

EMS 2009

Messprogramm zur Erfassung der ~~Sediment~~-Schwebstoff - Dynamik im Umfeld des Ems-Sperrwerkes

Aufgabenstellung

Erfassung von in-situ – Daten zu Transportbilanzen im Bereich des Ems-Sperrwerkes und zur Schwebstoffdynamik in der Unterems.

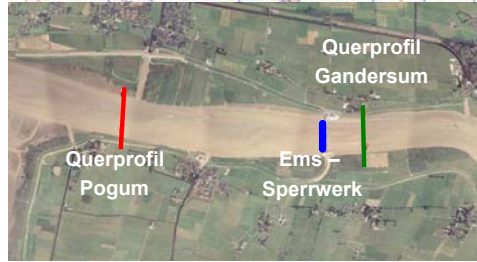
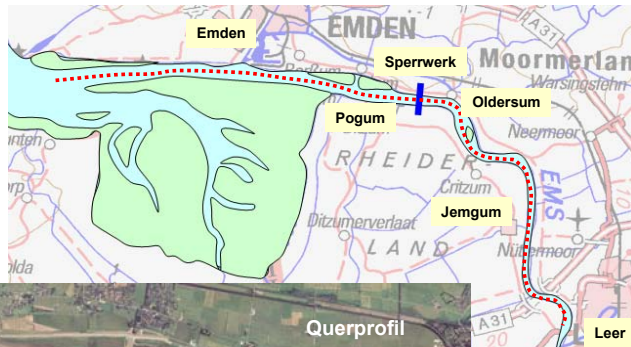
Veranlassung

Dringende aktuelle Fragestellungen zur Minimierung der Unterhaltungsbaggerungen in der Unterems („Aktionsprogramm Unterems“)

Umsetzung

Durchführung eines einwöchigen schiffgestützten Messprogramms

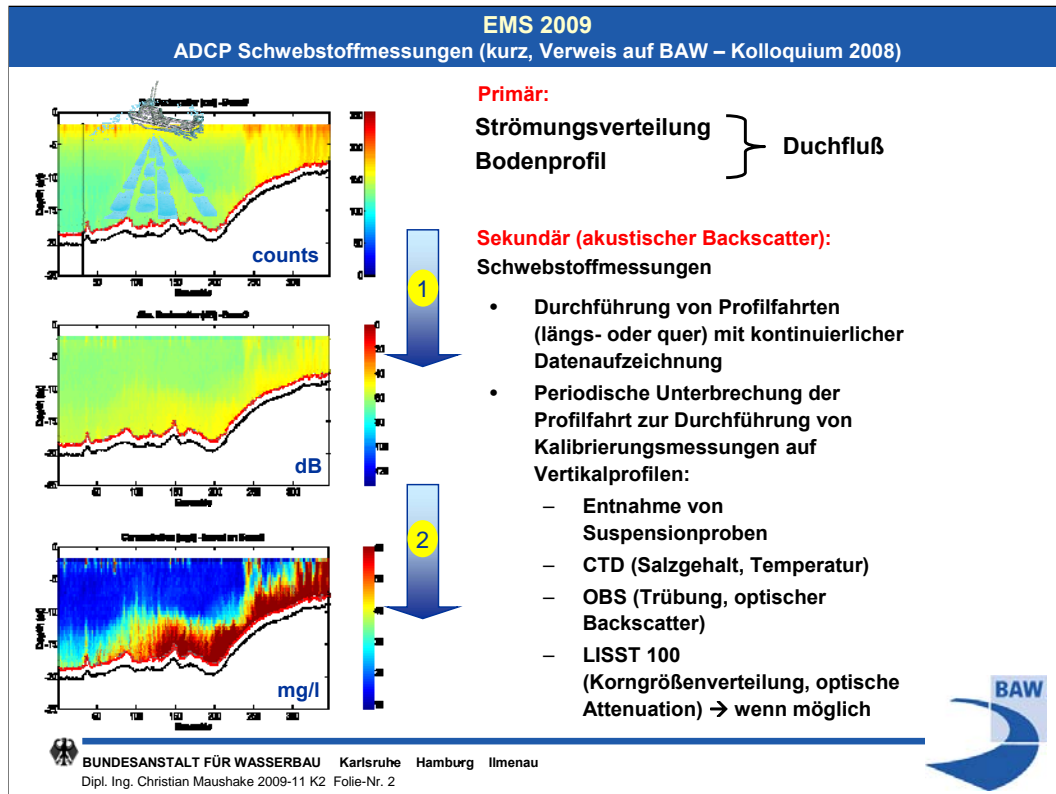
- 2 Querschnitte ober- / unterhalb des Ems-Sperrwerkes → Transportbilanzen
- 2 Längsfahrten zur Erfassung von Trübungslängsschnitten zwischen Knock und Leer



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe Hamburg Ilmenau
Dipl. Ing. Christian Maushake 2009-11 K2 Folie-Nr. 1



Veranlassung für die Messungen sind dringende Fragestellungen an der Unterems. Mit den Ergebnissen der Messungen sollen gutachterliche Aussagen der BAW abgesichert und die Ergebnisse aus dem HN-Modell validiert werden.



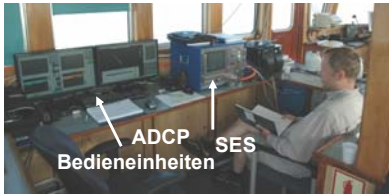
Für eine ausführliche Darstellung des Messverfahrens sei verwiesen auf:

<http://www.baw.de/vip/programm.php?veranstaltung=109>

oder

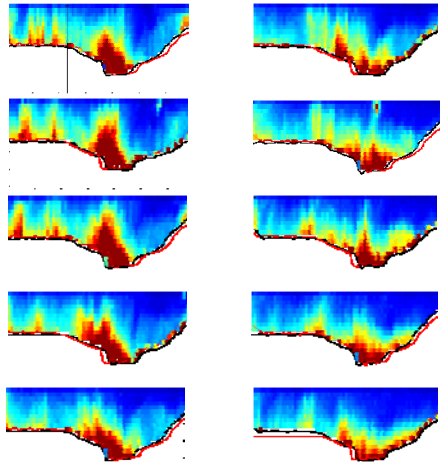
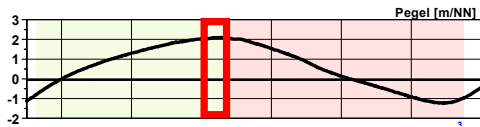
Maushake, C.: Untersuchungen zur Schwebstoffdynamik im Elbeästuar auf Basis von ADCP-Messungen, Veröffentlichung in „Die Küste“, Heft 72, Jahr 2007

EMS 2009
Equipment



Fotografische Impressionen

Beispiel: 10 Schwebstoffprofile „kurz vor Thw“ auf dem Querschnitt Pogum

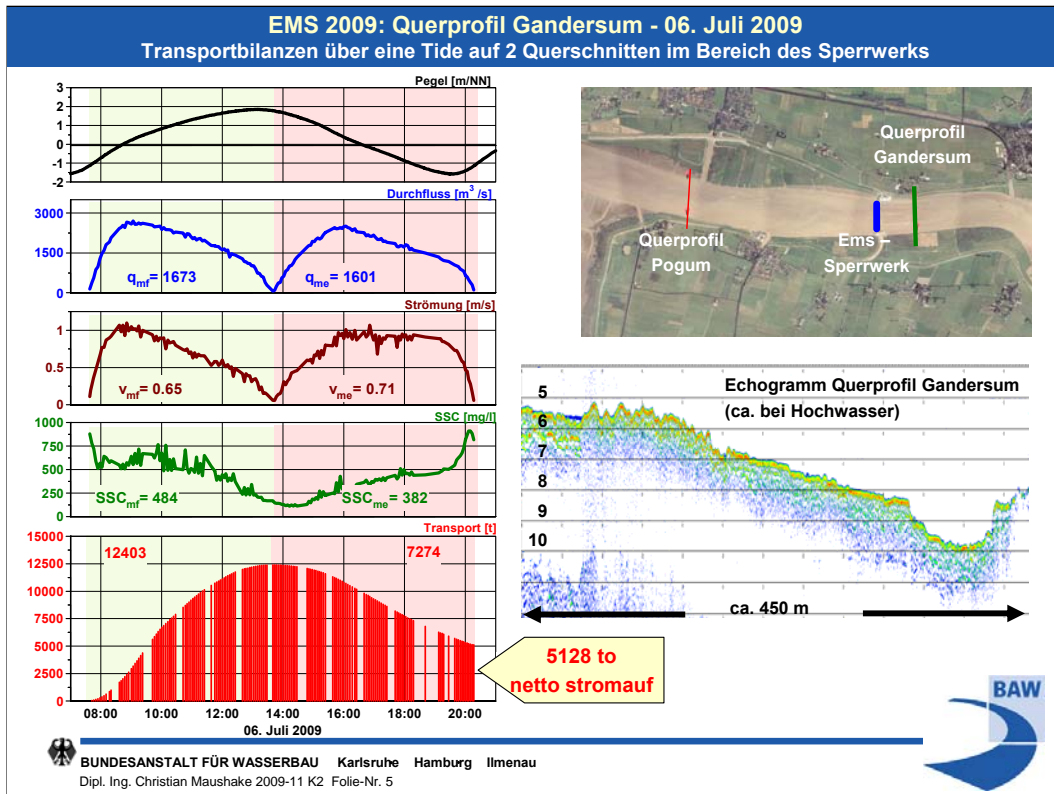


	Pogum	Gandersum
Messzeit (1 Tide)	08.07.2009 09:14 – 21:42	06.07.2009 07:18 – 20:35
Profil-länge	570 m	470 m
# Querungen	142	173
# Kalibrierprofile	14	14
# Suspensionsproben	91	98

Integration der Querschnittsmessungen führt zu Transportraten (u.a.)



- Auf der linken Seite der Folie sind beispielhaft 10 aufeinanderfolgende Querfahrten abgebildet. Dargestellt ist die Schwebstoffverteilung im Querschnitt „kurz vor Thw“. Für die Ableitung von querschnittsgemittelten Tideganglinien werden diese Darstellungen integriert (nächste Folie)
- In der Tabelle auf der rechten Seite sind einige statistische Informationen zu den beiden Messquerschnitten Gandersum und Pogum genannt



Transportbilanz für den Querschnitt Gandersum

Das Echogramm aus der Sedimentecholotaufnahme (unten rechts) zeigt die stabilen Sohlverhältnisse zum Zeitpunkt der Messungen. Während der Messtiden konnte keine nennenswerte Mobilisierung von „Weichsediment-Schichten“ oder „Schichten hoher Suspensions-Konzentrationen“ festgestellt werden

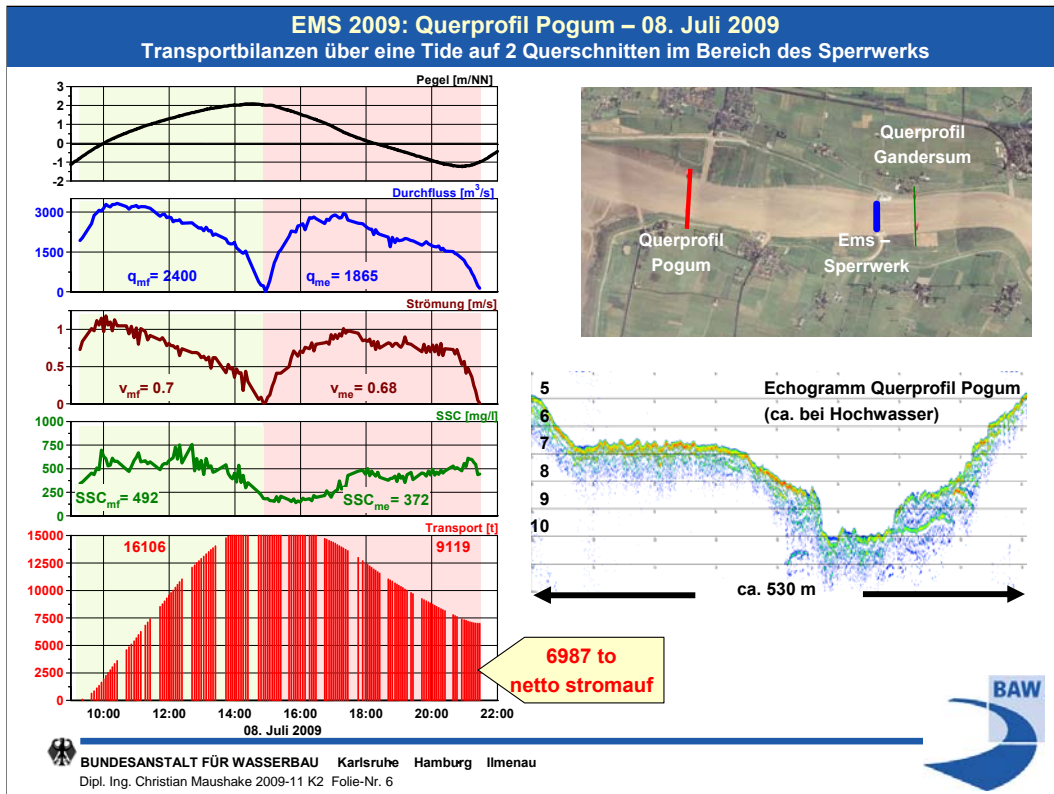
Die dargestellten Zeitreihen sind abgeleitet aus querschnittsgemittelten Werten. Die genannten Zahlen (Beispiel: $q_{mf}=1673$ bedeutet: mittlerer Durchfluss Flut) ist der gemittelte Wert für die jeweilige Tidephase (Flut / Ebbe)

Im Unterschied zu Zeitreihen aus Punktmessungen (die sich genauso darstellen) repräsentiert jedes Wertepaar der hier dargestellten Zeitreihen den querschnittsintegrierten Wert einer Profifahrt und bildet damit die Hydro- Schwebstoffdynamik des gesamten Querschnitts ab. Das ist ein wesentlicher Qualitätsunterschied.

Es sind zu sehen:

1. (schwarz): Wasserstandsganglinie am Pegel POGUM (externe Werte, nicht aus Messfahrten)
2. (blau): Durchfluss (m^3/s)
3. (braun): Strömungsgeschwindigkeit (m/s)
4. (grün): Schwebstoffkonzentration (mg/l)
5. (Rote Balken: jeder Balken entspricht einer Querfahrt): aufintegriert aus 2. und 4. ergibt die Transportrate.

In der Tidebilanz (Integration von Niedrigwasserkehrung zu Niedrigwasserkehrung) ergibt sich ein Netto-stromauftransport von 5128 to für den Querschnitt Gandersum



Transportbilanz für den Querschnitt Pogum

Das Echogramm aus der Sedimentecholotaufnahme (unten rechts) zeigt die stabilen Sohlverhältnisse zum Zeitpunkt der Messungen. Während der Messtiden konnte keine nennenswerte Mobilisierung von „Weichsediment-Schichten“ oder „Schichten hoher Suspensions-Konzentrationen“ festgestellt werden

Die dargestellten Zeitreihen sind abgeleitet aus querschnittsgemittelten Werten. Die genannten Zahlen (Beispiel: $q_{mf}=1673$ bedeutet: mittlerer Durchfluss Flut) ist der gemittelte Wert für die jeweilige Tidephase (Flut / Ebbe)

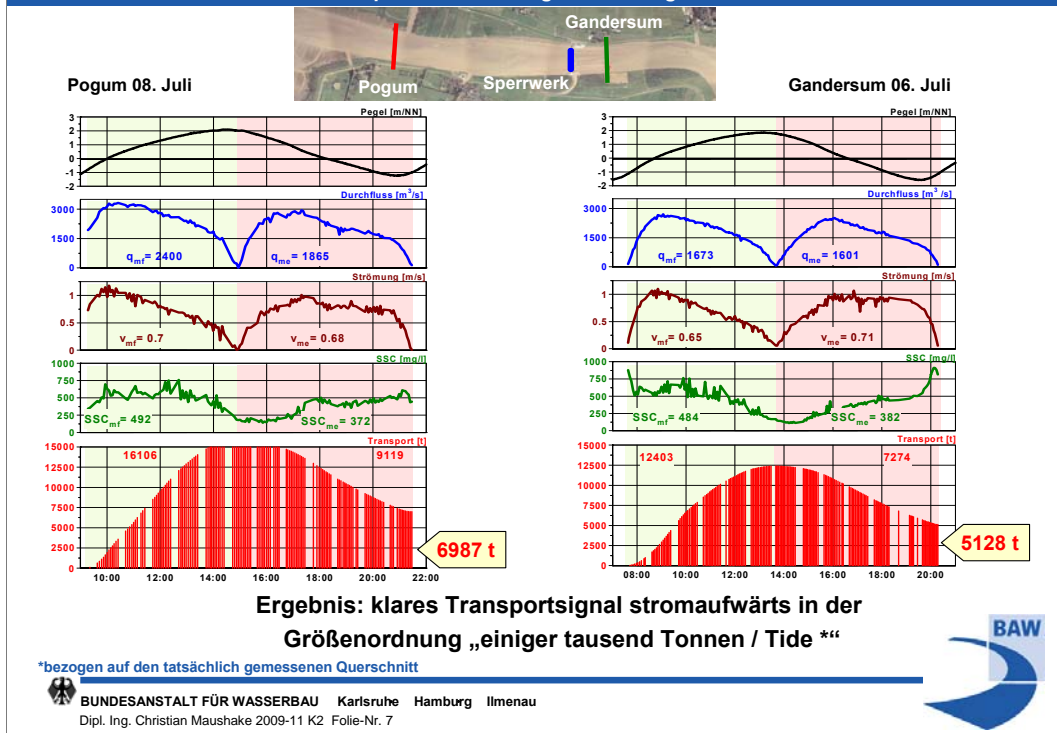
Im Unterschied zu Zeitreihen aus Punktmessungen (die sich genauso darstellen) repräsentiert jedes Wertepaar der hier dargestellten Zeitreihen den querschnittsintegrierten Wert einer Profifahrt und bildet damit die Hydro- Schwebstoffdynamik des gesamten Querschnitts ab. Das ist ein wesentlicher Qualitätsunterschied.

Es sind zu sehen:

1. (schwarz): Wasserstandsganglinie am Pegel POGUM (externe Werte, nicht aus Messfahrten)
2. (blau): Durchfluss (m^3/s)
3. (braun): Strömungsgeschwindigkeit (m/s)
4. (grün): Schwebstoffkonzentration (mg/l)
5. (Rote Balken: jeder Balken entspricht einer Querfahrt): aufintegriert aus 2. und 4. ergibt die Transportrate.

In der Tidebilanz (Integration von Niedrigwasserkegung zu Niedrigwasserkegung) ergibt sich ein Netto-stromauftransport von 6987 t für den Querschnitt Pogum

EMS 2009: Querprofile Pogum und Gandersum Transportbilanzen: Vergleich der Ergebnisse



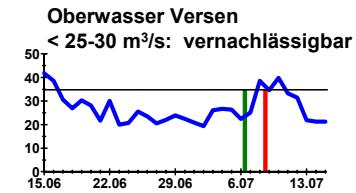
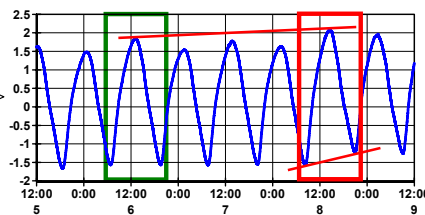
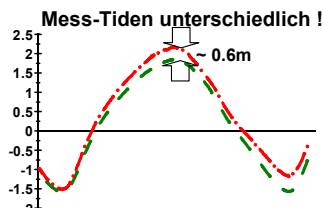
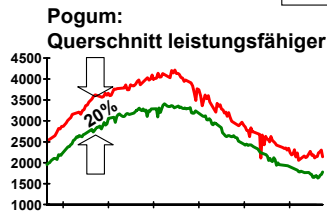
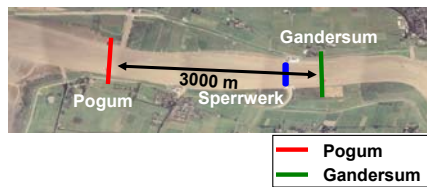
Vergleich der Querschnitt Pogum / Gandersum

Der Verlauf der Ganglinien in den beiden Messquerschnitten ist vergleichbar. Ausnahme: Durchfluss Flutphase (blau) für den Querschnitt Pogum, hier mit $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ deutlich größerer Durchfluss als $q_m=1865$ für die Ebbe. Erklärung hierfür: asymmetrische Messtide, nächste Folie.

Beachte auch: sehr ähnlicher Verlauf der querschnittsgemittelten Ganglinie der Schwebstoffkonzentration (SSC) → Bestätigung für das Messverfahren.

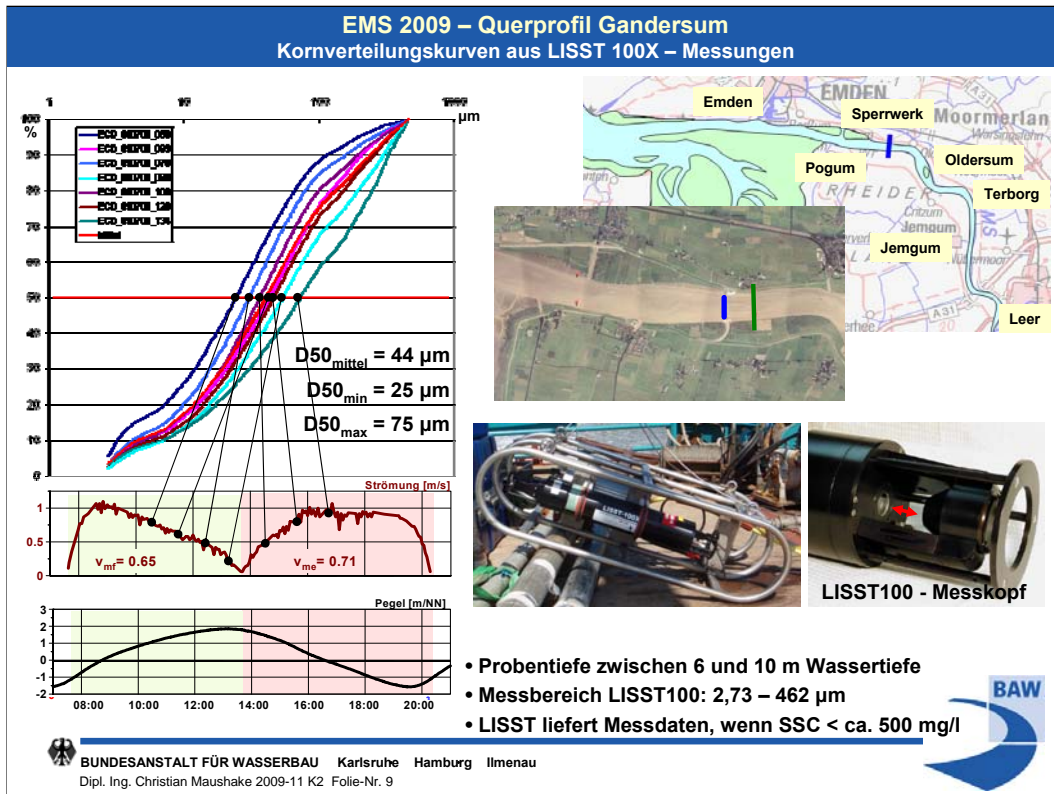
EMS 2009: Querprofile Pogum und Gandersum Vergleich der Ergebnisse (Interpretation)

Ein Teil der Bilanz bleibt zwischen den Profilen !

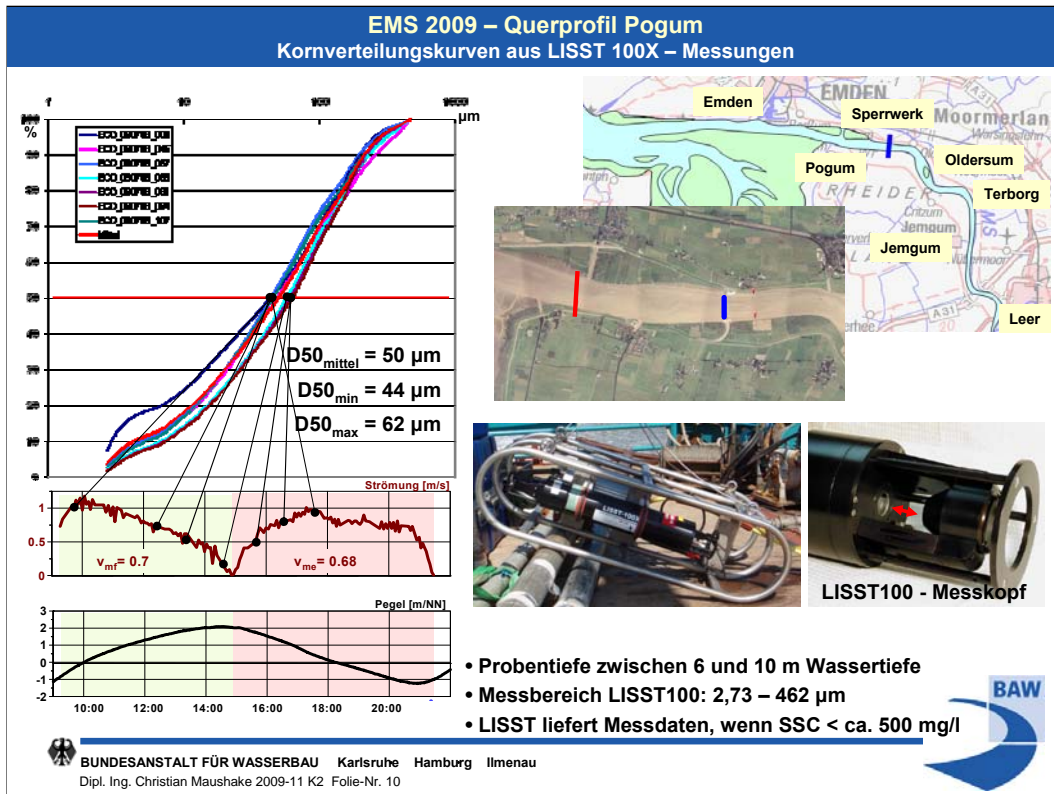


Verschiedene Aspekte für den Unterschied in den Transportraten:

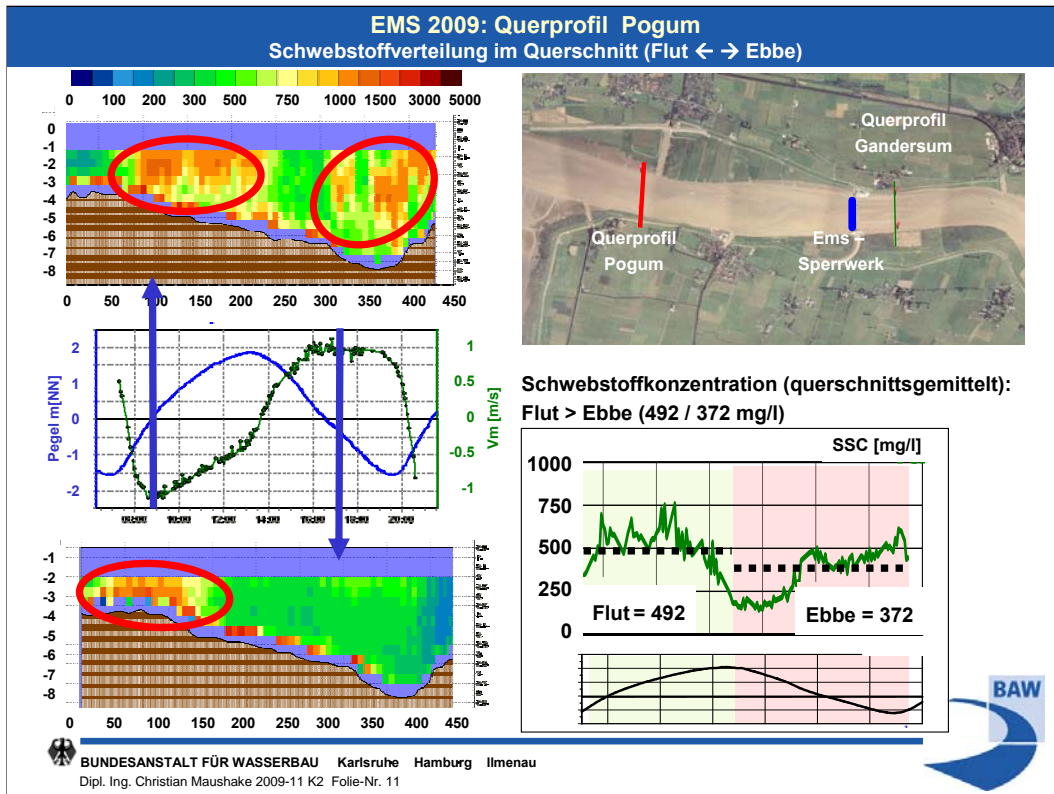
1. (oben links) die Strecke von ca. 3000m zwischen Pogum und Gandersum nimmt Volumen auf.
2. Der Querschnitt Pogum ist hydraulisch leistungsfähiger (ca. 20% größere Querschnittsfläche über die Tide)
3. Messtiden (leider) stark unterschiedlich
Gandersum: die beiden Tnw auf gleichem Niveau. Tide sehr symmetrisch
Pogum: 2. Tnw deutlich höher als 1. Tnw. Thw ca. 0.6 m höher als Messtide Gandersum
4. Oberwasser sehr niedrig
5. Der querschnittsgemittelte Verlauf der Schwebstoffkonzentrationen ist bei beiden Querschnitten vergleichbar. Im Mittel werden mit dem Flutstrom die höheren Konzentrationen ins Ästuar eingetragen als mit dem Ebbstrom ausgetragen werden. Hierin liegt der Hauptgrund für den Netto-Stromauftransport.



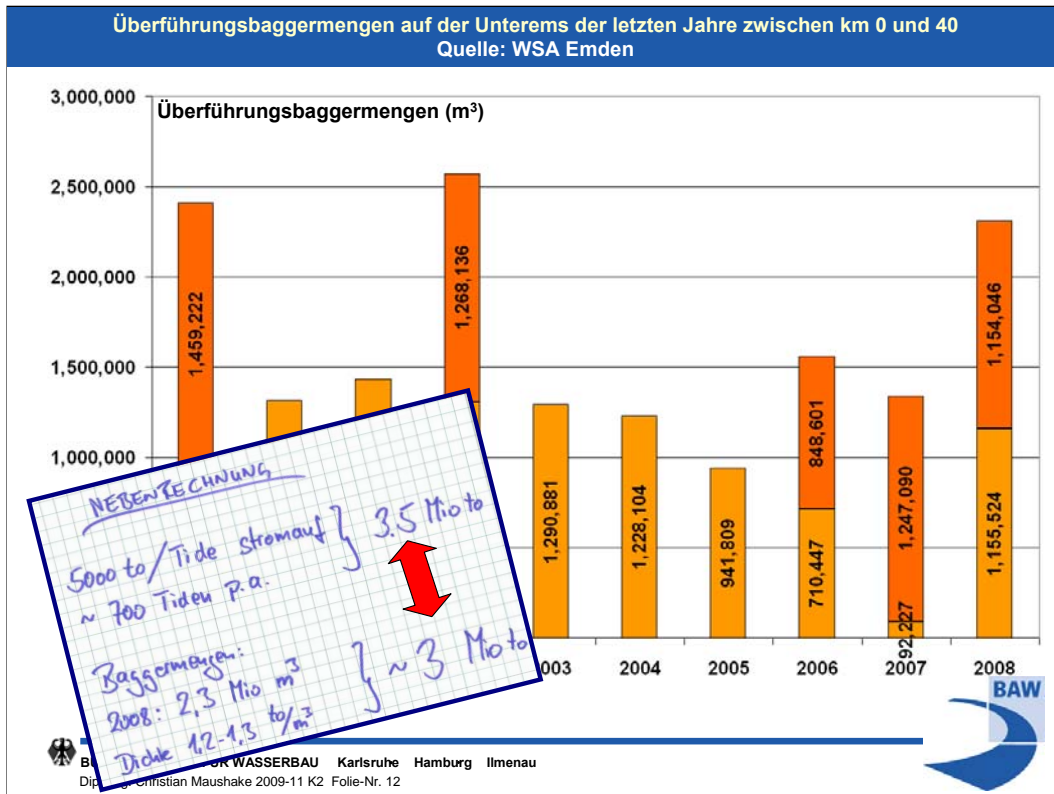
Körnungslinie der Suspensionen im Querschnitt Gandersum aus LISST100-Messungen
(Folie aus Zeitgründen nicht gezeigt auf Kolloquium)



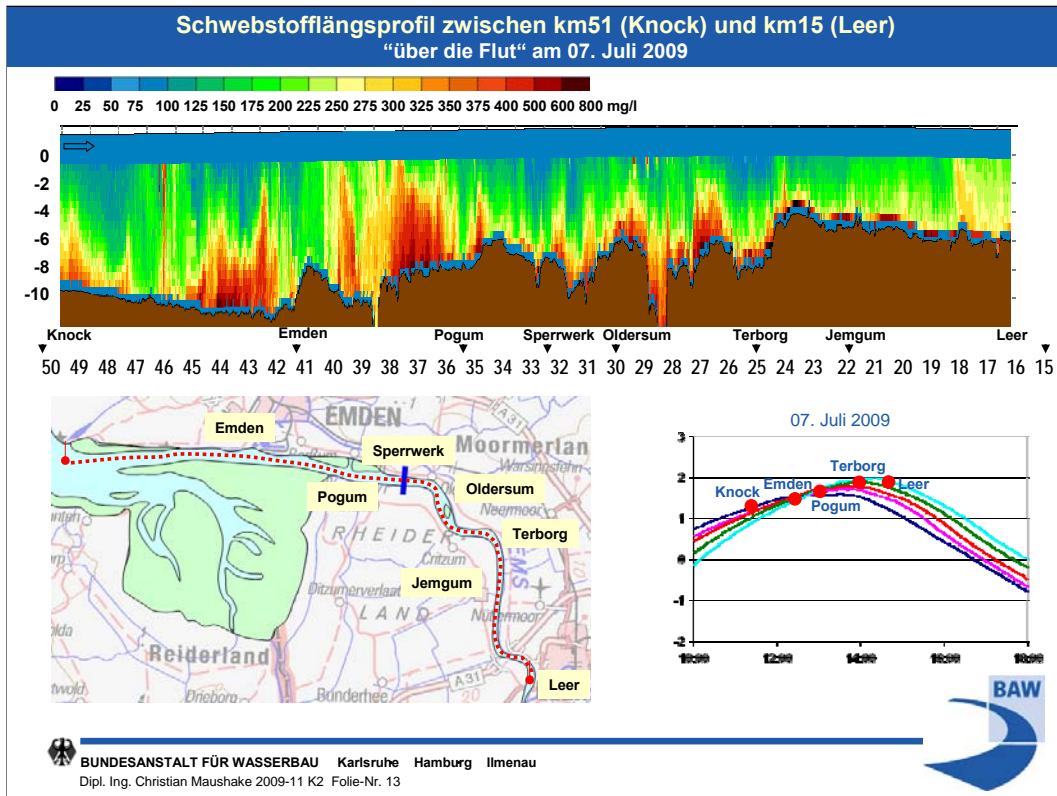
Körnungslinie der Suspensionen im Querschnitt Pogum aus LISST100-Messungen
(Folie aus Zeitgründen nicht gezeigt auf Kolloquium)



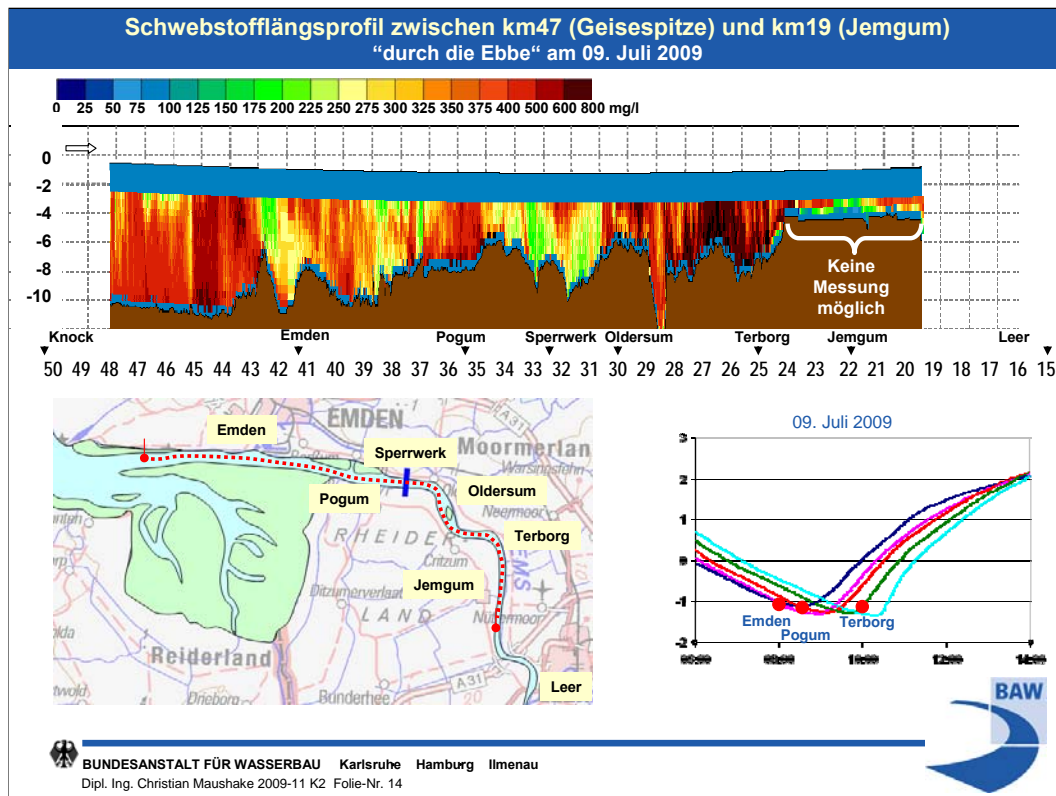
Ein Grund dafür, dass mit dem Flutstrom querschnittsgemittelt die höheren Konzentrationen ins Ästuar eingetragen werden ist, dass sich während der Flutphase (oberes Bild) höhere Schwebstoffkonzentrationen in der tiefen Rinne bilden. Während der Ebbphase (unteres Bild) tauchen nur im südlichen Seitenbereich höhere Konzentrationen auf. Diese beiden Bilder sind typisch für die Schwebstoffverteilung während der Flut bzw. Ebbphase.



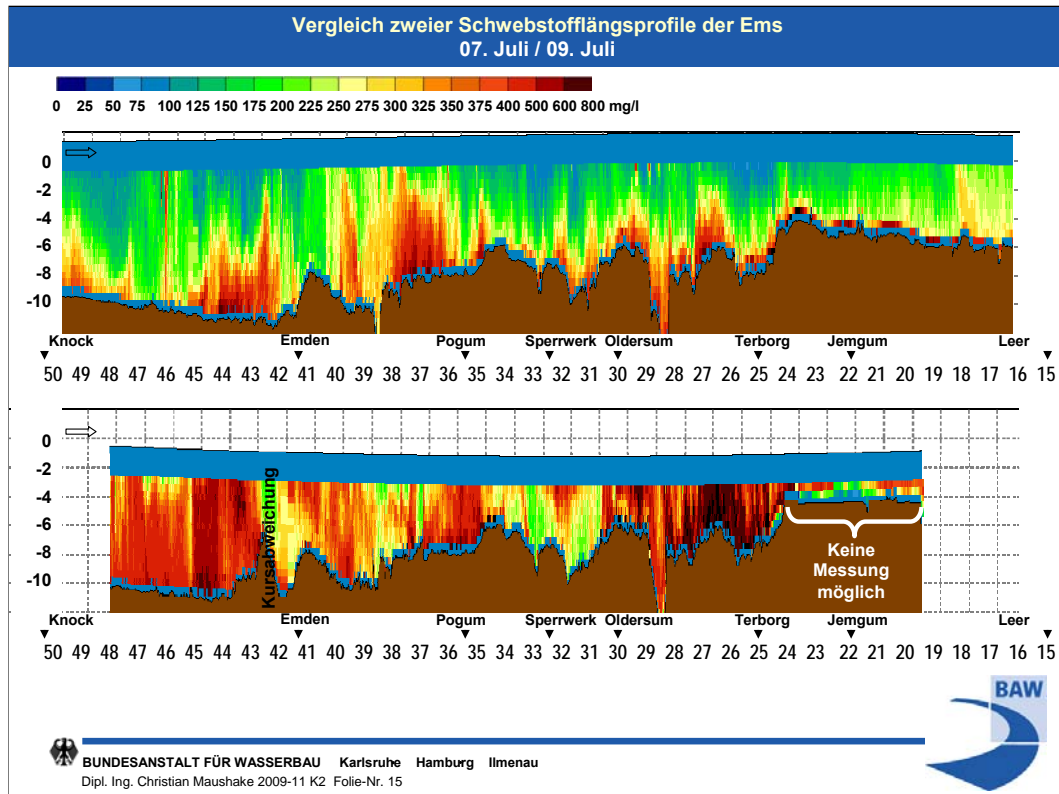
Die hier präsentierte Gegenüberstellung von aus einer Tide hochgerechneten Transportrate für ein Jahr mit den im Jahr 2008 gebaggerten Mengen soll ausdrücklich als Gedankenspiel verstanden werden. Immerhin landet diese Gedankenspiel in derselben Größenordnung



Darstellung einer Trübungs (Schwebstoff-)Längsfahrt „über den Hochwasserscheitel“ von Knock nach Leer. Beim Betrachten dieser Bilder sind die Durchgangszeiten an den einzelnen Orten gegen die Tidephase zu beachten.

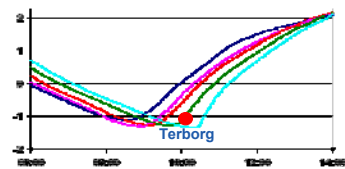
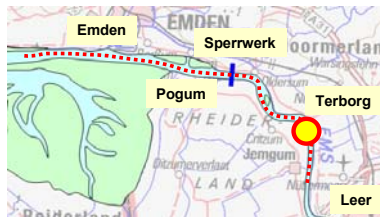
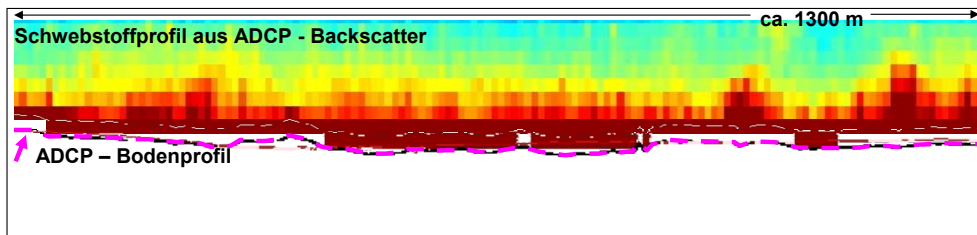


Darstellung einer Trübungs (Schwebstoff-)Längsfahrt „durch den Niedrigwasserscheitel“ von Knock nach Leer. Beim Betrachten dieser Bilder sind die Durchgangszeiten an den einzelnen Orten gegen die Tidephase zu beachten.



In der Gegenüberstellung der beiden Längsfahrten (Hochwasserfahrt gegen Niedrigwasserfahrt) fällt die unterschiedliche Schwebstoffsituation im Ästuar auf. Oberhalb von Terborg ist eine akustische Messung aufgrund der zunehmenden Absorption der Messsignale infolge hoher Schwebstoffgehalte nicht mehr möglich.

Schwebstoff-Längsprofil über SES - Profil
Terborg / 07. Juli 2009

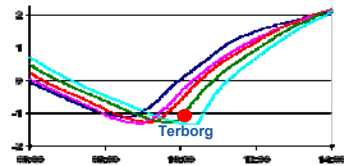
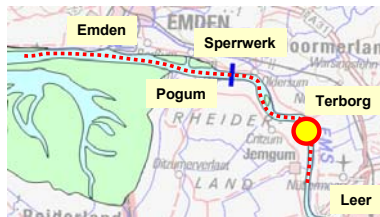
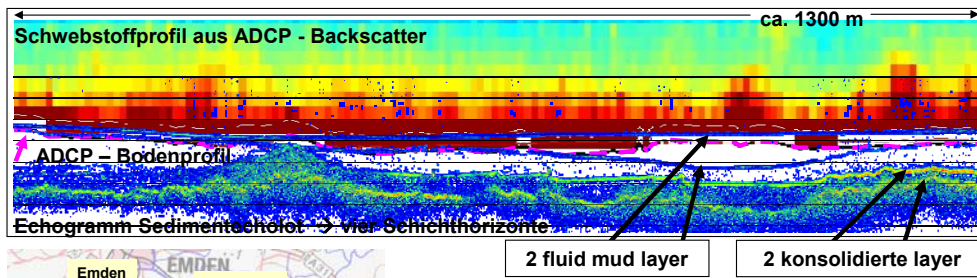


BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe Hamburg Ilmenau
Dipl. Ing. Christian Maushake 2009-11 K2 Folie-Nr. 16



Ausschnitt der Schwebstofflämngsfahrt aus einem Abschnitt oberhalb von Terborg bei Niedrigwasser

Schwebstoff-Längsprofil über SES - Profil
Terborg / 07. Juli 2009

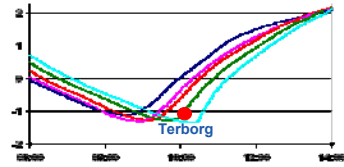
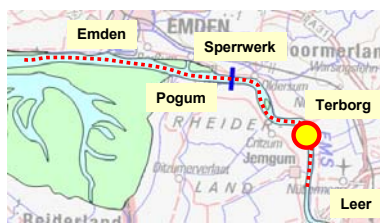
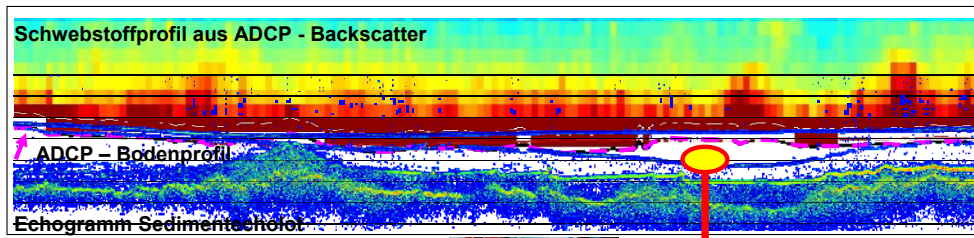


BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe Hamburg Ilmenau
Dipl. Ing. Christian Maushake 2009-11 K2 Folie-Nr. 17



Wird zu der vorangegangenen Folie das zeitgleich aufgenommene Echogramm aus der Esedimentecholot- Vermessung dazugeblendet wird deutlich, dass unter ungünstigen Bedingungen (Weichsedimentschichten) mit der ADCP-Messtechnik nicht das gesamte Vertikalprofil aufgezeichnet werden kann.
Über das dynamische Verhalten der gekennzeichneten „fluid mud“-layer ist wenig bekannt.

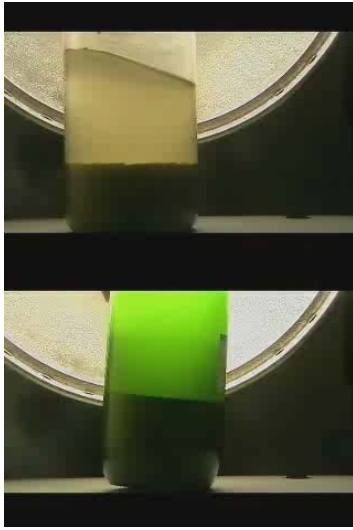
Schwebstoff-Probe unterhalb des ADCP-Bodenprofils
Entnahme: ca. Terborg / 07. Juli 2009



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe Hamburg Ilmenau
Dipl. Ing. Christian Maushake 2009-11 K2 Folie-Nr. 18

BAW

In dem betreffenden Längsprofilabschnitt ist an der bezeichneten Stelle (gelb/roter Kreis) – unterhalb des ADCP-Reflexionshorizontes - eine Suspensionsproben entnommen worden.
Mit dieser Probe sind verschiedene Experimente zu Materialeigenschaften durchgeführt und filmisch dokumentiert worden.



Eigenschaften hochkonzentrierter Suspensionen (Schlagworte)

- elastisch $\leftarrow \rightarrow$ viskos
- kohäsiv (Haftfestigkeit)
- tixotrop
- sehr geringes spezifisches Gewicht
(hoher organischer Anteil)
- geringe Tendenz zur Konsolidierung



Animationen / Filme zu:

Drehen / schütteln / neigen / Impuls / Setzverhalten.

- **klares Transportsignal „stromaufwärts“ in der Größenordnung 5000-7000 Tonnen / auf zwei Messquerschnitten im Bereich des Ems – Sperrwerkes (Gandersum / Pogum)**
 - Ursache: es werden höher konzentrierte Suspensionen mit dem Flutstrom eingetragen, und geringer konzentrierte Suspensionen ausgetragen
 - Die festgestellten Transportmengen liegen in der Größenordnung der Baggermengen
- **Die Trübungslängsfahrten ergeben ein sehr unterschiedliches Bild zur Ebbphase und zur Flutphase**
 - Oberhalb von Terborg sind während der Ebbphase keine akustische Messungen in der Wassersäule mehr möglich
- **Operationelle Messverfahren zur Beschreibung / Erfassung der komplexen, sohnahen Materialstrukturen sind noch zu entwickeln.**

Beachte: Alle gemachten Aussagen basieren auf 4 (!) Tagen Messung.

