nichterkennen liegt darin, daß eine Peilkarte in ihrer Originalfassung

- a) nicht quantitativ begreifbar ist
- und
- b) potentielle morphologische Veränderungen flächenhaft vor sich gehen, die vom Betrachter aus dem unmittelbaren Kartenbild heraus nicht aufgefaßt werden können.
- Eine Frage bleibt jedoch noch immer offen:

"Wie vereinbaren sich die stromauf verlagernden relativen Erosions- und Akkumulationsschwerpunkte mit dem den Indizien nach stromab erfolgendem Materialtransport/Fahrwassereintrieb?"

Eine Beantwortung ist zur Zeist noch nicht möglich. Vermutlich handelt es sich dabei aber um einen Vorgang, der wie folgt zu verstehen ist:

Stromauf wird dem Sohlbett eine nicht unmittelbar wahrnehmbare makroskopische Transportform (relative Akkumulations- und Erosionszentren, Makro- und Super-Bänke; s. DAMMSCHNEIDER, 1985) aufgedrückt, weniger eine wirklich maßgebende Transportmasse. Stromab findet die Angelegenheit eher umgekehrt ihren Sinn. Hier ist eine Transportmasse vorhanden, die Transportform ist im Maßstab (relativ) mikroskopisch (Dünen bzw. Riesenrippeln; s. VOLLMERS u. WOLF, 1969). Bei dieser Aussage handelt es sich

jedoch vorläufig um reine Spekulation, für die noch nicht ausreichend Untersuchungsmaterial vorliegt.

Mittelfristig notwendig ist also die weitere Erforschung von natürlichen Umlagerungen in Hinblick auf kritische Eintriebsstellen im Schnittpunkt interner Strom- bzw. Transportfäden und der wasserbaulich geführten Fahrrinne. Dies sollte eine weiterführende Bewertung und Optimierung des Unterhaltsbaggereinsatzes ermöglichen.

3. Fazit

In der vorliegenden Untersuchung wurde versucht, anhand umfangreicher Auswertungen folgende Hypothese zu verifizieren:

Bei dem periodisch wiederkehrenden Materialeintrieb in die Fahrrinne vor Rhinplatte handelt es sich um die Fahrrinnenkanten-Vorschüttung (influvialer Schwemmfächer) eines die Fahrrinne mäandrierend kreuzenden internen Stromfadens.

Es konnte festgestellt werden, daß im Fahrrinnenbereich vor Rhinplatte von der Grundstruktur her in der Fahrrinne eine sandige Sohle mit einem welligen (riffeligen) Sohlprofil existiert. Im Unterschied zu anderen Gebieten handelt es sich jedoch um eine "Riffel"-Strecke, deren Sohlmulden periodisch zuschlicken. Der Prozeß dieses Zuschlickens ist nach Ansicht des Verfassers so zu verstehen, daß die Sohlmulden mit einem hochmobilen Feinmaterial verfüllt werden, welches sich in der Anfangsphase in Bewegung befindet (fluid mud), nach Erreichen eines bestimmten Sollhorizontes jedoch verdichtet und zu einer festen Sohle konsolidiert. Der Sollhorizont kann überschlägig so definiert werden, daß er durch die Höhe der maximalen Sohl-Peaks vorgegeben wird. Dies sollte ein Hinweis auf die in solchen Eintriebsgebieten anzuwendende Baggerstrategie sein.

Der Schlick wird zum größten Teil in wechselnden Quantitäten aus Flachwasserbereichen der nördlichen Uferregionen (vermutlich oberstromig Rhinplatte) geliefert. Hierbei sind die jahreszeitlichen Bildungsbedingungen (Temperatur, Salzgehalt, Oberwasser) mit Sicherheit von Bedeutung, jedoch zur Zeit noch nicht faßbar. Neue Erkenntnisse sollten die Arbeiten des Sonderforschungsbereiches "Wechselwirkungen zwischen abiotischen und biotischen Prozessen in der Tideelbe" (SFB 327) bringen.

Über eine definierte Transportbahn wird angeliefertes Feinmaterial (Schlick) primär durch den Ebbstrom in bestimmte Bereiche der Fahrrinne vor Rhinplatte geführt. Dort bildet sich ein Sedimentationsraum in der Fahrrinne aus, da

a) eine lokale Querströmung vorliegt (Fahrrinneneintrieb) und

b) der Querschnitt relativ erweitert ist (großmorphologisches "Absetzbecken").

Nach Morphologie und Morphodynamik kann die Fahrrinnen-Eintriebsstelle vor der Elbinsel Rhinplatte als "influvialer Schwemmfächer" angesprochen werden.

4. Schriftenverzeichnis

BEHRENS, J. u. VAGTS, W.: Strömungsverhältnisse in Stromverzweigungsbereichen der Unterelbe nach Schwimmermessungen. Deutsche Gewässerkdl. Mitt., H. 5/6, 1985.

Bos KALIS WESTMINSTER: Bodenkartierung der Unterelbe 1973/74, Tabellen und Karte. WSA Hamburg, 1976 (unveröffentlicht).

- DAMMSCHNEIDER, H.-J.: Morphodynamik, Materialbilanz und Tidewassermenge der Unterelbe. Berliner Geogr. Studien, Bd. 12, 1983.
- DAMMSCHNEIDER, H.-J.: Quantitative Morphodynamik im Sohlenregime der Unterelbe. Die Küste, H. 42, 1985.
- DAMMSCHNEIDER, H.-J. u. FELSHART, Th.: Querschwingungen in der Unterelbe ein Beispiel für aktuelle Mäanderbildung in Tideflüssen? Die Küste, H. 42, 1985.
- FÜHRBÖTER, A: Zur Mechanik der Strömungsriffeln. Mitt. des Franzius-Inst. der TU Hannover, H. 29, 1967.
- KNUST, J.: Analogrechner für optimale Laderaumfüllungen von Hoppersaugbaggern. Hansa, H. 4, 1971.
- MÜLLER, H.: Vergleichende Vermessung der Sohllage in einem Unterwasserquerschnitt innerhalb der Schlickstrecke bei Nordenham. Die Küste, H. 42, 1985.
- NASNER, H.: Über das Verhalten von Transportkörpern im Tidegebiet. Mitt. des Franzius-Inst. der TU Hannover, H. 40, 1974.
- VOLLMERS, H. u. WOLF, G.: Untersuchungen von Sohlumbildungen im Bereich der Unterelbe. Die Wasserwirtschaft, H. 10, 1969.