

**Fachforum Strombau am 21.11.2014**

**Strombaumaßnahmen und ihre Wirkungen**

**- ein Überblick -**

**Manfred Meine (HPA) und Dr. Günther Eichweber (WSV)**

# Wirkung von Strombaumaßnahmen

**Leitfrage:**

**Wie (groß) ist die Wirkung einzelner strombaulicher Maßnahmen ?**

- **auf den Sedimenttransport ?**
- **auf die Baggermengen ?**

**Die Antwort auf diese Frage ist nicht trivial. Ein Blick auf die bestimmenden Faktoren ist notwendig ...**

Welche Faktoren bestimmen den **Sedimenttransport** ?

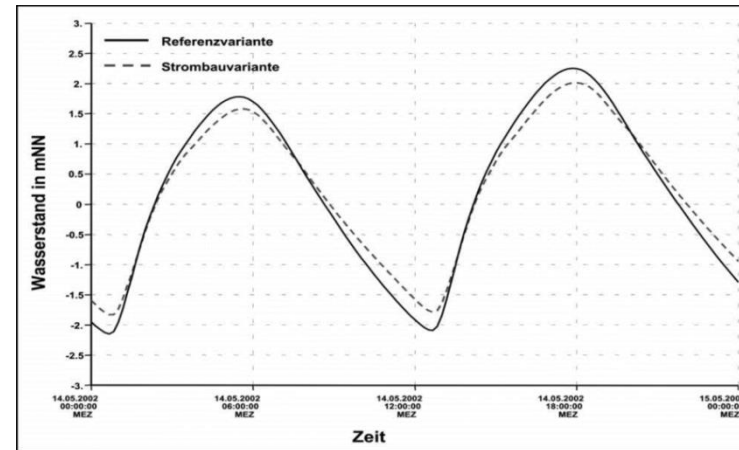
→ **Tideparameter**

- die Form der Tidekurve (Asymmetrie)

=> die **Strömungsgeschwindigkeiten**

- hier besonders: das **F/E-Verhältnis**

=> **residueller Sedimenttransport**



## Welche Faktoren bestimmen die Baggermengen?

### → lokale Randbedingungen

- **das Sediment-Dargebot**  
(wieviel „sedimentationswillige“ Schwebstoffe und Sande stehen zur Verfügung ?)
- **die Strömungsbedingungen im Gewässer und Hafenbecken**  
(wo setzen sich denn die Sedimente am liebsten ab ?)
- **die Baggerbedarfe**  
(nautische Anforderungen an Unterhaltung – wie intensiv muss unterhalten werden ?)



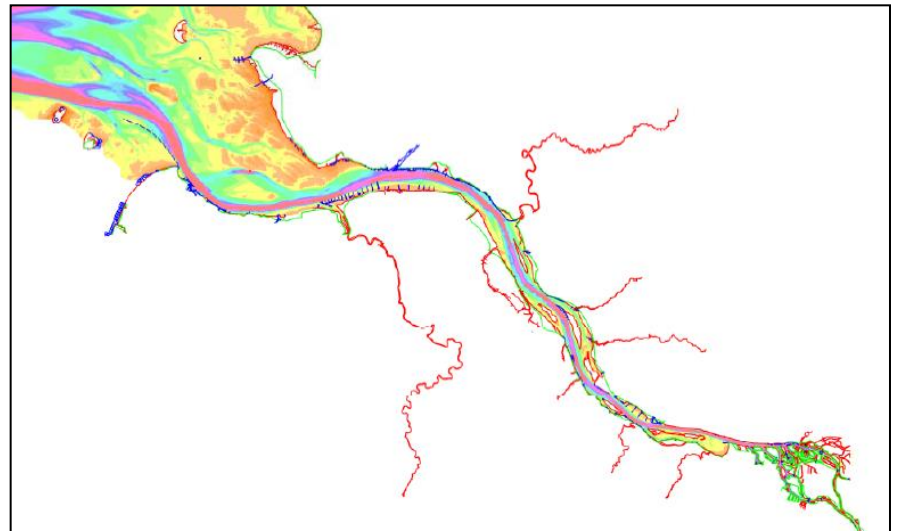
- **BAW Potentialanalyse: 2001 - 2003**

Leitfrage:

Mit welchen Maßnahmentypen kann der Tidehub „günstig“ beeinflusst werden ?

Untersuchte Kriterien:

- Wasserstände
- Strömungen



# Durchgeführte Untersuchungen

## • Projektgruppe Strombau: 2005 - 2008

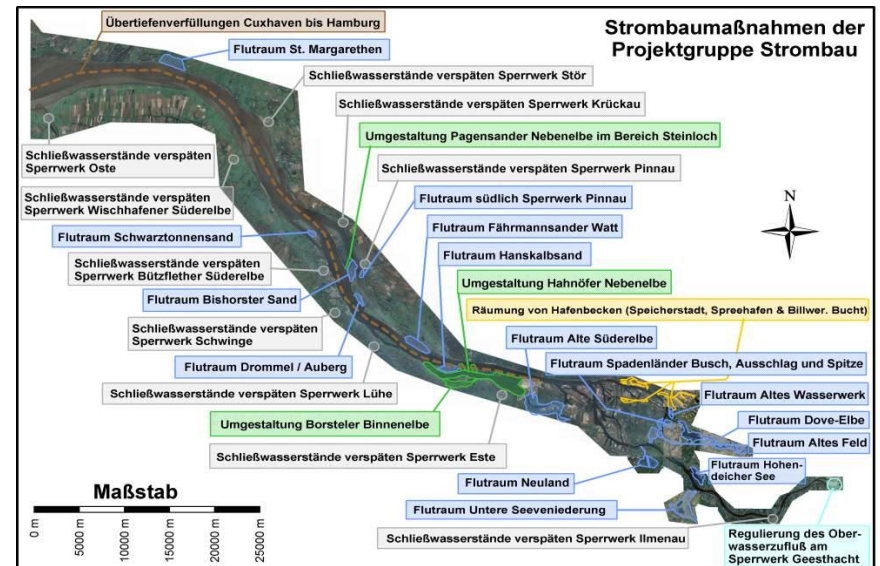
### Leitfrage:

Welche Potenziale für strombauliche Maßnahmen gibt es an der Tideelbe ?

Wie ist ihre Wirkung auf Tidenhub und Strömungsverhältnisse ?

### Untersuchte Kriterien:

- Wasserstände
- Strömungen



- **BfG Studien zu Sedimentfang: 2008 - 2012**

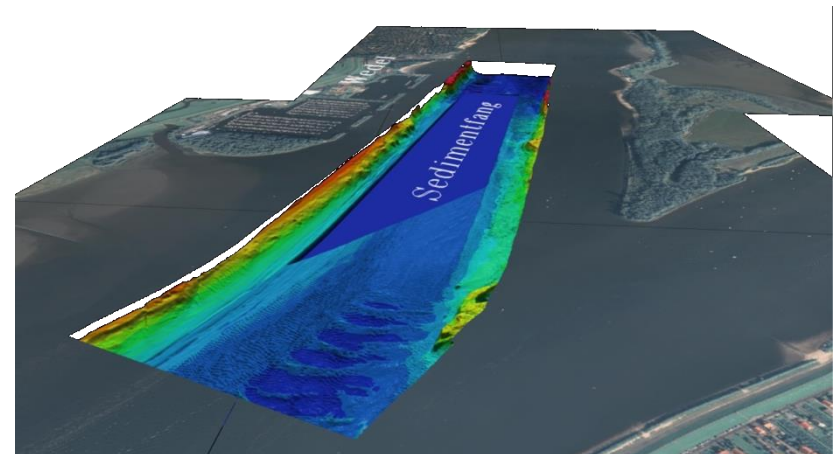
Leitfrage:

Kann der Sedimentfang zu einer Optimierung des Sedimentmanagements im Raum Hamburg beitragen ?

Welche Erkenntnisse liefert dieser „Großversuch“ über Transport- und Sedimentationsvorgänge ?

Untersuchte Kriterien:

- Sedimentationsraten
- Feststofftransport,
- Auswirkungen auf abiotische und ökologische Größen





- **BAW Untersuchungen im Rahmen des Tideelbekonzeptes: BAW 2009 – 2014**

Leitfrage:

Welche Wirkung haben bestimmte Maßnahmen im Bereich Hamburg auf den Sedimenttransport ?

Untersuchte Kriterien:

- Wasserstände
- Strömungen
- Sedimenttransport



- **Untersuchung zur Szenarien in der Elbmündung (EU Projekt 'TIDE'):** BAW 2011 - 2013

Leitfrage:

Welche Wirkung haben verschieden Maßnahmentypen im Bereich der Elbmündung auf den Sedimenttransport in der Tideelbe ?

Gibt es ähnliche Erkenntnisse von der Schelde ?

Untersuchte Kriterien:

- Wasserstände
- Strömungen
- Sedimenttransport



# Maßnahmentypen und ausgewählte Beispiele

**Uferrenaturierungen**

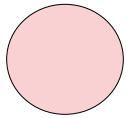
**Stromlenkende Maßnahmen**

**Sedimentfänge (und Sedimentationsräume)**

**Aktivierung von Nebeneiben/ Nebenflüssen**

**Schaffung von Flutraum**

# Uferrenaturierungen

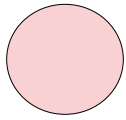


## **Zielsetzung:**

- ökologische Aufwertung der Wasserwechselbereiche

## **Wirkungsweise:**

- Erweiterung der Wasserwechselbereiche durch Rückbau von Uferbefestigungen und evtl. Abtragung der Vorlandflächen



# Uferrenaturierung

Rückbau von Uferbefestigungen zur Entwicklung naturnaher Ufer,  
z.B. morphodynamisch aktive Watt- und Röhrichtflächen (IBP 2011)

- Zielsetzung primär aus dem Naturschutz
- keine Überlegungen hinsichtlich Gewinnung von Tidepotential  
(Maßnahme hat wegen des geringen Umfanges keinen Einfluss auf  
das Tideregime)

Beispiel 'Juelssand' (WSV)



# Stromlenkende Maßnahmen

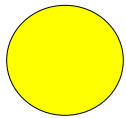


## Zielsetzungen:

- Verringerung von Eintreibungen (lokal)
- Festlegung der Hauptrinne und der Nebenrinnen
- Ufersicherung
- Tideenergie dämpfen

## Wirkungsweise:

- Die Strömung wird vom Ufer ferngehalten
- Querströmungen werden reduziert
- Die Strömung wird in den Rinnen gebündelt
- Energieeintrag in das Ästuar wird reduziert

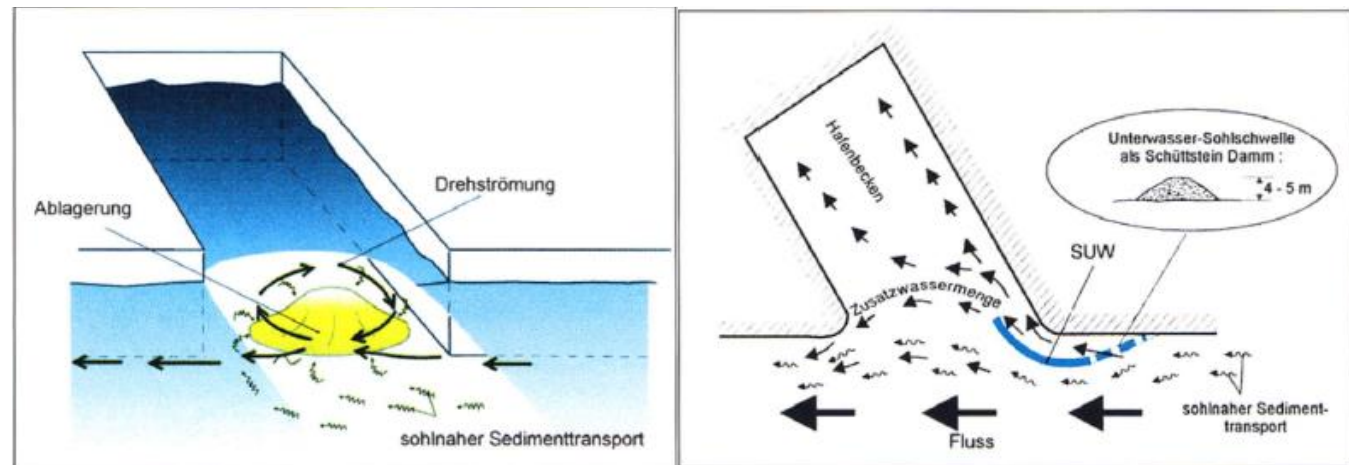


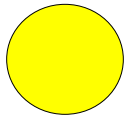
# Stromlenkende Maßnahmen

Eine Strömungsumlenkwand sollte die Sedimentation im **Köhlfleet** reduzieren.

→ Reduzierung der Sedimentation im Köhlfleet um rd. 40 % oder 140.000 m<sup>3</sup>/ Jahr (Christiansen 1997).

Spezifische Maßnahme zur Verhinderung einer Walzenströmung an der Hafeneinfahrt, daher ist die Wirkung naturgemäß nur lokal und führt nicht zu einer Optimierung des Gesamtsystems Tideelbe.



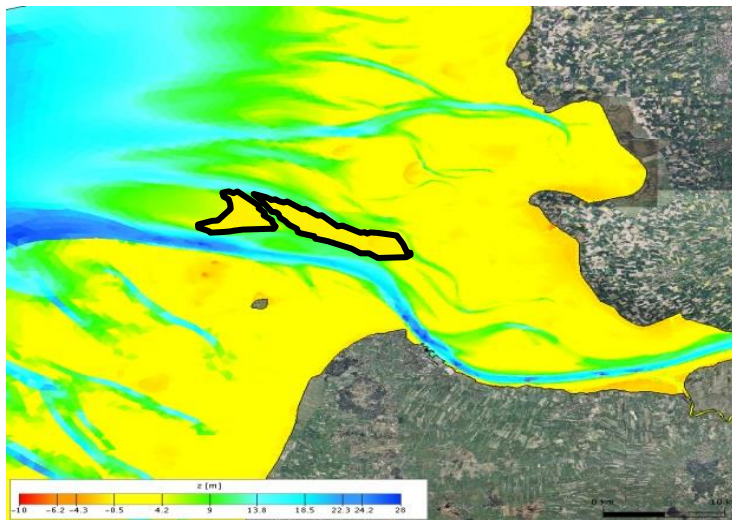


# Stromlenkende Maßnahmen

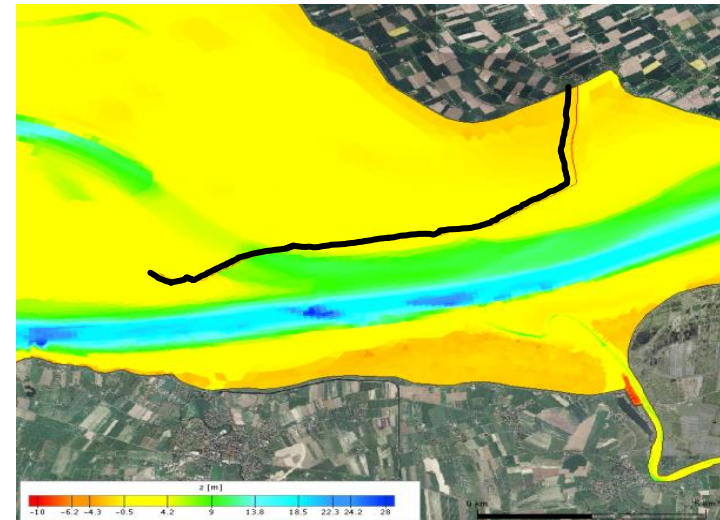
Ein Bauwerk soll die Tideenergie im **Mündungsbereich der Elbe** dämpfen (BAW Studie 2013).

Es wurden verschiedene Varianten für beide Beispiele gerechnet.

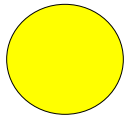
- a) linienförmiges Bauwerk (3 Untervarianten: jeweils mit unterschiedliche Bauwerkslängen).
- b) flächenhaftes Bauwerk (2 Untervarianten: mit und ohne Verfüllung Lüchterloch).



Variante flächenhaftes Bauwerk



Variante linienförmiges Bauwerk



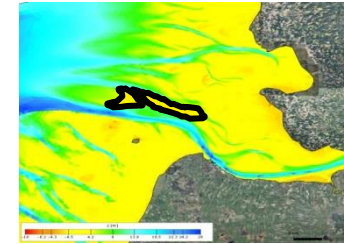
# Stromlenkende Maßnahmen

## Flächenhaftes und linienförmiges Bauwerk im Mündungsbereich der Elbe

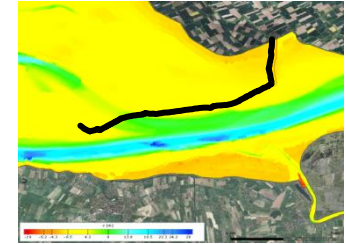
### → *Tidehub:*

Reduktion des Tidehubs am Pegel St. Pauli um

- 5 cm (flächenhaftes Bauwerk),
- bis zu 20 cm (linienförmiges Bauwerk).



Variante flächenhaftes Bauwerk



Variante linienförmiges Bauwerk

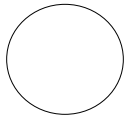
### → *Strömungsgeschwindigkeiten:*

- Großräumige Abnahme max. Strömungsgeschwindigkeiten (Flut- und Ebbstrom).
- Abnahme F:E Verhältnis stromauf km 690 (flächenhaftes Bauwerk).
- Fast keine Auswirkungen auf F:E Verhältnis (linienförmiges Bauwerk).

### → *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

- Bis zu 30% Abnahme des adv. residuellen Schwebstofftransports bei beiden Varianten.
  - (linienförmiges Bauwerk: um ca. 7500 t = 25% von 30.000 t im Bereich Glückstadt)
  - (flächenhafte Maßnahme: um ca. 6000 t = 20% von 30.000 t im Bereich Glückstadt)

# Sedimentfänge (und Sedimentationsräume)

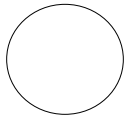


## **Zielsetzung:**

- Unterhaltung soll gleichzeitig wirtschaftlicher und ökologisch verträglicher werden

## **Wirkungsweise:**

- Durch den Sedimentationsraum kann die Sedimentbewirtschaftung zeitlich und räumlich konzentriert und
- nach hydrologischen und ökologischen Bedingungen optimiert werden.



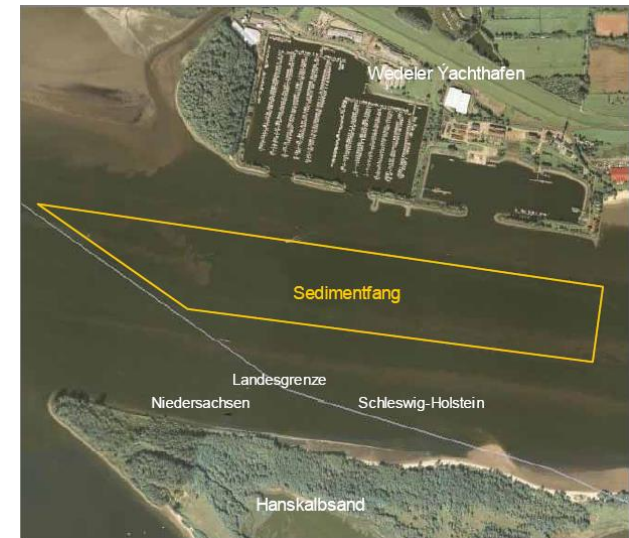
# Sedimentfänge

Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten durch Vergrößerung des durchströmten Querschnitts  
→ eine gezielte Sedimentation, konzentriert an einer Stelle, wird bewirkt.

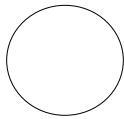
## Sedimentfang Wedel

- Hergestellt 2008.
- Herstellungstiefe: flächenhaft 2 Meter unter Fahrrinnensohle (-14,30 m SKN).
- Fläche: 0,52 Mio. m<sup>2</sup>. Fassungsvermögen: 1,3 Mio. m<sup>3</sup>.

Von Mitte 2008 bis Frühjahr 2012 wurden insgesamt 6,2 Mio. m<sup>3</sup> (Laderaumvolumen) frisch abgelagerte Sedimente gebaggert.







## Sedimentfang Wedel (BfG 2012)

→ *Tidehub*

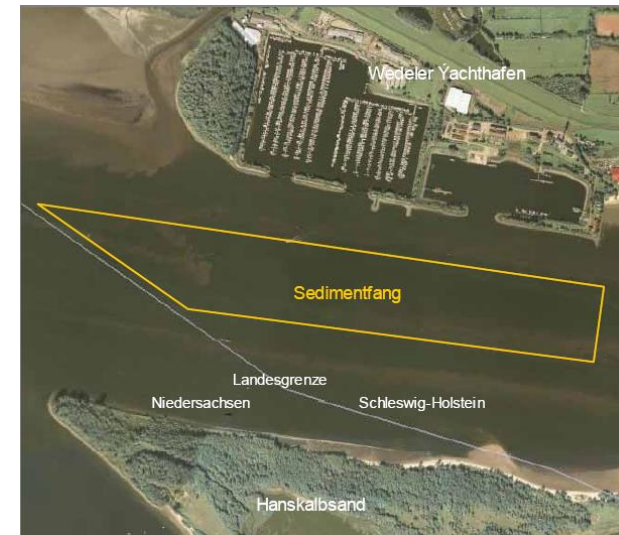
Keine Auswirkung. War nicht Ziel der Maßnahme.

→ *Strömungsgeschwindigkeit*

Absenkung der Strömungsgeschwindigkeit  $< 6 \text{ cm/s}$ .

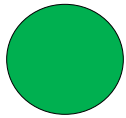
→ *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

- Reduktion der WSV-seitigen Baggergutmengen im umliegenden Baggerabschnitt Wedel
- Verringerung der Baggergutmengen in Hamburg ist wegen geringer Größe des Sedimentfangs und „natürlicher“ Sedimentation in diesem Elbeabschnitt beschränkt.





# Aktivierung von Nebnelben/ Nebenflüssen



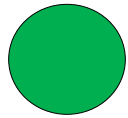
# Aktivierung von Nebeneiben/ Nebenflüssen

## Zielsetzung:

- Verringerung des Tidehubes
- Ökologische Aufwertung

## Wirkungsweise:

- Ein Teil der Tideenergie läuft verlangsamt durch die Nebeneibe stromauf
- Schaffung von Bereichen mit freier Morphodynamik zehrt Energie und erhöht die Vielfalt der Habitatstrukturen



# Aktivierung von Nebenelben/ Nebenflüssen

Wiederanbindung der **Alten Süderelbe** (BAW 2014).  
Mehrere Varianten wurden untersucht, u.a. die Variante „beidseitiger Anschluss (Mühlenberger Loch und Storchennestsiel) ungesteuert“,  
zusätzliches Tidevolumen rd. 5,3 Mio m<sup>3</sup>.

→ *Tidehub:*

Reduktion des Tidehubs um 4 cm .

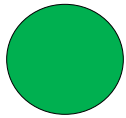
→ *Strömungsgeschwindigkeiten:*

Abnahme des F:E-Verhältnis auf langer Strecke stromab der Anschlussstelle bei allen Varianten.  
Reduktion der Flutstromdominanz unterhalb HH abhängig von der Anschlussvariante.

→ *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

Abnahme des residuellen advektiven Schwebstofftransports stromauf von km 670 um ca. 1000 t/Tide = ca. 3% (von 30.000 t im Bereich Glückstadt)





# Aktivierung von Nebeneiben/ Nebenflüssen

Wiederanbindung der **Doveelbe** mit einer Größe von 4,2 Mio. m<sup>2</sup>  
Modellierung im Rahmen der Projektgruppe Strombau,  
u.a. Vergleich der Effekte mit der Maßnahme 'Alte Süderelbe' (BAW 2011).

→ *Tidehub:*

Reduktion des Tidehubs von ca. 10 cm wird prognostiziert.

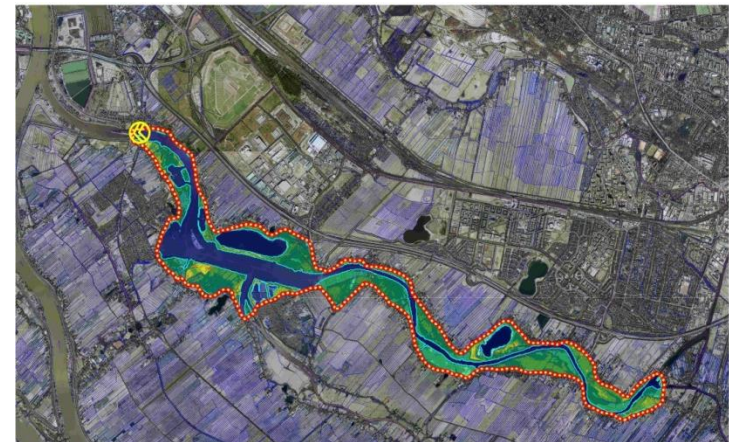
→ *Strömungsgeschwindigkeiten:*

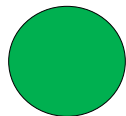
Abnahme des F:E Verhältnisses von km 685 bis km 615.

→ *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

Der Einfluss auf den Schwebstofftransport wurde 2011  
nicht beziffert.

Maßnahme liegt oberhalb der Reflexionsstelle  
„Elbbrücken“ → Wirkung auf das Tideregime wird  
dadurch stark abgeschwächt.



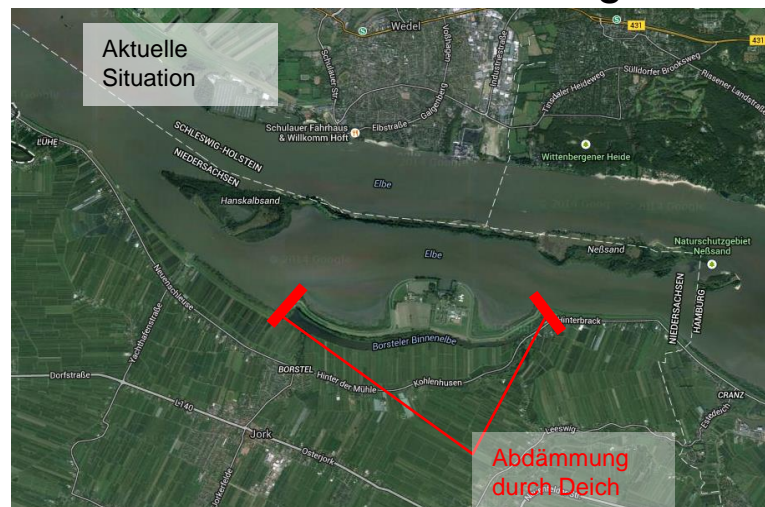


# Aktivierung von Nebeneiben/ Nebenflüssen

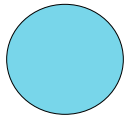
## Vorschläge zum Wiederanschluss der **Borsteler Binneneibe**:

- Rückbau der Deiche in den Süden der Nebeneibe, um die Borsteler Binneneibe wieder an die Tideeibe anzubinden. Dadurch entstünden rund 350 ha zusätzliche Überflutungsfläche (PG Strombau 2008).
- Deichrückverlegung und Anschluss der Borsteler Binneneibe an den Hauptstrom. Möglicher Raum für Deichrückverlegung: ca. 429 ha (BfG 2003).
- Umbau des Siels dadurch mehr Tideeinfluss. Theoretisch ist auch eine große Rückdeichung möglich (WWF 1998).

→ Maßnahme wurde durch HPA nicht weiter verfolgt, der Fokus lag auf Schaffung von Tidepotential auf Hamburger Gebiet.



# Schaffung von Flutraum



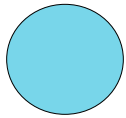
## Zielsetzung:

- Verringerung des Tidehubes
- Verringerung und Ausgleich der Flut- und Ebbströmungen
- Ausgleich der Sedimentbewegungen

## Wirkungsweise:

- Der Hochwasserscheitel wird durch Zufluss in den Maßnahmenbereich erniedrigt
- Der Niedrigwasserscheitel wird durch verzögerten Abfluss angehoben
- Dadurch ändern sich der Tideverlauf und die Tideströmungen



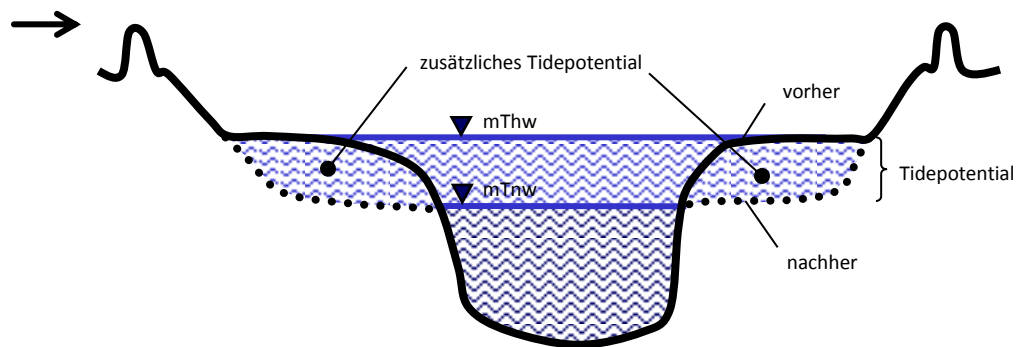


# Schaffung von Flutraum

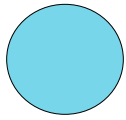
Durch die Dissipation der Tideenergie wird der stromauf gerichtete Sedimenttransport verringert.

**Der Effekt ist abhängig von:**

- **Tidevolumen (Größe)**
- **Anschlussquerschnitt an die Elbe**
- **Lage des Flutraumes** **im oberen Bereich des Ästuars am größten!**







# Schaffung von Flutraum

Anbindung der **Haseldorfer Marsch**: Änderung der Tidenparameter (BAW Potentialanalyse 2003).

Der Anschluss eines Beckens von 4,0 km<sup>2</sup> auf einer Tiefe von 3 m unter NN bewirkt:

→ *Tidehub*:

- Senkung des Tidehubs zwischen Brunsbüttel und Geesthacht um 2 bis 6 cm.
- Absenkung des Thw stromauf von Glückstadt um 3 bis 4 cm.
- Anhebung des Tnw von Brunsbüttel bis Hamburg um 1 bis 3 cm.

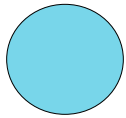
Signifikante Verlängerung der Ebbedauer.

Verkürzung der Flutdauer um 3 Minuten zwischen Brunsbüttel und Glückstadt.

Keine weiteren Aussagen zum Sedimenttransport.

Maßnahme wurde durch HPA nicht näher betrachtet; der Fokus lag auf Schaffung von Tidepotential auf Hamburger Gebiet.





# Schaffung von Flutraum

Anbindung Kiesteiche über einen Tidekanal (BAW 2014).

Verschiedene Varianten dieser Maßnahme wurden betrachtet, die ein zusätzliches Tidevolumen von 2,1 bzw. 7,3 Mio. m<sup>3</sup> ausmachen.

→ *Tidehub:*

Reduktion des Tidehubs zwischen 2 bis 9 cm.

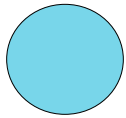
→ *Strömungsgeschwindigkeiten:*

Reduktion der Flutstromdominanz unterhalb HH ist abhängig von der Größe (Querschnitt) des Anschlusses.



→ *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

Abnahme des residuellen advektiven Schwebstofftransports stromauf von km 665 um 600 bis 2000 t/Tide = 2 bzw. 7% von 30000 t.



# Schaffung von Flutraum

Anbindung Neuländer Baggersee: Änderung der Tidenparameter und Schwebstofftransport (BAW 2014).

Zwei verschiedene Varianten wurden betrachtet (zusätzliches Tidevolumen 3,1 bzw. 7,8 Mio. m<sup>3</sup>)

→ *Tidenhub:*

Reduktion des Tidenhubs um 3 bzw. 8 cm/s.

→ *Strömungsgeschwindigkeiten:*

Reduktion der Flutstromdominanz unterhalb HH.

→ *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

Maximale Abnahme des Netto-Schwebstofftransportes bei km 660/665 um 1000 bzw. 1300 t/Tide = ca. 3 bzw. 4% von 30000 t.



# **Einordnung der Wirkung strombaulicher Maßnahmen und Schlussfolgerungen**

## Im Fokus:

- Durch geeignete Maßnahmen das Inventar an Feinstoffen im oberen Bereich des Elbeästuars entlasten, um einen ausgeglichenen Sedimenthaushalt anzustreben. Dadurch werden Unterhaltungsnotwendigkeiten potenziell reduziert.
- Den ungünstigen natürlichen und anthropogenen morphologischen und hydrologischen Entwicklungen entgegenzuwirken:
  - dem Anstieg des Tidehubes, insbesondere Tideniedrigwasser (Tnw) – Absenkung im inneren Ästuarbereich,
  - dem residuell stromaufgerichteten Feststofftransporten, („Tidal-Pumping“) sowie
  - den nachteiligen Ufererosionen und der Verlandung von Flachwasserzonen.

# Vergleich: Wirkungen einzelner Maßnahmen

Maßnahme	Reduktion des Tidehubs*	Schwebstofftransport
Uferrenaturierung	Kein Maßnahmenziel	Kein Maßnahmenziel
Strömungsumlenkwand	Kein Maßnahmenziel	Aussage nur für Köhlfleet
‘Bauwerk’ im Mündungsbereich	Flächenhaft: 5 cm Linienförmig: bis 20 cm	Flächenhaft: 25% Linienförmig: 20%
Sedimentfang Wedel	Kein Maßnahmenziel	Keine Aussage
Alte Süderelbe „ beidseitiger Anschluss“	4 cm	3%
Doveelbe	10 cm	Keine Aussage
Kiesteich (2 Varianten)	2 bzw. 9 cm	2 bzw. 7 %
Neuländer Baggersee (2 Varianten)	3 bzw. 8 cm	3 bzw. 4 %
Haseldorfer Marsch	2-6 cm zwischen Brunsbüttel und Geesthacht	Keine Aussage
<i>Spadenlander Busch/ Kreetsand</i>	1 cm	2 %

# Gesamtwirkung aller Hamburger Maßnahmen zur Flutraumschaffung

Szenario „Alle Maßnahmen im Hamburgischen Bereich“ (PG Strombau):  
(Spadenlander Busch/Kreetsand, Spadenländer Ausschlag, Altes Feld, Neuland, Dove-Elbe, Wasserwerk, Kiesteich, Alte Süderelbe, Hohendeicher See).

Fläche: 12,5 km<sup>2</sup>

→ *Tidehub:*

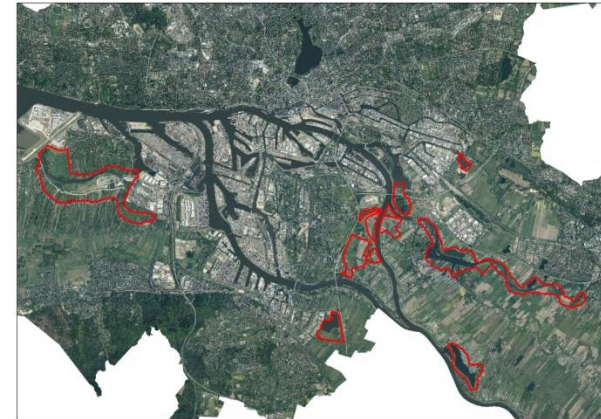
- Reduktion des Tidehubs lokal um bis zu 50 cm.
- Reduktion am Pegel St. Pauli um bis zu 25 cm.

→ *Strömungsgeschwindigkeiten:*

- Reduktion der Flutstromdominanz unterhalb HH.
- Reduktion der Ebbstromdominanz oberhalb HH und Mündungsbereich.

→ *Schwebstofftransport/ Baggermengen:*

Abnahme des residuellen advektiven Schwebstofftransports stromauf von km 660 (Pagensand).



# Schlussfolgerungen und Blick in die Zukunft



# Schlussfolgerungen (1)

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die hydraulische Wirkung einer Flutraumvergrößerung abhängt von:

- **Größe des angeschlossenen Volumens**
- **Ausgestaltung und Anbindung an die Stromelbe**
- **Relative Lage**

**Strombauliche Maßnahmen beeinflussen hydromorphologische Randbedingungen. Diese steuern wiederum den Sedimenttransport.**

**Aber:**

- **Sie wirken nur im Verbund, einzelne Maßnahmen bewirken nur geringe Änderungen im Transportgeschehen. Das System ist als Ganzes zu entwickeln!**
- **Sie haben keine sofortige Wirkung für das Sedimentmanagement bzw. auf Baggermengen.**

## Was bedeutet das für die Baggermengen ?

- **Der Zusammenhang zwischen Strombaumaßnahmen, Sedimenttransport und Baggermengenreduzierung ist nicht linear, sondern komplex.**
- **Geeignete Strombaumaßnahmen können**
  - die Anreicherung von Feinstoffen im oberen Ästuar und
  - die Baggermengen langfristig reduzieren.

# Schlussfolgerungen (3)

**Strombaumaßnahmen wirken nicht nur auf die Hydromorphologie, sondern können auch Vorteile für andere Belange haben.**

- **Sauerstoffhaushalt** ==> **Ökologie, Fischbestand**
- **Rückzugs- und Aufwuchsräume für Fische** ==> **Fischbestand, Fischer**
- **Verhinderung weiterer Verschlickung der Nebeneiben und Häfen** ==> **Ökologie, Fischbestand, Wassersport, .....**

Für die positive Beeinflussung der Tideelbe - und nicht nur der hydromorphologischen Randbedingungen - brauchen wir:

- Ein ganzheitliches Strombau- und Sedimentmanagementkonzept, d.h. die Kombination eines flexiblen und adaptiven Sedimentmanagements mit der Umsetzung von Strombaumaßnahmen.
- Einbeziehung weiterer Sichtweisen und Belange – die von HPA und WSV sind nur eine von vielen.
- Die Verständigung der unterschiedlichen Stakeholder auf gemeinsam getragene Maßnahmen, denn nur im Verbund sind wesentliche positive Veränderungen für die Tideelbe zu erreichen.
- Blick auf die gesamte Tideelbe!